АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ ПРОФ. В. В. ДОКУЧАЕВА
И НИЖНЕВОЛГОПРОЕКТА НАРКОМЗЕМА СССР

ТОМ XXIV

МЕЛИОРАЦИЯ СОЛОНЦОВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Под редакцией И. Н. АНТИПОВА-КАРАТАЕВА и Н. И. САВВИНОВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Писать разборчиво
Инв. № П 405 со
Шифр П-64
Автор Почвенный ин-т им. Докучаева
Название АН СССР
Том 24 № 1940

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА
и НИЖНЕВОЛГОПРОЕКТА НАРКОМЗЕМА СССР

631.46
П-64

ТОМ XXIV

МЕЛИОРАЦИЯ СОЛОНЦОВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Под редакцией И. Н. АНТИПОВА-КАРАТАЕВА и Н. И. САВВИНОВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1940 ЛЕНИНГРАД

П 933

29

цветоножка—хуадвабад
цемент — cement
ценочка — tʃesuʃjad, tʃe-
ʒbnʒbd
цепь —tʃeʒbn
цинк — bɨtʃe
цыпленок, цыплята
(мн. ч.) — ʒiyazь

цапля — ʒinʒyon, ʃwjan
цвет — jansɨ
цветение — kexuad
цветник — xuadjyanzь
цветоводство — vwxuasь,
jonxuadɑi sbʒin
цветок, цветы (мн. ч.) —
xuad

Ч

чайные птицы (мн. ч.) —
ʒbʒwn, ʒbnjo
чашник — ʒbʒwn
чеб — ljonʒь

хомяк — jeliz
хорек — xuonʒwjoq
хохолок — gwgwtuq
хрусталь — fidin
храш — cwjgw, cwjgwzь

Ответственный редактор
директор Почвенного института им. В. В. Докучаева академик *Л. И. ПРАСОЛОВ*

П 40560
Центральная научная
БИБЛИОТЕКА
Академии наук Киргизской ССР

Библиотека Киргизского филиала
Академии Наук СССР
№ 933

Редактор издательства В. П. Иванов

Технический редактор А. Н. Троицкая Корректор В. Г. Богословский

Сдано в набор 4/IVI 1940 г. Подписано к печати 29/X 1940 г. Формат 72×108¹/₁₆. Объем 27¹/₈ п. л. и 1 вклейка. В 1 п. л. 53000 печ. зн. Уч.-изд. л. 37,85. Тираж 1000 экз. А-32439. РИСО № 1352. АНН № 528.

1-я Образцовая тип. Огиза РСФСР треста „Полиграфкнига". Москва, Валовая, 28. Заказ № 1583.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

От редактора 5

И. И. Антипов-Каратаев

О теории и практике мелиорации солонцовых почв в условиях орошения 7

Р. Э. Кригер

Полевые опыты по мелиорации солонцов в условиях орошения и их результаты . 67

В. Н. Филиппова и Н. Г. Фридман

Изменение химических свойств солонцов под влиянием мелиорации и орошения . 99

И. И. Саввинов и В. Н. Филиппова

Грунтовые воды в речных долинах Заволжья и их изменение под влиянием орошения 139

Е. И. Кочерина

Изменение физических свойств почв солонцового комплекса в каштановой зоне под влиянием химических и биологических мелиораций в условиях орошения 181

М. М. Кононова

Природа органического вещества солонцов Заволжья и его изменения при мелиорации и орошении 207

В. Г. Зольников

Химическая мелиорация солонцов черноземной зоны в условиях орошения . . 229

Г. М. Пономарев и И. Д. Седлецкий

О генезисе почв черноземного и солонцового рядов в Черниговской лесостепи . . 243

Е. А. Ярилова

Исследования в области миграции марганца в почвах. Сообщение I. Окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия существования соединений марганца 309

И. И. Саввинов

Культура кормовых трав на солонцовых почвах речных долин Заволжья при орошении. Сообщение I 353

ОТ РЕДАКТОРА

Постановлением Партии и Правительства от 26/X 1938 г. о мероприятиях по гипсованию солонцовых земель и решениями по тому же вопросу XVIII съезда Всесоюзной Коммунистической Партии созданы реальные основы для успешного освоения весьма значительных площадей различных «бросовых» земель на территории СССР. Особенно перспективны освоение и улучшение солонцовых земель в условиях орошения.

Общее научное обоснование применения тех или иных мелиоративных мероприятий в отношении солонцов является в основных чертах решенным. Однако имеется ряд крупных конкретных вопросов, в основном агротехнического порядка, которые должны быть разработаны незамедлительно для целей скорейшего и успешного выполнения заданий третьей пятилетки в области освоения новых земель в пределах солонцовых территорий. На ряду с этим возникли новые общетеоретические вопросы генезиса солонцовых почв, их детальной характеристики по новым данным, добытым с применением новейших методов исследования, далее вопросы о закономерностях географического распространения солонцовых почв в различных стадиях их развития. Без последних материалов осложняются и затрудняются работы по составлению планов очередности практического освоения этих земель.

Первая группа вопросов явилась предметом более интенсивных исследований в СССР лишь в последние 8—9 лет, и в мировой практике давность подобных исследований не превышает 18—20 лет (Калифорния).

Агротехнические опыты по мелиорации солонцов, особенно в СССР, к сожалению, только в немногих случаях имели достаточную продолжительность. В настоящем сборнике основные результаты этих исследований нашли отражение в нашей статье («О теории и практике мелиорации солонцов») и работе Зольникова («Химическая мелиорация солонцов черноземной зоны в условиях орошения»).

Главный же материал сборника по этому разделу представляют данные экспериментальных работ Почвенного института Академии Наук СССР и Нижневолгопроекта НКЗ СССР, проводимых совместно на солонцовом стационаре (Малоузенский стационар) в Заволжье (см. статьи Кригера, Филипповой и Фридмана, Саввинова и Филипповой, Кочериной, Кононовой и Саввинова). Эти работы, как известно (см. Труды Комиссии по ирригации Ак. Наук СССР, сб. 9), начаты в 1935 г. Публикуемые здесь материалы представляют результаты трех-четырехлетних опытов, вследствие этого они разрешают с достаточной определенностью ряд конкретных вопросов химической и биологической мелиорации солонцов в условиях орошения.

Но, к сожалению, Нижневолгопроект, на обязанности которого лежали работы по поливам и агротехнике опытов, не смог в 1936 — 1938 гг. обеспечить надлежащей высоты агротехники, надлежащего выполнения требований опытного дела (нарушение единства культур на опытах по делянкам 731 и 601, см. соответствующие указания в статье Р. Э. Кригера, и ряд других отступлений), особенно в части выравненности оросительных и поливных норм. Нужно поэтому считать, что публикуемые

в статье Р. Э. Кригера и частично в статье нижеподписавшегося урожайные данные являются лишь ориентировочно-сравнимыми и выводы из них относительными. В следующих обобщениях они будут подвергнуты тщательным выборкам.

Что касается данных химических, физических и биохимических исследований, то они получены на достаточно строго сравнимых делянках в пределах каждого ряда (опыта), и поэтому выводы из них являются надежными.

Вторая группа вопросов (генетических и методических) явилась предметом достаточно интенсивных работ многих исследователей в СССР в последние годы. Результатами этих исследований значительно уточнены стадии и условия развития солонцовых почв, представлены основные материалы, характеризующие типы солонцов.

Но детали (важные как в теоретическом, так и в практическом отношении) процессов, приводящих к образованию характерного профиля солонцов, все еще остаются не вполне освещенными. Среди этих процессов особенно важными являются процессы коллоидно-химического и молекулярно-химического метаморфоза и транспорта почвенных веществ в пределах почв и подстилающих пород. В настоящем сборнике только что изложенные вопросы нашли освещение в нашей статье, а также в статье Пономарева и Седлецкого («О генезисе почв черноземного и солонцового ряда в Черниговской обл.»); в отношении отдельных элементов (Mn) первые материалы представлены в диссертации Яриловой.

Что касается третьего раздела вопросов (о закономерностях географического распространения солонцов в различных стадиях их развития и детального картирования их для целей планирования очередности их освоения), то разрешение их стоит на ближайшей очереди, и оно может быть успешно выполнено областями и республиками СССР в ближайшие же годы при общем научном руководстве со стороны центральных институтов, в частности Почвенного института Академии Наук СССР.

К организации этих работ уже приступлено.

Первый раздел настоящего сборника (работы по стационару) отредактирован И. Н. Антиповым-Каратаевым и Н. И. Саввиновым, второй раздел — И. Н. Антиповым-Каратаевым.

И. Антипов-Каратаев

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

1940. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXIV

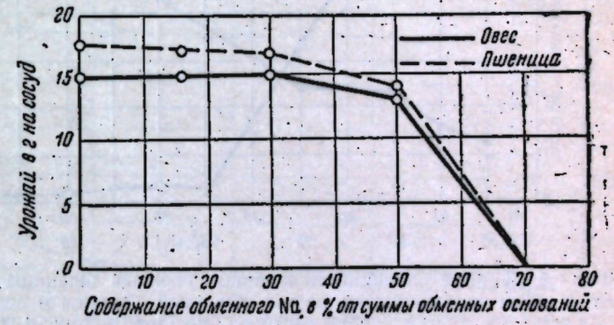
И. Н. АНТИПОВ-КАРАТАЕВ

О ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

I

1. Общая характеристика и классификация почв солонцового ряда

В пределах наших засушливых степных и пустынных областей засоленные почвы занимают огромные территории — до 65 млн. га. Почти в половине из них в той или иной степени рассолены верхние слои почвы. Поэтому соли здесь не служат основным препятствием к развитию культурных растений. Но бывшая солончаковая стадия во многих случаях оставила свое неприятное для сельского хозяйства наследие, а именно значительные количества поглощенного натрия в верхних горизонтах таких рассоляющихся почв. Вследствие этого почвы переживают так называемые солонцовые стадии своего развития, различные в зависимости от различного содержания поглощенного натрия и, самое главное, различные в зависимости от того, на какой глубине залегают минерализованные грунтовые воды и как они влияют на верхние горизонты почвы.



Фиг. 1. Кривые зависимости величины урожаев овса и пшеницы (в вегетационных опытах) от степени насыщенности черноземной почвы обменным натрием (по Ратнеру, 1936)

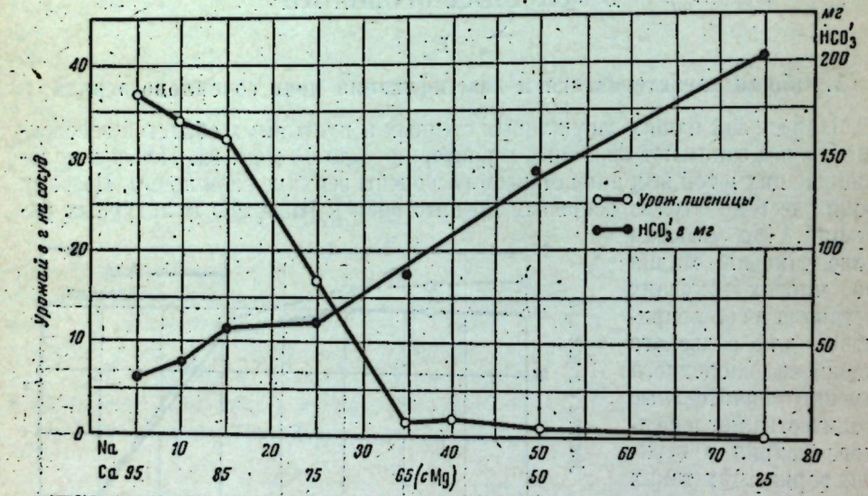
Солонцовые свойства почвы являются неблагоприятными для развития культурных растений в основном по двум причинам: [1] 1) вследствие сильной уплотненности, практически трудной водопроницаемости и воздухопроницаемости солонцовых горизонтов и 2) вследствие того, что в увлажненной солонцовой почве происходит гидролиз поглощенного натрия и образование щелочной реакции, которая препятствует нормальному развитию культурных растений.

Последняя причина (будем ее называть агрофизиологическим фактором) наиболее резко ограничивает развитие культурных растений при высоких степенях насыщения почвы обменным натрием. Для иллюстрации этого

[1] Можно еще говорить о третьей причине: о нарушении благоприятного для растений соотношения катионов (см. ниже).

положения приведем некоторые имеющиеся по этому вопросу материалы. На фиг. 1 показана зависимость урожаев овса и яровой пшеницы в вегетационных сосудах от степени насыщенности черноземной почвы обменным натрием (по опытам Е. И. Ратнера, 1936 г.). На фиг. 2 приведены подобные же данные для яровой пшеницы с указанием параллельного хода изменения общей щелочности почвенного раствора (по опытам Н. В. Орловского, 1937).

Эти данные ясно показывают, что при наличии удовлетворительных агрофизических условий (в вегетационных сосудах) и благоприятной реакции среды культурные растения выдерживают значительные количества поглощенного натрия, практически достигающие 40% и более от суммы поглощенных оснований почвы, т. е. тех величин, которые характеризуют природные солонцы крайних степеней солонцеватости.[1] Из этих же данных



Фиг. 2. Кривые зависимости величины урожаев пшеницы (в вегетационных опытах) от степени насыщенности почвы обменным натрием и величины щелочности почвенного раствора (по Орловскому, 1937).

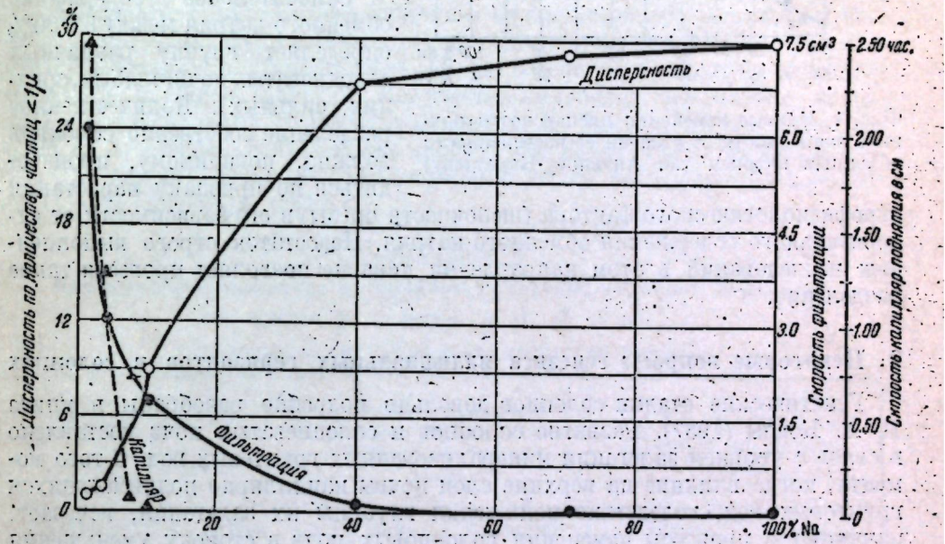
видно, что ограничивающим (агрофизиологическим) фактором для развития растений в данном случае является, главным образом, неблагоприятная реакция (высокая щелочность) среды. Обстоятельные исследования последнего времени по вопросу о доступности растениям обменных катионов (Ярусов, 1938; Ратнер, 1938) показали, что, кроме реакции среды в солонцах, на развитие культурных растений влияет соотношение обменного Ca" к обменному Na'. Так, по данным Е. И. Ратнера (1938), при 60%Ca" + 40%Na' в составе обменных катионов доступность обменного Ca" проросткам пшеницы резко падает (этот эффект почти не выражен в том случае, когда место Na' занимает H'). Еще более резко выражена эта закономерность, когда относительное содержание обменного натрия повышается до 50—60% и соответственно уменьшается содержание обменного кальция. Этот отрицательный эффект отражается прежде всего на развитии корневой системы. Положение проверено не только на проростках пшеницы, но в вегетационных условиях и на просе и на конопле. В химическом составе растений пре-

[1] По данным Орловского, неблагоприятная агрофизиологическая (щелочная) граница солонцов черноземных ниже, чем каштановых (соответственно около 50 и 80% обменного натрия от суммы поглощенных оснований), что вполне согласуется с существующими данными о значительной растворимости в воде гумата натрия.

обладают одновалентные катионы по сравнению с двухвалентными (отношение, например, Na' : Ca" повышается).

Эти интересные данные распространить на природные условия полностью, понятно, невозможно. Дело в том, что растения на солонцах поставлены в такие условия, что они могут пользоваться кальцием из таких горизонтов почвы, где явно благоприятным является отношение Ca : Na. Это справедливо для B_2 (вскипающего от HCl) и часто для верхнего горизонта A. Поэтому для полевых условий, повидимому, наиболее важны для растений указанные выше два фактора: физический и реакция среды.

В условиях практики неблагоприятные агрономические свойства солонцов проявляются при значительно меньших степенях солонцеватости, что является вполне понятным, так как уже при малом содержании обменного натрия ухудшаются физические свойства почвы, и ограничивающей развитие

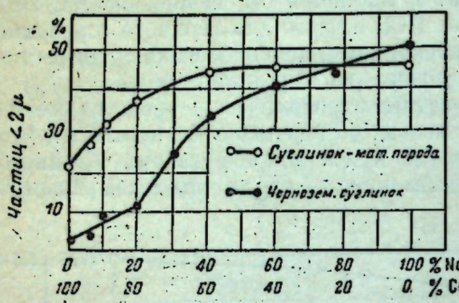


Фиг. 3. Кривые изменения физических свойств почвы в зависимости от степени ее насыщенности обменным натрием (по Ратнеру, 1936).

культурных растений причиной выступает уже а г р о ф и з и ч е с к и й ф а к т о р. Поэтому в большинстве практических случаев культуры растений на солонцовых и солонцеватых почвах мы должны считаться прежде всего с этим фактором и направлять свое внимание на устранение именно неблагоприятных физических свойств солонцовых почв. Иллюстрацией того, что ход кривой роста неблагоприятных физических свойств почвы в зависимости от степени ее насыщенности натрием значительно круче и достигает максимума намного раньше, чем ход кривой возрастания отрицательного агрофизиологического фактора (щелочности), являются данные, представленные на фиг. 3 и 4.

Из приведенных данных видно, что крутой участок кривой физических свойств (дисперсности и фильтрационных свойств) почвы намечается, начиная примерно с 20% относительного содержания обменного натрия в почве. Исходя из данных о степени морфологической выраженности солонцовых свойств почвы в природных условиях в зависимости от содержания обменного натрия в ней и результатов лабораторных исследований, рядом авторов (Л. П. Розов, И. Н. Антипов-Каратаев и др.) предложены количественные классификации солонцов и солонцеватых почв. По этой классификации относительное содержание обменного натрия до 5% в солонцовом горизонте

почвы практически не ухудшает ее физических свойств, — такие почвы относятся к разряду несолонцеватых; отсюда заключаем, что при мелиоративных расчетах для солонцов 5% относительного содержания обменного натрия не должно приниматься в расчет. Это количество поглощенного натрия мы условно называем «неактивной фракцией» и исключаем его при подсчетах необходимого количества мелиорирующих веществ (гипса). Почвы, содержащие в солонцовом горизонте поглощенного натрия больше 20% от суммы обменных оснований, относятся нами к группе собственно солонцов.



Фиг. 4. Кривые изменения дисперсности почвы в зависимости от степени ее насыщенности обменным натрием (по Антипову-Каратаеву)

Относительное содержание обменного натрия между 5 и 20% определяет группу различных солонцеватых почв (слабых, средних, сильных). Количественное разделение собственно солонцов должно, повидимому, производиться по признаку нарастания агрофизиологического фактора (щелочности среды) в его зависимости от относительного содержания обменного натрия. Недостаток строго выполненных исследований в этом направлении пока не позволяет провести такое разделение.

2. Некоторые вопросы генезиса иллювиальных горизонтов в солонцах

Генетические стадии солонцов довольно подробно разобраны в книге В. А. Ковды (1937). Развитие солонцов и солонцеватых почв поставлено в связь с уровнем залегания минерализованных грунтовых вод. С того момента, когда влияние на верхние слои почвы капиллярно поднимающихся грунтовых вод, вследствие понижения глубины их залегания, исчезает, начинаются процессы изменения солонцовых почв в сторону уменьшения их солонцеватости и засоленности и обращения таких почв постепенно в несолонцеватые или слабо солонцеватые почвы. Но этот процесс протекает чрезвычайно медленно, и для его ускорения и получения, в результате остепнения, культурных почв необходимо разумное вмешательство человека. В тех же условиях, когда грунтовые воды продолжают в той или иной степени оказывать свое действие на верхние слои почвы, процесс образования солонцов может еще более усилиться вплоть до перехода таких почв в сильнощелочные солонцы (содовые солонцы), либо этот процесс может смениться процессом вторичного засоления почвы, что может привести к образованию солончака. В особых случаях, когда солонцы интенсивно промываются сверху (западины, понижения), из них могут развиваться похожие на подзолистую почву так называемые осолоделые почвы.

Коллоидно-химическая точка зрения на развитие уплотненных солонцовых горизонтов в почвах этого ряда уже была предметом некоторого нашего анализа. В «Почвоведении» № 6 1937 г. мы писали, что коллоиды иллювиальных горизонтов исследованных нами солонцов Заволжья состоят преимущественно из кристаллических соединений, свойственных так называемым глинным минералам. Эти минералы оказались общими как для нижних горизонтов, так и для самых верхних. Число их было невелико: преимущественно монтмориллонит, серицит, отчасти кварц. Отсюда было сделано заключение, что пептизационный и диспергационный процессы, происходящие в почве под влиянием повышения степени гидрофильности почвенной

массы в присутствии обменного натрия, приводят к накоплению глинных минералов в иллювиальных горизонтах и к вымыванию их из вышележащих горизонтов.

Исходя из этого, было сделано практическое заключение о том, что мобилизация массы солонцовых горизонтов для образования мощного структурного пахотного слоя является практически необходимой мерой, которая оправдывается рядом еще других причин (см. ниже).

В последнее время нашей лабораторией собран еще значительный дополнительный материал по вопросу о характере иллювиальных горизонтов солонцов.

На основе собранных экспедицией В. А. Ковды географических материалов по различным видам солонцов Заволжья И. Д. Седлецкий (1939) выполнил рентгенографическое исследование выделенных из них коллоидов. Анализу подвергались образцы следующих солонцов, развитых на террасах рек Заволжья: 1) сульфатно-хлоридного солончаковатого солонца со второй террасы р. Б. Кушум (разр. 17); 2) содового солончаковатого солонца со второй террасы р. Кинель (разр. 26); 3) остепненного солонца со второй террасы р. М. Узень (разр. 6). Количество коллоидов, естественно, возрастает в иллювиальных горизонтах солонцов. По данным анализов лаборатории В. А. Ковды (1939), а также проф. Н. И. Усова (1939), мы имеем следующую картину распределения коллоидов по профилю некоторых солонцовых почв Заволжья (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1

Распределение коллоидов по профилю некоторых солонцов Заволжья

(по данным В. А. Ковды и Н. И. Усова)

(Анализы по методу полного диспергирования)

Содовый солонец № 26 (Ковда)		Глубокостолбчатый солонец № 151 (Усов) (Каспийская низменность)		Солодь № 159 (Усов) (Каспийская низменность)	
Глубина в см	% коллоидов	Глубина в см	% коллоидов	Глубина в см	% коллоидов
0—3	13.4	0—10	16.92	0—10	25.84
5—7	18.6				
10—15	22.8	16—24	38.07	10—20	18.65
20—25	21.6			20—40	28.31
40—50	13.6	60—75	31.73		
195—210	16.8			60—80	30.67

Качественный состав коллоидов солонцов определяется минеральной частью, органической и органоминеральной. По составу органической части также нет существенной разницы между элювиальным и иллювиальным горизонтами (табл. 2).

Как и нужно было ожидать, больше половины органического вещества коллоидов солонцов представлено группой гуминовой кислоты. К сожалению, здесь не определено содержание фульвокислот, количество которых, судя по косвенным (расчетным) данным, должно быть не менее 10%. Отсюда можно заключить о высоком качестве органической части коллоидов солонцов в смысле ее потенциальных возможностей, как источников оструктуривания пахотного горизонта, если к тому еще учесть общее значительное количество органической части коллоидов, достигающее 10—15% (или 2—2.5% от всей массы почвы).

ТАБЛИЦА 2

Состав органической части коллоидов солонцов Заволжья (в %)

(анализы М. М. Кононовой по материалам В. А. Ковды)

№ разреза	Глубина в см	Общее содержание C	Общее содержание N	Органическое вещество	C×1.72 Гемицеллюлоза	Белки	Гуминовая кислота	Гумин-лигнин
26	0—5	7.95	0.67	13.67	6.6	8.6	58.9	18.4
	10—15	5.26	0.47	9.05	2.7	8.65	73.3	12.9
6	0—5	5.20	0.47	8.94	6.7	13.4	54.7	14.1

Как выше уже говорилось, минеральная часть коллоидов иллювиальных горизонтов солонцов должна также отличаться высокими агрономическими качествами. Приведем сводные данные по минералогическому их составу (табл. 3).

ТАБЛИЦА 3

Состав коллоидных минералов в солонцах Заволжья

(по материалам Ковды и рентгенографическим исследованиям Седлецкого)

Разрез 17 (солончаковатый солонец)		Разрез 26 (содовый солонец)		Разрез 6 (остепненный солонец)	
Глубина в см	Коллоидные минералы	Глубина в см	Коллоидные минералы	Глубина в см	Коллоидные минералы
0—5	Байделит, х-минерал	0—3	Монтмориллонит, х-минерал	0—5	Монтмориллонит
10—15	То же	5—10	Монтмориллонит, х-минерал	15—20	Монтмориллонит, мусковит
18—23	»	10—15	Байделит, гедройцит (мало)	40—45	Монтмориллонит, гедройцит (мало)
25—30	Диккит, гетит	20—25	Монтмориллонит, байделит	124—129	Монтмориллонит, карбонаты
200—210	Биотит, гидрогетит, каолинит (?), х-минерал	45—50			
		195—200	Монтмориллонит, байделит		

Таким образом, и этими данными в основном подтверждаются изложенные нами ранее положения, во-первых, относительно единообразного состава минералов в почвенном профиле, во-вторых, благоприятного отсюда (в агрономическом смысле) характера массы солонцовых горизонтов.

Появление в небольшом количестве таких явно синтетических минералов, как гедройцит, однако, свидетельствует о наличии на некоторых стадиях развития процессов солонцеобразования явлений распада первичных минералов до конечных продуктов (SiO_2, Al_2O_3) и миграции их в виде молекулярных растворов (силикатов и алюминатов) в нижние части солонцовых горизонтов и в подсолонцовые горизонты, где и происходит синтез вторичных минералов.

Что касается собственно солонцовых горизонтов, то в них коллоидные минералы являются общими с таковыми элювиальных горизонтов.

Резкое отличие коллоидных минералов в различных частях разреза 17 (до глубины 25 см минералы байделитовой группы, ниже — каолинитовой),

повидимому, объясняется различиями аллювиальных наносов, а не различиями почвообразования.

В настоящем году лаборатория (Пономарев и Седлецкий) закончила аналогичную работу для некоторых разрезов солонцов Черниговской лесостепи, где развиты, главным образом, содовые разновидности солонцов-солончаков. Сводные данные по рентгеноскопическим исследованиям приведены в табл. 4.

ТАБЛИЦА 4

Состав коллоидных минералов в солонцах и солодях Черниговской лесостепи

(по Пономареву и Седлецкому)

Корковый солонец № 1 (Лосиновский стационар)		Осолоделый чернозем № 173 (Носовская станция)	
Глубина в см	Коллоидные минералы	Глубина в см	Коллоидные минералы
0—0.5	Монтмориллонит, серицит	0—15	Гидролизит, серицит, керолит, гетит, кварц
0.5—10	Монтмориллонит, мусковит, гедройцит [$(Na_2O \cdot Al_2O_3) \cdot 3SiO_2 \cdot 2H_2O$] Керолит ($2MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$), кварц	35—45	Мусковит, гидромусковит
		55—65	Бемит
		115—122	Байделит, гедройцит, метакварц
24—34	Mg — байделит, монтмориллонит	140—200	Байделит, метакварц
60—70	Монтмориллонит, керолит	—	—
190—200	Монтмориллонит	—	—

Эти данные вполне согласуются с изложенными выше положениями. В этих разрезах процесс перемещения силикатов и алюминатов в молекулярной форме выражен еще более заметно. В корково-глыбистом солонце имеем синтез не только гедройцита, но и силиката магния (керолит) в подкорковых горизонтах. Но уплотненные горизонты обязаны опять-таки накоплению минералов монтмориллонитовой группы (своего рода остаточных вторичных минералов). В профиле солоди алюминий в виде, вероятно, алюмината натрия и SiO_2 в форме силиката натрия вынесены на весьма значительную глубину: первый отложился в горизонте 55—65 см (бемит), вторая опустилась еще глубже и стала кристаллизоваться в горизонте 115— 200 см (метакварц). Как видно из анализов Пономарева, количество Al_2O_3 и SiO_2 в 5% KOH-вытяжке из названных горизонтов достигает весьма значительных величин (3.69% Al_2O_3 и отсутствие SiO_2 в гор. 55 — 65 см; 19.39% SiO_2 и 2.39% Al_2O_3 в гор. 115—200 см).

Таким образом, можно считать значительно более уточненным прямыми данными вопрос о процессах, происходящих при образовании солонцов элювиальным путем. Обобщенно говоря, необходимо различать при этом: 1) господствующие при образовании уплотненных горизонтов коллоидохимические процессы диспергирования, пептизации и некоторой транспортировки продуктов и 2) процессы гидролиза и частичного распада первичных (возможно и вторичных) минералов. Продукты этих реакций выносятся ниже уплотненных горизонтов, где выпадают в виде нерастворимых солей или синтезируются во вторичные минералы.

Таковы, повидимому, основные пути образования солонцов. На разных стадиях развития солонцов преобладание коллоидохимического (основного) процесса выражено различно.

В виду чрезвычайной теоретической и практической важности вопросов

36-2

генезиса различных солонцов позволим себе сделать более подробный разбор относящейся сюда новейшей литературы, особенно американской.

Американские исследователи в аридных и семиаридных почвах США различают два рода уплотненных горизонтов: хардпэн (hardpan) и клейпэн (claypan).

Х а р д п э н. Гаррис (Harris, 1920) характеризует хардпэн следующим образом. На некоторой глубине почвенного профиля в засушливых районах образуется плотный слой, который препятствует проникновению воды в нижележащую толщу почвы. Для этого слоя характерна небольшая мощность, обычно варирующая от 5 до 45 см. По описанию ряда авторов, сцементированный слой обращается как бы в твердую скалу и требует для своего разрушения применения громадных усилий. В Калифорнии в садах для его разрушения применяют методы взрывов (динамитом). При этом вывернутая на поверхность масса под влиянием атмосферных агентов (или искусственного увлажнения) сравнительно легко распадается. Хорошие примеры хардпэна описаны Гарднером и Стьюартом (Gardner and Stewart). Камерон (Cameron) считает, что цементирующим материалом в слое хардпэн служит карбонат кальция, но могут участвовать также и другие вещества — гидраты полуторных окислов, SiO_2 и др. В табл. 5 приводится состав образцов хардпэна из почв штата Вашингтон.

ТАБЛИЦА 5

Состав образцов хардпэна из почв штата Вашингтон (в %)

(по Гаррису)

№ образца	Общее количество		Водорастворимые вещества		
	$CaCO_3$	$MgCO_3$	Общее количество	Общая щелочность	Нейтральные соли
8	21.15	1.72	0.343	0.174	0.018
21	14.03	3.09	1.36	0.290	0.230
43	21.79	2.97	0.133	0.180	0.011
56	63.22	2.45	0.350	0.145	0.011

Отсюда видно, что образование хардпэна действительно находится в корреляционной связи с накоплением карбонатов Ca и Mg. Далее, для него характерна достаточно высокая щелочность, обусловленная присутствием $MgCO_3$ и отчасти карбонатов щелочных элементов. По предположениям ряда американских исследователей, в частности того же Гарриса, генезис хардпэна обязан цементации алюмо-силикатной массы почво-грунта in situ при помощи привнесенных извне молекулярными растворами карбонатов кальция, магния, силикатов натрия и, может быть, алюминатов натрия.

Интересные материалы по вопросу об образовании хардпэна в орошаемых почвах находим в отчете Египетского министерства земледелия (см. Граси, Рицк, Мухтар, Мустафа). Почвы с уплотненными слоями типа хардпэна встречаются в Египте отдельными пятнами, от 1 м² до нескольких гектаров. Слои хардпэна являются непроницаемыми для воды. При увлажнении они заплывают. В сухом состоянии представляют очень твердую массу. Залегают на глубинах 40 см и больше и граничат непосредственно с гипсовой прослойкой. При этом концентрация растворимых солей (в том числе и количество гипса) наиболее высокая именно тотчас же под цементированным горизонтом. Химический анализ собственно глинистой массы показывает увеличение содержания кремнезема и частично магния. Египетские авторы поэтому считают, что цементирующая роль здесь должна принадлежать в значительной степени силикату магния. Названные исследователи отклоняют возможное предположение о том, что почвы с хардпэном являются реградированными солонцами в духе воззрений Д. Г. Виленского. По их мнению, в описываемом случае мы имеем дело с первичными почвенными образованиями. Интересным является тот факт, что, несмотря на большое количество гипса над и под этим горизонтом, в нем самом мелиорирующего влияния гипса не обнаруживается. Таким образом, в данном случае мы имеем дело с примером невозможности улучшения «солонцеподобной» почвы методом гипсования.

Генезис этих почв является до сих пор неясным. Весьма возможно, что описываемый хардпэн можно до известной степени сопоставлять с наблюдающимися в почвах рисовых полей Средней Азии «арзиком» и «шохом». К сожалению, вопросом о генезисе арзика и шоха почвоведение почти не занимается (мы знаем лишь еще неопубликованные работы Д. М. Кугучкова, С.-х. институт в Самарканде).

К л е й п э н. Обычные (элювиального генезиса) солонцовые уплотненные горизонты в американской литературе получили название клейпэн. Специальному химическому исследованию многочисленных разрезов почв с клейпэном в Небраске посвящена большая работа Брауна, Райса и Байерса (Brawn, Rice and Byers, 1933). Констатирован известный факт накопления в иллювиальных горизонтах солонцов коллоидных фракций, в составе которых повышено содержание R_2O_3. Но по химическому составу коллоиды, выделенные как из клейпэна, так и из других горизонтов исследованных почв, оказались достаточно близкими: молекулярные отношения $SiO_2 : Al_2O_3$ и $SiO_2 : R_2O_3$ почти одинаковы. Отсюда сделано заключение, что генезис элювиального клейпэна обязан, главным образом, вмыванию коллоидных частиц сверху без заметного их изменения. При этом сами коллоидные минералы являются остаточными продуктами гидролиза первичных минералов. Растворимые продукты этого процесса, повидимому, вымываются в нижележащие горизонты почвы, но об этом американские авторы подробно не пишут.

Иенни и Смит (Ienny and Smith, 1935) для разъяснения вопроса о механизме образования клейпэна в почвах центральных областей США провели ряд специальных экспериментов по фильтрации коллоидных (глинистых) суспензий через различные порошковатые массы, в частности через колонки в стеклянных трубках монодисперсного кварца. Кварц испытан в различной степени дисперсности. Высота колонки 5—10 см. Глинистые суспензии (0.3%) готовились из электродиализированной глины — путнам (Putnam), нейтрализованной раствором NaOH (60 м-экв. на 100 г глины).

Производилось фильтрование суспензии глины через указанные выше модели почвенного скелета. Фиксировалось время, необходимое для получения 5 см³ фильтрата (суспензии). Фиг. 5—11 иллюстрируют полученные результаты.

Механизм прохождения глинистой суспензии с отрицательными частицами через колонку отрицательно заряженного песка или почвы является аналогичным процессу просеивания. Коллоидные частицы могут передвигаться только в порах и канальцах почвенной массы. Если диаметр самой маленькой поры или канальца по своим размерам превышает самый крупный диаметр глинистых частиц, то последние проходят беспрепятственно, и в такой почвенной толще нет тенденции к образованию клейпэна.

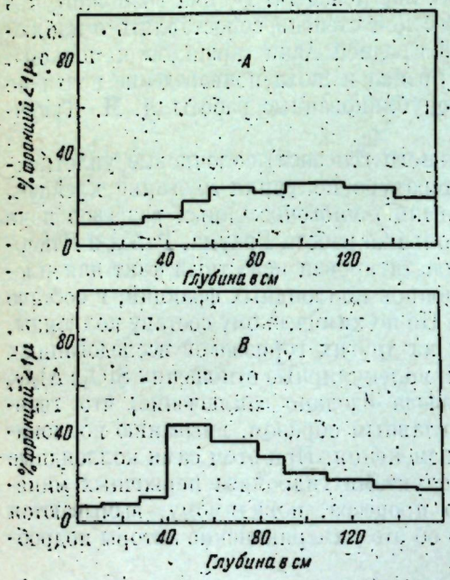
Расчеты показывают, что сферические частицы радиусом в 2 μ образуют каналы такого диаметра, через которые свободно могут фильтроваться глинистые частицы. При угловатой форме частиц для осуществления тех же условий фильтрации глинистой суспензии необходим несколько больший размер этих угловатых частиц скелета почвы, а именно порядка размеров

36-1

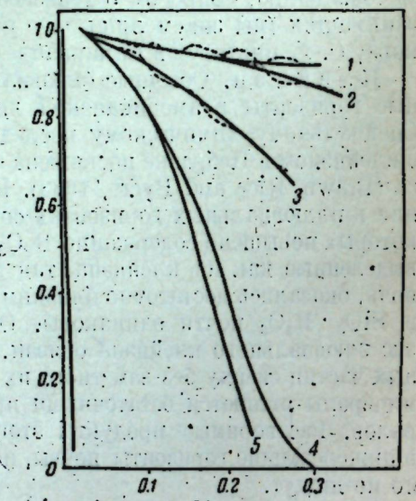
фракции тонкой пыли, но на границе с фракцией ила. Отсюда очевидно, что коллоидные взвеси почвы могут легко задерживаться по механическим (ситовым) причинам в тяжелых и средних почвах, образуя по этой причине уплотненные горизонты в них в самых верхних их частях.

На фиг. 6 наглядно представлены данные по ситовому действию скелета почвы. Из них видно, что чем меньше средний диаметр частиц кварца, тем, понятно, быстрее образуется в его толще непроницаемый слой, что иллюстрируется уменьшением скорости фильтрации суспензии натриевой глины.

Если в системе имеются электролиты, то под их коагулирующим влиянием происходит укрупнение частиц глинистой суспензии, в результате



Фиг. 5. Кривые аккумуляции глинистых фракций ($d < 1\ \mu$) в различных горизонтах дренированной (А) и слабо дренированной (В) почв (по Иенни)



Фиг. 6. Кривые фильтрации глинистых фракций ($d < 1\ \mu$) через колонку песка различной дисперсности (по Иенни):

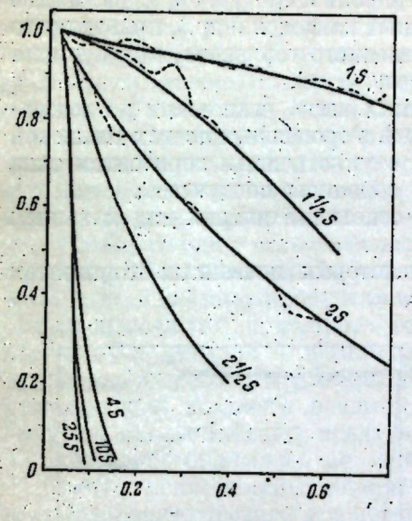
1 — фракция $d = 20$—40 меш; *2* — фракция $d = 60$—80 меш; *3* — фракция $d = 80$—100 меш; *4* — тонкий песок; *5* — очень тонкий песок

чего фильтруемость последней уменьшается, и скорость процесса образования иллювиального горизонта, понятно, повышается.

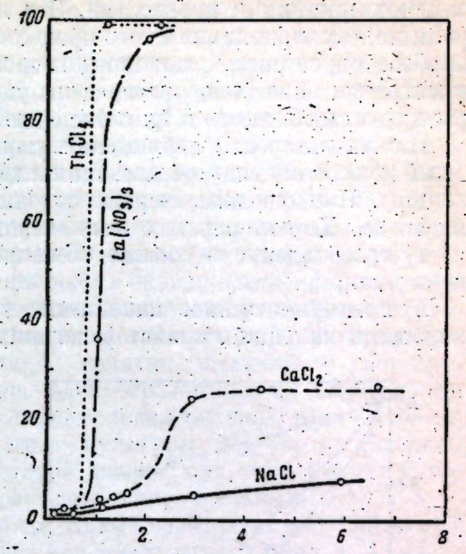
На фиг. 7 показаны различные концентрации $CaCl_2$, выраженные в так называемых symmetry value (S), т. е. в количествах электролита, пропорциональных сумме обменных катионов в твердой фазе суспензии.

На фиг. 8 видно, что для достижения максимального снижения скорости фильтрации глинистой суспензии необходима значительно бо́льшая концентрация $CaCl_2$ и NaCl, чем это соответствует порогу коагуляции. Только концентрация многовалентных катионов (Th, La) совпадает с порогом коагуляции. Специальные опыты с известью ($CaCO_3$) и гипсом ($CaSO_4$), в виде твердых прослоек, показали, что эти вещества также обладают значительным коагулирующим влиянием. Образовавшийся в таких условиях клейпэн становится более устойчивым после удаления части гидратационной воды, т. е. после некоторого просушивания.

Как и нужно было ожидать, защитная роль гумусовых веществ в отношении глинистых суспензий чрезвычайно велика. При этом значительно повышается порог коагуляции по электролитам (фиг. 9), ухудшается возможность образования иллювиального горизонта в самой верхней толще



Фиг. 7. Кривые влияния различных концентраций $CaCl_2$ (в symmetry value) на скорость образования уплотненного слоя (pan) (по Иенни)

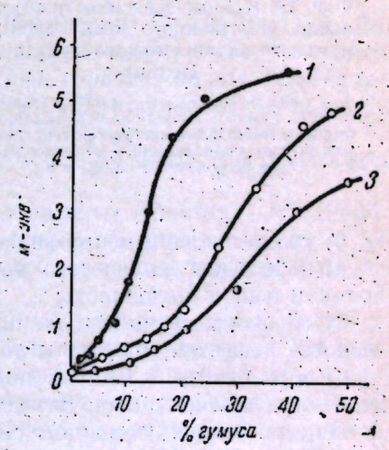


Фиг. 8. Кривые влияния валентности катиона на скорость образования уплотненного слоя (pan) (по Иенни).

Цифры по вертикали обозначают снижение скорости фильтрации в % от начальной скорости; по горизонтали — концентрацию электролита, выраженную в величинах порога коагуляции

почвы (фиг. 10). Лишь под влиянием высоких концентраций электролитов клейпэн образуется в таких условиях.

Наконец, Иенни и Смит рассмотрели еще один возможный случай эловиального образования клейпэна, а именно — в отличие от описанного выше электролитного клейпэна — под влиянием сил адгезии (взаимного притяжения разноименно заряженных поверхностей). Опыт проведен следующим образом: через колонку песка пропускался положительный золь гидроокиси железа. Несмотря на то, что концентрация этого золя в фильтрате почти не изменилась, произошло частичное покрытие поверхности частиц кварца тончайшей пленкой гидрата окиси железа, которую невозможно было снять промыванием водой. Система при этом зарядилась положительно. Вслед за этим через колонку была пропущена суспензия глины (10 см³, 0.3% натриевой глины). Система зарядилась отрицательно. Такая последовательность обработки различными золями попеременно повторялась многократно. В результате образовался клейпэн (кривая 3 на фиг. 11) без влияния электролитов.



Фиг. 9. Кривые защитного действия коллоидного гумуса при коагуляции нейтрального золя глины при помощи NaCl (по Иенни)

1 — гумус из северного торфа; *2* — гумус из почвы прерий; *3* — гумус из чернозема. Цифры по вертикали обозначают концентрацию порога коагуляции в м-экв.

Исследованиями американских авторов убедительно доказывается возможность образования глубоких уплотненных горизонтов в легких и средних по механическому составу солонцах преимущественно кол-

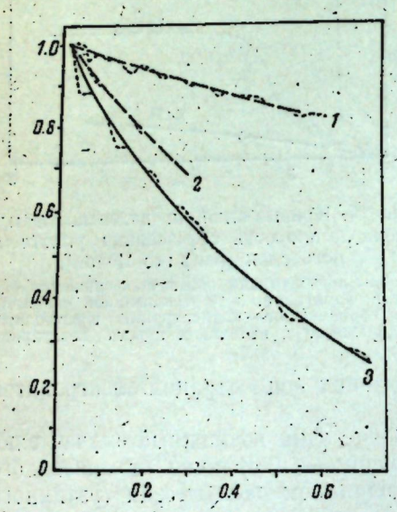
Центральная научная

лоидно-химическими процессами. Эти исследования, понятно, не отрицают роли молекулярно-химического процесса (гидролиз минералов, образование карбонатов, силикатов, алюминатов щелочных катионов и др.), приводящего к миграции вниз (чаще за пределы уплотненного горизонта) молекулярно растворенных веществ и их осаждению здесь.

Весьма интересны наблюдения указанных выше египетских исследователей по особому типу образования клейпэна в орошаемых почвах Нильской долины. Ими описаны «черные солонцы» с уплотненным горизонтом типа клейпэна. Характерно для этих «черных солонцов» следующее:

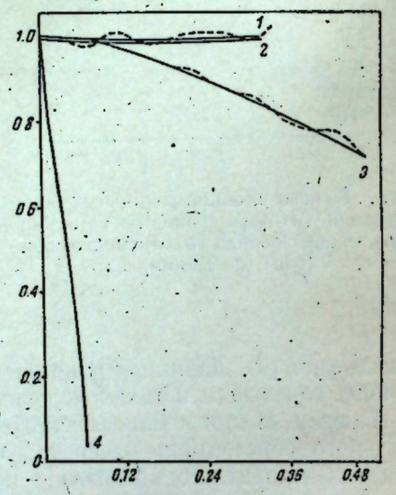
1) преобладание в составе обменных оснований натрия над кальцием и магнием;

2) преимущественное накопление в некоторых почвенных горизонтах карбоната кальция, силикатов магния;



Фиг. 10. Кривые зависимости образования уплотненного (pan) слоя от присутствия коллоидного гумуса (по Иенни)

1 — 0.033 г гумуса; *2* — 0.017 г гумуса; *3* — без гумуса. Цифры по вертикали обозначают относительную скорость фильтрации, по горизонтали — количество отфильтрованной глины в г



Фиг. 11. Кривые образования уплотненного слоя (pan) способом аттракции положительных золей гидрата окиси железа (по Иенни).

1—Na-глина с водой; *2*—Fe-золь с водой; *3* — Na-глина и Fe-золь вместе с водой; *4* — Na-глина с Fe-золем. Цифры по вертикали обозначают относительную скорость фильтрации, по горизонтали — количество глины и железа в г

3) резкое падение по профилю почвы количества органического вещества;

4) небольшое количество водорастворимых солей в профиле почвы, высокая общая щелочность;

5) образование иногда на поверхности почвы налета черного (органического) вещества, отсюда и название почвы «черный солонец» (Armout);

6) образование клейпэна под влиянием обменного натрия и одновременно при цементации почвенной массы силикатом магния.

Генезис «черных солонцов» связан с плохими условиями дренажа и высоким стоянием грунтовых вод (периодически поднимающихся и опускающихся). «Черные солонцы» развиты преимущественно вдоль каналов, в условиях высокого залегания грунтовых вод. По словам египетских авторов, степень выраженности уплотненного слоя зависит от того, насколько резко выражены соответствующие условия: высота, продолжительность и регулярность каждого подъема грунтовых вод и частота, с которой совершается такой подъем. Для преимущественного внедрения натрия в поглощающий комплекс в данных условиях необходимо лишь понижение растворимости солей кальция и магния.

Специальные наблюдения Темплетона (Templeton), изучавшего в полевых экспериментальных условиях вопрос о влиянии уровня грунтовых вод на развитие корневых систем растений, показали, что по мере поднятия зеркала грунтовых вод — под влиянием последних — в почве развиваются оглеенные пятна сначала вдоль корней, а затем и сплошной полосой. Причина этого заключается в образовании сернистых соединений железа в присутствии таких восстановителей, как органическое вещество почвы. Агентом восстановления является *Microspora desulfuricans* (выделенная и изученная в лаборатории), развивающаяся неплохо в сильно засоленной и щелочной среде. Щелочность среды развивается под влиянием именно этого микроорганизма, благодаря продуктам восстановления (Na_2S и др.). По мере повышения щелочности почвенного раствора, понятно, понижается растворимость солей кальция и магния (происходит образование их карбонатов), вследствие этого создаются благоприятные условия для внедрения натрия в поглощающий комплекс почвы. Опытные культуры *Microspora* подтвердили эти предположения: среда, в которой развивались микробы, все более и более подщелачивалась по мере развития микроорганизмов.

Опыты с искусственным поднятием грунтовых вод (при помощи нильской воды, доброкачественной для орошения) в специальных скважинах, со стенками, армированными стеклом, в 1933 г. воспроизвели в природных условиях описанную выше картину процессов полностью: в почве образовались оглеенные полоски, произошло образование натриевой глины.

В таких случаях одновременно происходит выпадение карбоната кальция и (якобы) кремнекислого магния. Если слой натриевой глины образуется в близких к поверхности почвы слоях, развитие «черного солонца» в дальнейшем под влиянием нисходящих токов воды уже обеспечено.

Из рассмотренных материалов по Египту, таким образом, вытекает, что в природе (особенно в условиях орошения) имеют место случаи образования солонцов не обычным, просто элювиальным способом, а более сложными путями. Орошаемому земледелию надо обратить исключительное внимание на анализ подобных явлений.

В Египте (например в Судане) описаны (Фагелером) случаи образования солонцовых почв «нормальным» (элювиальным) способом, путем вмывания насыщенных натрием веществ в иллювиальный горизонт почвы. Карбонатный характер почвенной массы не препятствует возникновению солонцовых свойств. По описанию Меншиковского (Menchikovsky, Soil Research, vol. VI, № 1, 1938), солонцеватые почвы развиваются в условиях неорошаемого земледелия даже Иорданской долины.

Вывод. Таким образом, уплотненные горизонты в почвах засушливых областей могут иметь различный генезис, и в зависимости от этого должны быть выбраны соответствующие мероприятия по окультуриванию таких почв.

Из изложенного вытекает, что необходимо различать хардпэны и клейпэны. Первые представляют собой цементированные слои почвы, обязанные, повидимому, молекулярным процессам, протекающим в щелочной среде: выпадение карбонатов и силикатов и их цементирующее действие. К ним близко стоит тот случай образования уплотненного горизонта в солонцах, который описан в орошаемых почвах Нильской долины. Щелочная среда образуется здесь под влиянием развития *Microspora desulfuricans* в восстановительных условиях. Собственно клейпэны, или уплотненные горизонты солонцов, представляют результат диспергирования почвенной массы под влиянием расклинивающего действия тонких водных слоев, обязанных внедрению в поглощающий комплекс обменного натрия и его гидратации. Диспергированная и пептизированная масса мигрирует, не-

сколько вниз и образует уплотненный слой (клейпэн). Одновременно происходит гидролиз первичных минералов. Продукты этого гидролиза (карбонаты, силикаты, реже алюминаты щелочных элементов) в виде молекулярных растворов выносятся в нижние горизонты почвы и здесь выпадают в виде труднорастворимых солей и в форме аморфной и кристаллизующейся SiO_2 и реже $Al(OH_3)$. Образуются и новые алюмосиликаты.

Совмещение этих двух процессов (коллоидно-химического и молекулярно-химического) для различных стадий солонцов в различных соотношениях является характерным для собственно солонцового процесса. Основным мероприятием при улучшении солонцовых горизонтов должно быть замещение обменного натрия на кальций.

Необходимо иметь в виду возможность образования уплотненного горизонта в почвах и по другим причинам, например:

1) как результат отложения коллоидов из воды при образовании осадочных пород;

2) как результат образования коллоидов благодаря локальному выветриванию.

Последний случай близок к описанному выше случаю в египетских орошаемых почвах.

3. Конкретные условия развития солонцовых и солонцеватых почв в сухих степных областях СССР

Исходя из правильных в основном положений известной теории акад. К. К. Гедройца о происхождении солонцов и частично солонцеватых почв из засоленных почв, мы должны предвидеть те условия, в которых получают наибольшее распространение эти почвы. Это прежде всего засушливые области нашего Союза, где недостаток влаги ограничивает процесс вымывания солей лишь верхними слоями почвы.

По данным Почвенного института Академии Наук СССР, в некоторых областях и республиках СССР имеем следующее распределение солонцовых площадей (табл. 6) и сильно солонцеватых почв (табл. 7).

ТАБЛИЦА 6

Распространение солонцов в некоторых областях и республиках СССР

(по данным Почвенного института Академии Наук СССР)

Республики, области	Общая площадь в млн. га	Площадь солонцов в млн. га	% солонцов от общей площади земфонда	Примечание
Сталинградская обл.	13.540	1.487	10.98	–
Калмыцкая АССР	7.420	1.921	25.89	
Саратовская обл.	8.960	0.527	5.87	
АССР Немцев Поволжья	2.820	0.334	11.85	
Украинская ССР	44.530	0.398	0.89	
Крымская АССР	2.600	0.139	5.36	
Ростовская обл.	10.070	0.319	3.16	
Орджоникидзевский край	10.150	0.334	3.29	
Куйбышевская обл.	9.620	0.0238	0.25	Данные неполны

В пределах отдельных областей и республик солонцовые почвенные комплексы развиваются на тех частях территории (по таким элементам рельефа), где материнские породы представлены либо первично засоленными отложениями (хвалынскими — в Каспийской низменности, более древними — акчагыльскими, юрскими, меловыми — в сыртовых областях Заволжья), либо (что чаще всего) эти породы длительно находились или находятся под засоляющим влиянием близко залегающих минерализованных грунтовых вод (этот случай наиболее часто осуществляется по долинам рек), либо, наконец, в условиях поверхностного современного накопления солей (например в Западной Сибири, Иванова Е. Н., 1939).

ТАБЛИЦА 7

Площадь сильно солонцеватых почв в некоторых областях и республиках СССР

(по данным Почвенного института Академии Наук СССР)

Республики, области	Площадь сильно солонцеватых почв в млн. га	% сильно солонцеватых почв от общей площади земфонда	Примечание
Сталинградская обл.	3.255	24.03	
Калмыцкая АССР	1.082	14.55	
Саратовская обл.	1.141	12.73	
АССР Немцев Поволжья	0.139	19.12	
Украинская ССР	0.223	0.50	
Крымская АССР	0.350	13.47	
Ростовская обл.	0.961	9.54	
Орджоникидзевский край	0.725	7.13	
Куйбышевская обл.	Не опр.	—	Данные неполные

Солонцовые почвенные комплексы являются особенно характерными для речных древних террас в засушливых областях. Во всех случаях для развития солонцов, в результате рассоления верхних горизонтов засоленных почв, необходимо преобладание в составе последних натриевых солей,— в случае присутствия в них достаточных количеств таких солей, как гипс, углекислый кальций, развитие солонцов и солонцеватых почв, понятно, затрудняется, так как ионы кальция успешно конкурируют с ионами натрия за место в поглощающем комплексе почвы и вытесняют их из последнего. В таких случаях рассоление засоленных почв приводит к развитию несолонцеватых почв или слабо солонцеватых почв.

Наиболее характерные солонцовые почвенные комплексы развиты на широких террасах степных рек Нижнего Поволжья. В виду того, что наиболее подробный новейший материал имеется, главным образом, для солонцов Нижнего Заволжья, мы ограничиваем свое изложение преимущественно примерами из этой области, тем более, что экспериментальные материалы автора и его сотрудников посвящены изучению и мелиорации солонцовых и солонцеватых почв Нижнего Заволжья. Но автор считает, что эти примеры будут иметь не только местное, но и общее значение для проблемы мелиорации солонцовых территорий в условиях орошения вообще.

Согласно сводным материалам Нижневолгопроекта (И. Ф. Садовников и А. А. Зайцев, 1937), распределение солонцовых комплексов в Нижнем Поволжье действительно соответствует тем закономерностям, которые кратко изложены выше. По мере выхода территорий из-под засоляющего почвогрунты влияния минерализованных грунтовых вод, т. е. по мере падения уровня грунтовых вод, засоленные почвы сменяются комплексом солонцовых и солонцеватых почв и далее площадь последних постепенно сокращается, вследствие остепнения и перехода их в слабо солонцеватые и несолонцеватые разновидности почв. Эта закономерность ясно прослеживается на различных широких террасах степных рек Нижнего Заволжья, где нап-

более «злостные» солонцовые комплексы приурочены, главным образом, к первой надпойменной террасе, т. е. к тем условиям, когда относительная близость залегания грунтовых вод (на глубине 4—5 м от поверхности) препятствует быстрому остепнению этих почв, ибо профиль почвы имеет возможность повторно (периодически) обогащаться солями натрия в результате капиллярного подъема их вместе с грунтовой водой. Именно такая специфичность условий развития и существования солонцовых почв является, как увидим несколько дальше, основным затруднением при освоении комплексных территорий в условиях орошения.

Что касается более высоких (второй надпойменной и др.) речных террас Заволжья, то площади солонцовых комплексов на них значительно сокращаются. Здесь, а также на южных сыртах, мы уже встречаемся со слабо или средне солонцеватыми и несолонцеватыми почвами, подход к освоению которых в условиях орошения является значительно более легким, чем к мелиорации собственно солонцовых комплексов.

4. Общие предпосылки успешного освоения солонцовых территорий в условиях мелиорации и орошения

Основной предпосылкой успешного освоения засоленных территорий вообще, солонцовых комплексов в частности, является устранение опасности вторичного засоления мелиорируемых площадей. Только при этих условиях производственный эффект проведенных мероприятий может достигаться полностью. Поэтому анализ причин, при которых может происходить вторичное засоление и порча земель в том или ином конкретном районе, является совершенно необходимым условием при проектировании комплекса мелиоративных мероприятий для освоения территории с комплексом солонцовых почв.

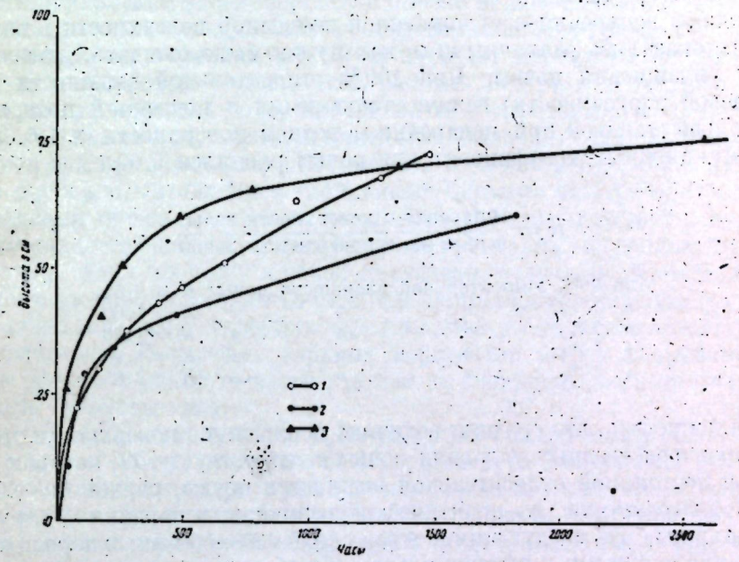
Основным вопросом здесь является вопрос о характере водного баланса территории, обусловливающем возможность или невозможность вторичного засоления ее почв. Попытаемся на примерах Заволжья дать общий анализ некоторых элементов этого водного баланса с точки зрения процессов вторичного засоления почв.

а) О возможности вторичного засоления почв солонцового комплекса без прямого влияния грунтовых вод

Как известно, почвы сухих степей вообще, солонцовые почвы в особенности характеризуются значительным скоплением на небольшой глубине [30 (40)—100 (120) см] водорастворимых солей. Некоторые исследователи полагают, что при смачивании этого слоя оросительной водой следует ожидать подъема («подтягивания») солей к поверхности почвы, т. е. вторичного засоления последней. Объясняется это тем, что в условиях интенсивного испарения воды с поверхности почвы якобы должно происходить заметное капиллярное передвижение (подтягивание) влаги из нижних смоченных (в результате полива) слоев почвы к ее поверхности, даже в таких условиях, когда нет непосредственной связи верхнего увлажненного слоя с грунтовой водой.

В результате такого передвижения солевых растворов и их испарения в поверхностных слоях почвы и происходит накопление солей из солевых горизонтов почвы. Мы же считаем, что описанный процесс, если и имеет место, то не является значительным. В частности, для его осуществления необходимы особо благоприятные условия: интенсивное испарение влаги и быстрое ее передвижение в почвенной толще. Если последнее условие не осуществляется и интенсивность испарения значительно превышает скорость

подачи воды к зоне испарения, должно происходить перемещение последней (зоны испарения) в сторону нижних горизонтов почвы, т. е. подтягивание солей ослабляется или вовсе исключается. В тяжелых по механическому составу и солонцовых почвах скорость капиллярного передвижения воды, как известно, чрезвычайно мала (фиг. 3), и простое сопоставление величин испарения воды с поверхности почвы с величинами скоростей капиллярного передвижения влаги в ней наглядно показывает незначительную роль во вторичном засолении почв Заволжья так называемого явления подтягивания солей, если нет условий для создания верховодок (хотя бы временных).



Фиг. 12. Кривые капиллярного поднятия воды в различных почвах Заволжья.

1 — темнокаштановая почва (разр. 36, 1932 г.); *2* — каштановая солонцеватая почва (разр. 1713, 1932 г.); *3* — солонец (разр. 41, 1932 г.)

Почвы речных террас Заволжья (тем более сыртовых его пространств) представляют тяжелые суглинки и глины. Капиллярное передвижение (поднятие) в них воды происходит чрезвычайно медленно. Для иллюстрации этого положения на фиг. 12 представлены полученные в нашей лаборатории кривые капиллярного поднятия воды в темнокаштановой сыртовой почве (разр. 36, 1932 г.), каштановой солонцеватой почве с надпойменной террасы р. Еруслана (разр. 1713, 1932 г.) и солонце с надпойменной террасы р. Б. Кушум (разр. 41, 1932 г.).

Как видно на кривых, для капиллярного перемещения воды на расстояние 50 см потребовалось в случае темнокаштановой почвы около 1000 час. (около 40 суток); в случаях же солонцеватых почв, по механическому составу более легких, чем сыртовая темнокаштановая почва, в несолонцовых нижних их горизонтах вода капиллярно передвигается несколько быстрее: расстояние в 50 см она прошла в течение 300—600 час. (12.5—25 суток). Исключительно медленно происходит передвижение воды в пределах солонцовых горизонтов (см. кривую для солонца № 41): скорость капиллярного передвижения здесь практически равна нулю, — за 1500 час. вода передвинулась в пределах солонцового горизонта лишь на расстояние 5—10 см.

Что касается величин испарения воды с поверхности почвы, то в этом отношении в нашем распоряжении имеются некоторые данные по прямому определению их на темнокаштановых почвах Ершовского почвенного ста-

ционара (см. отчет о работе опытной испарительной станции Нижневолгопроекта в Ершове в 1937 г.). Трехлетние наблюдения за испарением воды с водной поверхности (из больших испарительных бассейнов) дали величину годового испарения в 908 мм, за период май — октябрь включительно 737.5 мм, причем в наиболее жаркие месяцы (июль и август) величина испарения достигала 165—172 мм ежемесячно. Эти величины в отношении к величинам испарения по Вильду стоят как 0.75 : 1, т. е. редукционный коэффициент для прибора Вильда равен 0.75. Это означает, что для отыскания истинных величин испарения с водной поверхности необходимо данные, полученные по Вильду, умножать на 0.75.

Величины испарения с увлажненной почвенной поверхности в паровых условиях оказались различными и, как нужно было ожидать, зависели от степени увлажнения почвы. При 100% относительной влажности почвы (по полевой влагоемкости) величина испарения с почвенной поверхности была больше таковой при испарении с водной поверхности в 1:0.60 раз, т. е. редукционный коэффициент для почвы равнялся 0,60.

$$K' = \frac{\text{испарение с поверхности воды}}{\text{испарение с поверхности почвы}}.$$

Для 80% относительной влажности почвы $K = 0.81$
» 77% » » » $K = 1.00$
» 73% » » » $K = 1.30$
» 60% » » » $K = 1.90$
» 40% » » » $K = 2.65$

Если допустить, что средняя величина испарения с поверхности орошаемой в производственных условиях почвы соответствует той, которая получена при постоянной относительной влажности почвы, равной 50—60% от полевой влагоемкости, то практические величины испарения с паруюшей почвы должны быть следующими: в год около 480—500 мм; в период май — октябрь около 420 мм; в жаркие месяцы (июль — август) около 90 мм в месяц, что при допущении величины площади сечения капилляров в 20% от общей поверхности почвы должно быть умножено примерно на 5—8 для целей перехода к получению величин скоростей капиллярного передвижения воды к поверхности почвы, необходимых для поддержания постоянной величины испарения при 100 и 50% относительного увлажнения почвы. В этом случае получаем 50—140 см в месяц, т. е. такие величины необходимого капиллярного передвижения воды, которые значительно превосходят (по сравнению с солонцовыми горизонтами во много раз) действительные величины, указанные выше (фиг. 5). Поэтому, естественно, должно наблюдаться резкое уменьшение величины испарения с почвенной поверхности лишь в силу того, что существует достаточно значительный разрыв между величиной испарения и действительной скоростью капиллярной подачи воды к поверхности почвы в заволжских условиях.[1] А это обстоятельство, в практических условиях орошения, должно вести к постепенному перемещению испарительной поверхности в глубь почвенной толщи и тем самым к практическому исключению явления подтягивания солей в поверхностные слои почвы. Вот почему, как нам представляется, солонцы в Заволжье, несмотря на очень большую близость их солевого горизонта к поверхности почвы, практически не могут вторично засоляться в своих надсолонцовых горизонтах без прямого влияния на этот процесс грунтовых вод.

[1] Мы здесь не касаемся вопроса о влиянии структурности почвы на уменьшение величины испарения. Не касаемся также тех условий, которые возникают при транспирации растений.

Приведем несколько примеров, доказывающих правильность изложенных положений. В 1932 г. в июле — августе нами (Антипов-Каратаев и сотрудники, 1935) производились опыты на южных черноземах и солонцах Саратовского Заволжья по промачиванию их различными количествами поливной воды и определению условий подтягивания солей к поверхности почвы без участия грунтовых вод. Только в одном случае (на солонце) через 30 дней после полива 150 мм воды было обнаружено некоторое подтягивание хлоридов в слой почвы между 20 и 50 см. При более значительных дозах поливной воды это явление вовсе отсутствовало, хотя горизонт первоначального накопления солей начинался близко от поверхности (с 40—50 см).

Весьма детальные специальные исследования по этому вопросу в опытно-производственных условиях в 1935 и 1936 гг. проведены на Валуйской опытно-мелиоративной станции (см. работы Лопато и Косматова 1935—1937 гг.) на каштановой солонцеватой почве с грунтовыми водами на глубине 2—2.5 м. Под культурами пшеницы, люцерны, сахарной свеклы и кукурузы как при дождевании (нормами в 450—800 м³/га), так и при самотечном орошении затоплением (поливными нормами от 1200 до 1500 м³/га) подтягивания солей из солевых горизонтов (50 см и глубже) в пахотный практически не происходило, хотя близость грунтовых вод должна была способствовать этому процессу в какой-то степени, осложнив «чистый» процесс подтягивания дополнительным влиянием капиллярного подпора грунтовых вод. Только в паровых условиях через 80 дней после полива было обнаружено некоторое обогащение верхних горизонтов почвы хлоридами. Это явление нужно в какой-то части отнести за счет капиллярного перемещения сюда грунтовых вод.

Наконец, в качестве третьего примера укажем на динамику солей в условиях орошения на солонцах нашего Малоузенского стационара. Грунтовые воды в настоящее время здесь явно не влияют на солевой режим почвенной толщи, так как они залегают на глубинах порядка 6—9 м. Горизонт максимального накопления солей лежит между 40 (50) и 200 см, и при каждом поливе (затоплением нормами около 1000 м³/га), несомненно, происходило промачивание главной части этого горизонта. Тем не менее за 3 года орошения мы ни разу не наблюдали заметного подтягивания солей из солевого горизонта в верхний.

Вывод. Явление вторичного засоления поверхностных горизонтов почвы в условиях Заволжья в результате непосредственного подтягивания солей из подпахотных солевых горизонтов почвы (без участия грунтовых вод) практически заметной роли не играет и играть не будет.

б) Поднятие грунтовых вод — основная причина вторичного засоления почв в условиях орошения. Опасности вторичного засоления солонцовых территорий при несовершенных способах орошения

Основной причиной вторичного засоления орошаемых территорий, как известно, является поднятие уровня грунтовых вод выше так называемого критического их положения. Опыт исследования процессов вторичного засоления почв в Средней Азии привел нас к необходимости различать два критических положения уровня грунтовых вод, при которых опасность вторичного засоления верхних слоев почвы становится реальной: одно положение отвечает естественным условиям, и этот уровень мы называем абсолютным критическим уровнем грунтовых вод, второе положение является характерным для культурных условий орошения, и этот уровень мы называем относительным критическим уровнем грунтовых вод. Абсолютный критический уровень грунтовых вод является функцией, главным образом, механического, и

аггрегатного состава почв и грунтов и мало изменяется в зависимости от изменения других природных условий. Что касается относительного критического уровня грунтовых вод, т. е. той величины, с которой последние в условиях орошаемого земледелия в течение вегетационного периода могут вызвать заметное засоление культурного слоя почвы, то эта величина, кроме механического состава и сложения почвы, зависит прежде всего от степени минерализации грунтовых вод, а также от условий орошения и глубины промачивания почвы при поливах, культурного состояния поверхности почвы и др. Определение величины как абсолютного, так и относительного критического уровней грунтовых вод для условий орошения имеет весьма большое значение, оно очень важно для проектирования способов мелиорации и освоения комплексных солонцовых территорий. Если грунтовые воды при орошении почв не поднимаются выше абсолютного критического уровня, опасений вторичного засоления почв нет, если, конечно, поливная вода не является сильно минерализованной (если общее количество солей в поливной воде не превышает 0.8—1 г/л).

Для почв и грунтов Нижнего Заволжья наиболее удовлетворительные данные для величин абсолютного критического уровня грунтовых вод получены методом определения влажности почвенной и грунтовой толщи, лежащей непосредственно над зеркалом грунтовых вод. Характер распределения влаги дает достаточно отчетливую картину верхней границы капиллярной зоны, и по ней можно судить о мощности критической толщи в почве и грунте.

Для хвалынских отложений и развитых на них почв Каспийской равнины (аналогов почв Валуйской станции) имеем такие определения в работах Джаныбекского почвенного стационара Академии Наук (см. Труды Комиссии по ирригации, сб. 10, 1937, стр. 203). Из соответствующих данных, приведенных в табл. 8 за сроки 29 июля и 26 сентября (1935 г.), видим, что, начиная с глубины 225 см до самого зеркала грунтовых вод, залегающих на глубине 585 см, влажность почво-грунта повышается чрезвычайно монотонно, и поэтому данную толщу (с 225 см от поверхности до 585 см глубины) можно считать капиллярной водной зоной и по ней можно судить о величине абсолютного критического уровня грунтовых вод. Последняя, повидимому, близка к 360—400 см.

ТАБЛИЦА 8

Распределение влажности в почвах и грунтах Каспийской равнины над уровнем грунтовой воды

Глубина в см	Влажность в % на сухую почву		Глубина в см	Влажность в % на сухую почву	
	29/VII	26/IX		29/VII	26/IX
0—5	2.1	3.0	265—270	18.5	19.9
10—15	4.1	4.3	305—310	18.0	18.0
25—30	8.6	8.0	345—350	17.4	17.2
40—45	10.2	9.2	405—410	18.1	18.3
55—60	11.2	12.2	445—450	18.3	18.1
85—90	11.5	—	485—490	20.4	19.3
115—120	14.5	15.4	525—530	23.1	23.4
185—190	15.7	15.4	585—590	22.3	21.4
225—230	17.9	17.8			

Для аллювиальных отложений и почв на древней террасе р. М. Узень (Малоузенский солонцовый стационар близ с. Алексашкино, Питерского р-на) аналогичные данные получены нашей лабораторией.

Из приведенных в табл. 9 соответствующих данных можно заключить, что здесь — в тяжелосуглинистых почвах и грунтах — величина капиллярной зоны грунтовых вод приблизительно равна 340—360 см.

Для тяжелых суглинистых почв и грунтов второй надпойменной террасы р. Б. Иргиза получены примерно такие же величины (табл. 10).

И по этим данным мощность капиллярной зоны грунтовой воды приблизительно равна 350 см.

По исследованиям Жулидова и Зайцева, в этих условиях засоление верхнего горизонта почвы происходило при залегании грунтовой воды на глубине около 4.0—4.5 м. Это означает, что для получения правильной величины абсолютного критического уровня грунтовых вод на речных террасах к величине мощности капиллярной зоны грунтовой воды необходимо прибавить около 50—75 см. При этом условии величина абсолютного критического уровня грунтовых вод в почвах и грунтах первой и второй надпойменных речных террас Заволжья равна 4.0—4.5 м.

Что касается относительного критического уровня грунтовых вод, то соответствующих надежных величин для территорий Заволжья мы, к сожалению, не имеем. Наиболее детальные исследования солевого режима почв, в широком масштабе проведенные Валуйской станцией (Ю. Г. Лопато, 1932), к сожалению, не были, хотя бы частично, ориентированы в этом направлении. Важность определения практических уровней грунтовых вод, при которых в условиях орошения можно вести нормальное хозяйство, несмотря на то, что эти уровни меньше абсолютных критических, является очевидной. Повторяем, за неимением достаточных данных пока приходится пользоваться только единичными цифрами. Весьма интересными в этом смысле являются уже приведенные выше данные по Валуйской станции для солонцеватых каштановых почв (см. Лопато и Косматов).

ТАБЛИЦА 9

Распределение влажности в почвах и грунтах речных террас Нижнего Заволжья над уровнем грунтовой воды

(по данным для почв и грунтов Малоузенского солонцового стационара Питерского р-на Саратовской обл.)

Глубина в см	Влажность в % на сухую почву	Глубина в см	Влажность в % на сухую почву
Июль 1938 г.			
0—15	10.1	290—300	15.5
40—50	15.7	340—350	15.7
60—70	14.7	390—400	17.6
80—90	13.6	440—450	18.5
100—110	13.6	490—500	21.4
120—130	12.9	540—550	23.7
140—150	13.2	590—600	24.6
160—170	13.5	640—650	25.4
190—200	13.8	690—700	29.0
240—250	14.0	Грунтовая вода	—

ТАБЛИЦА 10

Распределение влажности в почвах и грунтах второй надпойменной террасы р. Б. Иргиза над уровнем грунтовой воды

(по данным А. А. Зайцева, 1934—1937 гг.)

Глубина в см	Влажность в % на сухую почву	Глубина в см	Влажность в % на сухую почву
1934 г.			
3—10	14.86	187—210	20.81
19—26	14.36	210—240	20.42
47—51	14.47	240—270	20.38
65—72	14.47	300—330	23.32
94—101	17.73	330—360	23.35
120—150	23.17	420—450	28.34
180—187	20.61		

В тяжелых (частиц <0.001 мм до 74%) солонцеватых почвах этой станции с уровнем грунтовых вод на глубине около 2.5 м и со степенью минерализации их около 2—5 г/л при орошении дождеванием и напуском за вегетационные периоды 1935 и 1936 гг. вторичного, опасного для культурных растений, засоления пахотного слоя почвы не происходило. Как указывалось выше, лишь в паровых условиях, с промежутком времени после полива около 80 дней, произошло частичное подтягивание небольшого количества солей в поверхностный слой почвы. Объяснение этого факта заключается в чрезвычайно медленном капиллярном передвижении воды снизу вверх и вследствие этого в разрыве между величиной испарения и подачей воды снизу. В этих условиях, благодаря относительно слабой минерализованности грунтовых вод, значительного количества солей накопляться, понятно, не может. При других, более высоких, степенях засоленности грунтовых вод можно было бы ожидать более заметного засоления верхних горизонтов почвы. С другой стороны, и в этих же условиях снижение степени солонцеватости самой почвы могло бы привести к большей скорости капиллярного передвижения воды, к большему фактическому испарению ее с поверхности и тем самым к более заметному накоплению солей в пахотном слое почвы.

Таким образом, относительный критический уровень грунтовых вод в тяжелых солонцеватых почвах и грунтах Заволжья, представленных хвалынскими глинами, достигает 2.2 — 2.5 м. В несолонцеватых разновидностях этих же почв и грунтов эта величина должна быть несколько больше. Можно приблизительно сказать, что в большинстве случаев в Заволжье величина относительного критического уровня залегания грунтовых вод должна быть около 3—3.5 м, т. е. при поднятии уровня грунтовых вод выше этой глубины можно ожидать опасных для ведения хозяйства выпадений почв по причине вторичного засоления. Эти соображения являются чрезвычайно существенными для прогноза условий, при которых мелиорация и освоение солонцовых территорий могут обеспечить устойчивые благоприятные результаты. Мы считаем необходимым кратко рассмотреть те отрицательные результаты, которые получила старая неправильная практика освоения солонцовых массивов в Заволжье, чтобы заранее предвидеть их и устранить малейшие возможности наступления подобных следствий при орошении теперь.

в) Некоторые примеры вторичного засоления почв солонцовых территорий Заволжья в условиях неправильного орошения

Относящиеся к этому вопросу материалы уже опубликованы в ряде работ. Прежде всего о влиянии водоемов на засоление ближайших территорий. В указанной выше работе А. А. Зайцева (1937) приводится пример поднятия уровня грунтовых вод и засоления верхних горизонтов почвы под влиянием водоема — пруда на второй надпойменной террасе р. Б. Иргиза. Зона засоления достигает 300 м от водоема вниз. При этом критическая глубина залегания уровня засоляющей почву грунтовой воды определяется величиной около 4 м.

В. А. Ковда (1937) различает три положения орошаемого участка по отношению к водоему в речных долинах Заволжья: 1) орошаемый участок расположен выше плотины водохранилища: а) в зоне подпора и б) выше зоны подпора; 2) орошаемый участок расположен ниже плотины водохранилища; 3) орошаемый участок находится ниже плотины водохранилища, причем последнее с помощью добавочных дамб приподнято над орошаемой территорией. Наихудшие условия в смысле вторичного засоления представляет размещение орошаемого участка в положении 1-а и 3. Примеры последнего случая — Новоузенская ирригационная система, Алтатинская система, отчасти Валуйская система.

Территории, непосредственно примыкающие снизу к плотине, оказались засоленными вследствие подъема уровня грунтовых вод выше критического значения. Во втором случае, когда орошаемый участок расположен ниже плотины и вне зоны прямого действия водохранилища на грунтовые воды, орошаемые солонцовые комплексы вторично засоляются преимущественно вдоль магистральных каналов. Примеры этого представляют Камышлакская система и нижние части Валуйской и других систем. Обе упомянутые системы являются весьма старыми по своему возрасту (около 40—50 лет). Вторичное засоление в результате поднятия грунтовых вод произошло здесь, главным образом, вдоль каналов. Главной причиной поднятия грунтовых вод на Валуйской системе являются потери воды на фильтрацию из водохранилищ и сети. Средний процент потерь по всей сети достигает 64 от количества поданной в голове канала воды. На территорию около 2250 га инфильтрованной ежегодно воды приходится около 6—6.5 млн. м³. Естественно, что уровень грунтовых вод около водохранилища и каналов поднят до 2 м и меньше от поверхности, т. е. значительно выше относительного критического уровня, отсюда понятно интенсивное вторичное засоление указанных территорий. Но, несмотря на такие чрезвычайно неблагоприятные условия, общая площадь засоленных земель на территории Валуйской системы к 1932 г. не превышала 37.0%. Незасоленные территории прилегают преимущественно к естественным дренам—к рр. Еруслану, Соленой Кубе и Малой Кубе.

По ряду и других данных (см. Антипов-Каратаев, 1937 г.; Ковда, 1937 г. и др.), дренирующая роль речных каньонов в Заволжье распространяется в стороны около 200—500 м. Однако это положение не является универсальным для условий интенсивного орошения. Так, например, на участке нашего солонцового стационара на первой надпойменной террасе р. М. Узень (около с. Алексашкино, Питерского р-на) в течение 4 лет орошения и частичной предварительной промывки мелиорированного солонцового участка произошло образование устойчивого купола грунтовых вод, превышающего начальный уровень последних на 2—4 м, хотя участок отстоит от врезанного русла реки всего на 150—200 м. При этом за зимний период опускание вершины купола невелико. Таким образом, в данном случае дренирующая роль речного каньона весьма незначительна. Купол приурочен преимущественно к местам промывок и каналам. Объяснение факта устойчивого подъема грунтовых вод лежит, во-первых, в низких величинах коэффициента фильтрации почв и грунтов,[1] вследствие чего скорость гори-

[1] Найденные нашими экспедициями величины коэффициентов фильтрации для почв речных террас Заволжья следующие (сборник под редакцией И. Н. Антипова-Каратаева и А. М. Панкова, 1934):

В долине р. Торгун: для каштановой солонцеватой почвы $K_Д$ = 0.00013056—0.0002744, для светлокаштановой почвы $K_Д$ = 0.0001222—0.000133.

В долине р. Еруслан: для темнокаштановой почвы $K_Д$ = 0.0000806 —0.000125; для столбчатого солонца $K_Д$ = 0.000070; для каштановой солонцеватой почвы $K_Д$ = = 0.000033—0.000055.

В долине р. М. Узень: для каштановой солонцеватой почвы $K_Д$ = 0.0000278—0.0000529; для каштановой почвы $K_Д$ = 0.0001166—0.0002239.

В долине р. Б. Иргиз: для южного чернозема $K_Д$ = 0.00000444—0.000044.

В долине р. М. Узень на нашем солонцовом стационаре: для каштановой почвы $K_Д$ = 0.000035—0.000077; для солонца $K_Д$ = 0.0000050—0.0000075.

Последние данные взяты из статьи Н. И. Саввинова и Е. И. Кочериной (Труды Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937, стр. 239 и 241).

зонтального оттока грунтовых вод ничтожна, во-вторых, в том, что благодаря проведенным промывкам (в 1935 и 1936 гг.) создалась общая смоченность почвенной толщи, и поливные воды, повидимому, в дальнейшем получили возможность капиллярной («цепочной») передачи вниз. Этому процессу еще больше способствует значительное поступление воды в грунтовую толщу в результате фильтрации из каналов.

Из всего изложенного можно сделать определенное заключение о том, что на нашем стационаре причиной быстрого поднятия грунтовых вод явилось в первую очередь применение значительных количеств воды для промывок (до 7000 м³/га) мелиорированных гипсом солонцовых площадей. Мы приходим к выводу, что при мелиорации солонцов с относительно близким залеганием грунтовых вод необходимо избегать применения промывок большими дозами воды. Наиболее рациональной является влагозарядка осенью повышенными поливными нормами. Далее, необходимо стремиться к исключению явлений фильтрации воды из каналов и к замене существующих способов орошения более совершенными, каковым является искусственное дождевание. Орошение водами местного стока в Заволжье осуществляется и проектируется на таких территориях, которые требуют особо внимательного отношения к выбору способов орошения, ибо большинство этих территорий, как уже указывалось выше, характеризуется сравнительно близкими к поверхности грунтовыми водами (5—10 м, реже глубже), слабой дренированностью местности и плохими фильтрационными свойствами грунтов. В этих условиях роль многолетних трав с их мощной корневой системой (люцерны) исключительно велика в смысле предупреждения вторичного засоления верхних горизонтов почв.

II

5. Теоретические основы приемов мелиорации солонцовых почв

Нужно считать доказанным, что для улучшения агрономических свойств солонцов и солонцеватых почв необходимо удаление поглощенного почвой натрия и замена его ионами — коагуляторами (главным образом ионами кальция). При этом рядом работ показано, что для этого нет необходимости в удалении всего поглощенного натрия — достаточно снижения общей солонцеватости почвы до известной границы. Такой границей является 3—5% обменного натрия от суммы поглощенных оснований. Поэтому при расчетах количеств мелиорирующего вещества эта величина обменного натрия не должна приниматься во внимание.

а) О возможности рассолонцевания почв одним орошением

Теория показывает, что возможно вытеснить поглощенный натрий из почвы водородными ионами воды. Но вследствие того, что концентрация последних чрезвычайно мала (только около 0.0000001 части г/л), скорость вытеснения натрия одним орошением, понятно, также мала. Этот процесс значительно ускоряется, когда в воде растворена углекислота. Чем больше углекислоты в почвенном воздухе, тем ее больше в почвенной влаге. Количество же углекислоты в почвенном воздухе зависит от характера разложения и количества органического вещества (растительных остатков, навоза, корневых масс, микробов) в почве. С другой стороны, подкисленная углекислотой вода повышает растворимость соединений кальция в почве, тем самым ионы кальция могут вытеснять поглощенный натрий. Особенно ясно должен выступать этот процесс в том случае, когда в пахотном слое почвы содержится углекислый кальций. При глубокой пахоте и хорошем перемешивании пахотного слоя солонцовых почв почти всегда можно ожидать присутствия карбоната кальция в этом слое. В таких случаях происходит так называемая самомелиорация солонцов. При этом опять-таки данный процесс будет довольно медленным. Для иллюстрации изложенных положений приведем некоторые имеющиеся как в специальной литературе, так и наши собственные материалы.

В. И. Лисовский (1938) и И. А. Королев (1938) описывают случаи «самомелиорации» солонцов Тингутинского орошаемого участка в условиях лиманного орошения и смены одной естественной растительности другой в результате длительного орошения. На части участка в 1905 г. сделаны мелкие ярусные лиманы. Через 7—10 лет чернопольная и камфоросмовая растительность уже сменилась сплошным покровом пырея (1912—1914 гг.). Через 25—30 лет к пырейной растительности добавились в значительной степени мятлик, овсяница, клевер, дикий цикорий, конский щавель. Сравнительный анализ солонца и лиманной почвы показал, что в последней (0—20 см) увеличилось содержание гумуса до 4.16% против 2.32 в солонце. Количество водоупорных аггрегатов также повысилось: до 52.4% против 17.8 в солонце. Солевой горизонт опустился на глубину 150—200 см. В составе обменных оснований возросло содержание Mg и появились признаки некоторого осолодения почвы: в щелочной вытяжке увеличилось количество SiO_2; кроме этого, обнаружены следы ненасыщенности верхних горизонтов почвы; снижено в них количество частиц $< 1\ \mu$ и произошло некоторое накопление их в иллювиальном горизонте.

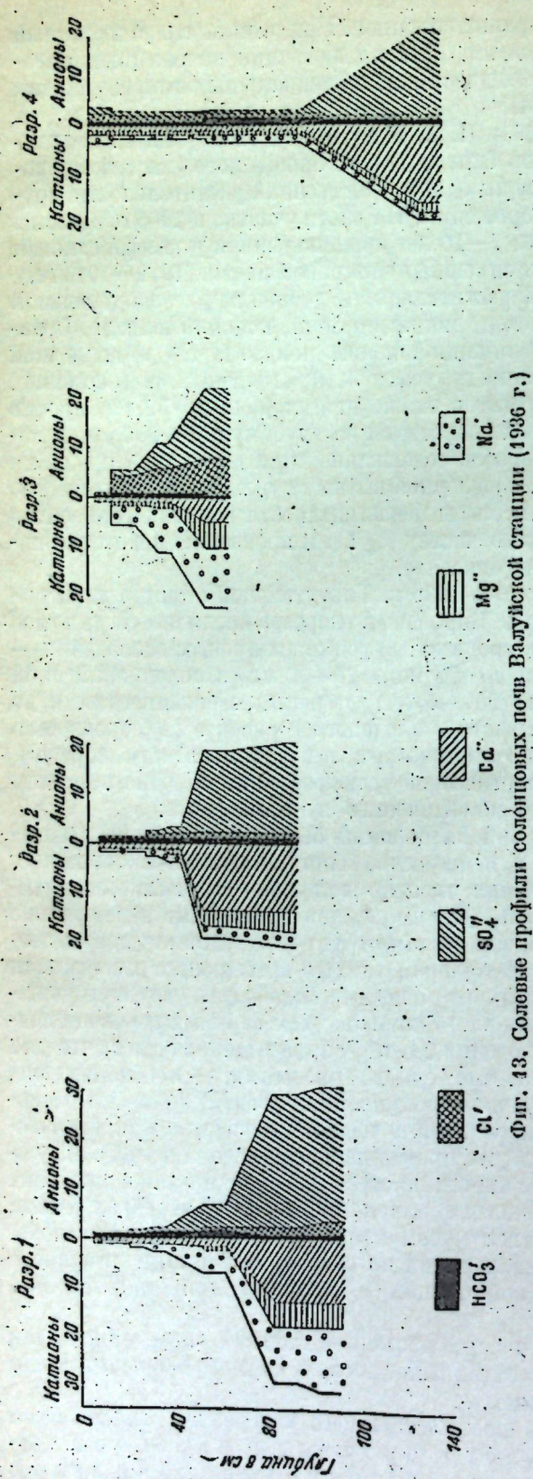
Личное наше посещение осенью 1939 г. Тингутинской станции и вскрытие исследованных Лисовским и Королевым разрезов наглядно убедило нас в том, что в почве протекли два процесса: 1) усилился процесс осолодения — осолоделый горизонт развился до глубины 25—30 см, а солонцовый слой соответственно опустился ниже (25—45 см), степень же солонцеватости не снизилась; 2) в самой верхней части осолоделого горизонта (A_1) произошло некоторое обогащение почвы органическим веществом. Таким образом, надо считать, что процесс биологической трансформации солонца в данном случае проходил через процесс значительного его осолодения.

Влияние лиманного орошения на солонцы было предметом исследований Н. Д. Беспалова (1937) в междуречье Торгун-Водянка в Заволжье. В результате 40-летнего орошения площадь солонцов на участке сократилась с 55—60 до 25—30%. В профиле солонцов происходит перемещение уплотненных горизонтов вниз, пылеватая структура сменяется комковато-зернистой, столбчатая — ореховато-зернистой. Но этот процесс совершается очень медленно: за 40 лет лиманного орошения столбчатая структура в некоторых случаях опущена лишь на 15 см. При этом верхний горизонт почвы имеет явные признаки осолодения. Автор справедливо считает, что для мелиорации солонцов недостаточно одного орошения, — необходим ряд мелиоративных и агротехнических мероприятий. Развитие процесса осолодения ведет к разрушению минеральной почвенной массы и к относительному накоплению SiO_2 (около 1.5 раз против неорошаемого солонца). В условиях лесных посадок процесс рассолонцевания проходит до конца, и процесс осолодения сменяется процессом почвообразования, приводящим к развитию богатых гумусом структурных темноцветных почв.

Материалы подобных же наблюдений по вопросу о влиянии лиманного орошения на солонцы Валуйской станции (в Заволжье) приведены в книге И. Л. Щеглова (1928).

В Петровском лимане на участке названной станции автор описал так называемые мокрые солонцы, сохранившие после 40-летнего орошения следы прежних структурных солонцов.

Перейдем к рассмотрению соответствующего материала, относящегося к влиянию длительного орошения способом затопления (из каналов) на солонцовые комплексы Заволжья.



Фиг. 13. Солевые профили солонцовых почв Валуйской станции (1936 г.)

Исследования почв Камышлакского поливного участка (Озинский р-н Саратовской обл.; А. И. Кудинова, 1937) показали, что, несмотря на 30—40-летнее орошение, почвенный покров участка в основном сохранил свою комплексность, представленную в момент исследования на 15% площади комковато-глыбистыми, на 85% глубокостолбчатыми солонцами. В данном случае сохранению этой комплексности (может быть даже ее усилению) способствовали, повидимому, сезонные процессы засоления и рассоления, как следствие колебаний уровня грунтовых вод около критической его величины (после прекращения регулярного орошения ко времени исследования уровень грунтовых вод установился на глубине около 4.4 м).

По этому же вопросу находим значительный материал в указанной выше книге И. Л. Щеглова для участка Валуйской станции. Длительно (около 40 лет) орошаемые солонцы имеют смазанную картину профиля при увлажнении; при высыхании почвы столбчатый горизонт вновь появляется. В условиях вторичного засоления на месте бывших структурных солонцов развиваются влажные солончаки, в которых «гор. В превратился в мягкую, вязкую, желто-бурую глинистую массу, при высыхании покрывающуюся выцветами солей». К сожалению, И. Л. Щеглов не приводит достаточных цифровых данных, характеризующих солонцовые свойства описываемых почв (состав обменных оснований). В виду исключительного интереса рассматриваемого вопроса мы решили провести специальные исследования длительно орошаемых солонцов Валуйской станции, взяв в 1936 г. соответствующие образцы почв после их описания. Приводим кратко морфологические и аналитические данные.

Разрез 1, 1936 г. — орошаемый солонец на старом гидромодульном участке у пятигранного шлюза. Орошается около 40 лет. С 1925 г. зерново-люцерновый севооборот. До этого многократно культивировалась здесь люцерна. В настоящее время также люцерна. Уровень грунтовых вод около 2 м. Уплотненный солонцовый горизонт сохранился в пределах от 20—25 до 40 см. Ниже карбонатно-сульфатный горизонт, солевой горизонт с глубины 50—60 см наиболее заметен. В виду близости грунтовых вод соли временами поднимаются и до поверхности, но в небольших количествах. На фиг. 13 показан солевой профиль этой почвы в момент исследования (16/VII 1936 г.).[1]

Несмотря на то, что уровень грунтовых вод в данном случае весьма близок к величине относительного критического уровня, засоление почвы слабо выражено; последнее обстоятельство должно быть приписано положительной роли многолетних трав (люцерна), мощная корневая система которых перехватывает капиллярные (как уже указывалось выше), чрезвычайно медленно поднимающиеся воды и не допускает их к поверхности.

Содержание в почве перегноя (гумуса), азота и карбонатов (по CO_2) приведено в табл. 11. Судя по этим данным, почва является карбонатной с самой поверхности, тем не менее даже в условиях травопольного севооборота (регулярного в последние 10 лет) не произошло достаточной ее «самомелиорации» [см. данные по составу обменных оснований в табл. 12]. Одной из основных причин замедленности этого процесса мы считаем наличие здесь условий для периодического многократного возвращения ионов натрия в коллоидный комплекс почвы, благодаря относительной близости минерализованных грунтовых вод. Справедливость этого положения иллюстрируется преобладанием в солевом профиле этой почвы солей натрия. Отсюда мы делаем вывод: в условиях близких грунтовых вод (по

ТАБЛИЦА 11

Содержание гумуса, азота и углекислоты карбонатов в солонцовых орошаемых почвах Валуйской станции (в %)

№ разреза	Глубина в см	Гигроскопическая вода	CO_2 карбонатов	Гумус	Общий азот	№ разреза	Глубина в см	Гигроскопическая вода	CO_2 карбонатов	Гумус	Общий азот
1	5—10	4.03	0.23	2.27	0.126	3	3—9	3.83	Нет	1.53	0.094
	20—25	4.54	0.37	1.73	0.124		11—21	4.23	»	1.84	0.073
	30—35	4.38	2.29	0.98	—		30—35	2.83	2.25	0.43	—
	50—60	3.69	4.53	0.52	—		50—60	3.47	3.80	0.34	—
	80—90	4.58	2.24	—	—	4	0—12	4.04	Нет	3.26	0.206
	100—110	4.79	2.64	—	—		15—24	4.11	»	3.14	0.201
2	5—20	3.75	Нет	1.75	0.124		25—37	4.68	»	1.34	—
	25—30	4.00	0.81	1.02	0.067		60—70	3.38	1.17	0.54	—
	35—40	3.92	1.99	0.67	—		80—90	3.82	3.13	—	—
	50—60	4.07	3.23	0.52	—		140—150	5.96	3.75	—	—
	85—90	4.46	2.32	—	—						

[1] На фиг. 13 сверху вниз отложена глубина почвы, направо от вертикальной срединной линии — содержание анионов (суммированием одного с другим) в м.-экв. на 100 г почвы; налево — то же для катионов. На солевой профиль нанесены лишь водорастворимые соли.

ТАБЛИЦА 12

Состав обменных катионов в орошаемых солонцах Валуйской станции

№ разреза	Глубина в см	В м-экв на 100 г почвы				В % от суммы		
		Ca··	Mg··	Na·	Сумма	Ca··	Mg··	Na·
1	5—10	—	23.81	2.84	26.65	89.3		10.7
	20—25	—	27.25	5.39	32.64	83.5		16.5
	30—35	—	29.58	6.84	36.42	81.2		18.8
2	5—20	18.45	12.57	3.32	34.34	53.7	36.6	9.7
	25—30	—	30.03	5.12	35.15	85.4		14.6
	35—40	—	36.39	6.25	42.61	85.4		14.6
3	3—9	8.75	12.34	1.49	22.58	38.7	54.6	6.7
	11—21	9.65	17.01	10.18	36.84	26.2	46.2	27.6
	30—35	—	34.83	8.01	42.84	—	81.3	18.7
4	0—12	20.85	10.78	3.82	35.45	58.8	30.4	10.8
	15—24	21.60	10.92	2.52	35.04	61.6	31.1	7.3
	25—37	20.75	10.28	6.25	37.28	55.6	23.3	16.1

еще не вызывающих опасного засоления почв) и в условиях культуры многолетних трав тяжелые по механическому составу солонцы самомелиорируются с чрезвычайной медленностью. Судя по характеру распределения и количеству гумуса в почвенном профиле, многолетние травы (люцерна) способствовали его закреплению в почве. Они же обусловили весьма высокое содержание азота в почве.

Разрез 2, 1936 г. — орошаемый солонец, более осолоделый, чем разрез 1. Глубина грунтовых вод около 1.8—2.0 м. На том же участке, что и разрез 1, но на его краю. Пахотный горизонт до 23 см; ниже до глубины 30 см остаток солонцового горизонта (B_1); горизонт плотный, столбчато-призматический. Ниже начинается вскипание при действии кислотой. С глубины около 50 см начало солевого горизонта (сульфатно-карбонатного). Как видно из фиг. 13, данный разрез менее рассолен, чем разрез 1, хотя уровень грунтовых вод и условия орошения приблизительно одинаковы. Тем не менее верхний горизонт почвы более деградирован, что объясняется отсутствием карбонатов в пахотном слое (табл. 11). Вследствие всего этого и содержание гумуса здесь несколько меньше, чем в разрезе 1 (1.75% против 2.27). Степень же солонцеватости этой почвы того же порядка, что в разрезе 1 (табл. 12).

Разрез 3, 1936 г. — неорошаемый среднестолбчатый солонец — в 60 м от разреза 2. Целина. Вскипание с глубины 27 см. Первые 10 см представлены бесструктурной массой. До глубины 25 см призматическо-столбчатый, плотный горизонт. Слой в 26—40 см очень плотный; вскипает от кислоты с глубины 27 см. Соли, как видно на фиг. 13, значительно выше, чем в орошаемых солонцах. Максимум их начинается уже с глубины около 40 см. В составе солей преобладают хлориды и сульфаты натрия.

Судя по данным табл. 12, состав поглощенных катионов в этом разрезе вполне характерный для типичных солонцов Заволжья.

Разрез 4, 1936 г. — сильно солонцеватая почва. Четвертое поле семиполья. Западина непосредственно к северу от усадьбы станции. Оровается с 1880 г. Занято пшеницей. Пахотный горизонт серо-бурый, угловатые глыбы диаметром до 20 см, очень плотный слой. Ниже несколько темнее окрашен, до 40 см глубины плотный, также глыбистый. Ниже пестрый горизонт с полосками гумуса, комковатый. С глубины 60 см вскипает от

кислоты, но выделений карбонатов еще нет. Они появляются с глубины около 80 см, причем их немного. С глубины около 100—120 см, как видно на фиг. 13, появляются солевые скопления. Таким образом, эта почва оказывается наиболее выщелоченной от солей. Благодаря своему западинному положению, она обогащена и гумусом (до 3.26%) и содержит большие количества азота. Несмотря на все эти положительные стороны, данная почва сохранила (может быть развила) и после 50-летнего орошения свои солонцеватые свойства как по составу обменных катионов (табл. 12), так и по отрицательным физическим свойствам.

Таким образом, ряд убедительных данных показывает, что солонцеватость бескарбонатных тяжелых по механическому составу почв приемами только орошения и обычной агротехники практически трудно устранить, влияние же многолетних трав сравнительно слабо ускоряет этот процесс. Эти положения нельзя, однако, распространять на более легкие, притом карбонатные солонцы.

б) Условия эффективности рассолонцевания почв одним орошением при применении многолетних трав и вообще органического вещества

Из изложенного выше о данных лиманного орошения видно, что в условиях естественной смены травостоя солонцы действительно «самомелиорируются», правда, с явлениями частично отрицательного характера: эта «самомелиорация» сопровождается часто некоторым осолонцеванием, т. е. разрушением коллоидов солонцового горизонта и накоплением кремнезема. В тех же случаях, когда мы имеем дело с карбонатными солонцами или при помощи глубокой обработки включаем в пахотный слой карбонатные нижние горизонты почвы,[1] как показано еще К. К. Гедройцем (1928), процесс осолонцевания должен сниматься, и «самомелиорация» солонцовых почв, хотя и медленно, но должна пройти без отрицательных последствий. В условиях культуры многолетних трав или внесения навоза либо зеленого удобрения этот процесс должен ускоряться в значительной степени.

В ходе разложения органического вещества и развития мощной корневой системы многолетних трав в почве увеличивается содержание углекислоты (по нашим данным на Ершовском почвенном стационаре, в три — пять раз против опыта без внесения органического вещества), стало быть, повышается растворимость углекислого кальция и тем самым ускоряется мелиорация солонцов. Так, в сводной работе американских исследователей (W. P. Kelley, 1937) приведены результаты мелиорации так называемых черных щелочных почв (black alkali soils), по нашей характеристике относящихся к карбонатным солонцам-солончакам. По механическому составу эти почвы представляют собой легкие суглинки. Очень интересными оказываются положительные результаты от зеленых удобрений. В 1930 г. была посеяна бермудова трава (*Capriola dactylon*), через 2 года она запахана в качестве зеленого удобрения. Положительные качества этой травы в том, что она выдерживает значительные количества солей в почве. По фону зеленого удобрения был посеян ячмень, затем люцерна. Уже через 5 лет культуры в условиях орошения можно было говорить о коренном улучшении почвы. Урожаи достигли высоких устойчивых цифр. Состав поглощенных катионов резко улучшился, как это видно из данных табл. 13.

Давно известно положительное влияние на почву сочетания известкования, многолетних трав и зеленых удобрений (культуры люпина, клевера, люцерны) в производственных условиях освоения засоленных морских

[1] Или вносим карбонат кальция со стороны, например в виде старой золы.

ТАБЛИЦА 13

Результаты мелиорации карбонатных солонцов-солончаков при помощи зеленых удобрений (Capriola dactylon) в Калифорнии

(по Kelley)

Глубина в см	Обменные катионы			Глубина в см	Обменные катионы		
	$Ca^{\cdot\cdot}+Mg^{\cdot\cdot}$ в м-экв.	$Na^{\cdot}$ в м-экв.	$Na^{\cdot}$ в % от суммы		$Ca^{\cdot\cdot}+Mg^{\cdot\cdot}$ в м-экв.	$Na^{\cdot}$ в м-экв.	$Na^{\cdot}$ в % от суммы
До опыта в 1930 г.				После опыта[1] 1937 г.			
0—12	1.27	2.44	57	0—12	3.99	0.05	1
12—24	0.00	4.47	97	12—24	3.97	0.19	4
24—36	0.33	4.60	90	24—36	3.85	0.69	13
36—48	2.70	2.29	43	36—48	4.69	0.20	4

солончаков при осушении больших территорий, отвоеванных от моря, в Голландии (Hissink, 1938).

Таким образом, можно считать доказанным, что в условиях орошения мелиорация относительно легких по механическому составу карбонатных солонцов может достаточно быстро достигаться сочетанием глубокой обработки (для использования почвенных карбонатов) и применения многолетних трав, зеленых удобрений или внесения навоза. Тяжелые по составу солонцы в таких условиях мелиорируются, повидимому, медленно.

Для зеленых удобрений, вероятно, могут культивироваться такие растения, как донник, виковая смесь и др. В Венгрии для этой цели рекомендуется также подсолнечник. Что касается подбора многолетних трав и их смесей (злаковых и бобовых) специально для солонцовых территорий, то эта задача в основных чертах может считаться также решенной. В опытах Малоузенского солонцового стационара Почвенного института Академии Наук СССР и Нижневолгопроекта НКЗ СССР, как это видно из отчета Н. И. Саввинова, весьма перспективными оказались желтая и синяя люцерны, житняки узкоколосый и ширококолосый, смеси первых с последними, а также смеси люцерны с американским пыреем, с бескорневищным костром и некоторые другие. Специальные широкие работы по подбору трав для культуры их на солончаковатых солонцах Барабы, Кулунды (Сибирь) проводятся Н. В. Орловским. Лимитирующим фактором для развития культуры трав оказалась засоленность исследованных этим автором солонцов. По этому признаку подобрано три следующих группы трав:

I группа — особоустойчивых против солей трав. Сюда отнесены пырей ползучий, пырей солонцовый, пырей американский, волосенец сибирский, ячмень солончаковый, из бобовых — донник белый и донник желтый.

II группа — среднеустойчивых против солей трав. Травы этой группы в опытах довольно стойко выносили среднее сульфатно-содовое засоление. Сюда отнесены разнообразные сорта люцерны, житняк сибирский, житняк ширококолосый, пырей пустынный, факультативно овсяница луговая и овсяница красная.

III группа — неустойчивых против солей трав. Сюда отнесены автором клевер красный, клевер белый, эспарцет песчаный,

[1] С зеленым удобрением и посевом ячменя и люцерны.

люцерна голубая № 285, пырей волокнистый, костер безостый, лисохвост солончаковый (неустойчив против содового засоления).

В табл. 14 приведены те концентрации солей в почвах, при которых Н. В. Орловским произведена вышеприведенная группировка трав в 1938 г. (в условиях неорошаемого земледелия).

В Сибири устойчивыми оказались смеси люцерны желтой 60% и житняка 40%. Менее согласованной оказалась смесь люцерны желтой 60% с костром

ТАБЛИЦА 14

Количество солей (в м.-экв. на 100 г почвы), лимитирующее первые стадии развития культурных трав в Барабинской лесостепи (Сибирь)

(по Н. В. Орловскому)

Глубина в см	Вредные для III группы трав			Вредные для II группы, токсические для III группы трав			Вредные для I группы, токсические для II группы трав		
	HCO_3	SO_4	Na	HCO_3	SO_4	Na	HCO_3	SO_4	Na
0—15	3	1—2	2—3	4—5	1—2	4—5	5	1—2	4—5
15—30	6—7	1—3	5—7	5—6	2—3	6	6—7	1	5—6
40—60	5	3—4	6—7	3—4	3—4	6—7	5—6	2	5—6
80—100	3—4	3—4	3—6	2	2	2—3	3	1	2—3
Грунтовая вода (в г/л)	18	23	31	—	—	—	74	73	145

безостым 40%; далее, люцерны посевной с пыреем американским. Интересными оказались смеси донника с однолетними злаками (просом, могаром). Автор рекомендует использовать урожай первого года для силоса, а второго — в качестве зеленого удобрения. Легко получаемый урожай донника в 10—16 т/га, используемый в виде зеленого удобрения, по количеству азота (200 кг) оказывается эквивалентным 40 т навоза на гектар. Кроме того, в нем содержится около 25 кг P_2O_5, 100 кг K_2O и около 100 кг CaO на гектар. Перспективной оказалась также кормовая свекла.

Надо, однако, иметь в виду, что мелиорация солонцов при помощи многолетних трав должна протекать очагами, приурочиваясь непосредственно к зонам отдельных корней. Так, И. И. Капивец и Н. Я. Прицкер (1938) проследили нарастание прочности почв по «микрозонам» под влиянием корневой системы сахарной свеклы, навоза и других структурообразователей, что действительно свидетельствует о реальности этих представлений. Специальные исследования на эту тему в 1938 г. проведены для многолетних трав на Малоузенском солонцовом стационаре (Н. И. Саввинов). Результаты этих исследований чрезвычайно наглядно показали «микрозональность» распределения аггрегатных свойств солонцов.

Из этих данных с очевидностью вытекает необходимость разработки специальной агротехники применения многолетних трав, зеленых удобрений и вообще органических удобрений в целях коренной мелиорации почв вообще, солонцовых почв в особенности.

При обычной агротехнике орошаемого земледелия свежее органическое вещество поверхностного слоя почвы разлагается очень быстро, при этом выделяется большое количество углекислоты и в почве остается заметное количество зольных элементов. Если глубокая пахота вовлекает в пахотный слой солонца необходимое количество кальциевых солей (чаще карбонат кальция), то в таких условиях улучшение солонцов должно ускоряться, подобно опытам в Калифорнии.

Исследования нашего коллектива в Заволжье (М. М. Кононова, 1939) показали, что в условиях орошения при заделке навоза и других органи-

ческих удобрений в поверхностные слои почвы процесс разложения свежего органического вещества идет действительно чрезвычайно энергично. Так, из 80—100 т внесенного в темнокаштановые почвы Ершовского стационара навоза уже через год — полтора найдено гумуса лишь в количестве, соответствующем 10% внесенного навоза. Таким образом, 90% свежего органического вещества в небольшой срок превратились в углекислоту. Такая большая скорость разложения свежего органического вещества до полной его минерализации едва ли является желательной с точки зрения структурообразования почвы. Необходимо научиться управлять скоростью и направлением процесса разложения органического вещества, вносимого в том или ином виде в почву. Этот вопрос представляет крупную агротехническую проблему (Вильямс, 1938).

Как с только что изложенной, так и с других точек зрения, применение многолетних трав, очевидно, имеет много преимуществ перед внесением только органического вещества со стороны. Мощная корневая система многолетних трав пронизывает большую толщу почвы и, хотя только в сфере непосредственного влияния корневых волосков, но равномерно воздействует на почву, ее структуру. По подсчетам Н. И. Саввинова и сотрудников (на материалах Малоузенского солонцового стационара), корни многолетних трав на третьем году их жизни в орошаемом солонце дают следующую густоту пронизанности почвы (длина корней в мм на 1 см³ почвы):

Глубина в см	Житняк	Люцерна с житняком	Пшеница мягкая Саррубра
0—1	105.5	31.8	3.1
5—7	43.3	71.0	20.3
10—12	54.1	25.1	19.6
15—17	50.2	36.1	19.0
20—22	39.5	33.6	10.9

При отмирании этих корневых масс в анаэробных условиях должны протекать относительно медленные процессы разложения органического вещества, приводящие к накоплению гумифицированных веществ. Таким образом, и посмертная стадия воздействия растений на почву должна давать максимально положительный мелиорирующий эффект. Как выше уже указывалось, энергичное «микрозональное» оструктуривание почвы вокруг корней происходит уже в первой (живой) стадии существования корней в почве. Механизм этого процесса еще не разъяснен в полной мере. Кроме корневых выделений, мощно воздействующих на ближайшие к корню почвенные массы, не надо забывать сложных косвенно действующих факторов. Например, корневая система иссушает около себя почвенные частицы, которые под влиянием возникающего вследствие этого капиллярного давления сближаются. Затем, в силу выделения корнями углекислоты, внутри отдельных аггрегатов почвы возникают восстановительные процессы, в результате чего могут восстанавливаться такие многовалентные элементы, как железо. Продукты восстановления могут мигрировать к поверхности аггрегатика (в силу местного микрокапиллярного тока воды). Здесь, в условиях большей аэрации, они могут вновь окислиться и выпасть в виде их гидратов. Пленки таких гидратов либо в чистом их виде, либо в форме их соединений с органическим веществом должны служить прочнейшим цементом структурных элементов почвы (см. об этом также у Бредфильда, 1937).

в) Роль глубокой обработки почвы при мелиорации солонцов в условиях орошения

Кроме вовлечения карбонатов из нижних слоев почвы в пахотный слой, глубокая обработка солонцовых почв достигает весьма существенных положительных результатов еще по двум другим причинам. Как выше уже излагалось, солонцовый процесс ведет к диспергированию и пептизации почвенной массы в верхних горизонтах и накоплению коллоидных фракций в уплотненных слоях почвы. Масса уплотненных горизонтов солонцовых почв представлена преимущественно глинными минералами, обладающими высокими положительными свойствами как в отношении поглотительной их способности, так и в качестве материала для оструктуривания пахотного слоя почвы (монтмориллонит, серицит). Поэтому вовлечение уплотненных солонцовых слоев почвы для создания мощного пахотного слоя является весьма желательным. Но при этом надо иметь в виду необходимость наиболее совершенного перемешивания новой почвенной массы. Это может быть достигнуто лишь специальными орудиями.

При глубокой обработке достигается еще одно положительное качество почвы. Известно, что наибольшее количество обменного натрия содержится в уплотненных горизонтах солонца, поэтому степень солонцеватости этих горизонтов оказывается наибольшей, тогда как самый верхний горизонт почвы солонцовых свойств в большинстве случаев не имеет. Перемешивание двух горизонтов при глубокой обработке почвы приводит к снижению степени солонцеватости наиболее солонцового горизонта из них. Снижение степени солонцеватости новой почвенной массы при вычете так называемой неактивной фракции Na (5%) существенно уменьшает потребную дозу химических мелиорантов.

Для доказательства того, что в новой почвенной массе в условиях увлажнения действительно быстро протекают обменные реакции катионов между разнородными частицами почвы до выравнивания состава обменных оснований во всех частицах, мы вместе с В. Н. Филипповой провели специальные опыты с одними и теми же почвенными образцами, но насыщенными различными катионами и в различных соотношениях. Тонкие слои почвы, равные по весу, отделялись друг от друга прокладками из целлофана (или пергамента). Соседние слои были отличны по составу обменных катионов. После выдерживания таких слоистых столбиков в условиях оптимального увлажнения 2 и 6 месяцев они были разобраны, почвенные образцы собраны по признаку общности первоначального состава обменных катионов, и каждый полученный таким образом образец анализирован на состав обменных катионов. Часть полученных результатов приведена в табл. 15. Эти данные вполне однозначно свидетельствуют о правильности теоретического положения, т. е. что скорость выравнивания состава обменных катионов является весьма высокой, — уже через 2 месяца достигнуто новое их соотношение в почве.

Процесс выравнивания состава обменных катионов между твердыми частицами в водной среде можно схематически представить в следующем виде:

$$2)\ \text{Почва}\ 3\,Na + HOH \rightleftarrows \text{Почва}\ 2\,Na + NaOH$$
$$H$$

$$2)\ \text{Почва}\ 2\,Ca + 2\,HOH \rightleftarrows \text{Почва}\ Ca + Ca(OH)_2$$
$$2H$$

$$3)\ \text{Почва}\ 2\,Na + NaOH + \text{Почва}\ Ca + Ca(OH)_2 \rightleftarrows$$
$$H \qquad\qquad\qquad\qquad 2H$$

$$\rightleftarrows \text{Почва}\ 2\,Na + Ca(OH)_2 + \text{Почва}\ Ca + NaOH \rightleftarrows$$
$$H \qquad\qquad\qquad\qquad 2H$$

$$\rightleftarrows \text{Почва}\ Na + H_2O + \text{Почва}\ Ca + H_2O\ldots$$
$$Ca \qquad\qquad\qquad\qquad 2Na \quad \text{и т. д.}$$

И этот процесс, как показано в табл. 15, в условиях оптимального увлажнения действительно протекает со значительной скоростью. Мы, на основании имеющихся у нас экспериментальных материалов, склонны считать, что аналогичный процесс имеет место и при глубокой обработке подзолистых почв. Необходимо с ним считаться в вопросах организации мощ-

ТАБЛИЦА 15

Данные опытов по обмену катионов между двумя образцами почвы (по Антипову-Каратаеву и Филипповой)

№ опыта	№ образца	Почвы	Сумма в м-экв. на 100 г в исходной почве	Соотношение обменных катионов в % от суммы								
				В исходной почве			После 2 мес. опыта			После 6 мес. опыта		
				Ca··	Mg··	Na·	Ca··	Mg··	Na·	Ca··	Mg··	Na·
I	1	Глина Mg—Ca—Na . . .	20.61	20.8	29.7	50.0	49.1	35.0	15.9	45.5	36.4	18.1
	2	Глина Mg—Ca	24.57	60.3	39.7	0.0	47.2	35.6	17.0	47.8	35.2	17.0
II	1	Чернозем Mg—Ca—Na .	36.38	14.7	7.7	77.53	39.4	22.8	37.8	48.0	28.2	23.8
	2	Глина Mg—Ca	24.57	60.35	39.65	0.0	32.0	28.8	31.2	35.3	28.3	36.4
III	1	Чернозем Mg—Ca—Na .	40.63	51.9	11.3	36.8	61.1	23.6	15.3	51.5	25.9	22.6
	2	Глина Mg—Ca	24.57	60.3	39.7	0.0	54.7	25.3	20.0	55.4	26.8	17.8
IV	1	Солонец, гор. B_1	40.11	36.5	46.8	16.7	47.7	45.2	7.1	52.5	39.9	7.6
	2	Каштановая почва, гор. A	26.34	75.9	23.3	0.8	58.6	33.8	7.6	53.8	38.0	8.2

ного пахотного слоя на всех почвенных типах. Итак, перемешивание почвенных горизонтов при глубокой обработке приводит к сложным физико-химическим процессам в смешанной почвенной массе. Для того, чтобы эти благоприятные процессы протекли полностью и быстро, необходимо тщательное перемешивание вовлекаемых в пахотный слой почвенных горизонтов.

6. Практические результаты опытов по химической мелиорации солонцов и солонцеватых почв в СССР за последние годы

В нашу задачу не входит составление сейчас полных сводных данных из иностранного опыта по химической мелиорации солонцов, так как эти материалы достаточно подробно уже изложены в предыдущих наших работах (см., например, сборник «Почвоведение и агрохимия», 1936) и одновременно в более общем виде опубликованы Д. Г. Виленским в сборнике Нижневолгопроекта НКЗ СССР «Солонцы Заволжья» (вып. VII, 1937). Из американских и венгерских данных является очевидной практическая наибольшая распространенность и применимость для целей мелиорации солонцов гипса, серы, кислых отбросов промышленности (в случае щелочных солонцов) и реже извести (в случае осолоделых солонцов). Мы не имеем также в виду изложения здесь материалов опытов исключительно лабораторного или полулабораторного характера. Важно на данной стадии подвести некоторые итоги данных полевых опытов и с ними сопряженных других исследований, причем тех и других, проведенных в СССР.

Несмотря на то, что наша статья в основном относится к материалам, полученным в орошаемом земледелии, считаем полезным привести основные новейшие данные по гипсованию солонцов и в условиях неорошаемого земледелия.

а) Некоторые результаты опытов по мелиорации солонцов и солонцеватых почв в условиях неорошаемого земледелия за последние годы в СССР

К сожалению, большинство довольно многочисленных теперь опытов по химической мелиорации солонцов в СССР проведено без достаточных

контрольных наблюдений. Эффект мелиорации учитывается, главным образом, по урожаям данных культур. Такой переход к производственным условиям можно считать уже обоснованным. Постановление правительства и партии от 26/X 1938 г. и постановления исторического XVIII Съезда ВКП(б) по разделу сельского хозяйства дают материальную базу для конкретной реализации методов гипсования солонцов и солонцеватых почв в СССР. Но тем не менее дальнейшее развитие теории и дальнейшая конкретизация практических мероприятий настоятельно требуют постановки строгих контрольных исследований на мелиорируемых и мелиорированных полях. Исходя из этих предпосылок, мы считаем важным привести здесь только те результаты опытов по химической мелиорации солонцов и солонцеватых почв в условиях неорошаемого земледелия, которые сопровождались химическим и физическим контролем, по возможности продолжительным.

Из новейших работ наиболее продолжительными являются опыты по химической мелиорации солонцов Г. А. Маландина в Челябинской обл., поставленные в 1932—1933 гг. в производственных условиях. В опытах испытывались гипс, мергель, навоз, торф.

Получены однозначные положительные результаты по урожаю зерновых культур и по улучшению физических свойств солонцов. К сожалению, в опубликованных материалах (например Маландин и Макеев, 1937) нет никаких данных о характере изменения основных факторов, определяющих солонцеватость почвы, а именно характера и соотношения обменных

ТАБЛИЦА 16

Урожайные данные для пшеницы (в ц/га) на гипсованных солонцах Западносибирской лесостепи (годовое количество осадков 310 мм)

(по Оборину)

Схема опыта	1933 г.		1934 г.		1935 г.		1937 г.		1938 г.	
	Зерно	% прибавки	Зерно	% прибавки	Зерно	% прибавки	Зерно	% прибавки	Зерно	% прибавки
Солонец глубокостолбчатый										
Контроль	5.59	—	9.80	—	12.4	—	8.49	—	8.18	—
Гипс 7.5 т/га	7.20	28.8	13.5	37.7	13.6	9.9	9.75	12.7	9.47	14.4
Гипс 7.5 т/га + P_2O_5 60 кг/га	8.7	55.6	12.9	36.6	14.6	17.7	10.1	18.9	11.17	36.5
P_2O_5 60 кг/га	6.9	23.4	12.4	26.5	13.95	12.5	9.79	15.8	10.5	22.8
Солонец среднестолбчатый										
Контроль	5.6	—	9.35	—	12.0	—	8.03	—	10.96	—
Гипс 16 т/га	6.4	14.2	11.71	25.3	12.76	6.3	8.77	9.2	13.16	20.9
Гипс 16 т/га + P_2O_5 60 кг/га	6.32	12.5	11.70	25.1	13.45	12.1	9.54	18.5	14.02	27.9
P_2O_5 60 кг/га	6.50	16.0	10.80	15.5	13.95	16.2	9.03	12.4	12.89	17.5
Солонец корковостолбчатый										
Контроль	5.98	—	9.4	16.0	10.5	—	7.29	—	6.25	—
Гипс 22 т/га	7.42	19.1	9.9	5.3	11.69	10.9	8.36	14.8	7.69	17.9
Гипс 22 т/га + P_2O_5 60 кг/га	9.15	52.0	10.91	75.9	12.41	20.0	9.31	29.0	8.10	24.2

оснований. А этот признак, как известно, определяет степень эффективности мелиоративных мероприятий и устойчивости достигнутых результатов.

В те же годы Пермский (ныне Молотовский) государственный университет начал соответствующие работы в Троицком заповеднике (А. И. Оборин, 1939). Результаты этих работ представляют большую ценность благодаря наличию в них значительных контрольных данных. Поэтому приведем полученные результаты в более полном виде (табл. 16—19).

ТАБЛИЦА 17

Влияние мульчирования на урожай пшеницы (в ц/га) в 1938 г. на гипсованных солонцах Западной Сибири

(по Оборину)

Схема опыта	Немульчированная делянка	Мульча-солома (5 т/га)	% прибавки по мульче
Солонец корково-столбчатый	6.79	9.64	42.1
Контроль	8.02	10.22	27.4
Гипс 11 т/га	8.19	10.48	28.0
Гипс 22 т/га	8.85	11.95	53.8
P_2O_5 60 кг/га			
Солонец средне-столбчатый	8.86	11.96	41.8
Контроль	9.95	13.16	32.2
Гипс 16 т/га	9.25	12.89	39.3
P_2O_5 60 кг/га			

Приведенные в табл. 16 и 17 урожайные данные доказывают положительное влияние гипса, особенно в условиях мульчирования, которое обеспечивало большую полноту использования почвенной влаги, с одной стороны, растениями, с другой — химическими обменными реакциями между гипсом и поглощенным почвой натрием. Эффект мелиорации, как это видно из дан-

ТАБЛИЦА 18

Изменение состава обменных катионов в солонце Западносибирской лесостепи под влиянием гипсования в условиях неорошаемого земледелия

(по Оборину)

Схема опыта	Глубина в см	В м-экв. на 100 г почвы				Годы
		Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	Сумма	
Контроль	0—10	15.63	7.09	7.86	30.52	1932
	15—25	7.91	12.17	12.23	32.46	
Гипс 16 т/га	0—10	16.89	6.98	8.32	32.14	
	15—25	8.22	12.16	12.82	33.20	
Контроль	0—10	15.58	6.93	7.58	30.09	1934
	15—25	7.18	12.17	11.87	31.22	
Гипс 16 т/га	0—10	17.6	—	5.42	—	
	15—25	3.61	10.81	—	—	
Контроль	0—10	14.95	7.13	7.03	29.11	1936
	15—25	7.24	12.27	11.58	31.09	
Гипс 16 т/га	0—10	20.33	—	4.15	—	
	15—25	11.81	—	9.86	—	
Контроль	0—10	13.89	7.28	6.85	27.96	1938
	15—25	7.15	13.03	10.52	30.70	
Гипс 16 т/га	0—10	28.80	1.08	2.70	32.58	
	15—25	17.90	10.06	4.91	32.87	

ных табл. 18, в этих условиях за 6—7 лет опыта вполне выражен. При этом резкое улучшение в составе обменных оснований наступило особенно в 1938 г. после применения мульчирования (см. последние цифры табл. 18), что свидетельствует об исключительном влиянии водного режима мелиорированных почв на скорость взаимодействия химических реагентов с почвенным поглощающим комплексом.

Следствием такого улучшения солонца явилось повышение структурности его пахотного слоя (табл. 19). Происходит заметное уменьшение частиц <0.001, 0.05—0.005 и 0.01—0.005 мм, т. е. микроагрегатов, весьма заметно увеличивается количество средних фракций (0.05—0.01 и 0.25—0.05 мм), что, конечно, повышает агрономическую ценность исследованных почв.

ТАБЛИЦА 19

Микроагрегатный состав мелиорированного солонца (в %)

(по Оборину)

Схема опыта	Глубина в см	1—0.25 мм	0.25—0.05 мм	0.05—0.01 мм	0.01—0.005 мм	0.005—0.001 мм	< 0.001 мм
Контроль	0—10	1.96	33.40	15.96	27.41	7.89	13.43
	15—25	2.98	25.79	9.31	27.11	6.41	28.40
Гипс 16 т/га	0—10	2.06	40.47	28.41	19.62	3.58	6.59
	15—25	3.39	37.19	21.54	18.14	3.86	15.88

Широкие исследования по мелиорации солонцов Сибирской лесостепи в последние годы (с 1934 г.) ведутся Н. В. Орловским с сотрудниками. Материалы этих исследований частично уже опубликованы и в сводном виде представлены в большой монографии этого автора (рукопись). Особое внимание обращено в этих работах на применение органического вещества в качестве наиболее действительного средства мелиорации содовых солонцов.

Химическим мелиорациям (гипсованию и др.) в полевых опытах отведено относительно малое место. К сожалению, систематических контрольных исследований в полевых опытах не проводилось, поэтому весьма трудно использовать обширный материал сибирских работ Н. В. Орловского для нашей темы.

С 1935 г. весьма широкие производственные опыты по гипсованию солонцов, согласно решению правительства Украинской ССР, начаты на полях Украины. Эти опыты охватили здесь солонцы всех видов: начиная от содовых солонцов-солончаков Черниговской лесостепи и кончая остаточно-солончаковатыми солонцами каштановой зоны. По урожайным данным сахарной свеклы и зерновых за 2 года, наибольший эффект получен при совместном применении гипса и навоза, особенно на солонцах лесостепной зоны, где количество осадков более или менее достаточно для осуществления реакции взаимодействия гипса с почвой. Результаты оказались положительными и на солонцах каштановой зоны (статья Г. Н. Самбура в Хим. Соц. Земл., № 12, 1938) при условии глубокой заделки гипса и внесения навоза. Здесь получено повышение урожая хлопка до 36% и больше против контроля (с 5.9 до 11.15 ц/га). И эти опыты, к сожалению, не сопровождались достаточно строгими почвенно-контрольными наблюдениями. Только для одного опыта в Черниговской лесостепи в неопубликованном отчете Г. Н. Самбура имеются наиболее полные прямые аналитические данные по

изменению содержания обменного натрия и щелочности в результате гипсования содового солонца (табл. 20).

ТАБЛИЦА 20

Изменение щелочности и содержания обменного натрия в содовом солонце Черниговской обл. в результате гипсования (1936—1938 гг.)

(по Г. Н. Самбуру)

Схема опыта	Глубина в см	Обменный Na в м-экв. на 100 г	Щелочность в %	
			от нормальных карбонатов	общая
Контроль	0—10	5.74	0.00	0.07
	10—20	13.24	0.01	0.32
	20—30	15.58	0.06	0.49
	30—40	15.53	0.07	0.51
	40—50	—	0.07	0.50
Гипс в дозе по обменному Na . .	0—10	3.31	0.00	0.00
	10—20	9.16	0.00	0.13
	20—30	15.50	0.01	0.36
	30—40	15.56	0.03	0.38
	40—50	—	0.04	0.42
Гипс в 1.5 дозе по обменному Na . .	0—10	3.84	0.00	0.13
	10—20	7.70	0.02	0.26
	20—30	8.16	0.03	0.42
	30—40	15.64	0.04	0.47
	40—50	—	0.05	0.46
Навоз 40 т/га . .	0—10	4.98	0.00	0.10
	10—20	12.76	0.02	0.22
	20—30	15.55	0.02	0.38
	30—40	16.05	0.04	0.53
	40—50	—	0.07	0.52

Из приведенных в табл. 20 данных вполне очевидно положительное влияние гипса на состав обменных оснований уже через 1—2 года: в одном случае (1 доза гипса) это действие гипса достигает глубины 20 см, в другом (1.5 дозы гипса) 30 см. Эти результаты свидетельствуют об относительно большой скорости хода мелиорации солонцов при помощи гипса.

Имеющиеся в отчете Г. Н. Самбура материалы для солонцов каштановой зоны ясной картины в отношении изменения состава обменных оснований за 1—2 года не дают. Таким образом, критерием положительного действия гипса на почву здесь остаются пока лишь урожайные данные. Во всяком случае последние однозначно свидетельствуют о скорости улучшения агрономических свойств почвы при гипсовании солонцов каштановой зоны в условиях неорошаемого земледелия.

б) Основные результаты опытов по мелиорации солонцов в условиях орошения за последние годы в СССР

Следовало ожидать, что материалов для орошаемых солонцов и их мелиорации должно быть значительно больше, чем для неорошаемых солонцов. Опыты по широкой химической мелиорации солонцовых почв в США и Венгрии, как известно, начаты лет 18—20 назад. У нас в СССР подобные исследования начаты несколько раньше К. К. Гедройцем.

Более обширные работы по этому вопросу в СССР развернулись сравнительно недавно. Собранный материал в достаточной степени освещает основные вопросы агротехники, гипсования и других химических мелиораций. Краткому изложению материалов, относящихся только к многолетним (не менее 2 лет) опытам, посвящаются нижеследующие строки. Из данных американских опытов остановимся лишь на новейших материалах Калифорнии (Kelley, 1937), из которых часть уже приводилась в табл. 13. В табл. 21 сведены результаты многолетних опытов по химической мелиорации черных солонцов-солончаков в Калифорнии.

ТАБЛИЦА 21

Изменение состава обменных катионов в результате химических мелиораций черных солонцов-солончаков в Калифорнии (в условиях неорошаемого земледелия)

Глубина в см	В м-экв. на 100 г и в % от суммы до обработки			В м-экв. на 100 г и в % от суммы после обработки			Примечание
	$Ca^{++}+Mg^{++}$	Na^{+}	Na^{+} в % от суммы	$Ca^{++}+Mg^{++}$	Na^{+}	Na^{+} в % от суммы	
Солонец Ханфорд. Обработка серой (1926 г.) Анализ 1937 г.							
0—12	0.00	17.75	95	9.00	7.55	43	Водорастворимые соли в оба срока представлены преимущественно содой и очень мало хлоридами натрия
12—24	2.54	13.19	79	5.49	11.82	64	
24—36	10.91	7.53	42	5.99	13.56	67	
36—48	13.20	1.35	9	5.43	10.80	64	
Солонец Фресно. Обработка гипсом (1920 г.). Анализ 1937 г.							
0—12	1.08	3.13	70	5.05	0.27	5	В последнем случае почва практически промыта от водорастворимых солей
12—24	0.42	2.87	67	4.59	0.40	8	
24—36	1.78	2.41	54	4.63	0.43	8	
36—48	2.57	1.59	35	4.13	1.00	19	
Солонец Фресно. Обработка серой							
0—12	1.35	2.51	58	4.06	0.21	5	То же
12—24	1.21	2.90	65	3.75	0.44	10	
24—36	3.19	2.00	37	4.05	0.38	8	
36—48	3.61	1.26	25	3.66	0.85	17	
Солонец Фресно. Делянка только промытая и орошавшаяся							
0—12	0.93	2.94	60	3.94	0.00	0	Остались, главным образом, соли натрия
12—24	2.78	1.78	36	2.94	1.28	27	
24—36	3.18	1.62	31	3.91	1.04	19	
36—48	3.59	1.28	24	3.61	1.35	25	
Солонец Фресно. Делянка только промытая и орошавшаяся							
0—12	0.00	3.42	80	3.31	0.39	9	То же
12—24	1.14	2.31	55	3.53	0.37	9	
24—36	2.76	1.14	28	2.39	1.04	25	
36—48	3.62	0.76	16	3.51	1.06	22	

Из этих данных видно, что в случае черного солонца Ханфорд, представленного типичным (злостным) содовым солонцом-солончаком, 11-летний опыт орошения с применением в качестве мелиорирующего вещества серы относительно мало улучшил почву.

В случае почвы Фресно, где количество соды в два-три раза меньше чем в солонце Ханфорд, и соли представлены, главным образом, сульфа-

тами и хлоридами натрия, даже одни промывки дают положительный эффект, применение же серы и гипса радикально улучшает почву. При этом во всех случаях (и при одних промывках) в составе водорастворимых солей подопытных солонцов Фресно появляются соли кальция, которых не было в первоначальной почве. Этого эффекта не наблюдалось в солонце Ханфорд, что свидетельствует об отсутствии процесса образования сульфата или хлорида кальция в сильнощелочной среде (выпадение в виде $CaCO_3$).

Параллельно с улучшением качества почвы Фресно неизменно повышаются на ней также и урожаи культур. Так, промытый контроль с 70 ц люцерны с гектара в 1927 г. стал давать в 1936 г. сена люцерны до 180 ц/га. Гипсованная в 1920 г. делянка уже к 1927 г. подняла урожай люцерны до 130 ц/га и в 1936 г. давала сена 180 ц/га. Одинаковую с гипсованной делянкой кривую подъема урожаев люцерны, ячменя, донника давала делянка, мелиорированная серой или серой вместе с гипсом. При этом существенной разницы между инокулированной и неинокулированной серой не оказалось.

Обратимся к материалам, полученным в СССР. В работе В. А. Ковды и А. Ф. Большакова (1938) приведены данные опытов по мелиорации солонцов Каспийской низменности методом плантажа. Рассматриваемые почвы представляют солончаковатые хлоридно-сульфатные солонцы, которые характеризуются следующими особенностями: уплотненный солонцовый слой начинается с 3—10 см и достигает мощности 18—35 см. Под этим горизонтом залегает горизонт карбонатов, богатый хлоридами и сульфатами Na, Mg и Ca, причем количество сульфата кальция достигает 2—3%. Это обстоятельство натолкнуло на мысль об использовании собственных запасов гипса для самомелиорации почвы. Опыты с глубокой обработкой солонца заложены в 1935 г. и закончены в 1936 г. Оросительная норма в 1935 г. 3000—7000 м³/га, в 1936 г. 3600—4700 м³/га. Определение состава обменных катионов до и после опытов дало результаты, приведенные в табл. 22.

ТАБЛИЦА 22

Изменение состава обменных катионов в плантажированных солончаковатых солонцах Каспийской низменности

(по Ковде и Большакову)

Глубина в см	В м-экв. на 100 г почвы				Na· в % от суммы
	Ca··	Mg··	Na·	Сумма	
До опыта					
0—5	12.07	11.68	3.76	27.51	13.66
5—10	6.30	12.74	7.98	24.02	33.23
12—17	3.40	15.31	9.21	27.92	32.98
17—22	3.28	18.68	2.63	24.59	10.69
25—30	27.16 (?)	23.62 (?)	3.02	53.80 (?)	5.61
После опыта, дел. 1, опыт 2, оросит. норма за 2 года 11700 м³/га					
0—3	—	—	—	—	
4—9	—	—	—	—	2.4
12—17	—	—	—	—	0.11
17—23	—	—	—	—	0.22
					2.6
После опыта, дел. 1, опыт 5, оросит. норма за 2 года 11700 м³/га					
0—1	—	—	—	—	
5—10	—	—	—	—	14.6
15—20	—	—	—	—	10.2
25—30	—	—	—	—	3.2
					8.2

Из приведенных в табл. 22 материалов совершенно очевидно, что глубокая обработка (35—40 см) гипсоносных солонцов и последующее периодическое их увлажнение повышенными нормами воды приводят к коренному улучшению пахотного горизонта почвы (30 см). К сожалению, остались неизвестными сведения о более глубоких горизонтах почвы: не происходит ли в этом случае образования уплотненных горизонтов в новых слоях почвы; нет также данных об общих агротехнических свойствах почвы до и после опытов.

В более определенных условиях выполнены опыты по химической мелиорации солонцов в Куйбышевской лесостепи В. Г. Зольниковым (см. его статью в настоящем сборнике). Работа начата в 1933 г., закончена в 1936 г. Опыты проводились в условиях обычных поливов (2600—3000 м³/га ежегодно). Культуры следующие: твердая пшеница, овес с подсевом люцерны, люцерна. В виду того, что детальный материал В. Г. Зольникова публикуется в его статье в настоящем сборнике, нет необходимости воспроизводить нужные для нас данные полностью. Ограничимся приведением только данных по изменению количества обменного натрия под влиянием химических мелиораций (табл. 23).

ТАБЛИЦА 23

Изменение содержания обменного натрия в солонцах Куйбышевской лесостепи под влиянием химической мелиорации и орошения (1933—1936 гг.)

(по Зольникову)

Схема опыта	Na в м-экв. в гор. 0—17 см			Na в м-экв. в гор. 22—37 см		
	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.
Исходный (неорошаемый) солонец	9.13	9.13	9.13	10.87	10.87	10.87
Исходный (орошаемый) солонец	6.74	5.19	3.36	8.09	7.60	5.56
Навоз + H_2SO_4	5.91	3.38	2.21	11.21	6.23	5.25
Гипс	5.91	3.23	1.70	10.96	6.67	5.00
Жженая известь	5.91	4.27	2.20	9.70	7.25	5.34
Гипс + навоз	4.23	3.00	1.70	7.83	6.59	5.24
Жженая известь + навоз	5.04	4.24	2.18	9.39	7.20	5.45
Жженая известь + + H_2SO_4	4.15	3.85	1.68	9.09	6.18	5.06

Таким образом, «злостный» солонец за 4 года орошения и 3 года действия мелиорирующих веществ под влиянием гипса или гипса с навозом, или же извести по характеру верхнего (0—17 см) горизонта перешел в слабо солонцеватую почву, а по состоянию горизонта 22—37 см — в стадию сильно солонцеватых почв. Следовательно, улучшающее действие химических веществ проходит относительно медленно, и в условиях орошения параллельно с улучшением почвы повышается и ее плодородие. В 1936 г. получены урожаи зерновых: на контроле 24.7 ц/га, на гипсованной унавоженной делянке 30.8 ц/га, на известкованной делянке 36.0 ц/га, на остальных делянках от 23 до 28.5 ц/га.

Значительной продолжительности (1935—1938 гг.) опыты по мелиорации солонцов Каспийской низменности в условиях орошения проведены Н. И. Усовым на Савинском участке (см. диссертацию этого автора). Почва — глубокостолбчатый солонец. Частиц <0.01 мм 40—46% в горизонте В и около 20% в горизонте А. Вскипание с глубины 32 см. Гипс залегает на глубине 80—120 см. Грунтовые воды на глубине 7 м. Схема опыта приведена в табл. 24.

ТАБЛИЦА 24

Оросительная и промывная норма воды при мелиорации солонцов Каспийской низменности
(по Усову)

№ делянки	Схема опыта		Оросительная норма в м³/га	Промывная норма в м³/га
12	Контроль	вспашка на глубину 13 см	3000	0
15	$CaSO_4$ 8 т/га		3000	0
18	$CaSO_4$ 8 т/га		3000	9000
21	$CaSO_4$ 8 т/га	вспашка на глубину 30 см (А+В)	3000	0
24	$CaSO_4$ 8 т/га		3000	9000

Примечание. Культура—люцерна.

Аналитический материал Н. И. Усова по изменению состава обменных оснований представляет значительный интерес для решения вопросов, связанных с определением скорости взаимодействия мелиорирующих веществ с почвой.

Поэтому мы приводим эти данные полностью (табл. 25).

ТАБЛИЦА 25

Изменение состава обменных катионов в мелиорированных солонцах в условиях орошения за время с 1935—1938 гг.
(по Усову)

Глубина в см	В м-экв. на 100 г почвы				В % от суммы			В относительных %		
	$Ca^{··}$	$Mg^{··}$	$Na^{·}$	Сумма	$Ca^{··}$	$Mg^{··}$	$Na^{·}$	$Ca^{··}$	$Mg^{··}$	$Na^{·}$
Дел. 12, контроль, мелкая вспашка, орошение										
0—10	12.65	5.77	1.48	19.90	63.56	28.90	7.4	100	100	100
20—30	16.93	11.53	5.53	33.96	49.86	33.89	16.28	100	100	100
40—50	14.18	8.62	4.60	27.40	51.75	31.46	16.78	100	100	100
60—70	17.43	6.34	5.02	27.79	62.72	22.02	18.06	100	100	100
90—100	16.30	5.21	3.30	24.81	65.68	21.00	13.30	100	100	100
Дел. 15, $CaSO_4$ 8 т/га, мелкая вспашка, непромытая										
0—10	15.80	6.40	1.20	23.40	67.52	27.34	5.00	106	95	68
20—30	20.26	10.24	4.15	34.65	57.47	28.80	11.89	115	83	73
40—50	18.64	6.80	4.12	29.56	63.05	23.00	13.87	122	73	83
60—70	16.95	7.50	3.45	27.90	60.78	26.88	12.36	97(?)	122	69
90—100	16.00	6.64	3.10	25.74	62.16	25.78	12.04	95(?)	123	91
Дел. 18, $CaSO_4$ 8 т/га, мелкая вспашка, промытая 9000 м³ воды										
0—10	19.08	5.24	0.80	25.12	75.95	20.86	3.18	119	72	43
20—30	23.04	7.55	3.25	33.84	68.09	22.31	9.60	137	66	59
40—50	23.17	5.51	3.43	32.15	72.06	17.13	10.67	139	56	64
60—70	19.96	5.80	4.48	30.24	66.00	19.18	14.81	105	87	82
90—100	17.46	6.60	3.12	27.18	64.23	24.28	11.48	98(?)	116	86
Дел. 24, $CaSO_4$ 8 т/га, глубокая вспашка (А+В), промытая 9000 м³ воды										
0—10	24.29	6.54	1.12	31.95	76.02	17.34	3.50	120	60	47
20—30	25.18	6.66	2.21	34.05	74.00	19.56	6.49	149	58	40
40—50	21.61	6.50	2.32	30.48	70.89	21.32	7.61	137	68	45
60—70	19.18	5.18	4.14	28.50	67.30	18.17	14.52	107	83	81
90—100	17.63	6.24	3.85	27.72	63.60	22.51	13.88	97(?)	107	104

Из приведенных в табл. 25 данных совершенно очевидно, что в течение 3—4 лет непромытая гипсованная делянка до глубины 20—30 см (и отчасти ниже) перешла из состояния солонца в разновидность сильно солонцеватой почвы. Что касается применения (неоднократной) промывки (9000 м³/га), то ее мелиорирующий эффект сильнее выражен по глубокой вспашке, чем по мелкой: в первом случае по состоянию обменных катионов до глубины 50 см почва практически полностью рассолонцевалась, во втором этот эффект выражен только до глубины 30 см, т. е. практически только новый пахотный горизонт оказался улучшенным. Таким образом, можно считать доказанным, что сочетанием гипсования с глубокой обработкой и осенними влагозарядочными поливами (промывок мы рекомендуем избегать) и посевом многолетних трав можно быстро, в 3—4 года, достигнуть коренного улучшения солонцов. Но нужно иметь в виду необходимость весьма тщательного и частого поверхностного рыхления почвы в случае глубокой обработки, особенно в первое время, во избежание образования корки. По данным анализов Н. И. Усова, на делянке 24 к 1938 г. прореагировало с почвой 70% внесенного гипса, т. е. около 5.6 т, и этого оказалось достаточным для исправления почвы. Таким образом, доказано, что дозировка гипса может быть меньше эквивалентной количеству обменного натрия. На остальных делянках за 3 года опытов прореагировало с почвой только около 45% внесенного гипса.

Из поволжских работ необходимо еще остановиться на многолетних (2—3 года) опытах по мелиорации солонцов Валуйской станции. Опыты начаты здесь в 1936 г. Несмотря на то, что по ним нет материалов по изменению состава обменных оснований, а имеются лишь косвенные данные, указывающие на улучшение солонцовой почвы (по солевому составу, фильтрационной способности), считаем полезным привести хотя бы урожайные данные, полученные в условиях орошаемого земледелия (табл. 26).

ТАБЛИЦА 26

Урожайные данные для пшеницы (в ц/га) в опытах по мелиорации солонцов на Валуйской станции
(по данным Ю. Г. Лопато и А. А. Комарь)

Схема опыта	1937 г.	1938 г.
Контроль без удобрения	25.0	20.7
Контроль, удобрено азотом	26.7	21.2
Навоз 40 т/га	34.0	24.6
Гипс 3 т/га + азот	29.3	—
Промытый контроль, удобрено азотом	31.0	—
Гипс 3 т/га + азот (после промывки)	32.5	20.9
Гипс 10 т/га, промывка, удобрено азотом	32.8	25.4

Достаточно продолжительные опыты (с 1930 по 1932 г.) по мелиорации каштановых солонцеватых почв велись А. М. Можейко (1936) на Чонгарском опытном пункте на Украине.

Эффект гипсования в этих опытах контролировался, главным образом, по изменению физических свойств почвы (аггрегатного состава, скважности, набухаемости, фильтрационной способности, сопротивления почвы обработке) и меньше по химическим свойствам. Что касается контроля по изменению состава обменных оснований, то таких данных для орошаемых мелиорированных почв вовсе не имеется.

По урожайным данным, поднятие плодородия гипсованных почв совершенно очевидно: так, хлопчатник дал сбор волокна 10.44 ц/га вместо 5.05

на контрольной делянке; канатник 73.82 вместо 66.75 на контрольной делянке.

В последнее время на той же территории Южной Украины большие опыты по мелиорации солонцеватых почв ведутся Украинским институтом гидротехники и мелиорации (Одесса). Первые результаты их частично опубликованы в статье М. Ф. Буданова (1937), основная часть за 3 года опытов сведена в общий отчет (1939). В этих работах особенное внимание обращено на исследование влияния глубины обработки (до 30—35 см) и гипсования (и применения других веществ) на улучшение свойств каштановых сильно солонцеватых почв в условиях орошения. Одновременно особое значение придается поверхностной планировке мелиорированных почв. Контрольные исследования направлены преимущественно к учету изменения физических свойств почвы. Показано, что наибольший эффект дает глубокая обработка в сочетании с гипсованием. Интересны опыты с термическим паром, которые состоят в следующем: глубокая вспашка на 30—35 см с выворачиванием иллювиального горизонта наверх, последующее перемешивание его массы с верхним слоем почвы, что осуществляется тремя вспашками и планировкой перед каждой вспашкой; в промежутках между этими вспашками производится увлажнение и высушивание при высоких летних температурах, — последние мероприятия способствуют аггрегированию почвы вследствие удаления расклинивающей водной оболочки между отдельными частицами, что усиливает адгезию между ними. К сожалению, не проведено специальных исследований по вопросу о том, насколько обратим этот процесс аггрегирования почвенной солонцовой массы, говоря агрономическим языком, являются ли аггрегаты водоупорными.

Урожайные данные озимой пшеницы иллюстрируются табл. 27.

ТАБЛИЦА 27

Урожай озимой пшеницы в 1936 г. по термическому пару и последующий урожай (1938 г.) смеси трав (люцерны и житняка)

(по М. Ф. Буданову)

Схема опыта	Урожай		Оросительная норма (4 полива) в 1936 г. в м³/га	Урожай сена 1938 г. в ц/га
	в ц/га	в % к контролю		
Обычная пахота по пару	22.99	100	2780	—
Глубокая пахота без термического пара, гипс 4.2 т/га	22.81	99.2	2550	261.2
Глубокая пахота с парованием, рыхление 7 т/га	30.88	134.3	2950	298.8
Глубокая пахота с парованием, гипс 4.2 т/га	30.61	133.2	2600	322.9
Глубокая пахота с парованием, гипс 8.4 т/га	32.28	140.4	2450	264.3
Глубокая пахота с парованием	32.54	141.5	2450	282.1

Изменение состава обменных катионов в почвах этого опыта к 1938 г. показано в табл. 28.

Из этих данных вполне ясно весьма благоприятное влияние одного термического пара в сочетании с глубокой обработкой на состав обменных оснований в условиях орошения. Гипсование на фоне термического пара дает еще больший эффект улучшения солонцеватой почвы до глубины 30 см (новый пахотный слой). Эти данные имеют первостепенное значение еще и

ТАБЛИЦА 28

Изменение состава обменных катионов в каштановой сильно солонцеватой почве за 3 года опытов по мелиорации в условиях орошения

(по М. Ф. Буданову)

Схема опыта	Глубина в см	В м-экв. на 100 г почвы				Na· + K· в % от суммы	Культуры
		Ca··	Mg··	Na· + K·	Сумма		
Исходная почва	0—15	12.68	5.72	1.82	20.22	9.0	—
	15—18	10.88	7.34	2.16	20.38	15.8	
	19—27	19.83	13.96	8.67	42.46	20.4	
Глубокая пахота, гипс 8.4 т/га, термический пар	0—10	19.49	8.22	0.85	28.56	2.9	Озимая пшеница, смесь трав 2 года
	10—20	21.74	8.08	0.70	30.52	2.2	
	20—30	27.23	11.07	1.62	39.92	4.1	
Глубокая пахота, термический пар	0—10	18.03	11.31	0.90	30.24	2.9	Озимая пшеница, смесь трав 2 года
	10—20	16.56	12.47	1.92	30.95	6.2	
	20—30	23.09	13.41	4.29	40.79	10.5	

потому, что коренное улучшение сильно солонцеватой почвы (весьма близкой к солонцу) достигнуто в течение 3 лет при обычных оросительных нормах (без промывки).

Весьма интересными являются данные по влиянию гипсования каштановой сильно солонцеватой почвы на урожай хлопчатника (табл. 29).

ТАБЛИЦА 29

Урожай хлопка (в ц/га) на гипсованной каштановой сильно солонцеватой почве в условиях орошения

(по М. Ф. Буданову)

Варианты опыта	1935 г. вспашка 18 см	1936 г. вспашка 22 см	1937 г. вспашка 28 см	Примечание
Контроль	11.97	11.49	15.85	Вегетационных поливов ежегодно было по 2
2.1 т/га гипса	11.49	10.30	—	
4.2 » »	11.07	12.70	18.77	
6.4 » »	17.23	14.13	18.10	
8.4 » »	12.20	14.40	18.59	

Таким образом, эффект гипсования при малых дозах гипса начинает сказываться со второго года.

Перейдем к общему обзору данных, полученных нашим коллективом (сотрудниками Почвенного института Академии Наук СССР и Нижневолгопроекта НКЗ СССР) на Малоузенском солонцовом стационаре в период с 1935 по 1938 г. Подробные материалы изложены в соответствующих статьях сотрудников стационара, помещенных в настоящем сборнике, поэтому наша задача ограничивается приведением в настоящем обзоре лишь общих данных, по ясно отражающих основные результаты.

Основные данные по солонцам Заволжья вообще, по солонцовым комплексам Малоузенского солонцового стационара (на второй террасе р. Малый Узень) в особенности подробно изложены в Трудах Комиссии по ирригации (сб. 9, 1937), поэтому нет никакой необходимости воспроизводить их снова в настоящей статье.

Задачей стационара является разработка химических, физических и биологических методов мелиорации солонцов в условиях орошения. Под физическими мероприятиями мы условно понимаем приемы, связанные с глубокой обработкой почвы, и вовлечение этим путем коллоидных запасов самой почвы для создания мощного пахотного слоя. В качестве химических средств мелиорации на стационаре испытываются гипс, известь, сера, навоз, карбонатно-гипсовые слои самой почвы и ряд других веществ. Для разработки биологических приемов мелиорации в развернутом севообороте испытываются многолетние травы (люцерна, житняк и др.) и их смеси. Кроме того, вовлекаются сидераты. В виду того, что скорость реакции взаимодействия химических средств мелиорации с почвой зависит в большой степени от количества воды, испытание всех методов мелиорации производится на двух фонах: 1) с применением специальных осенних (двухкратных) промывок и последующих вегетационных поливов и 2) только в условиях вегетационных поливов.

Благодаря известной чрезвычайной комплексности солонцовых территорий вообще, почв нашего стационара в частности, организация безупречного научного контроля за динамикой почвенных процессов в условиях обычных опытных делянок является задачей чрезвычайно трудной, поэтому на стационаре все опыты (в расширенной схеме) повторены на маленьких однородных делянках. Кроме того, основные варианты химических мелиораций воспроизведены еще на изолированных монолитах и лизиметрах. В трех последних случаях способ внесения мелиорирующих веществ приближается к идеальному по совершенству перемешивания их с почвенной массой, и поэтому достигнутые скорости мелиораций должны являться теми образцами, к которым агротехника настоящего времени должна стремиться. Дозы мелиорирующих веществ применены в количествах, не превышающих одного эквивалента по количеству обменного натрия в слое почвы 0—50 см. В частности, для гипса это составляло от 7 до 14 т/га. Принятый севооборот следующий: 1) пшеница твердая, 2) пшеница мягкая, 3) пропашные (свекла), 4) пшеница с подсевом люцерны и житняка, 5) и 6) люцерна и житняк.

Мелиорируемые почвы нашего участка представлены, главным образом, среднестолбчатыми остаточносолончаковатыми солонцами, с начальным уровнем грунтовых вод на глубине около 7—9 м.

Ручное внесение мелиорирующих веществ на больших (350 м²) опытно-производственных делянках, понятно, было далеко от совершенства в смысле хорошего перемешивания этих веществ с почвенной массой. В первый раз (1935 г.) алебастр и другие вещества вносились поверхностно после глубокой вспашки. В 1938 г. на тех делянках, которые в первый раз получили недостаточное количество гипса, вторичное внесение его произведено двумя порциями: полдозы на невывернутую часть солонцового горизонта и полдозы поверхностно в пахотный слой.

Общее количество (нетто) воды, поданной на эти делянки в течение 1935—1938 гг., достигло:

в 1935 г. на промытые после гипсования делянки в среднем около 4000 м³/га;

в 1936 г. на допромывки тех же делянок около 2000 кубометров на га и на вегетационные поливы опытных делянок около 1500—2000 м³/га;

в 1937 г. на вегетационные поливы около 2600 м³/га;

в 1938 г. на вегетационные поливы около 3500 м³/га.

Приводим кратко наиболее отчетливые средние данные по различным культурам за годы 1936—1938 (табл. 30—32).

Полученный в 1939 г. урожай пшеницы Эритроспермум иллюстрируется данными табл. 33.

Отсюда видно, что по мере устранения отрицательных агрофизиологических факторов, что достигается систематическим применением минеральных удобрений (одной P_2O_5 за 4 года внесено 400 кг), урожаи зерновых на наших солонцах достигают почти тех же величин, что при гипсовании и унавоживании (разница в пользу последних мероприятий 1—5 ц/га), хотя отрицательный агрофизический фактор еще далеко не устранен; об этом можно судить, кроме урожайных данных, по данным химических исследований, приведенных в табл. 34. Такие же ряды получены для пшеницы сорта Саррубра.

ТАБЛИЦА 30

Урожай пшеницы на опытных делянках Малоузенского солонцового стационара (в ц/га)

Схема опыта	1936 г.	1937 г.	Примечание
Контроль	14.5	19.6	Промытые делянки
Навоз 80 т/га	14.5	22.3	
Алебастр 6 т/га + PN	16.0	24.8	
Алебастр 6 т/га + навоз 40 т/га	18.0	24.1	
Темноцветная почва	15.4	—	

ТАБЛИЦА 31

Урожай корней сахарной свеклы на опытных делянках Малоузенского солонцового стационара (1938 г.)

Схема опыта	Средний урожай в ц/га	Примечание
Алебастр 6 т/га + PN	362	Промытые делянки
Навоз 40 т/га	353	
Контроль	335	
NP	299	Непромытые делянки
Навоз 40 т/га	296	
Гипс 6 т/га + NP	286	
Контроль	268	

ТАБЛИЦА 32

Урожай многолетних трав на третий год их жизни (1938 г.) на орошаемом солонце Малоузенского солонцового стационара (в ц/га)

Схема опыта	Люцерна синяя + житняк узкоколосый	Люцерна желтая + житняк широколосый	Житняк широколосый
Навоз 80 т	135	122	23.7
Алебастр 6 т/га	125	124	24.5
Навоз 40 т	113	—	—
Контроль	—	—	21.8

ТАБЛИЦА 33

Урожай пшеницы Эритроспермум в 1939 г.

Схема опыта	Урожай зерна в ц/га	Относительный % от контроля	Примечание
Контроль без удобрения	24.6	100	
Контроль, удобрения NPK	39.0	158.5	
Каштановая почва, удобренная NPK	39.2	159.0	
Гипс + NPK	39.3	159.3	
Навоз 40 т/га + 20 т/га + + PK	40.1	163.3	Навоз 40 т/га в 1936 г. и 20 т/га осенью 1938 г.
Гипс (дважды) + навоз 80 т/га + NPK	40.7	165.6	Гипс 6 т/га в 1935 г., 6 т/га в 1938 г., навоз 80 т/га в 1936 г.; NPK перед посевом
Навоз 80 т/га + 40 т/га + + PK	45.3	184.0	Навоз 80 т/га в 1936 г., 40 т/га в 1938 г., PK — перед посевом

Степень улучшения солонцов в результате мелиорации и орошения иллюстрируется прямыми данными — по изменению состава обменных оснований. Соответствующий материал приведен в табл. 34.

Из приведенных в табл. 34 данных совершенно очевидно, что в условиях орошения улучшение пахотного слоя (0—20 см) почвы легко достигается в 2—3 года сравнительно небольшими количествами гипса (полдозы от количества, рассчитанного на улучшение 50-сантиметрового слоя солонца), причем значительная часть внесенного гипса остается еще непрореагировавшей с почвой.

В том случае, когда гипсование сопровождается регулярными осенними влагозарядочными поливами, эффект мелиорации при тех же дозах гипса распространяется до глубины 30—40 см, т. е. практически почва приближается к несолонцеватой. При условии тщательного перемешивания гипса или сульфатно-карбонатного слоя самой почвы с почвенной массой (см. опыты на малых делянках) уже через 2 года достигнуто полное улучшение солонцовой почвы до глубины 50 см. Такой же эффект получен при применении хлористого кальция. В последних случаях (при промывках) гипс и хлористый кальций практически полностью прореагировали с почвой.

Мел и известь существенно уступают гипсу. При этом гашеная известь оказывается более эффективной, чем мел. Весьма интересны материалы по применению навоза и многолетних трав. Изложенные выше положения о медленном действии органического вещества на процесс улучшения солонцов полностью подтверждаются этими данными. Особенно примечательны в этом отношении данные для навоза на малых делянках (опыты, серия III).

Еще преждевременно, понятно, делать окончательное заключение о слабом улучшении солонцов под влиянием многолетних трав, так как наши опыты охватили лишь первую стадию этого действия трав — стадию травостоя; в 1938 г. травяной пласт запахан, необходимо в дальнейшем проследить за ходом разложения корневой массы и влиянием этого процесса на почву.

ТАБЛИЦА 34

Изменение содержания обменного натрия в % от емкости поглощения почвы на опытных делянках Малоузенского солонцового стационара (1935—1938 гг.)

Схема опыта	0—10 см	10—20 см	20—30 см	30—40 см	40—50 см	Культуры
I. Промытые осенью 1935 г. опытно-производственные делянки						
Контроль: 1936 г.	3.5	4.0	15.0	12.5	16.0	
1938 г.	4.0	4.0	10.9	Неопр.	16.5	
Полдозы алебастра по натрию в 1935 г.:						
1936 г.	1.5	2.5	6.5	8.0	18.0	в 1936 г. пшеница
1937 г.	—	4.0	6.0	8.5	17.0	в 1937 г. »
1938 г.						в 1938 г. свекла
Навоз 80 т/га в 1935 г.:						
1938 г.	8.0	8.0	17.0	18.0	18.5	
Контроль: 1936 г.	10.1	8.9	7.0	16.5	12.0	
1938 г.	10.0	10.0	8.4	17.7	16.5	в 1936—1938 г. многолетние травы
Полдозы алебастра по натрию в 1935 г.:						
1936 г.	7.3	7.3	6.5	11.5	14.4	
1938 г.	7.0	7.0	5.5	11.0	11.3	
II. Непромытые осенью 1935 г. орошаемые опытно-производственные делянки						
Контроль 1: 1936 г.	8.1	8.8	12.5	24.7	31.7	
1938 г.	8.4	8.4	12.1	24.0	24.0	
Контроль 2: 1938 г.	8.0	8.0	12.3	19.0	19.7	
Полдозы алебастра по натрию в 1935 г.:						
1936 г.	2.0	2.5	11.8	19.0	19.0	в 1936 г. пшеница
1938 г.	4.0	4.0	10.5	17.5	17.5	в 1937 г. » в 1938 г. свекла
Полная доза алебастра по натрию в 1935 г.:						
1936 г.	2.1	10.6	10.8	17.2	16.4	
1938 г.	3.5	3.5	7.9	14.9	16.4	
Контроль: 1936 г.	6.8	8.0	10.5	17.5	16.5	
1938 г.	7.0	7.0	10.7	17.5	16.5	в 1936—1938 г. многолетние травы
Полдозы алебастра по натрию в 1935 г:						
1936 г.	4.2	5.3	12.4	17.9	17.4	
1938 г.	3.5	3.5	9.4	16.2	19.3	
III. Опыты на малых делянках с тщательным перемешиванием мелиорирующих веществ с почвой (1936 г.) и последующей промывкой						
Контроль: 1937 г.	4.7	6.8	19.6	17.4	14.1	
Навоз: 1937 г.	5.9	7.3	11.2	16.8	14.3	
Гипс $^2/_3$ дозы по натрию в 1936 г.:						
1937 г.	4.2	2.3	3.6	4.7	9.2	в 1936 г. просо в 1937 г. пшеница в 1938 г. свекла
Карбонатно-сульфатный горизонт солонца в 1936 г.:						
1937 г.	3.0	2.0	3,5	6.7	7.8	

Продолжение табл. 34

Схема опыта	0—10 см	10—20 см	20—30 см	30—40 см	40—50 см	Культуры
Мел 10 т/га в 1936 г.: 1937 г.	2.1	2.1	11.2	15.9	15.2	в 1936 г. просо
Гашеная известь 8 т/га в 1936 г.: 1937 г.	3.7	3.7	6.5	13.0	16.7	в 1937 г. пшеница
Хлористый кальций 10 т/га в 1936 г.: 1937 г.	6.0	3.0	3.8	9.6	12.1	в 1938 г. свекла

Для более наглядной иллюстрации результатов опытов по мелиорации солонцов на нашем стационаре на фиг. 14 приведены фото с профилей (до 60 см глубины) различно мелиорированных солонцовых почв по состоянию к осени 1939 г.

Мы здесь не касаемся данных изменения физических свойств наших солонцов. Они достаточно подробно изложены в работе Е. И. Кочериной (см. настоящий сборник). Они подтверждают имеющиеся в литературе материалы об улучшении микроструктуры и других свойств почвы под влиянием гипсования. Однако этот эффект является недостаточным, чтобы привести структуру почвы к высококачественной с агрономической точки зрения. В этом отношении сочетание гипсования с термическим паром и обогащением почвы органическим веществом (навоз, сидераты, многолетние травы) должно явиться решительным средством коренного улучшения солонцов.

7. Элементы инструкции для практической работы по мелиорации солонцов

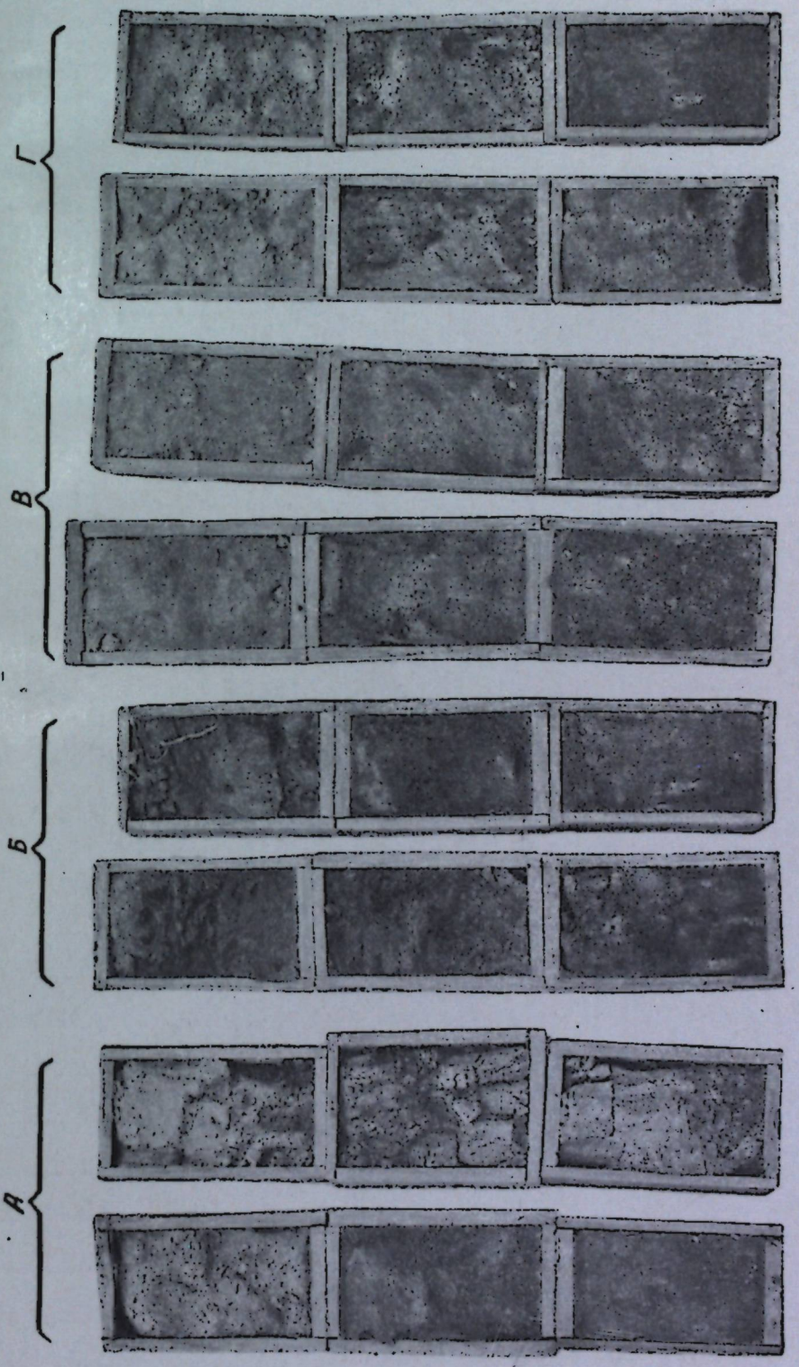
Решением Совнаркома СССР и ЦК ВКП(б) от 26 октября 1938 г. положено начало планомерной коренной мелиорации солонцов и солонцеватых почв юго-востока СССР путем их гипсования.

Таким образом, борьба социалистического земледелия и советской агрономии за 8 млрд. пудов зерна вооружается новым мощным орудием. На базе колхозного и совхозного технически самого передового земледелия в комплексе с травопольными севооборотами, высокой агротехникой и удобрениями гипсование позволит в ближайшие годы ликвидировать солонцеватость почв главнейших зерновых районов.

Большие площади солонцов и их генетическое разнообразие свидетельствуют о том, что мелиорация их является очень большим мероприятием, требующим знания дела и тщательного выполнения технических правил гипсования.

В связи с переходом на травопольные севообороты, гипсование солонцов позволит вовлечь в полеводство ныне пустующие угодия. Там же, где солонцы уже распахиваются, гипсование повысит на них урожайность.

Дозировки гипса и способы его внесения должны основываться на разделении солонцов по их природным и агропроизводственным свойствам. Весьма существенным показателем в этом отношении является мощность верхнего несолонцового горизонта почвы (А=5—7 см в «корковых» солонцах, А=10—15 см в «столбчатых» солонцах и А=20—25 см в «столбчато-призматических» солонцах), так как она определяет, например, способы



Фиг. 14. Почвенные профили мелиорированных солонцов на Малоузенском солонцовом стационаре в 1939 г.
А — естественный (промытый) солонец (справа) и гипсованный (гипс 6 т/га в 1935 г.) на дел. 539 (слева); Б — контрольный солонец на дел. 711 (справа) и гипсованный и унавоженный в 1935 г. на дел. 712 (слева); В — контрольный (непромытый) солонец на дел. 540 (слева) и унавоженный (навоз 40+20 т/га) на дел. 541 (справа); Г — контрольный солонец после трехлетней культуры житняка на дел. 607 (справа) и контрольный солонец после трехлетней культуры люцерны на дел. 605 (слева).

внесения мелиорирующих веществ. И по агропроизводственным свойствам корковые солонцы всегда хуже, чем солонцы столбчатые, а последние хуже солонцов столбчато-призматических.

Ниже приводим выдержки из инструкции, составленной В. А. Ковдой, Г. Н. Самбуром и автором и утвержденной НКЗ СССР 24/I 1939 г., по агротехнике гипсования почв в условиях орошаемого и неорошаемого земледелия.

а) Агротехника гипсования солонцов в условиях неорошаемого земледелия

1. Для наилучшего проявления действия гипса необходимо создать условия лучшего соприкосновения его с почвой в первый же год внесения. В связи с этим чрезвычайно важным является установление места внесения гипса в севообороте и техника его заделки.

2. Наилучшим местом внесения гипса в севообороте является черный пар. Необходимо гипс вносить при осенней вспашке черного пара. Допустимо внесение гипса в севообороте также в ранием чистом пару при вспашке пара и под яровые зерновые культуры при условии его внесения под зябь с осени.

3. Одним из основных агротехнических мероприятий мелиорации и повышения продуктивности солонцов является травопольный севооборот. Травы в севообороте сами до некоторой степени являются средством мелиорации солонцов, разрыхляя своей корневой системой плотные водонепроницаемые солонцовые горизонты, чем обусловливается лучшее промачивание и вынос в связи с этим солей в более глубокие горизонты. Кроме того, травяной пласт оставляет после себя много органических остатков, которые при перегнивании способствуют структурообразованию. Травы, кроме того, своей глубокопроходящей корневой системой переносят соли кальция из нижних горизонтов в верхние.

4. В установившемся травопольном севообороте местом внесения гипса обязательно должно быть поле, отводимое под травы. Гипс же вносится при зяблевой вспашке осенью.

5. Гипс необходимо вносить одновременно на фоне навоза или торфа и торфяного компоста. Рекомендуется после внесения гипса применять сидерацию (донник и желтую люцерну). Нормы навоза, торфа и компоста должны быть не ниже: а) на солонцах каштановой зоны —20 т/га и б) на солонцах содовых черноземной и лесостепной зоны 30 т/га.

6. На поле, предназначенное к гипсованию, вывозится навоз, складывается в большие кучи и хранится согласно принятым агроправилам. Гипс рассевается ровным слоем на пятна солонцов вручную или лучше разбросными сеялками с удвоенным количеством отверстий. Количество гипса на каждое пятно солонца вносится из расчета его площади и принятых норм внесения. После внесения гипса равномерно вносится на гипсованные участки навоз также по расчету на площадь солонца; после этого поле вспахивается.

7. Действие гипса проявляется наилучшим образом тогда, когда он попадает в плотный солонцовый горизонт. В силу неодинаковой глубины залегания этого горизонта в разных солонцах можно рекомендовать следующие способы внесения гипса:

а) на солонцах глубокостолбчатых, где вспашкой на глубину 22—23 см не выворачивается на поверхность столбчатый солонцовый горизонт, всю установленную норму гипса необходимо припахать обязательно плугом с предплужником; при таком способе заделки гипс будет внесен ровным слоем на дно борозды;

б) на солонцах столбчатых и тем более корковых, где при вспашке принятой глубины 22—23 см выворачивается на поверхность большая толща солонцового горизонта, установленная норма гипса делится пополам, при-

чем половина вносится перед вспашкой и припахивается, а другая половина вносится поверхностно после вспашки с последующей культивацией.

8. При недостатке в хозяйстве навоза на гипсованные почвы обязательно вносится сульфат аммония или аммиачная селитра в нормах по азоту 45—60 кг/га и фосфорное удобрение по P_2O_5 60 кг/га. Удобрения вносятся одновременно с гипсом осенью или весной в случае раннего пара и запахиваются.

9. Дальнейший уход за паром или зябью на полях, где внесен гипс, сводится к поддержанию поля в чистом виде от сорняков и к глубокому рыхлению, чтобы лучше обеспечить перемешивание гипса с почвой, а также перемешать вывернутый при вспашке солонцовый горизонт с верхним.

10. В зимний период на участках, где внесен гипс, обязательно проводится ежегодное систематическое снегозадержание обычно установленными в агроправилах методами. Чем больше и лучше будет проведено снегозадержание, тем скорее пройдет процесс химической мелиорации солонцов в условиях неорошаемого земледелия.

11. Также для целей увлажнения гипсованных почв на пологих склонах большое практическое значение имеет бороздование (глубокие борозды) поперек склона и лиманное орошение. Оба мероприятия значительно увеличивают количество влаги в почве и глубину ее промачивания и ускоряют ход мелиорации.

12. Для уменьшения испарения влаги с почвы в порядке широкого хозяйственного опыта необходимо провести мульчирование солонцов после гипсования. Для этого гипсованные участки после посева покрывают небольшим слоем мелкой соломы (лучше крупно порезанной сечкой). Норма соломы должна быть около 5 т/га. Мульчирование будет иметь особо высокий эффект на солончаковатых солонцах с близкими грунтовыми водами, так как оно уменьшает сезонное соленакопление.

13. В связи с тем, что солонцы, как указано выше, залегают рядом с достаточно плодородными землями, не требующими химической мелиорации, внесение гипса необходимо производить только на пятнах солонцов в случае небольшого их распространения. Если же солонцовых пятен много и площадь их превышает 30% от общей площади и залегают они на фоне сильно солонцеватых почв, гипсование необходимо проводить на всем массиве, но дифференцируя норму.

14. Для разных типов солонцов и солонцеватых каштановых почв и черноземов установить следующие ориентировочные нормы гипса:

а) для пятен остепненных солонцов среди каштановых почв 5 т/га, а для каштановых солонцеватых почв и сильно солонцеватых черноземов 2—3 т/га;

б) для содовых солонцов (наиболее «злостных») черноземной зоны Союза, при наличии в них большой щелочности, нормы гипса должны быть до 8—10 т/га;

в) для содовых солонцов с незначительной щелочностью (не выше 0.2% HCO_3) норма гипса должна быть 3—4 т/га.

15. Химическая мелиорация солонцов (внесение гипса) коренным образом изменяет агрофизические и химические свойства солонцов и повышает их плодородие. На основании научных данных можно считать, что большинство солонцов при гипсовании не должно возвратиться вторично в свое исходное положение, поэтому внесение гипса в солонцы является однократным приемом. Однако в некоторых содовых солонцах, связанных с щелочными грунтовыми водами, возврат к исходному состоянию через несколько лет не исключен. Кроме того, установленные ориентировочные нормы в отдельных случаях могут быть недостаточными; поэтому в тех случаях, когда на протяжении 2—3 лет не наступает заметного улучшения солонцов после гипсования, необходимо внести гипс повторно в небольшой норме 1.5—2 т/га.

б) Агротехнические указания по мелиорации солонцов и солонцеватых почв в условиях орошения

1. Самым быстрым способом устранения солонцовых свойств почвы в условиях орошения является гипсование и посев многолетних трав.

На солонцах, у которых в подпахотных слоях близко встречается известь или известь и гипс (на 30—40 см), можно использовать подпахотные горизонты самой почвы для мелиорации пахотного ее слоя. Для этого производятся глубокая вспашка (до 30—40 см) при помощи плантажного плуга и хорошее перемешивание культиватором и боронованием с последующим осенним поливом.

2. Наиболее благоприятные условия для гипсования солонцов представлены в травопольном севообороте. Поэтому гипсование и другие способы улучшения солонцов надо применять под посев многолетних трав в зяблевую вспашку. Другим благоприятным местом внесения гипса или других веществ являются черный пар.

3. Во всех случаях необходимо при гипсовании вносить органические удобрения (навоз, компост). Полезно также применять зеленые удобрения (сидераты).

4. Вывоз и распределение навоза, а также внесение гипса выполняются так же, как это описано для условий неорошаемого земледелия.

5. Для всех солонцов при мелиорации обязательна глубокая вспашка (25—30 см), потому что этим путем вовлекаются солонцовые глинистые слои почвы для образования структурного пахотного слоя.

6. Способ внесения гипса зависит от того, в какой мере захвачен глубокой обработкой солонцовый слой:

а) если он полностью остается на месте или лишь частично выворачивается плугом, то вся норма гипса и других мелиорирующих веществ закладывается под пласт на дно борозды плуга;

б) если же при глубокой обработке выворачивается несколько сантиметров (5—6) солонцового слоя, то $^1/_4$—$^1/_2$ нормы гипса закладывается под пласт и $^3/_4$—$^1/_2$ нормы вносится поверхностно после вспашки и тщательно перемешивается с почвой;

в) если же при глубокой вспашке выворачивается большая часть солонцового слоя или весь он, то вся норма гипса вносится поверхностно и производится тщательное перемешивание всего пахотного слоя; нужно помнить, что тщательность перемешивания пахотного слоя определяет скорость улучшения солонца;

г) в случае гипсования без навоза вместе с гипсом надо внести суперфосфат в принятой дозе, а азотные удобрения (сульфат аммония) вносятся перед посевом и в форме подкормок.

7. После внесения гипса или других мелиорирующих веществ очень полезно провести до заморозков осеннюю влагозарядку нормой воды около 2000 м³/га,— это ускоряет ход улучшения солонцов. Желательно эти осенние промывочные поливы делать ежегодно. В случае применения навоза, что очень рекомендуется при гипсовании, навоз нужно внести после промывок и тотчас же запахать.

Промывок большими нормами воды нужно избегать, так как при этом происходит быстрое поднятие грунтовых вод и наступает вторичное засоление и ухудшение почв.

8. Вторичное засоление скорее всего угрожает солончаковатым хлоридно-сульфатным солонцам, в которых солевые грунтовые воды лежат неглубоко: не глубже 4—9 м.

При расточительном обращении с поливной водой грунтовые воды быстро поднимаются, начинают испаряться с поверхности почвы и оставляют в ней свои соли. Поэтому на гипсованных участках солонцов в условиях орошения необходимо вести наблюдение за грунтовыми водами, чтобы во-время

предупредить вторичное засоление почв. Для наблюдения за глубиной грунтовых вод желательно устроить особые скважины (колодцы) по указаниям мелиоратора.

При мелиорации солончаковатых солонцов с близкими грунтовыми водами надо очень бережно относиться к поливной воде. Надо обращать внимание также на засоленность поливной воды и избегать поливов солеными водами.

9. Гипс вносится только на пятнах солонцов и сильно солонцеватых почв.

10. Нормы гипса такие же, что и при мелиорации солонцов в условиях неорошаемого земледелия.

РЕЗЮМЕ

В настоящей статье рассмотрены следующие вопросы:

1. Основы количественной классификации почв солонцового ряда по степени выраженности отрицательных физических и агрофизиологических факторов роста растений, в зависимости от содержания обменного натрия в почве (фиг. 1—4).

2. Некоторые вопросы генезиса иллювиальных горизонтов в солонцах по данным новейших рентгеноскопических (табл. 4) и экспериментальных исследований; отдельно рассмотрен вопрос о генезисе hardpan и claypan по литературным источникам (фиг. 5—11).

3. Конкретные условия развития солонцовых и солонцеватых почв в сухих степных областях СССР: приведены таблицы (6 и 7) распределения площадей этих почв в некоторых областях и республиках СССР.

4. Об общих предпосылках успешного освоения солонцовых территорий в условиях мелиорации и орошения:

а) возможность вторичного засоления почв солонцового комплекса в результате промывок и орошения и зависимость скорости этого засоления от быстроты капиллярного перемещения грунтовых вод (фиг. 12) и коэффициентов фильтрации грунтов;

б) конкретные примеры определения критических уровней грунтовых вод (табл. 8—10) и примеры вторичного засоления почв солонцовых территорий в Заволжье.

5. Теоретические основы приемов мелиорации солонцовых почв:

а) о возможности рассолонцевания почв одним орошением (приведены примеры по влиянию лиманного и других видов орошения, лесных посадок и пр.); показано, что процесс рассолонцевания солонцов в этих условиях идет весьма медленно (табл. 12);

б) об ускорении этого процесса в некоторых случаях применением многолетних трав и вообще органического вещества (пример: калифорнийские опыты Kelley, табл. 13 для солончаков-солонцов, сравнительно легко улучшающихся и методом промывок); здесь же рассмотрены вопросы подбора солеустойчивых и солонцеустойчивых однолетних и многолетних трав (табл. 14);

в) роль глубокой обработки почвы при мелиорации солонцов в условиях орошения; показано, что смешивание солонцового горизонта с верхним нетостии пахотного слоя и тем самым уменьшает необходимые дозы мелиорирующих веществ (табл. 15 с данными специальных экспериментов).

6. Практические результаты опытов по химической мелиорации солонцов и солонцеватых почв в СССР за последние годы:

а) в условиях неорошаемого земледелия в Западной Сибири (Молотовский государственный университет, табл. 16—19), в Украинской ССР (Институт социалистического земледелия, табл. 20); показано, что в условиях неорошаемого земледелия (при годовом количестве осадков около 325 мм) гипсование корейным образом улучшает пахотный 25 см слой солонцов в течение 6—7 лет;

б) для условий орошения рассмотрены лишь те опыты, которые имеют продолжительность не менее 2—3 лет (в табл. 21 приведены для примера данные Калифорнийской станции); в табл. 22 представлен пример улучшения солонцов методом плантажа — в целях использования карбонатно-гипсового слоя самой почвы для мелиорации солонцовых комплексов Каспийской низменности (Почвенный институт Академии Наук СССР); в табл. 23 — данные четырехлетних опытов по мелиорации солонцов Куйбышевской лесостепи (Безенчукская опытная станция); в табл. 24 и 25 — то же для солонцов Каспийской низменности (Саратовский государственный университет); в табл. 26 — урожайные данные на мелиорированных солонцах Валуйской станции; в табл. 27—29 — материалы по мелиорации в условиях орошения каштановых сильно солонцеватых почв Южной Украины (Украинский институт гидротехники и мелиорации); в табл. 30—33—данные по мелиорации солонцов в условиях орошения на Малоузенском солонцовом стационаре (Заволжье) (Почвенный институт Академии Наук СССР и Нижневолгопроект НКЗ СССР). Показана высокая эффективность применения половинных доз гипса (по количеству обменного натрия) или его заменителей (карбонатно-гипсовый горизонт самой почвы, $CaCl_2$, иногда $Ca(OH)_2$). Применение осенних влагозарядочных поливов ускоряет процесс мелиорации солонцов, — коренное улучшение достигается в 2—3 года. По некоторым данным, весьма эффективно применение периодических увлажнения и высушивания почвенной массы («термический пар» на южной Украине), что вызывает прочное аггрегирование почвенной массы. При отдельном (без гипса) применении навоза и многолетних трав улучшение солонцов достигается сравнительно медленно. Наиболее правильным надо считать совместное с химическими веществами применение этих биологических способов мелиорации.

Исключительно велико значение способов заделки мелиорирующих веществ в почву.

7. На основе учета опытных данных изложены главнейшие элементы практических мероприятий по гипсованию солонцов в условиях орошаемого и неорошаемого земледелия.

8. Широкий производственный опыт гипсования солонцовых земель, начатый осуществлением в 1939 г. на засушливом Юго-Востоке, показал, что это мелиоративное мероприятие затрудняется, главным образом, транспортными обстоятельствами. Стоимость гипсовой муки франко-завод исчисляется около 30 руб. С доставкой на поля колхозов она повышается до 60—80 руб. за тонну. Поэтому, несмотря на существенное снижение дозировок гипса (в два-три раза против эквивалента обменного натрия), это мелиоративное мероприятие является достаточно дорогим и громоздким. Впрочем, оно быстро и легко окупается в условиях орошения. Агротехнику же применения гипсовой муки здесь нужно считать разрешенной.

9. Задачей дальнейших исследований является, во-первых, разработка методов биологической мелиорации в сочетании со способами мобилизации кальциевых ресурсов самой почвы (глубокая и сверхглубокая пахота), во-вторых, использование местных средств мелиорации и, в-третьих, еще большее снижение доз гипса (или фосфогипса). Эти работы коллективом уже начаты.

Примечание. Для уменьшения стоимости гипсовой муки областные организации должны встать на путь разработки местных выходов запасов гипса.

Для настоящей статьи использованы, главным образом, неопубликованные материалы. Автор считает своим долгом выразить благодарность за предоставление своих материалов следующим учреждениям: Институту зернового хозяйства Юго-Востока (Ю. Г. Лопато и А. А. Комарь), Саратов-

скому государственному университету (проф. Н. И. Усов), Сибирскому институту животноводства (Н. В. Орловский), Молотовскому государственному университету (А. И. Оборин), Украинскому институту социалистического земледелия (Г. Н. Самбур), Украинскому институту гидротехники и мелиорации (М. Ф. Буданов), Безенчукской опытной станции (В. Г. Зольников), коллективу Малоузенского солонцового стационара Академии Наук и НКЗ СССР, с большим энтузиазмом выполняющему, под руководством автора, трудоемкие работы по мелиорации солонцов.

ЛИТЕРАТУРА

Антипов-Каратаев И. Н. Сборник «Проблемы Волго-Каспия», Тр. ноябрьской 1933 г. сессии Ак. Наук СССР. 1934, стр. 487—535.

Антипов-Каратаев И. Н., Филиппова В. Н. и Комарова Н. А. Труды Комиссии по ирригации, вып. 4, 1935, стр. 7—118.

Антипов-Каратаев И. Н. и сотрудники. Коллоидный журнал, вып. 3 и 4, 1935; Почвоведение, № 6, 1937.

Антипов-Каратаев И. Н. Сборник Ак. Наук СССР «Почвоведение и агрохимия», 1936, стр. 236—265.

Антипов-Каратаев И. Н. Труды Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937, стр. 11—27.

Антипов-Каратаев И. Н. Труды Вахшской почвенно-мелиоративной станции Ак. Наук СССР, вып. 1, 1939.

Антипов-Каратаев И. Н. и Седлецкий И. Д. Доклады Ак. Наук СССР, т. 17, № 5, 1937.

Антипов-Каратаев И. Н. и Паников А. М. (редакц.). Предварительный расширенный отчет по стационарным исследованиям в 1933 г. физических и химических свойств почв Нижнего Поволжья. 1934. (Рукопись.)

Антипов-Каратаев И. Н. и Седлецкий И. Д. Почвоведение, № 6, 1937.

Антипов-Каратаев И. Н. и Филиппова В. Н. Почвоведение, № 2, 1939.

Беспалов Н. Д. Труды Комиссии по ирригации, сб. 10, 1937, стр. 271—323.

Буданов М. Ф. Проблемы советского почвоведения, сб. 5, изд. Ак. Наук СССР, 1937, стр. 69—77.

Буданов М. Ф. Мелиорация солонцовых комплексов в южной приморской части Украины. 1939. (Рукопись.)

Виленский Д. Г. Сборник «Солонцы Заволжья» Нижневолгопроекта НКЗ СССР, вып. VII, 1937, стр. 212—227.

Вильямс В. Р. За устойчивый урожай на Юго-Востоке, № 1, 1938.

Гедройц К. К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация. Изд. Новосиб. с.-х. опытн. ст., 1928.

Зайцев А. А. и Жулидов А. А. Сборник «Солонцы Заволжья» Нижневолгопроекта НКЗ СССР, вып. 7, 1937, стр. 196—212.

Зольников В. Г. Химическая мелиорация солонцов Черниговской зоны в условиях орошения (в настоящем сборнике).

Иванова Е. Н. Сборник «Почвы СССР», т. I, 1939, стр. 349—403.

Каниевец И. И. и Прицкер И. Я. Почвоведение № 9, 1938, стр. 1173—1185.

Ковда В. А. Труды конференции по почвоведению и физиологии культурных растений, т. I, 1937, стр 144—167. См. также Труды Комиссии по ирригации, сб. 10, 1937, стр. 185—219.

Ковда В. А. Труды Комиссии по ирригации, сб. 10, 1937, стр. 223—233.

Ковда В. А. Солонцы и солончаки. Изд. Ак. Наук СССР, 1937.

Ковда В. А. и Большаков А. Ф. Проблемы советского почвоведения, сб. 6, изд. Ак. Наук СССР, 1938, стр. 23—34.

Кононова М. М. Природа органического вещества солонцов Заволжья и его изменение при мелиорации и орошении (в настоящем сборнике).

Королев И. А. Сборник Трудов Южного научно-иссл. инст. гидротехники и мелиорации, вып. II, 1938.

Кудинова А. И. Труды Комиссии по ирригации, сб. 10, 1937, стр. 235—269.

Лисовский В. И. Сборник Трудов Южного научно-иссл. инст. гидротехники и мелиорации, вып. II, 1938.

Лопато Ю. Г. К вопросу о засолении почвы при орошении. Нижневолжское краевое изд. Саратов, 1932.

Лопато Ю. Г. и Косматов А. К. Отчет о работах по изучению дождевания и его влияния на солевой режим почв, проведенных Валуйской опытной станцией орошаемого земледелия в 1935 г. (Рукопись в архиве Нижневолгопроекта.)

Лопато Ю. Г. Труды Конференции по почвоведению и физиологии культурных растений, т. I, Саратов, 1937, стр. 138—144.

Лопато Ю. Г. и Комарь А. А. Результаты полевого опыта по улучшению солонцов. 1938. (Рукопись.)

Маландин Г. А. и Макеев Н. И. Проблемы советского почвоведения, сб. 5, изд. Ак. Наук СССР, 1937, стр. 43—69.

Можейко А. М. Труды Комиссии по ирригации, вып. 6, 1936, стр. 175—225.

Оборин А. И. Советская агрономия. № 2—3, 1939, стр. 63—74.

Оборин А. И. О мелиорации и освоении солонцов в условиях неорошаемого земледелия — черноземной полосы Западной Сибири. 1939. (Диссертация, рукопись.)

Орловский Н. В. Химизация социалистического земледелия, №6, 1937, а также в сборнике работ Сибирского научно-иссл. инст., Омск, 1937.

Орловский Н. В. Приемы улучшения солонцов и солонцовых почв в условиях неорошаемого земледелия. 1938—1939. (Монография, рукопись.)

Отчет о работе опытной испарительной станции Нижневолгопроекта в Ершове в 1937—1938 гг. (Рукопись в архиве Нижневолгопроекта.)

Пономарев Г. М. и Седлецкий И. Д. О генезисе почв черноземного и солонцового рядов в Черниговской области (в настоящем сборнике).

Ратнер Е. И. Сборник «Почвоведение и агрохимия» Ак. Наук СССР, 1936, стр. 328—349.

Ратнер Е. И. Известия Ак. Наук СССР, №5—6, 1938.

Самбур Г. Н. Химизация социалистического земледелия, №12, 1938, стр. 70—76.

Самбур Г. Н. Химическая мелиорация солонцов и солонцеватых почв УССР (научный отчет по теме за 1937 г.). Киев, 1937. (Рукопись.)

Садовников И. Ф. и Зайцев А. А. Сборник «Солонцы Заволжья» Нижневолгопроекта, вып. VII, 1937, стр. 11—95.

Седлецкий И. Д. Проблемы советского почвоведения, сб. 8, изд. Ак. Наук СССР, 1939.

Усов Н. И. Генезис и мелиорация почв Каспийской низменности. Саратов, 1940 г., Сарат. госуд. обл. издат.

Шошин А. А. Сборник Трудов ЮжНИГИМ, вып. II, 1938.

Щеглов П. Л. Почвы Валуйской мелиоративной станции, вып. 5, Саратов, 1928.

Ярусов С. С. Почвоведение, №6, 1938, стр. 799—828.

Breadfield R. J. Am. Soc. of Agron., v. 29, N 2, 1937, p. 1—85.

Brown I. C., Rice T. a. Byers H. G. Agric. Techn. Bull., N 399, p. 43.

Gracie D., Moustafa J. a. oth. Techn. and Sci. Service (chemical sect.), Bull. N 148, 1934.

Harris F. Soil Alkali, its origin, nature and treatment. New York, Willey, 1920.

Hissink D. J. Ann. agronomiques, Nouv. ser., N 5, 1938.

Jenny H. a. Smith G. D. Soil Sci., v. 39, N 5, 1935.

Kelley W. P. University of California. Bull. N 17, Decembre 1937.

Menchikovsky. Soil Research, v. VI, N 1, 1938.

I. N. ANTIPOV-KARATAEV

SOLONETS RECLAMATION ON IRRIGATED LANDS IN THEORY AND IN PRACTICE

Summary

The following problems have been studied in the present paper:

1. Principles of a classification of solonetsous soils which could be called quantitative, and which is based on the degree of expression of negative physical and agrophysiological factors of plant growth, depending on the content of exchangeable sodium in the soil.

2. Some of the problems concerning the genesis of illuvial horizons in solonets, according to the data of latest Roentgenoscopic (Table 4) and experimental studies; the problem of the hardpan and claypan formation has been treated separately after published data (see also Figs. 5 to 11).

3. Actual conditions under which solonets and solonetsous soils occur in dry steppe regions of the U. S. S. R. Tables are given (Tables 6 and 7), showing the distribution of these soils over the territory of some of the regions and republics of the Soviet Union.

4. General premises to a succesful farming on reclaimed and irrigated solonetsous land, viz.: (a) the possibility of a secondary salinisation of soils belonging to the solonetsous complex, as a result of leaching waterings and of irrigation, and the dependence of the rate of this process on the velocity of the capyllary movement of ground waters (Fig. 12) and on the filtration coefficient of the ground; (b) data of the determination of the critical level of ground water (Tables 8, 9, and 10), and examples of secondary salinisation of solonetsous land in the Transvolgian region.

5. Theoretical principles on which the methods of reclamation of solonetsous soils are based: (a) the possibility of desalinisation by irrigation only (examples are given showing the influence of flood irrigation and of other irrigation methods, of aforestatyon, etc.); the slow rate of desalinisation of solonets under such conditions is shown (Table 12); (b) some cases of acceleration of this process by sowing perennial herbs or other means of adding organic matter (as an example: Kelley's experiments in California with solonchak-solonetses (see Table 13) which are easily enough reclaimed also by leaching waterings); the problems of selecting salt resisting and solonets resisting annual and perennial grasses, are also considered here (see Table 14); (c) the part played in the reclamation of solonets on irrigated land by the deep cultivation of soil. It is shown that the degree of solonetsosity of the arable layer is considerably lowered by mixing the solonetsous horizon with the upper nonsolonetsous horizon of the soil; the amount of reclaiming matter to be applied is thus also lowered. (See Table 15, containing data of special experiments).

6. Practical results of experiments with reclamation of solonets and solonetsous lands by means of artifical fertilizers in the U. S. S. R. carried out in the past Few years:

(a) Dry farming conditions: in Western Siberia (Perm State University, Tables 16, 17, 18, and 19), in the Ukrainian S. S. R. (Institute of Socialist Agriculture, Table 20) it is shown that, under dry farming conditions (annual rainfall about 325 millimeters) the arable layer (25 cm in depth) of a solonets soil may be thoroughly reclaimed in 6 or 7 years by the application of gypsum.

(b) Irrigated conditions: only such experiments which have been continued during not less than two or three years are considered here. As an example, data of the Californian Experiment Station are shown in Table 21. In Table 22 an example is presented of the reclamation of solonets by means of deep tillage, in order to utilize the carbonatic — gypsum layer of the soil itself for the reclamation of solonets soil complexes in the Caspian lowland (Soil Institute of the Academy of Sciences of the USSR). Table 23 shows the data of four years experiments with the reclamation of solonets lands in the Kuibyshev forest-steppe region (Bezenchuk Exp. Sta.). Tables 24 and 25 show analogical data for solonets lands of the Caspian lowlands (State University of Saratov). Table 26 gives yield data on reclaimed solonetses of the Valuy Exp. Sta. Tables 27, 28, and 29 present reclamation data of irrigated highly solonetsous chestnut soils in South Ukraina (Ukrainian Institute of Hydraulics and Reclamation). Tables 30 to 33 show solonets reclamation data under conditions of irrigation obtained by the Little — Uzen Solonets Stationary Exp. Sta. in the Transvolgian region (Soil Institute of the Academy of Sciences of the USSR, together with the Lower Volga Project Bureau of the People's Commissariat for Agriculture). The high effect of small doses of gypsum, half as great as would be required by the amount of exchangeable sodium contained in the soil, or else of the substitutes of gypsum as the carbonatic — gypsum horizon of the soil itself or of $CaCl_2$, or in some cases of $Ca(OH_2)$ is shown. The application of autumnal watering for the purpose of moisture storage in the soil increases the rate of the solonets

reclamation process: radical improvement is obtained in two or three years. Some of the data indicate that periodical wetting and drying of the soil mass («thermic fallow» in Southern Ukraina) has a very positive effect, as it creates a stable aggregation of the soil mass. Manure used without gypsum, and perennial grasses produce a comparatively slow reclamation of solonets. The best way would be to use these biological means of reclamation together withe the chemical ones.

The methods of administering reclaiming matter into the soil are of extreme importance.

7. On the basis of experimental data, the main points of practical measures concerning the use of gypsum for the reclamation of solonets under conditions of dry farming and of irrigation are enumerated.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
1940. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXIV

Р. Э. КРИГЕР

ПОЛЕВЫЕ ОПЫТЫ ПО МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ И ИХ РЕЗУЛЬТАТЫ

(По данным Малоузенского солонцового стационара за 1935—1938 гг.)

I. ЗАДАЧИ, УСЛОВИЯ И СХЕМЫ ОПЫТОВ

Малоузенский солонцовый стационар, расположенный на второй древней террасе р. Малый Узень в пределах Саратовской обл., как известно (см. Труды Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937), имеет своей задачей разработку химических, биологических и некоторых собственно агротехнических способов мелиорации солонцов в условиях орошения.

Почвы стационара представлены остаточно-солончаковатыми солонцами (среднестолбчатыми и корково-столбчатыми); грунтовые воды залегают на глубине 7—9 м.

Схема опытов и мелиорирующие вещества [1]

Исходя из основных задач, развернута следующая схема опытов на делянках (промытых и непромытых осенью 1935 г.) размером 350 м² каждая:

А. С химической мелиорацией:

а) пшеница (1936 г.), пшеница (1937 г.), сахарная свекла (1938 г.);

б) житняк, люцерна и их смесь (1936—1938 гг.).

Б. Без химической мелиорации:

а) пшеница (1936 г.), пшеница (1937 г.), сахарная свекла (1938 г.);

б) житняк, люцерна и их смесь (1936—1938 гг.).

В 1937 г. дополнительно проведены опыты по мелиорации солонцов компостом (солома + зола, камыш + зола), мелом, мелом вместе с навозом, гипсом вместе с навозом, одним гипсом (делянки по 9-му оросителю).

Под опыты 1936 г. на всех мелиорируемых делянках вносились гипс и сера — с осени 1935 г.; навоз — 14/V 1936 г.; под опыты же 1937 г. — мел, гипс и зола на непромывавшихся делянках (№ 631—654 и 901—912) в октябре 1936 г., солома с золой, камыш с золой, навоз к гипсу и к мелу — на делянки по тем же рядам весной 1937 г.

Гипс и сера в 1935 г. вносились под борону в конце октября перед промывками в количестве: гипс — 3, 6 и 12 т/га, сера — 945 кг/га; при таком несовершенном способе внесения не могло быть достигнуто хорошее смешивание гипса и серы с почвой.

[1] Схема опытов, предусмотренных первоначальной программой работ стационара, составленной в 1935 году (см. ст. В. А. Соловьева и Н. И. Саввинова в Трудах Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937 г.), по ряду причин хозяйственно-технического порядка (отсутствие семян многолетних трав, гипса, слабая машиновооруженность стационара, поздние сроки начала весенних работ в 1936 году, несвоевременность пуска насосной станции в том же году и некотор. друг.), не была осуществлена полностью в 1936 г., что привело в дальнейшем к невыдержанности схемы на этой части опытов и недостаточной сравнимости этих опытов друг с другом. Особенно существенно нарушены требования к выдержанности поливных и оросительных норм на ряде опытов в 1936—1938 гг., что, понятно, снижает ценность урожайных данных. *(Прим. редакции.)*

Промывки мелиорированных делянок (общее количество воды)

Для ускорения процессов взаимодействия между мелиорирующими веществами и почвой, согласно схеме опытов, одна серия опытных делянок

ТАБЛИЦА 1

Общее количество ежегодно поданной воды на ряд промытых делянок (в м³/га)

№ делянки	1935 г.	1936 г.	1937 г.	1938 г.	Всего за 4 года
701 (гипсованная)	4 900	3 040	2 480	6 149	16 569
706 (гипсованная)	5 400	3 800	2 150	5 921	17 271
709 (гипсованная)	4 160	3 230	2 260	6 984	16 634
702 (навоз)	5 800	4 200	4 140	8 562	22 702
705 (навоз)	3 460	3 400	3 060	6 798	16 718
703 (навоз)	6 000	2 540	3 040	7 315	18 895
708 (навоз)	4 160	4 270	2 260	6 962	17 652
713 (навоз)	4 820	2 010	2 500	5 380	14 710
712 (навоз + гипс)	3 740	3 430	1 160	5 383	14 513
704 (контроль)	4 480	4 040	3 430	6 923	18 873
707	5 100	3 610	2 370	6 070	17 150
710	3 640	3 960	1 760	6 906	16 266
711	4 880	3 220	2 660	5 618	16 378
716	3 740	3 800	1 400	5 078	14 018
717	3 100	3 980	1 500	6 280	14 860
719	2 640	3 580	2 520	6 202	14 942
720	2 610	4 000	2 480	1 823	10 913
721	2 710	4 460	2 550	2 248	11 968
722	2 850	4 110	3 130	3 611	13 701
723	4 470	5 740	2 980	2 316	15 506
724	4 700	3 770	1 360	2 687	12 517
725	4 400	1 340	2 600	2 281	10 621
714	5 400	1 760	2 970	5 380	15 510
715	4 030	1 340	2 030	5 380	12 780
718	2 000	2 660	2 550	5 475	12 685

ТАБЛИЦА 2

Общее количество ежегодно поданной воды (оросительные нормы) на ряд непромытых делянок (в м³/га)

№ делянки	1936 г.	1937 г.	1938 г.	Всего за 3 года
531 (навоз)	2 620	2 150	3 985	8 755
534 (навоз)	2 400	2 030	5 275	9 705
538 (навоз)	2 200	3 620	5 869	11 689
533 (навоз)	1 200	1 940	6 658	9 798
541 (навоз)	2 040	1 540	6 253	9 833
537	2 100	1 780	7 052	10 932
535 (гипс)	1 400	2 770	4 655	8 825
539 (гипс)	2 080	1 630	5 225	8 935
546 (гипс)	2 050	1 780	6 041	9 871
532 (контроль)	1 730	1 900	5 982	9 612
540	1 330	1 970	5 163	8 463
542	1 700	2 400	4 077	8 177
547	3 510	3 150	5 437	12 097
545 (гипс)	1 750	2 260	6 107	10 117
549 (гипс)	2 940	4 040	5 366	12 346
548 (гипс)	2 780	2 890	5 094	10 764
550 (контроль)	1 590	4 180	5 438	11 208
551 (навоз + гипс)	1 270	2 620	5 638	9 528
553 (навоз + гипс)	1 570	2 250	6 225	10 045
552	1 550	1 990	4 743	8 283

осенью 1935 г., после вспашки на глубину 25 см и внесения гипса, была промыта. Осенью 1936 г. проведено повторное промывание тех же делянок. Сведения об общем количестве поступившей на эти делянки за 1935—1938 гг. воды приводятся в табл. 1. Такие же сведения для непромывавшихся делянок приведены в табл. 2.

Посевы, поливы и уход за растениями

Весной 1936 г. ряды промытых и непромытых делянок подверглись рыхлению ралками, некоторые из них, согласно схеме, были удобрены навозом из расчета 40 и 80 т/га. Посевы пшеницы и трав в оба года были произведены с запозданием, именно: в 1936 г. 16—22/V, а в 1937 г. 22—24/V.

В 1936 г. на промытые (№ 701—726) и непромытые (№ 531—556) делянки высевалась пшеница Мелянопус № 069. В 1937 г. на промытом ряду сеялась мягкая пшеница Турцикум № 2447 (Элита), на непромытых (№ 531—556) и на делянках с испытанием местных мелиорирующих веществ (солома, зола и т. д.; № 601—627 и 901—902) тот же Мелянопус № 069.

В 1936 г. по пласту посеяны также травы с распределением их по делянкам, как указано в табл. 3.

Ряды промытых и непромытых делянок не являются вполне сравнимыми по культурам, так как вследствие недостатка семян узкоколосого житняка (рекомендуемого акад. Вильямсом для первоначального улучшения солонцов) им засеяны только непромытые делянки; промытые же делянки (а из непромытых № 611—613) были засеяны житняком ширококолосым.

Весной 1937 г. на все делянки внесены суперфосфат и сульфат аммония из расчета по 90 кг действующего начала, причем сульфат аммония вносился в два приема: перед посевом и при первом поливе.

К моменту начала полевых работ в 1936 г. на стационаре водоподъемной установки еще не было, поэтому не мог быть осуществлен предпосевной полив сильно пересохших делянок.

Первый полив пшеницы (Мелянопус № 069) на промытых делянках был произведен в 1936 г. в конце периода кущения (21/VI), второй — во время колошения (4—5/VII). На непромытых делянках было произведено также два полива: первый — 11—18/VI, второй 22—24/VII. Ко времени первого полива на непромытых делянках имелись всходы пшеницы в стадии 2-го и 3-го листа только на каштановых пятнах комплекса. После полива появились массовые всходы на солонцах. Ко времени второго полива непромытых делянок пшеница на них была в стадии от колошения до молочной спелости на каштановых пятнах и в стадии стеблевания в тех частях делянок, где всходы появились после первого полива. Такой запоздалый ход развития пшеницы, со всходами в наиболее сухие и жаркие дни конца июня — начала июля, привел к тому, что урожай на непромытых делянках дал 2—3 ц/га и поэтому по отдельным делянкам не учитывался.

Делянки с травами, не промывавшиеся осенью 1935 г. (№ 601—627), поливались в год их посева два раза: 27/VI по всходам и 18—20/VII. Делянки с травами (№ 701—747) поливались в 1936 г. в следующие сроки: 9—11/VI, 14—15/VII, 6—8/VIII после первого укоса смеси люцерны с житняком, 7—10/IX после второго укоса, и последний полив был произведен осенью — в середине октября или в конце октября. Поливы в 1937 г. делянок, заложенных в 1935—1936 гг. (№ 531—556, 601—626, 631—654, 701—726, 731—747), производились в следующие сроки:

1) № 701—726 с пшеницей Турцикум № 2447, промывавшиеся в 1935 г. и получившие еще в 1936 г. осенние поливы, — один раз 13—17/VII, в конце цветения;

2) № 531—556, не промывавшиеся ранее, — в то же время;

ТАБЛИЦА 3

Распределение трав по делянкам (посевы 1936 г.)

№ делянки	Удобрение	Нормы высева в кг/га			
		Люцерна синяя	Люцерна желтая	Житняк ширококолосый	Житняк узкоколосый
	Ряд промытых делянок				
731	Гипс 6 т/га	10	0	30	—
739	То же	10	0	30	—
743	То же	0	0	30	—
732	Сера около 1 т/га	10	0	30	—
737	То же	10	0	30	—
740	То же	0	0	30	—
734	Навоз 40 т/га	0	0	30	—
738	То же	0	0	30	—
742	То же	0	0	30	—
745	Навоз 80 т/га	10	0	30	—
747	То же	10	0	30	—
733	Без удобрения	0	0	30	—
735	Контроль	0	0	30	—
736	То же	0	0	30	—
741	Без удобрения	0	0	30	—
744	Контроль	0	0	30	—
746	То же	0	0	30	—
	Ряд непромытых делянок				
606	Гипс 6 т/га	10	0	0	30
610	То же	10	0	0	30
604	Навоз 40 т/га	10	0	0	30
609	То же	10	0	0	30
612	То же	0	10	30	0
601	Навоз 80 т/га	10	0	0	30
608	То же	10	0	0	30
611	То же	0	10	30	0
602	Без удобрения	0	0	0	30
603	Гипс	0	0	0	30
607	То же	0	0	0	30
613	То же	0	10	30	0
614	Без удобрения	0	0	0	30
615	То же	0	0	0	30
616	То же	0	0	0	30
617	То же	0	0	0	30
621	То же	0	0	0	30
622	То же	0	0	0	30
623	То же	0	0	0	30
820	То же	0	20	0	0
822	То же	0	20	0	0
824	То же	0	20	0	0
826	То же	0	20	0	0

3) № 631—654, не промывавшиеся ранее, — 2/VI по всходам и 19/VII; [1]

4) травы (житняк, люцерна и их смеси) на делянках, не промывавшихся в 1935 г., получили четыре полива: 30/VI — после первого укоса всех трав; 23/VII — после второго укоса люцерны (но поливались и делянки с одним житняком); 16/VIII — между вторым и третьим укосами люцерны (в житняковых смесях); 14/IX поливалась отава после третьего укоса, произведенного 25/VIII;

5) № 731—747, промывавшиеся осенью 1935 г. и занятые житняком и люцерной, — первый полив 20—21/VII, после укоса трав на всех делянках; последующий полив производился только на делянках с люцерной в смеси с житняком 12—13/VIII, за 10 дней до второго укоса люцерны. Эти же люцерновые делянки получили и третий полив—13—14/IX, между третьим и четвертым укосами люцерны.

По принятому на стационаре севообороту ряды делянок 701—726 (промытые) и 531—556 (непромытые), занятые в 1936 и 1937 гг. твердой и мягкой пшеницей, в 1938 г. поступили под пропашную культуру—сахарную свеклу (семенной материал был получен с Бековского сахарного завода Саратовской обл.; сорт не указан).

Оба ряда делянок были политы в октябре 1937 г. обычными нормами (около 1200 м³/га) и поэтому к моменту посева 28/IV были хорошо увлажнены. Перед посевом производились следующие работы: культивация в два следа, боронование в два следа. Удобрения внесены в два срока (перед посевом и часть перед поливом вместе с водой под борону): суперфосфат из расчета 90 кг P_2O_5 (или 600 кг удобрения на гектар) и монтан-селитра тоже по 90 кг (или 362 кг удобрения на гектар). Посев производился намоченными семенами (40 кг/га) под маркер с заделкой волокушей; расстояние между рядами 50 см. В виду того, что поля после посева не были укатаны катком и поэтому всходы появлялись очень недружно (9—11/V), а поверхность почвы на глубине заделки семян быстро высыхала, 13/V был произведен полив для ускорения появления всходов. Несмотря на образовавшуюся после этого полива сплошную корку, в период 23—26/V начали появляться массовые всходы свеклы. Дальнейшие работы с этой культурой производились в следующие сроки: первая шаровка 4—11/VI; вторая шаровка 4—5/VII; третья шаровка и проверка 25—29/VII.

Подкормка монтан-селитрой с водой при пятом поливе 19/VIII.

Начало уборки 26/IX, конец 29/IX.

Поливы на всех делянках со свеклой производились семь раз.

Средняя оросительная норма на 17 делянках промытого ряда 6352.7±±219.7 м³/га и на 22 делянках непромытого ряда 5450±±167.8 м³/га.

Сроки поливов всех культур севооборота в 1938 г. указаны в табл. 4.

Изучение элементов гидромодуля в программе стационара не стояло. При всех поливах учитывались лишь фактические их нормы. Критерием, определявшим конец полива, являлось покрытие водой всей площади каждой делянки слоем минимальной высоты. Различие в микрорельефе, субъективность определения конца полива, различная степень комплексности почв, компоненты которой имеют различную водопроницаемость, и различная степень развития культур в зависимости от мелиорирующих веществ, все эти причины обусловили значительные колебания величины поливных норм для одной и той же культуры. В табл. 5 дана сводка поливных норм за 3 года.

В большинстве случаев, следовательно, величина поливных норм при поливе затоплением была порядка 900—1110 м³/га. Лишь в 1938 г. они снизились на свекле до 768—889 м³/га, благодаря частым поливам этой куль-

[1] Ко времени этого полива пшеница была очень пестра по фазам вегетации — от выхода в трубку до начала цветения. Эта пестрота состояния культуры объясняется разновременностью всходов на солонцовых и каштановых пятнах делянок, которые осенних поливов не получали.

ТАБ

Сроки поливов опытных

№ делянки	Культуры \ № полива	I	II
531—556	Свекла сахарная	13—14/V	1—3/VI
601—623	Люцерна синяя + житняк узкоколосый, люцерна желтая + житняк узкоколосый, житняк чистый	21—25/V	20—22/VI
631—656	Пшеница Саррубра	2—4/VI	16—20/VI
701—719	Свекла сахарная	14—17/V	4—7/VI
731, 732, 737, 739, 745, 747	Люцерна синяя	20—21/V	20/VI
733, 734 и др.	Житняк ширококолосый	20—21/V	7—8/VII
901—912	Пшеница Саррубра	18/V	6—7/VI

ТАБЛИЦА 5

Средние нормы полива за три года (с указанием средней ошибки для 1936 и 1937 гг.)

№ делянок	1936 г. Культура	1936 г. Число поливов	1936 г. Поливная норма в м³	1937 г. Культура	1937 г. Число поливов	1937 г. Поливная норма в м³	1938 г. Культура	1938 г. Число поливов	1938 г. Поливная норма в м³
Полив затоплением									
701—713	Пшеница твердая	2	1025±57	Пшеница мягкая	1	1100±76	Свекла сахарная	7	889
715—726	Пшеница твердая	2	1150±89	Пшеница мягкая	1	957±131	Свекла сахарная		—
531—556	Пшеница твердая	2	846±40	Пшеница мягкая	1	1011±76	Свекла сахарная	7	768
601—620	Люцерна + + житняк (год посева)	3	1436±109	Травы, 2-й год	3	1006±40	Травы, 3-й год	4	1044
631—643	Пар	Без полива		Пшеница твердая	1	992±59	Пшеница мягкая	3	Около 800
731—747	Люцерна + + житняк (год посева)	3	737±34	Травы, 2-й год		1108±23	Травы, 3-й год	4	1038
Полив напуском по полосам									
101—112	—	—	—	Пшеница	3	1028±68	Житняк + + люцерна (год посева)	3	794
113—121	—	—	—	»	3	885±65	—	—	822
123—125	—	—	—	Просо	3	768±32	—	—	668

туры. При поливе же напуском по полосам шириной 5 м и длиной 80 м (№ 101—112), 150 м (№ 113—121) и 200 м (№ 123—125), при уклоне 0.006, средняя величина поливных норм устойчиво (и статистически достоверно) колебалась около 800 м³/га. Надо признать, что поливные нормы, получавшиеся в условиях полива затоплением делянок по 350 м² (с поливной струей 8—11 л/сек.), являлись избыточными для многих стадий развития культур;

ЛИЦА 4

делянок в 1938 г.

III	IV	V	VI	VII
24—25/VI	20—30/VI	18—23/VII	8—10/VIII	29—31/VIII
6—8/VII	25—26/VII	10—19/VIII	5—8/IX	—
6—9/VII	19—26/VIII	15—16/IX	—	—
21—22/VI	28—30/VI	20—25/VII	4—8/VIII	30—31/VIII
6/VII	25—26/VII	9—10/VIII	5—6/IX	—
25—26/VII	18/VIII	5—6/IX	—	—
24/VI	9/VII	27/VIII	—	—

например, для пшеницы — в стадию начала кущения, когда корневая система развивается лишь в пахотном слое, или для свеклы — в период ее роста в течение 1—1.5 месяцев; для трав — в лето их посева и т. д. На промытых солонцах стационара, где грунты были насыщены водой во всей их толще вплоть до грунтовых вод, такие поливные нормы в значительной их части шли на пополнение грунтовых вод.

Необходимо создать такую технику полива, которая позволила бы оперировать с малыми поливными нормами (в частности обязательно следует применять планировки).

II. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ 1936—1938 гг. НА СТАЦИОНАРЕ И ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ НА ОПЫТНЫХ ДЕЛЯНКАХ

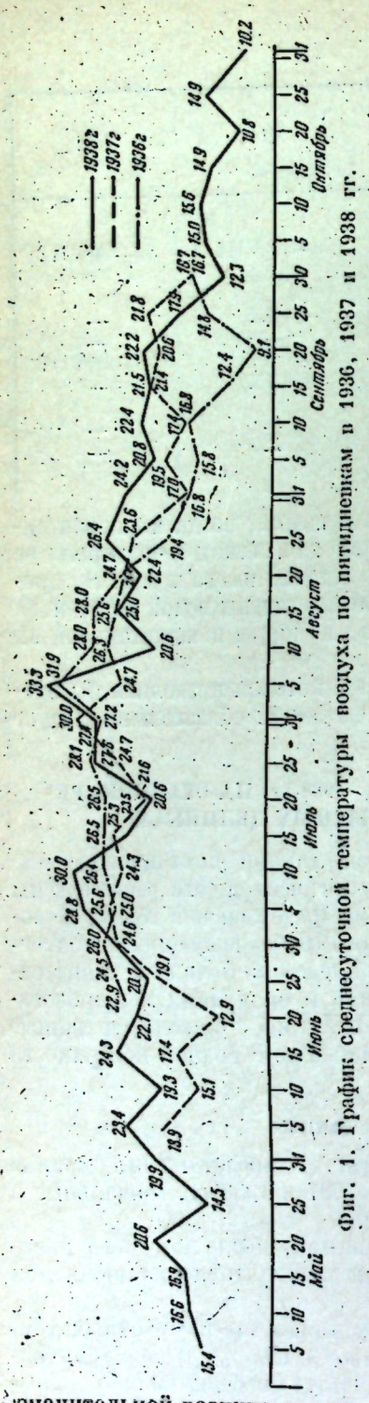
Постоянно действующей метеорологической станции на стационаре нет. Ближайшие станции государственной метеорологической сети расположены в следующих пунктах: Красный Кут в 65 км, Малоузенск в 65 км, Новоузенск в 75 км и Ершово в 75 км от стационара. Несвоевременность получения метеорологических приборов и неодинаковые сроки начала и конца работ явились причиной разновременного начала и окончания метеорологических наблюдений за вегетационный период. Ниже приводятся данные только по температуре воздуха, осадкам, испарению с водной поверхности и дефициту влажности.

1. Метеорологические данные

Температура воздуха. На фиг. 1 представлены кривые среднесуточных температур воздуха за 1936, 1937 и 1938 гг. (начальные и конечные периоды наблюдений не совпадают).

1. Для всех 3 лет кульминационным периодом, после которого начинается понижение температур, являлась последняя пятидневка июля или первая пятидневка августа.

2. 1938 г. выделяется значительным повышением среднесуточных температур: из 22 общих по всем годам пятидневок в 69.5% случаев температура воздуха 1938 г. была выше, чем в 1936, 1937 гг. Особенно сильное повышение температуры наблюдалось в середине июля, когда средняя за пятидневку температура доходила до 30°, а в первой пятидневке августа до 33.3°. По сравнению с 1937 г. среднесуточная температура пятидневок 1938 г. в июне была на 5—9° выше; к июлю эта разница уменьшилась до 4—5°. В 1936 г. температура воздуха в июне, июле и до середины августа изменялась весьма плавно и занимала в большинстве случаев промежуточное по-



Фиг. 1. График среднесуточной температуры воздуха по пятидневкам в 1936, 1937 и 1938 гг.

ложение среди 1937 и 1938 гг., сильно, однако, отличаясь от них наибольшим относительным понижением (до 9.1°) в середине сентября, в то время как в 1938 г. даже в последней пятидневке октября она достигала 14.9°.

О с а д к и. Дождемер был установлен 15/VI 1936 г. В последующие годы учет осадков начинался 20/IV и продолжался до 1/XI. В табл. 6 приводятся подекадные данные осадков.

Как видно из данных табл. 6, к весне 1938 г. почва была хорошо увлажнена осадками, выпавшими в сентябре и октябре предшествующего года, а в самом 1937 г. в наиболее существенный для развития зерновых период их кущения — стеблевания, т. е. в июне, выпало 106.6 мм или 1066 м³ осадков на гектар. В засушливый 1938 г. все осадки выпадали в нормах слишком ничтожных, немедленно испарялись и потому для растений оказались бесполезными.

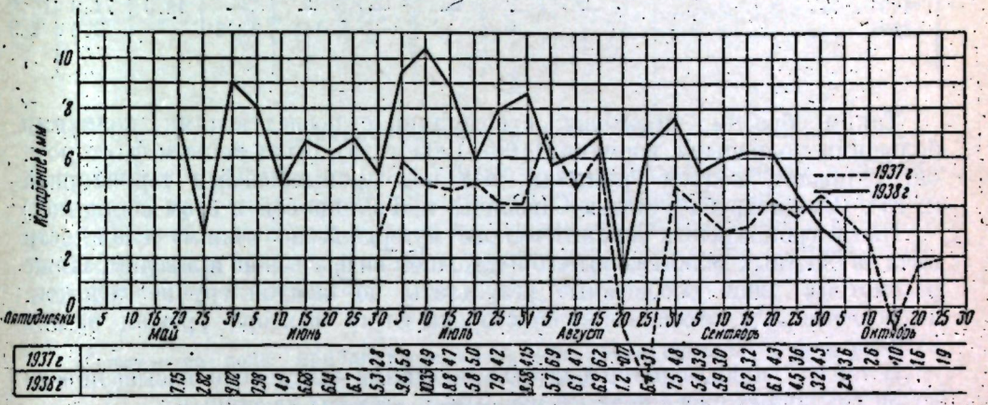
Таким образом, в течение первых 3 лет работы стационара два вегетационных периода отличались сильной засушливостью. Однако, особо остро засушливый характер вегетационного периода 1938 г., как увидим ниже, в условиях орошения не помешал получить на столбчатых солонцах высокие урожаи свеклы, трав и пшеницы.

И с п а р е н и е с в о д н о й п о в е р х н о с т и. Для сопоставления суммарных потерь воды на испарение и транспирацию с испарением с водной поверхности на участке были установлены три испарителя, из которых два представляли собой деревянные покрытые битумом чаны высотой оба по 60 см и диаметром 190.5 и 99.2 см, а третий — железный чан той же высоты, но диаметром 112.5 см.

Совершенно такие же железные испарители на Ершовской станции при уровне воды на расстоянии 19 см от края испарителя дали редукционные коэффициенты 0.99, а при расстоянии в 6 см — 0.81. В железном испарителе на стационаре расстояние от его края до уровня воды колебалось в пределах от 6 до 10 см. На фиг. 2 приведены данные по испарению с водной поверхности в 1937 и 1938 гг. из большого чана. При значительной разнице в испарении кривые за оба года, в пределах сравниваемого периода, обнаруживают качественное сходство: некоторый параллелизм в кривых, со сдвигом их в ту или иную сторону не больше, чем на одну пятидневку. Абсолютная величина среднесуточного за пятидневку испарения достигла в засушливом 1938 г. высоких значений уже в середине мая — 7.15 мм, показав максимум 10.35 мм в середине июля и минимум

1.2 мм во время дождей конца августа. В 1937 г. среднесуточное за пятидневку испарение было на 2—4 мм меньше, чем в 1938 г.

Д е ф и ц и т в л а ж н о с т и. Дефицит влажности является основным фактором, определяющим испарение. На фиг. 3 приведены среднесуточные данные по дефициту влажности воздуха по пятидневкам 1936—1938 гг. В соответствии с температурой воздуха и количеством осадков наибольший дефицит влажности констатируется в течение периода с мая по октябрь в остро засушливом 1938 г. и наименьший в дождливом 1937 г. (но лишь до второй пятидневки сентября, когда по наименьшему дефициту



Фиг. 2. График среднесуточного испарения с водной поверхности в 1937 и 1938 гг.

влажности первое место занял 1936 г.). Для мая и июня 1936 г. данных нет; в июне же и июле этого года величина дефицита заняла промежуточное положение между 1937 и 1938 гг.

2. Режим влажности почв и испарение с поля

Динамика влажности почв в 1936 г.

Определение влажности в солонцах непосредственно перед промывками в октябре 1935 г. показало, что в слое 0—200 см содержалось воды около 3700 м³/га, в том числе 2060 м³ в слое 100—200 см. Предельная влагоемкость грунтов стационара одинакова с влагоемкостью 2-го метра, поэтому ее величину, равную 2570 м³/га в слое 100—200 см, мы ориентировочно принимаем за запасы воды в каждом метре грунта до границы капиллярного поднятия грунтовой воды. Следовательно, в момент производства поливов не доставало воды до предельной влагоемкости почвы в слое 0—200 см 5720—3676=2044 м³/га и в каждом метре грунта 2570—2060=510 м³/га.[1] При промывке нормой 4000 м³/га в слое 0—200 см задержалось 2044 м³/га, оставшиеся же 1956 м³ могли насытить до предельной влагоемкости толщу (1956 : 510=) 3.8, округленно 4 м. При стоянии грунтовой воды на глубине 6 м и при промывной норме 4000 м³/га вся толща почво-грунта над капиллярным слоем грунтовой воды (4 м) могла быть насыщена до предельной полевой влагоемкости. При промывной норме в 5000 м³/га эта толща насыщенного водой почво-грунта увеличивается, т. е. устанавливается смыкание поверхностных вод с грунтовыми, лежащими на глубине 8 м. Фактические же нормы промывок доходили до 7000 м³/га. Грунтовые воды под промывавшимися делянками находились в 1936 г. на глубине около 8 м.

[1] Запасы воды, соответствующие предельной влагоемкости, составляют в слое 0—200 = 5720 м³/га и в слое 100—200 = 2570 м³/га.

ТАБ

Подекадные данные осадков на

Годы	Апрель			Май			Июнь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1936	—	—	—	—	—	—	—	0.38	1.11
1937	—	—	—	—	—	—	18.0	71.8	16.8
1938	—	—	—	—	1.8	13.8	—	3.6	4.5

Таким образом, промывки, в сочетании с последующими поливами большими поливными нормами (1100—1200 м³/га), были первым фактором, определившим подъем грунтовых вод под промывавшейся территорией (2 га). (См. подробнее статью Саввинова и Филипповой в этом сборнике.)

Из-за громоздкости аналитического материала по режиму влажности почв на опытных делянках мы его в исходном виде здесь не приводим. Ниже рассмотрим лишь обобщенные результаты по каждой группе делянок, достаточные для обоснования со стороны этого фактора урожая наших культур.

В табл. 7 приведены сравнительные данные по степени насыщенности водой различных слоев почвы в мае 1936 г. (всходы пшеницы).

ТАБЛИЦА 7

Средняя степень насыщения в % от предельной влагоемкости во время развития всходов пшеницы на промытых и непромытых делянках в 1936 г. (28/V)

Глубина в см	Делянки промытые		Делянки непромытые	
	Число делянок	% от полевой влагоемкости	Число делянок	% от полевой влагоемкости
0—20	8	88.0 ± 4	7	54.0 ± 6.7
0—50	8	97.6 ± 2.1	7	68.5 ± 4.5
0—100	8	100.6 ± 3.1	7	67.8 ± 2.7

Следовательно, по расчету на метровый слой, промытые делянки были насыщены влагой, тогда как непромывавшиеся делянки имели степень насыщения 67.84% от влагоемкости, что соответствует влажности завядания (по полуторной максимальной гигроскопичности). Понятно, что такая разница в увлажнении обусловила и резкое отличие во всходах на обоих рядах делянок: на промытом ряду они были дружные, густые, а на непромывавшихся совершенно отсутствовали, за исключением пятен каштановых почв (фиг. 4 и 5).

В течение вегетационного периода 1936 г. влажность почвы во 2-м метре продолжала находиться при степени предельной влагоемкости лишь на промывавшихся делянках, а в непромывавшемся ряду на той же глубине была близка к влажности завядания.

Таким образом, причиной указанных выше низких урожаев пшеницы в 1936 г. на непромывавшихся делянках является, понятно, неблагоприятный водный режим почвы. Этот режим был более благоприятен для растений в 1936 г. на промывавшихся делянках.

ЛИЦА 6

стационаре в 1936—1938 гг. (в мм)

Июль			Август			Сентябрь			Октябрь		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
6.6	—	34.7	—	8.9	5.8	23.7	8.8	—	46.9	5.6	—
3.0	9.0	3.5	0.3	33.95	37.9	1.4	—	—	2.5	—	—
—	0.2	—	10.1	8.8	11.0	—	—	—	—	—	12.3

Динамика влажности почв в 1937 г.

Делянки, промытые в 1935 г., были дополнительно орошены в октябре 1936 г. Ко времени кущения пшеницы в 1937 г. констатировано следующее различие между запасами воды на этих делянках по сравнению с рядом непромывавшихся делянок и не получивших дополнительной осенней влагозарядки в 1936 г. (табл. 8).

ТАБЛИЦА 8

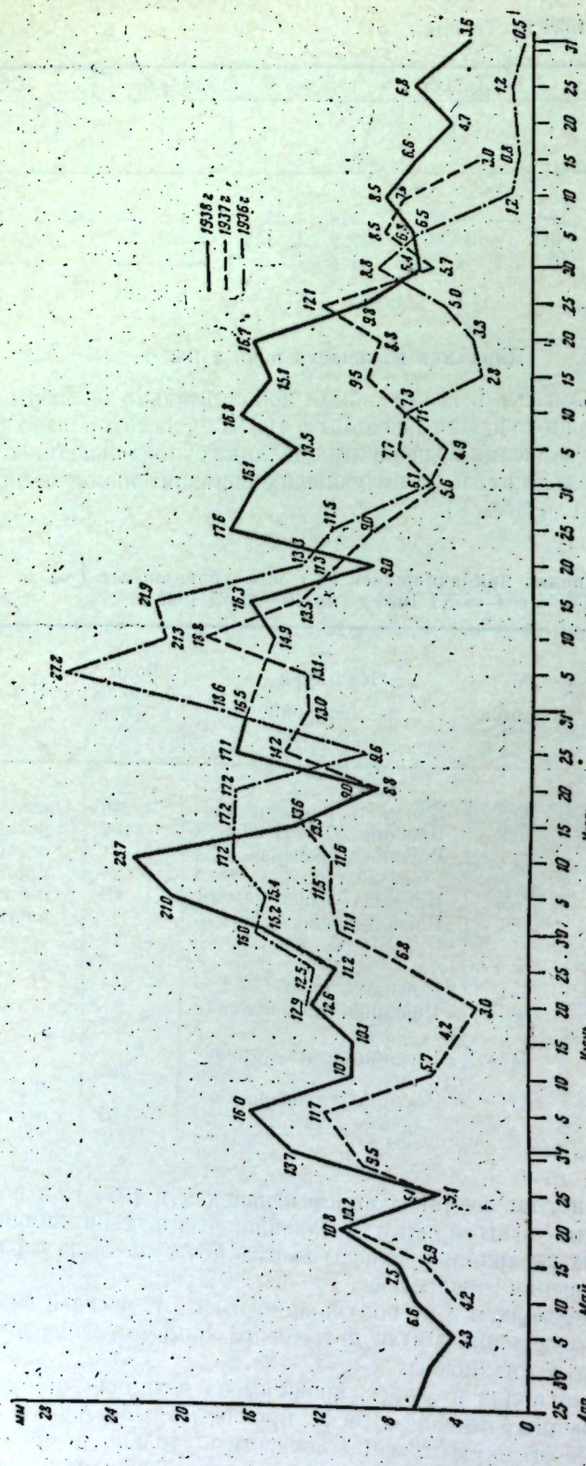
Количество воды, прибавившееся (+) или убавившееся (—) за период с 4—8/XI 1936 г. по 19—25/VI 1937 г.

Характер опытов	№ делянки	Культура и удобрение	Воды 0—50 см в м³/га	Примечание
Промывавшиеся в 1935 г. и политые в октябре 1936 г.	704	Контроль, пшеница	+ 280	Определение запасов воды осенью 1936 г. произведено после осенней влагозарядки
	702	Пшеница, навоз 80 т/га	+ 164	
	745	Житняк + люцерна, навоз 80 т/га	+ 25	
	705	Пшеница, навоз 80 т/га	+ 85	
	709	Пшеница, гипс 6 т/га + + NP	+ 18	
Непромывавшиеся	531	Пшеница, навоз 80 т/га	— 144	
	538	Пшеница, гипс 6 т/га + + NP	— 172	
	543	Пшеница, без удобрения	— 295	
	611	Житняк + люцерна, навоз 80 т/га	— 65	

Следовательно, на делянках, промывавшихся в 1935 г. и получивших в 1936 г. осеннюю влагозарядку, добавочная влага осенне-зимних осадков (за счет которых увеличились запасы воды в почве) не была израсходована ко времени кущения полностью.

На непромывавшихся и не получавших в 1936 г. осенней влагозарядки к тому же сроку делянках были потреблены, помимо осенне-зимних осадков, и запасы воды из почвы.

Единственный полив в 1937 г. пшеницы на делянках, промывавшихся в 1935 г. и орошенных в ноябре 1936 г., произведенный в период конца цветения, обеспечил высокую степень влажности не только до полного созревания пшеницы (8—10/VIII), но, благодаря еще осадкам в период с 13 по 26/VIII (сумма 72 мм), и до первой декады октября (дел. 707 и 709). На



Фиг. 3. График среднесуточного дефицита влажности по пятидневкам в 1936—1938 гг. в зависимости от температуры воздуха.



Фиг. 4. Пшеница в стадии стеблевания на делянках, не получивших осеннего полива. (Фото Р. Э. Кригера)



Фиг. 5. Пшеница в стадии стеблевания на делянках, получивших осенние поливы. (Фото Р. Э. Кригера)

делянках же, не промывавшихся и не получивших осенней влагозарядки в 1936 г. (№ 531, 538, 543, 546), вся активная вода ко времени полной спелости пшеницы была исчерпана, — солонцы высохли до степени меньшей, чем полуторная максимальная гигроскопичность.

Делянки, занятые травами (№ 745 и 611), отличались в 1937 г. по влажности от всех рассмотренных выше делянок под пшеницей тем, что на них после первого укоса (т. е. в первую пятидневку июля) и в ноябре вся актив-

ная вода была потреблена. Такое состояние влажности указывает на необходимость весеннего полива всех трав большими нормами.

Различие между степенью увлажнения сравниваемых рядов делянок констатируется, главным образом, в подпочве, как это видно из данных табл. 9.

ТАБЛИЦА 9

Степень насыщения почвы водой в % от полевой влагоемкости во время кущения пшеницы (25/VI 1937 г.) на непромывавшихся деляках и во время колошения пшеницы (5/VII 1937 г.) на делянках, промывавшихся в 1935 г. и орошенных осенью 1936 г.

Слой 0—50 см				Слой 50—100 см	
Промывавшиеся делянки		Непромывавшиеся делянки		Промывавшиеся делянки	Непромывавшиеся делянки
№ делянки	%	№ делянки	%	%	%
702	84	531	79	99	85
707	97	538	87	90	88
709	93	539	84	97	90
705	82	543	91	95	106
—	—	546	85	—	77
Среднее	86	—	85	95	89

Таким образом, несмотря на то, что на делянках с осенней влагозарядкой влажность была определена на 10 дней позже, чем на непромывавшихся деляках, степень увлажнения слоя 50—100 см была на них на 6% больше последних.

Установить глубину промачивания почв в 1937 г. на делянках, имевших две осенние влагозарядки (№ 707 и 709), не представлялось возможным, так как почва на них до августа находилась в состоянии насыщения до предельной полевой влагоемкости.

На делянках же, не имевших осенних влагозарядок, даже полив большой нормой в 1800 м³/га (в период трубкования) не увлажнил подпочву ниже 2 м. Эта глубина была достигнута лишь после октябрьских поливов нормами около 1100 и 1800 м³/га. Однако степень насыщения почвы на непромывавшихся и не получавших ни разу осенней влагозарядки делянках никогда не доходила до предельного насыщения почвы водой, как это видно из данных табл. 10.

Для иллюстрации положения о том, что глубина промачивания почвы вегетационными поливами на делянках, не промывавшихся и не получивших осенних влагозарядочных поливов, не превышала в 1937 и 1938 гг. 100—150 см, приводим в табл. 11 данные абсолютной влажности почвы. Приведенные цифры влажности отчетливо констатируют насыщенность грунтов до уровня грунтовой воды на делянках промытого ряда, в то время как на непромытой делянке 539 подпочва была увлажнена в результате всех поливов лишь до глубины 100 см.

Если взять степень насыщенности почвы в процентах от полевой влагоемкости на делянках промытого ряда 19/VI и 3/XI (после полива 27/X)

ТАБЛИЦА 10

Степень насыщения почвы водой в % от предельной полевой влагоемкости на делянках 531—556 (непромытого ряда) в 1937 г.

Глубина в см	№ 546, 538, 539 25/VI кущение	№ 538, 539, 543 3/IX до полива	№ 546, 538, 539 9/XI после полива 23/X	Примечание
0—50	89.5	74.4	95.0	Поливы производились средними нормами: 13—16/VII — 1050 м³/га; 23/X — 1450 м³/га;
50—100	85.0	74.4	98,5	
100—200	84.0	82.8	95.5	

ТАБЛИЦА 11

Влажность почвы на делянках в 1937 и 1938 гг. (в вес. %)

Глубина в см	25/VI 1937 г.		3/X 1938 г.
	№ 709 промытая	№ 539 непромытая	№ 707 промытая
5	24.8	18.5	—
10	23.3	20.5	11.1
20	25.0	15.7	—
30	21.3	23.5	—
40	22.1	21.6	—
60	22.5	18.9	12.8
80	19.5	18.2	—
100	17.3	15.8	15.8
120	—	15.4	—
150	—	15.1	19.2
200	—	15.1	18.3
250	—	—	21.5
300	18.2	14.4	19.6
350	—	—	—
400	18.7	15.7	23.1
450	—	—	23.7
500	19.8	19.4	—
600	22.1	21.3	—
	Установившийся уровень грунтовой воды 6.0 м	Установившийся уровень грунтовой воды 6.85 м	Вскрытый горизонт грунтовой воды 4.35 м

1937 г., то она выразится следующими средними цифрами (по деляшкам 705, 707 и 709):

Слои	19/VI	3/XI
0—50 см	99.8	102.0
50—100 »	97.0	104.0
100—200 »	101.0	170.0

Следовательно, если в период кущения (19/VI) солонец находился в степени почти полного насыщения, то после полива 27/X в нем констатирована еще гравитационная вода. Средняя по всем делянкам степень насыщения 105%. Избыток в 5% от 5720 м³/га составляет для двухметрового слоя почвы 286 м³/га. В условиях насыщенности грунтов до предельной влагоемкости

это количество избыточной воды пойдет на пополнение грунтовых вод. Весной следующего года к нему присоединится вода осенне-зимних осадков и первого полива, которая, по условиям техники полива затоплением, также будет избыточной (ибо в первый полив после осенней влагозарядки необходимы очень незначительные, около 200—300 м³/га, поливные нормы, вместо фактически получающихся 1000—1100 м³/га).

Таким образом, и однократное осуществление глубокого (до уровня грунтовой воды) насыщения грунтов влагой при промывках нормами 5000—7000 м³/га способствует в последующие годы пополнению грунтовых вод за счет избыточных (в условиях арычного орошения) поливных норм.

Режим влажности почв в 1938 г.

В 1938 г. определение влажности почв было перенесено с делянки 709 на делянку 707 (на 15 м). Как видно из табл. 11, обнаружен подъем грунтовой воды на 1.65 м и насыщение подпочвы до предельной влагоемкости от уровня грунтовой воды до глубины 150 см от поверхности почвы. Выше этой глубины свекла, несмотря на семь поливов, высушила все горизонты почти до влажности «мертвого запаса». Стержневой корень ее был ясно прослежен нами до глубины 130 см. При условии более тщательной препаровки корня его можно было бы обнаружить и на большей глубине.

Наконец, из той же табл. 11 видно, что на промывавшейся в 1935 г. и получившей осеннюю влагозарядку в 1936 г. делянке 709 грунтовая вода в июне 1937 г. была на 85 см выше, чем на непромывавшейся и осенью не поливавшейся делянке 539.

Существенной особенностью распределения влажности на солонце с житняком и люцерной является быстрое и сильное потребление из него влаги (испарение+транспирация), отображающееся в том, что с глубины 80 см и ниже влажность почти все лето остается постоянной и всегда ниже предельной влагоемкости, несмотря на достаточное количество (три) поливов.

По этому поводу приведем следующую выдержку из книги О. Израильсена («Научные основы и практика орошения»): «Автор настоящей книги обследовал почвы многих полей, на которых внешний вид растений (люцерны.— *Р. К.*) и верхние слои почвы на глубину десятков сантиметров не обнаруживали непосредственной потребности в воде, тогда как на глубине от 60 до 130 см почва оказывалась чрезвычайно сухой. Такого рода условия почвенной влажности на люцерновых полях являются индикатором на необходимость полива в возможно близкий срок. Во время периода роста люцерны не должно быть сухой почвы в пределах глубин до 180—240 см».

Мы полагаем, что такая рекомендация автора справедлива для почв и грунтов незасоленных. В специфических же условиях солевого режима солонцов, с быстро поднимающимися в результате орошения (и главным образом благодаря фильтрации воды из каналов) грунтовыми водами, свойство люцерны с житняком быстро использовать поливную воду в слое 0—80 см, ниже которого она при поливах не опускается, является весьма ценным. Создающийся при этом сухой слой подпочвы мощностью около 1.5 м разобщает капиллярно поднятую воду грунтов от верхних горизонтов почв, увлажняемых поливами. Конечно, констатированные нашими опытами особенности водного режима под травами справедливы не для всякого сочетания числа и норм поливов.

Испарение воды с поля

В табл. 12 приведены сравнительные данные испарения воды с поверхности поля (транспирация+испарение с поверхности почвы) и с водной поверхности. Первые цифры получены в виде разности запасов воды в почве

в два срока определений. Коэффициент корреляции между этими рядами данных невелик и равен 0.5; корреляция же между среднесуточными величинами испарения под травами и с водной поверхности здесь почти отсутствует (0.2). Поэтому нам приходится пока отказаться от идеи использования данных испарения из чанов для приблизительного суждения о величинах суммарного испарения из почвы в целях определения сроков полива культур. Однако не исключена возможность, что при методически правильном расчленении суммарных потерь на испарение из почвы и на собственно транспирацию мы получим определенную закономерность между последней и испарением с водной поверхности.

ТАБЛИЦА 12

Среднесуточное суммарное испарение из слоя почвы 0—100 см на делянках с травами и свеклой в межполивные периоды по сравнению с испарением с водной поверхности (1938 г.)

№ делянки	Период	Испарилось в сутки в м³/га		№ делянки	Период	Испарилось в сутки в м³/га	
		из почвы	из большого чана			из почвы	из большого чана
708, свекла сахарная	5/VII—15/VII	50	97	611, травы	25/VI—5/VII	63	72
	16/VII—21/VII	19	59		10/VII—22/VII	44	80
	26/VII—4/VIII	93.6	73		30/VII—9/VIII	35	61
	10/VIII—24/VIII	51	50		16/VIII—24/VIII	56	34
	7/IX—17/IX	56	62		25/VIII—1/IX	72	70
					10/IX—21/IX	66	57
533, свекла сахарная	5/VII—15/VII	69	97	745, травы	18/IV—28/V	9.8	52
	16/VII—21/VII	9	17		29/V—13/VI	88	66
	26/VII—4/VIII	54	73		26/VI—4/VII	74	70
	14/VIII—24/VIII	36	42		31/VII—8/VIII	61	59
	6/IX—17/IX	3	60		24/VIII—1/IX	49	70
					10/IX—21/IX	37	52

III. ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ, УРОЖАЙНЫЕ ДАННЫЕ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Фенологические данные для пшеницы за 1936—1938 гг.

Фенологические данные 1936 г.

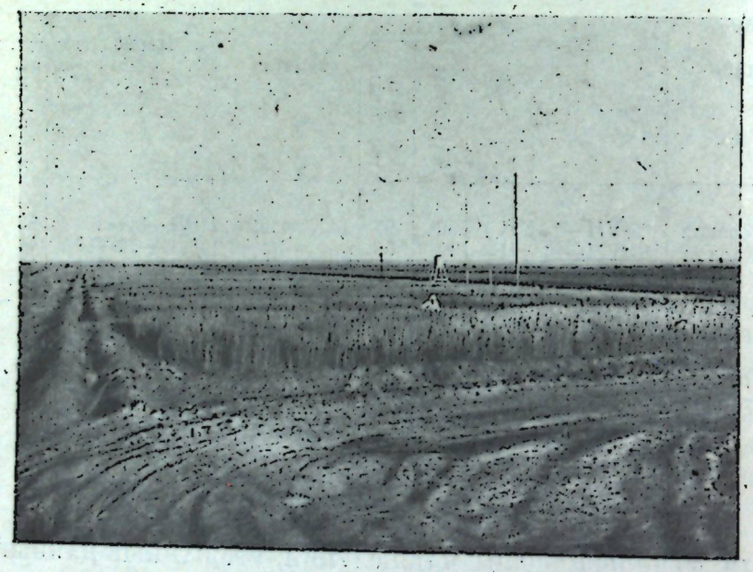
Посев пшеницы Мелянопус № 069 на промытых и непромытых делянках был произведен в 1936 г. 16/V из расчета 140 кг/га.

Всходы на промытом ряду появились 23/V, на непромытом — лишь единичные на пятнах каштановых и темноцветных западинных почв. Массовые всходы на всей площади солонцов в непромытом ряду появились лишь 24/VI; после первого полива 11—18/VI, когда пшеница на промытых делянках достигла уже стадии стеблевания, в которую получила также первый полив (20/VI). Из вышерассмотренных данных по динамике влажности видно, что такой запоздалый полив высохшей почвы уже не мог обеспечить нормального роста пшеницы. Пшеница вскоре засохла, дав в среднем со всех делянок урожай зерна 2—3 ц/га. В промытом же ряду пшеница, получившая два полива — в стеблевание (21/VI) и в конце колошения (5—6/VII), — развивалась нормально по следующим фазам:

Полное кущение	7/VI
Полное стеблевание	19/VI
Выход в трубку	23/VI
Полное колошение	30/VI
Полное цветение	7/VII
Молочная спелость	14—26/VII
Восковая »	28/VII
Полная »	8—10/VIII

Между делянками с различными удобрениями разницы в фазах вегетации не наблюдалось. Но по общему виду выделялась лишь пшеница на гипсованных делянках (чистый гипс без навоза), где она имела светлозеленую окраску листьев, что обычно наблюдается при недостатке азотистого питания. Покрывая ровно всю площадь гипсованных делянок на солонце, пшеница отличалась, однако, меньшей высотой стеблей и меньшей длиной колоса. Эти непосредственные наблюдения в поле подтвердились при биометрической обработке пробных площадок (с каждой делянки 4 квадрата по 0.25 м²). В виду громоздкости этого материала мы его не приводим.

Пшеница на гипсованном солонце выделялась малой высотой кустов, укороченными колосьями и недостаточно полными зернами (вес 1000 зерен



Фиг. 6. Общий вид делянок с пшеницей в 1936 г.
(Фото Р. Э. Кригера)

32 г против 33 и 34 г на делянках унавоженных), но по развитию листьев и кущению она стояла на одном из первых мест. Именно значительное кущение и явилось причиной того, что по урожайности гипсованные делянки в 1936 г. заняли первое место, а по совокупности всех биометрических измерений — второе место после навоза 80 т/га (данные по делянкам на темноцветных почвах мы сейчас исключаем). Следует подчеркнуть, что на гипсованных делянках не наблюдалось появления всходов пятнами, что является характерным для всех немелиорированных делянок. Еще до посева поверхность гипсованных делянок выделялась из всех других почти полным отсутствием крупных комков и глыб, — последние распались на мелкокомковатые и зернистые отдельности, вследствие чего всходы появились дружно и развивались равномерно по всей площади гипсованных делянок.

По всем данным биометрических измерений пшеницы, на мелиорированных солонцах более эффективным в 1936 г. был навоз в дозе 80 т/га, навоз

же в дозе 40 т/га приближается к контрольной неунавоженной делянке 707. На темноцветных почвах хороший урожай создался благодаря относительно большому числу кустов и стеблей на единицу площади.

Относительно опытов с навозом следует подчеркнуть, что весеннее внесение его в норме 40 т/га резко ухудшило водный режим пахотного горизонта. Сырой, от осеннего полива предшествовавшего года, солонец при пахоте давал крупные глыбы, которые быстро высыхали на воздухе и распадались на твердые комки; заделка навоза при норме 40 т/га получилась неудовлетворительная. Однако вдвое бóльшая доза, в 80 т/га, оказалась настолько большой по объему, что сыграла роль мульчи, способствовавшей сохранению влаги в пахотном слое и лучшему развитию всходов растений пшеницы. Общий вид делянок с пшеницей в 1936 г. показан на фиг. 6.

Фенологические данные 1937 г.

Высевались пшеницы Турцикум № 2447 на делянках 707—726 и Мелянопус № 069 на делянках 531—556 и 631—653. Наблюдалось резкое различие в равномерности всходов. В то время как на промывавшихся делянках



Фиг. 7. Общий вид пшеницы Мелянопус № 069 на промывавшихся делянках.
(Фото Р. Э. Кригера)

(№ 701—706) пшеница взошла на шестой день весьма дружно по всей площади делянок, на непромытых делянках всходы ее появились лишь на каштановых и темноцветных пятнах солонцового комплекса. Особенно резко выразилось это положительное влияние осенней влагозарядки позже (фиг. 7).

Несмотря на сильное опоздание (по техническим условиям ремонта водоподъемной установки) первого полива непромытых делянок, после этого полива на солонцовых пятнах появились вторые всходы. При дальнейшем развитии эта поздняя пшеница настолько закрыла все пятна, что издали их трудно было заметить, если бы не отличие в фазах вегетации. Фазы вегетации на промытом ряду (№ 707—726) с пшеницей Турцикум были следующие: появление всходов 25/V; массовые всходы 27/V; после дождей (прошедших

в количестве 107 мм в период с 7/VI по 30/VII) вторые всходы почти не появлялись, так как основная масса их взошла до дождей; полное кущение 16/VI; выход в трубку 28/VI; колошение массовое 5/VII; цветение 8/VII; восковая спелость 31/VII; полная спелость 10/VIII.

В рядах делянок 531—556 и 631—656, не получивших орошения предшествовавшей осенью, фазы вегетации пшеницы были одинаковы с таковыми лишь на пятнах промывавшихся делянок, где всходы взошли одновременно с пшеницей промывавшегося ряда; на остальной же площади наблюдались отставание и пестрота фаз вегетации, например от выхода в трубку до цветения.

Вследствие отставания в созревании пшеницы, развившейся на рядах непромытых делянок из вторых всходов, уборка на всех делянках этих рядов была произведена на 15 дней позже, чем в ряду промывавшихся делянок.

Из особенностей развития пшеницы Турцикум № 2447 в условиях 1937 г. следует отметить засыхание вершин листьев, начиная с периода конца цветения на всех делянках, за исключением № 716—726, относящихся к темноцветным почвам.

Фенологические данные 1938 г.

После твердой пшеницы предшествовавшего года в 1938 г. высевалась мягкая пшеница сорта Саррубра, местной репродукции. При испытании нескольких сортов пшеницы на солонцах стационара в 1937 г. сорт Саррубра



Фиг. 8. Общий вид делянок с пшеницей Саррубра в стадии стеблевания в 1938 г.
(Фото Р. Э. Кригера)

стоял по урожайности зерна на последнем месте. Однако нам пришлось высеять этот сорт, как самый распространенный в колхозах и рекомендуемый Райзо. Общий вид делянки с пшеницей Саррубра представлен на фиг. 8.

Фазы вегетации пшеницы Саррубра в 1938 г. были следующие:

Посев	25/IV
Всходы — начало	1/V
» полные	5/V
Кущение — начало	17/V

Кущение полное	24/V
Выход в трубку	6—9/VI
Колошение	12—15/VI
Цветение	16—19/VI
Спелость молочная	28/VI
» восковая	11—14/VII
» полная	18—20/VII

Норма посева 170 кг при хозяйственной годности 84%; вес 1000 зерен 25 г; следовательно, в переводе на хозяйственную годность норма высева 146 кг/га.

Специальные наблюдения в 1938 г. показали, что при орошении солонцов без их мелиорирования гипсом норма высева пшеницы должна быть увеличена до 250 кг на га (при 100% хозяйственной годности семян).

2. Урожаи пшеницы

Урожай зерна пшеницы Мелянопус по данным учета на солонцовых пятнах в 1936 г. приведен в табл. 13.

ТАБЛИЦА 13

Урожай зерна пшеницы Мелянопус в 1936 г.

Характер опытов	Мелиорации и удобрение	Урожай зерна в ц/га	Повторность опыта	Число поливов
Промытый ряд	Гипс 6 т/га	16.0 ± 0.78	3	2
	Навоз 80 т/га	14.5 ± 1.13	3	
	Навоз 40 т/га	13.7	2	
	Без удобрения	14.45 ± 1.12	4	
Непромывавшийся ряд	По всем удобрениям 2—3 ц/га			2
Почвы темноцветные западинные, с осенней влагозарядкой	Без удобрения	15.4 ± 1.14	6	2

В табл. 14 сведены урожайные данные пшеницы Турцикум за 1937 г.

Как видим, урожайные данные по различным удобрениям получились весьма сниве лированными. Существенная разница имеется лишь между всеми делянками промытого ряда и всеми делянками непромытого ряда. В 1937 г. эта разница уменьшилась благодаря сниве лированности делянок по водному их режиму, вследствие того, что 1937 г. отличался весьма обильными и благоприятными (по срокам их выпадения) осадками. Слабая эффективность удобрений может быть объяснена прежде всего довольно высоким плодородием в условиях орошения целинной степи, впервые распаханной под стационар. В таких условиях самым существенным фактором, определяющим урожай, является оптимальный режим влажности.

Однако и приведенные данные указывают, что наиболее эффективные, в условиях орошения, результаты на солонцах дают гипс 6 т/га + NP и навоз 80 т/га + гипс 6 т/га. Необходимость внесения азотистых удобрений вместе с гипсом стала вполне очевидной в первый же (1936) год посева на стационаре, когда на гипсованных делянках не было никаких азотистых

ТАБЛИЦА 14

Урожай зерна пшеницы мягкой Турцикум в 1937 г.

Характер опытов	Мелиорации и удобрение	Урожай зерна в ц/га	Повторность опыта: делянок	Повторность опыта: учетных проб
Делянки, промытые в 1935 г. с поздней осенней влагозарядкой в 1936 г.	Гипс 6 т/га + NP	24.8 ± 3.0	3	30
	Навоз 80 т/га + гипс 6 т/га	22.3	1	5
	Навоз 80 т/га	20.3 ± 1.0	2	20
	Навоз 40 т/га	20.4 ± 0.75	2	15
	NP	19.6 ± 1.35	4	13
Делянки, непромывавшиеся и не получившие в 1936 г. осенней влагозарядки	Гипс 6 т/га + NP	18.0 ± 4.1	3	21
	Навоз 80 т/га	15.5 ± 1.18	3	30
	NP	13.7 ± 0.8	4	13
	Навоз 40 т/га	13.2 ± 0.37	3	15
	Гипс 12 т/га + NP	12.3 ± 1.75	2	5
	Без удобрения	11.0 ± 1.24	4	30
	Навоз 40 т/га + гипс 12 т/га	10.16 ± 0.26	2	20
	Гипс 8 т/га + NP	9.89 ± 0.63	2	10

Примечание. Контрольных делянок без удобрений в 1937 г. не было. Число поливов везде равно одному.

удобрений. Пшеница на этих делянках, хотя и отличалась дружностью и густотой всходов, но вместе с тем, как уже указывалось выше, она отличалась от всех остальных делянок уменьшенной высотой кустов, укороченными колосьями, уменьшенным весом 1000 зерен и светлозеленой окраской растений, свойственной обычно последним в условиях недостаточного азотистого питания.

По сочетаниям удобрений на делянках без промывок какого-либо достоверного заключения о преимуществе той или иной комбинации сделать

ТАБЛИЦА 15

Влияние местных средств мелиорации солонцов (без промывок) на урожай пшеницы (1937—1938 гг.)

Мелиорации и удобрение		Средний за 2 года урожай в ц/га
Гипс + навоз	Эффективные	18.0
Гипс + запаханная масса проса, гороха	Эффективные	17.0
Гипс чистый	Эффективные	16.9
Зола + солома	Эффективные	16.2
Камыш + зола	Мало эффективные	15.4
Контроль	Мало эффективные	14.9
Мел + навоз	Неэффективные	12.2
Мел + P и чистый мел	Неэффективные	11.2
Зола	Неэффективные	11.3

нельзя; ясно лишь одно, что основной причиной такого слабого различия между ними является недостаточность поливов.

Испытание местных мелиорирующих веществ в 1937 и 1938 гг. на непромывавшихся солонцах дало результаты, приведенные в табл. 15.

Таким образом, наилучшее мелиорирующее действие и в этом случае остается за гипсом в смеси с азотистыми удобрениями. Данные по соломе и камышу не могут считаться убедительными, так как оба эти органические удобрения были внесены весной и в неразложившемся состоянии.

3. Урожай сахарной свеклы

Согласно принятому на стационаре севообороту, ряды промытых и непромывавшихся в 1935 г. делянок, после двухлетней культуры на них твердой и мягкой пшеницы, были заняты в 1938 г. сахарной свеклой. Делянки обоих рядов в октябре предшествовавшего года были политы обычными нормами (около 1200 м³/га) и поэтому к моменту посева (28/IV) были хорошо увлажнены. Однако вследствие посева свеклы под маркер и быстрого высы-



Фиг. 9. Общий вид сахарной свеклы на непромывавшихся делянках в 1938 г. (Фото Р. Э. Кригера)

хания почвы на глубине заделки семян всходы появлялись очень недружно. В виду этого 13/V пришлось произвести полив для ускорения всходов. Несмотря на образовавшуюся сравнительно плотную корку, 23—26/V появились массовые всходы свеклы, после чего развитие ее пошло нормально. Поливы производились в сроки: первый — 13—16/V, второй — 4—6/VI, третий — 21—25/VI, четвертый — 28—30/VI, пятый — 20—22/VII, шестой — 4—10/VIII и седьмой — 29—31/VIII.

Средняя оросительная норма на 17 делянках промытого ряда 6352.7 ± ±219.7 м³/га и на 22 делянках непромытого ряда 5450 ± 167.8 м³/га. Перед посевом внесен суперфосфат в количестве 90 кг P_2O_5 на гектар и монтан-селитра в растворе в два срока — перед посевом и при пятом поливе (в обоих случаях из расчета 45 кг азота на гектар). Общее состояние свеклы на непромывавшихся делянках видно на фиг. 9.

Урожай свеклы учитывался следующим образом. Из всех 27—29 рядов растений на каждой делянке выбирались по почвенной карте только те ряд-

ки, которые располагались внутри контура столбчатого солонца. Измерялась длина рядков и их количество (уборка производилась через ряд). Выкопанная из каждого рядка свекла взвешивалась с ботвой и без нее. Длина рядков, умноженная на число рядков и на 0.5 м (ширина полосы, в центре которой находится рядок свеклы), давала учетную площадь, по которой все данные переводились на гектар. Кроме того, в день уборки измерялась высота листьев на 30 корнях на каждой делянке. Процент сахара определялся в поле рефрактометром в 10 экземплярах корней на каждой делянке. В табл. 16 приведены средние данные для каждого варианта опытов со свеклой.

ТАБЛИЦА 16

Урожай свеклы на мелиорированных солонцах (1938 г.)

Определения	Без промывок				С промывками				Среднее по всем делянкам	
	Навоз 40 т/га	Гипс 6 т/га + NP	NP	Без удобрений	Навоз 40 т/га	Гипс 6 т/га + NP	NP	Без удобрения	С промывками	Без промывок
Вес сырых корней в ц/га	295.7	286.0	299.0	268.3	352.7	361.5	336.8	384.5	359	287
Длина листьев в см	41.1	47.8	47.8	42.5	44.1	54.4	53.4	42.0	48.5	44.9
% сахара	20.73	18.05	19.45	18.67	19.02	16.94	18.08	18.55	18.2	19.2
Количество сахара в ц/га	66.7	60.0	58.1	49.3	67.1	61.24	61.90	61.1	62.9	58.6
Вес сырых листьев в ц/га	212.7	287.0	256.8	196.7	229.3	340	291.2	188	262.0	238.0
Количество корней в шт./га	79 097	82 304	77 347	80 506	75 815	73 362	71 768	94 139	78 771	79 813
Средний вес одного корня в г	375	408	410	336	472	531	541	356	475	382

ТАБЛИЦА 17

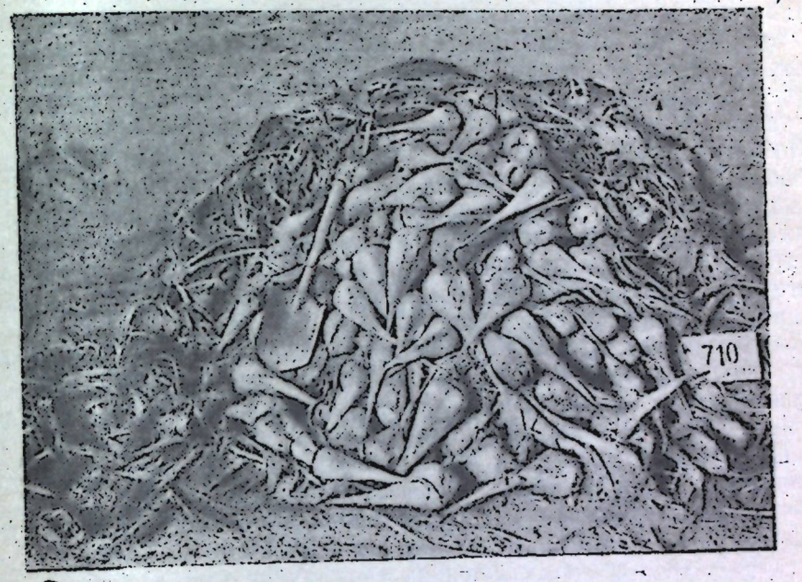
Урожай корней сахарной свеклы в зависимости от удобрений (1938 г.)

Удобрение	С промывкой в 1935 г.		Без промывки	
	число определений	ц/га	ц/га	число определений
NP	37	388 ± 13.0	299 ± 10.1	43
Гипс + NP	21	366 ± 15.3	288 ± 6.7	16
Навоз 40 т/га	27	351 ± 13.5	298 ± 8.2	32
Без удобрений	11	334 ± 16.7	266 ± 12.6	33
Среднее по всем удобрениям	—	366	288	—

На фиг. 10 и 11 показан внешний вид убранной свеклы.

Наибольший средний урожай свеклы получен на делянках, удобренных в 1938 г. PN 388±13.0 ц/га; в числе их на двух делянках получено 407 и 410 ц/га.

По эффективности на урожай свеклы удобрения располагаются в порядке, указанном в табл. 17.



Фиг. 10. Сахарная свекла на столбчатом солонце, удобренном NP. Урожай 407 ц/га.
(Фото Р. Э. Кригера)



Фиг. 11. Сахарная свекла на темноцветной почве без удобрения. Урожай 301 ц/га в 1938 г.
(Фото Р. Э. Кригера)

Следовательно, между группой удобрений на промытых делянках и непромытых имеется существенная разница. Наиболее эффективным в обоих рядах оказалось удобрение NP, внесенное весной и летом (подкормка) 1938 г.

Наибольший процент сахара свекла имеет на солонцах унавоженных (в обоих рядах делянок), наименьший — на удобренных гипсом 6 т/га + +NP; удобренные одним NP и совершенно неудобренные занимают промежуточное положение.

Вес листьев по отношению к весу корней на всех делянках непромытого в 1935 г. ряда значительно больше, чем промытого. Следовательно, на промытых делянках 100 весовых единиц корней соответствуют меньшей массе листьев, чем на непромытых, т. е. ассимиляционная деятельность на промытых делянках шла интенсивнее, чем на непромытых.

Несмотря на равное увлажнение октябрьскими поливами 1937 г. и одинаковое количество поливов в 1938 г., на свекле промывавшегося и непромывавшегося (в 1935 г.) рядов констатируется определенная разница во всех показателях урожая этой культуры в обоих рядах, а именно у свеклы на промывавшихся деляпках выше, чем на непромывавшихся, следующие показатели: урожай корней, общее количество сахара на гектар, вес ботвы, средний вес одного корня и длина листьев.

Уменьшение количества корней в промытом ряду объясняется, повидимому, тем, что ко времени прореживания свекла развилась настолько хорошо, что позволила производить ее прореживание сразу на установленный интервал, т. е. на 20 см. На непромытых делянках плохо развивавшиеся растения побудили оставлять «страховые» экземпляры, которые, конечно, увеличили несколько и общее количество корней.

Все это указывает на то, что промывки 1935 г. ускорили процесс улучшения физических и химических свойств солонцов, и это обстоятельство ежегодно (1936—1938 гг.) отражается на урожаях культур в благоприятном смысле.

4. Урожай трав

Краткие сведения о фенологии трав

Как уже выше излагалось, на участке в севообороте испытывались следующие травы и их смеси: люцерна синяя, люцерна желтая, житняк ширококолосый и житняк узкоколосый.

В литературе имеются указания на закономерное соотношение между массой и высотой растений (Низенков, 1928). Для получения материала по этому вопросу в отношении орошаемых трав мы производили измерения их высоты перед каждым (с небольшими исключениями) укосом в количестве 20—25 промеров на каждой делянке по 4—5 поперечным ходам. Не останавливаясь на специальном анализе соответствующих данных, сделаем лишь следующие заключения по ним:

1) в 1937 г. высота люцерны синей в смеси с житняком узкоколосым на непромытых делянках (№ 601 и далее) с каждым укосом (за исключением последнего, 8/X) увеличивалась по отношению к высоте предшествовавшего укоса, несмотря на уменьшение массы урожая;

2) в 1938 г., несмотря на двукратный полив после первого укоса, высота растений второго укоса была на 16—23 см ниже первого. Третий укос, получивший также два полива, равен по высоте второму;

3) люцерна желтая в смеси с житняком ширококолосым (№ 611—613) перед последним укосом в октябре 1937 г. почти достигает высоты первого июньского укоса;

4) в 1938 г. высота люцерны желтой первого, второго и третьего укосов в смеси с житняком ширококолосым распределяется в процентном отношении (в среднем) следующим образом: 100 : 87 : 82, т. е. люцерна отрастает довольно быстро.

Если сравнить высоту житняка ширококолосого на промытых делянках (№ 731 и далее) в смеси с синей люцерной и житняка узкоколосого в смеси с той же люцерной, но на непромытых делянках (№ 601 и далее), то данные эти ко дню первого укоса будут колебаться в следующих пределах: узкоколосый житняк 23/VI 1937 г. 58.3±0.76 см (среднее для девяти делянок, 180 промеров), ширококолосый житняк 20/VI 1937 г. 66.3±0.97 см.

Та же разница в высоте обоих житняков констатируется и в 1938 г.

Несмотря на это преимущество в высоте, житняк ширококолосый дает урожай меньше узкоколосого, что объясняется значительно большей облиственностью стеблей последнего и широкой формой его листьев.

На основании опытов с двухлетним пользованием житняка в условиях орошения на солонцах, преимущество по урожайности следует отдать узкоколосой его разновидности.

Вопрос о соотношении между люцерной и житняком в травосмесях

Для суждения о том, как изменяется соотношение между люцерной и житняком в травосмесях при посевах люцерны 10 кг/га, житняка 30 кг/га (для синей и желтой люцерны и обоих сортов житняка нормы были одинаковые), производились анализы сена для каждого укоса, а в 1938 г. только при первом укосе. Пробы брались из различных кучек сена на делянках. В виду малой навески средней пробы сена (0.3—0.5 кг) она не могла точно отражать всю делянку, однако полученные данные, представленные в табл. 18, вполне отчетливо позволяют сделать следующее общее заключение. В первый год пользования (1937 г.) только при первом укосе житняк преобладал над люцерной на всех делянках, за исключением некоторых уна-

ТАБЛИЦА 18

Процентное содержание люцерны в смеси ее с житняком (сено)

№ делянки	Удобрения	1937 г. Укосы I 23/VI	II 21/VII	III 23/VIII	IV 10/X.	1938 г. I укос 7/VI	Примечание
601	Навоз 80 т/га	39	95	—	—	96	Люцерна синяя с житняком узкоколосым
608		67	92	98	91	57	
604	Навоз 40 т/га	22	92	96	88	68	
609		69	95	98	91	89	
606	Гипс 6 т/га	42	90	98	93	85	
610		39	95	98	90	74	
731	Гипс 6 т/га	42	93	97	85	72	Люцерна синяя с житняком ширококолосым
739		8	96	91	90	—	
732	Сера 9.4 ц/га	19	92	94	91	70	
737		19	78	60	80	63	
745	Навоз 80 т/га	38	97	95	79	65	
747		65	97	96	83	81	
		23/VI	5/VIII	9/X			
611	Навоз 80 т/га	38	91	76	—	69	Люцерна желтая с житняком ширококолосым
612	Навоз 40 т/га	40	85	91	—	64	
613	Гипс 6 т/га	36	94	80	—	84	

воженных. В последующие два укоса 1937 г. люцерна содержалась в количестве 90—98%, и лишь к четвертому укосу развитие житняка несколько уменьшило содержание люцерны в сене. В 1938 г. в первом укосе, снятом в период колошения житняка, на всех делянках он был подавлен люцерной, вследствие чего анализы сена в последующие укосы не производились. Таким образом, с хозяйственной стороны роль житняка в травосмесях ничтожна, но за ним остается основное его назначение структурообразующего многолетнего злака. Какое преимущество с этой стороны имеет тот или иной сорт житняка, этот вопрос пока нами не изучался. Косвенно он будет освещен будущими данными по развитию и урожайности пшеницы, посеянной по травяным полям.

Урожайные данные трав

Суммируя урожаи за 1937 и 1938 гг. по смесям трав, получим величины сбора сена, приведенные в табл. 19.

ТАБЛИЦА 19

Суммарные урожаи смеси трав за 2 года (1937 и 1938 гг.) (в ц/га)

Удобрения	Люцерна синяя + житняк узкоколосый 8 укосов	Люцерна желтая + житняк ширококолосый 6 укосов	Люцерна синяя + житняк ширококолосый 8 укосов
	Непромытый ряд		Промытый ряд
Навоз 80 т/га	234.7	210.3	229.3
» 40 т/га	206.8	219.6	Нет данных
Гипс 6 т/га	212.5	198.5	184.1
Сера 1 т/га	Нет данных	Нет данных	183.9

Из этой таблицы видно, что: 1) урожаи шести укосов люцерны желтой с житняком ширококолосым сравнялись с урожаями восьми укосов люцерны синей с тем же житняком; 2) житняк узкоколосый в условиях орошения продуктивнее житняка ширококолосого; 3) урожаи сена люцерны синей с житняком узкоколосым за восемь укосов на непромывавшемся ряду превышают урожаи ее за то же количество укосов (но с житняком ширококолосым) в ряду промывавшемся.

Следовательно, многолетние травы, являясь средством биологической мелиорации солонцов, дают возможность осуществлять последнюю без предварительных промывок, ибо и при отсутствии таких промывок травы достигают такого же развития, как и на солонцах промытых. Благоприятное сочетание хозяйственного результата, т. е. высоких урожаев, с мелиорирующим действием многолетних трав, особенно в сочетании с химической мелиорацией, диктует необходимость, может быть, начинать севооборот на мелиорируемых солонцах не с зерновых пластовых культур, а со смесей многолетних трав[1].

[1] Это положение автора не может относиться ко вновь осваиваемым целинным солонцовым землям, каковые в настоящее время преобладают в Заволжье. Подъем любым плугом (кроме фрезы) сильно переплетенного корнями растительности слоя целины глубиною 20—25 см не дает перемешивания горизонтов А и В солонца, и в этих условиях многолетние травы не могут служить эффективным средством биологической мелиорации. Лишь посевом однолетних зерновых культур по поднятому пласту и его обороту с последующей пропашной культурой и затем зерновой с подсевом трав, при надлежащей агротехнике и вспашках в различных направлениях, можно добиться полной минерализации и использования корневой системы целинной растительности, полного перемешивания горизонтов А и В солонца и надлежащей эффективности многолетних трав как средства биологической мелиорации *(Прим. редакции)*.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Солонцы и солонцовые комплексы Заволжья из площади ирригации исключены как почвы, требующие «тяжелых» мелиораций: промывок, гипсования и «жестких поливных норм».

Опыт трехлетней эксплоатации столбчатых солонцов в условиях химической и биологической их мелиорации на Малоузенском солонцовом стационаре позволяет сделать следующие замечания к указанным рекомендациям по «тяжелым мелиорациям» солонцов.

1. Промывки нормами от 4000 до 7000 м³/га, как это видно из других статей настоящего сборника, коренным образом изменяют солевой профиль солонцов, понижают содержание легкорастворимых солей до глубины 2 м, а в сочетании с гипсованием уменьшают количество обменного натрия в поверхностных горизонтах, подвергавшихся непосредственному воздействию гипса, переводя почвы в разряд слабо солонцеватых.

2. Влияние промывок отзывается на повышении урожая пшеницы и свеклы сахарной не только на следующий год после их осуществления, но и в течение 2 последующих лет. Основной причиной различия между промытыми и непромытыми рядами делянок является существенная разница в водном режиме обоих рядов; именно, благодаря сильной влагозарядке при промывках последующие вегетационные поливы поддерживали влажность почвы на уровне, благоприятствовавшем урожаям пшеницы до 25 ц/га и свеклы до 410 ц/га; на делянках же непромытых те же поливные и оросительные нормы вегетационных поливов, естественно, создавали менее благоприятный режим влажности.

3. Однако и одни вегетационные поливы (в сочетании с гипсованием), производившиеся в течение 3 лет, без предварительных промывок, способствовали переходу солонцов в стадию слабо солонцеватых по их верхним горизонтам. Поэтому при осенней влагозарядке в октябре 1937 г. и при четырех вегетационных поливах 1938 г. на столбчатых солонцах был получен урожай пшеницы в 24 ц/га.

4. Отсутствие промывок в ряду делянок, занятых смесью люцерны (синей, желтой) с житняком (узкоколосым, ширококолосым), совершенно не снизило их общего урожая за 2 года.

5. Отрицательной стороной промывок, дававшихся в количестве до 7000 м³/га, явилось промачивание всей толщи грунтов до зеркала грунтовых вод, которые находились до начала промывок на глубине около 8 м. При насыщенности всей толщи профиля почво-грунтов после промывок до предельной полевой влагоемкости всякий избыток воды при поливах шел в дальнейшем на поднятие уровня грунтовых вод. При поливе же затоплением, применявшемся на стационаре, к тому же в условиях неспланированных полей, поливные нормы составили в среднем 1100—1200 м³/га и были для первых стадий вегетации культур на промытых делянках безусловно избыточными.

6. Отрицательное влияние промывок на режим грунтовых вод и возможность получения эффекта мелиорации от высоких урожаев сельскохозяйственных культур на солонцах при осенней влагозарядке обычными поливными нормами приводят к заключению о необходимости замены промывок ежегодными поздними, осенними (октябрь, начало ноября), поливами пашни, вспаханной на-зябь.

7. Обязательным условием при гипсовании солонцов является внесение

азотистых удобрений (минеральных или в виде навоза), при отсутствии которых растения проявляют явные признаки азотистого голодания. Большие перспективы имеет сидерация солонцов в условиях их гипсования. Наилучшей дозой гипса, с точки зрения урожайных данных, явилось 6 т/га, что эквивалентно 60% активного обменного натрия в 50-сантиметровой толще солонцов стационара. Повышение доз в расчете на полное замещение натрия в условиях обычного поливного режима без промывок приводит к некоторым отрицательным результатам по урожаю культур.

8. По показателям урожайности с гипсом конкурирует удобрение навозом в дозе 40 т/га (дозировку в 80 т/га мы исключаем, так как прибавка урожая от нее по сравнению с дозой 40 т/га не может считаться экономически рентабельной).

Осеннее внесение навоза (вместо весеннего, применявшегося на стационаре) и надлежащая агротехника увеличат значение этого полного удобрения; по уменьшению дисперсности солонца навоз, как было указано выше, стоит также на втором месте после гипса.

Однако практически, в условиях сельскохозяйственного производства Заволжья, навоз пока (до полного развертывания травопольных севооборотов, которые создадут условия для роста животноводства) не может применяться в широком размере, так как идет полностью на топливо. Мелиорация солонцов гипсом, с применением удобрения NP [1] и травопольного севооборота, должна быть признана пока наиболее эффективной мерой, проверенной опытом. Однако необходима экспериментальная разработка способов создания благоприятной структуры почв, наличием которой так выгодно отличаются гипсованные солонцы в первый год их мелиорации, иными, чисто агротехническими методами (сидерация, термический орошаемый пар, культивация пахотного слоя и т. д.).

9. Вопреки предположениям некоторых почвоведов о вреде для сельскохозяйственных культур вспашки с выворачиванием столбчатого горизонта, на стационаре вся вспашка производилась на глубину 25 см при мощности горизонтов A+B, равной 23 см.

При этой вспашке урожаи пшеницы, как указано выше, доходили до 25 ц/га и люцерны синей с житняком до 135 ц/га за четыре укоса.

10. Первые же годы работ стационара выявили необходимость постановки исследований чисто агротехнического порядка, так как агротехника, установленная опытными станциями Поволжья для каштановых и черноземных почв в условиях неорошаемого земледелия, не вполне применима к использованию орошаемых солонцов. В первую очередь выдвигаются следующие вопросы:

а) изучение глубины вспашки солонца и постепенное углубление ее для «окультивирования» солонцового и подсолонцового горизонтов;

б) определение оптимальных для мелиорированных солонцов норм высева семян пшеницы (повидимому, возможно увеличение их больше 150 кг/га);

в) установление приемов весенней культиваций солонцов, вспаханных и политых предшествующей осенью;

г) установление сортов сельскохозяйственных культур для орошаемых солонцов (только за счет качества сорта разница в урожаях, при равных условиях возделывания, достигала в наших опытах 8 ц/га);

д) определение соотношения и видов трав в смесях, наилучших не только с хозяйственной стороны, но и с точки зрения биологической мелиорации солонцов;

[1] Сам по себе суперфосфат — $Ca(H_2PO_4)_2$ — вместе с технологической примесью в нем гипса является для солонцов мелиорирующим удобрением. В сочетании же с сульфатом аммония он образует гипс по реакции:

$$Ca(H_2PO_4)_2 + (NH_4)_2\,SO_4 = 2NH_4H_2PO_4 + CaSO_4;$$

е) изучение различных способов гипсования: поверхностного, под плуг, комбинированного, постепенного во времени и т. д.;

ж) изучение сидерирующих культур, в частности для этой цели — люцерны последнего укоса;

з) изучение наиболее доступных, местных мелиорирующих веществ — соломы с золой различного качества (свежей и выщелоченной), в компостированном и некомпостированном состоянии;

и) определение доз навоза, оптимальных не только с точки зрения мелиорирующего их действия, но и с точки зрения экономической и технической возможности вывозки на поля больших доз его;

к) экономическая оценка всех мелиоративных мероприятий на солонцах.

РЕЗЮМЕ

В статье изложены агротехнические условия химической и биологической мелиорации солонцов на Малоузенском солонцовом стационаре (1935—1938 гг.). Приведены урожайные данные на мелиорированных солонцах для пшеницы, сахарной свеклы и многолетних трав, которые показывают, что в условиях орошения эффект мелиорации достигается достаточно быстро: урожаи культур на солонцах достигают тех величин, которые характерны для нормальных каштановых почв.

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс В. Р. Почвоведение. 1936.
Низенков Н. Научно-агрономический журнал, № 12. 1928.
Соловьев В. А. и Саввинов Н. И. Труды Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937.

R. E. KRIGER

FIELD EXPERIMENTS OF SOLONETS RECLAMATION UNDER CONDITIONS OF IRRIGATION AND THEIR RESULTS

Summary

The present paper gives a description of agricultural conditions under which chemical and biological reclamation of solonets soils was carried out at the Little Uzen Experimental Station in the years 1935—1938. Data are given on the yield of wheat, of sugar beet, and of perennial grasses obtained on reclaimed solonets, showing that under conditions of irrigation the effect of the application of fertilizers can be observed after a comparatively short period of time: the yield of crops on solonets reaches the average value obtained on normal chestnut soils.

1940. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXIV

В. Н. ФИЛИППОВА и Н. Г. ФРИДМАН

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЛОНЦОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕЛИОРАЦИИ И ОРОШЕНИЯ

(Результаты опытов 1935—1938 гг. на Малоузенском солонцовом стационаре в Заволжье)

Химические мелиорации солонцов, как известно, рассчитаны на изменение в благоприятную сторону ряда агрономических свойств почвы, в том числе химических. Общее направление этих изменений является в науке более или менее выясненным. Но остаются нерешенными такие кардинальные вопросы, как *скорость* этих изменений в зависимости от количества, качества и способа применения мелиораций и других агротехнических мероприятий, а также *степень агрономической ценности* достигнутых результатов. Без исчерпывающих данных по этим двум вопросам, понятно, трудно составлять обоснованные планы освоения обширных так называемых бросовых территорий с солонцовыми комплексами почв.

Исходя из этих предпосылок, наши химические исследования на Малоузенском солонцовом стационаре имели целью выяснить следующие конкретные вопросы: 1) скорость вытеснения обменного натрия под влиянием различных мелиораций и орошения; 2) скорость и характер изменения солевого состава солонцовых почв под влиянием мелиораций и орошения; 3) влияние мелиораций на питательный режим почв.

I. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыты по мелиорации почв на Малоузенском солонцовом стационаре заложены, как известно из прежних отчетов, на остаточносолончаковатых солонцах типа разрезов 8 и 9, 1935 г., которыми покрыта большая часть опытного участка. Морфологическое и подробное химическое описание этих солонцов приведено в Трудах Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937 г. Опыты проводятся в условиях орошения. Полив производится водой из плеса р. Малый Узень. Динамика изменения химического состава поливной воды по сезонам года и по годам приведена в статье Саввинова и Филипповой «Грунтовые воды речных долин Заволжья и их изменение под влиянием орошения» (см. настоящий сборник).

1. Опыты на малых делянках

Для строгого учета динамики изменения солонцовых свойств почвы были заложены специальные опыты на малых делянках. В этих опытах, кроме гипса, извести, испытываются различные местные средства (карбонатно-сульфатный горизонт, солома, зола) и некоторые органоминеральные туки (гумат аммония, гумофос) в качестве мелиорирующих веществ.

Малые делянки расположены в пределах сравнительно однородной солонцовой площадки, на которой в 1935 г. были проведены массовые хими-

ческие исследования в целях выяснения степени варирования солонцовых свойств почв. Весной 1936 г. площадка была разбита на ряд делянок площадью в 5 м² каждая. Делянки были перекопаны лопатой на глубину 25 см, и перемешан солонцовый горизонт с верхним. После этого почвенная масса пахотного слоя с делянки вынималась на брезент, тщательно перемешивалась с мелиорирующим веществом и вновь переносилась на делянку. Осенью 1936 г. была проведена глубокая перекопка. Весной 1937 г. по всходам на все делянки было внесено удобрение: N 24 кг/га в виде сульфата аммония и P_2O_5 45 кг/га в виде суперфосфата.

Чередование культур на делянках следующее:

1936 г. . . . . просо
1937 » . . . . . пшеница
1938 » . . . . . свекла

Осенью 1937 г. была сделана промывка нормой воды до 7000 м³/га.[1] Спустя 3—4 дня после промывки были взяты почвенные образцы послойно буром до 50 см глубины с двукратной повторностью на каждой делянке. Образцы послойно смешивались вместе, и из смешанного образца брались пробы для химических исследований.

В собранных образцах почв определялся поглощенный Na и подвижные формы питательных веществ.

Опыты имеют двукратную повторность по схеме, приведенной в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

Схема опытов на малых делянках

№ чека	№ делянки	Характер мелиораций
27	5	Контроль
27	24	Контроль
27	1	Навоз 80 т/га
26	29	Навоз 40 т/га
26	21	Навоз 40 т/га и зола 1 т/га
27	10	Солома 4 т/га и зола 1 т/га
27	13	Пахотный слой темноцветной почвы (375 т/га)
27	7	Гумофос НИУИФ 1.1 т/га
27	29	Гумат аммония 1.1 т/га
27	26	Гипс 8 т/га и гумат аммония 1.1 т/га
27	17	Карбонатно-сульфатный слой почвы с глубины 1 м (375 т/га)
27	2	Мел 10 т/га
27	6	Гашеная известь 8 т/га
27	32	Хлористый кальций 10 т/га
26	24	Масса сурчины (375 т/га)
27	11	Речной ил (375 т/га)
21	13	Серная кислота } в 0.1 *N* раствора
21	14	Соляная кислота } (1000 м³/га)
21	15	Азотная кислота }

В табл. 2 и 3 приведена химическая характеристика примененных мелиорирующих веществ.

2. Опыты на монолитах

В виду того, что трудно ожидать полной однородности (воспроизводимости) почв в пределах даже небольшого участка, нами еще в 1935 г. были заложены продолжающиеся по настоящее время опыты на ряде монолитов

[1] Все делянки расположены в пределах четырех чеков одной карты и после промывки поливались совместно в каждом чеке.

ТАБЛИЦА 2

Краткая химическая характеристика примененных мелиорирующих веществ (в %)

Мелиорирующие вещества	C	N	CO_2 карбонатов	K по 0.2 *N* HNO_3-вытяжке	P_2O_5 валовое содержание	P_2O_5 по 0.2 *N* HNO_3-вытяжке
Гумофос	25.27	6.27	Не опр.	0.080	14.81	2.37
Гумат аммония	22.62	6.66	»	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Навоз коровий	21.38	1.58	1.80	»	»	»
Горизонт А темноцветной почвы	4.00	Не опр.	Не опр.	»	»	»
Ил речной	1.09	0.09	4.76	0.019	»	0.048

ТАБЛИЦА 3

Краткая химическая характеристика примененных мелиорирующих веществ (в %)

Мелиорирующие вещества	CO_3 карбонатов	Нерастворимый в 10% HCl остаток	$Ca^{··}$	$Mg^{··}$	$K^{·}$	$CO_3^{··}$	$HCO_3^{·}$	$Cl^{·}$	$SO_4^{··}$	Вид анализа
Гипс	Не опр.	1.30	27.75	Не определялось						10% HCl-вытяжка
Мел	43.60	0.63	39.14	»						То же
$Ca(OH)_2$	Не опр.	16.27	38.73	»						»
Зола низиковая .	3.36	—	—	—	—	—	—	—	—	20% HCl-вытяжка
То же	—	Не опр	0.042	0.017	1.704	0.044	0.120	0.987	1.103	Водная вытяжка
Речной ил . . .	4.76	»	0.046	0.012	0.005	Нет	0.029	0.018	0.306	То же
Сурчина	5.24	»	0.021	0.004	Не опр.	»	0.060	0.003	0.007	»
Карбонатно-сульфатный горизонт солонца	5.04	»	0.110	0.032	»	»	0.036	0.203	0.279	»
То же			Не определялось						3.077	10% HCl-вытяжка

площадью 13×13 см и глубиной 75 см. Монолиты были взяты с той же солонцовой площадки, где заложены вышеописанные опыты на малых делянках. Такие монолиты после битумирования их стенок в лаборатории подвергались экспериментированию для выяснения влияния химических мелиораций на почву [слой почвы 0—18(20) см вынимался в таз, вносилось мелиорирующее вещество, и после тщательного перемешивания с почвой вновь вся масса переносилась в ящик монолита]. Опыт проводился в условиях переменного полива, высушивания и прогревания (при помощи электроосвещения); максимальная температура на поверхности почвы достигала 45°, а на глубине 10 см 29°. Опыты продолжались 3 года. За это время было пропущено воды из расчета 10 000 м³/га. Полив производился дестиллированной водой (за исключением двух монолитов, которые вначале поливались хлорной водой). Для выноса продуктов обмена из сферы реакции в нижней части ящиков монолита были сделаны отверстия, через которые и происходила фильтрация растворов из почвы. После того, как фильтрующийся раствор показал отсутствие реакции на Cl-ион, монолиты были вскрыты с одной стенки ящика, сделано морфологическое описание почвы, взяты

образцы, и вновь все монолиты были забитумированы для продолжения опытов.

В табл. 4 приведена схема опытов на монолитах.

ТАБЛИЦА 4

Схема опытов на монолитах в условиях попеременного полива и высушивания

№ монолита	Характер мелиорации
1	Гипс 15 т/га (одинарная доза по активному Na)
2	Гипс 22.5 т/га (полуторная доза по активному Na)
3	Гипс 30 т/га (двойная » » » Na)
4	Мел 8.5 т/га и сера 2.8 т/га (одинарная доза Ca и S по активному Na)
5	Мел 12.5 т/га и сера 4.2 т/га (полуторная доза)
6	Мел 17 т/га (двойная доза)
7	Мел 17 т/га и органические вещества (гумат аммония + гумофос) 9.8 т/га
8	Чернь[1] 18.5 т/га (одинарная доза Ca по активному Na)
9	Чернь[1] 18.5 т/га и сера 4.2 т/га
10	Хлористый кальций 16 т/га (одинарная доза по активному Na)
11	Органическое вещество (гумат аммония и гумофос) 9.8 т/га
12	Мел 8.5 т/га и полив насыщенной хлорной водой нормой 2500 м³/га
13	Полив насыщенной хлорной водой нормой 1100 м³/га
14	Контроль

3. Опыты на больших делянках

Опыты на больших делянках по мелиорации солонцов, как уже указывалось выше, проводились на остаточносолончаковатых солонцах типа разрезов 8 и 9.

Осенью 1935 г. была проведена вспашка целины на глубину 25 см, после чего вся площадь участка была разбита на делянки по 350 м² каждая, на которых и заложены опыты по химической мелиорации. На поверхность пашни внесен алебастр в количестве 6 и 12 т/га, что соответствует половине и полному эквиваленту активного обменного натрия в слое 0—50 см почвы. После гипсования часть делянок была промыта водой до 4000 м³/га, другая часть оставалась непромытой. Осенью 1936 г. первые делянки вновь были промыты водой до общего их выравнивания по промывным нормам до 7000 м³/га.

Из других мелиорирующих веществ испытывались навоз, внесенный весной 1936 г. на делянку 553 и в 1937 г. на делянку 632, и мел, внесенный в октябре 1936 г.

В 1936 и 1937 гг. один ряд делянок промытых и непромытых был засеян пшеницей, другие делянки были засеяны многолетними травами.

В 1938 г. после двухгодичных опытов с пшеницей была посажена свекла.

Весной 1937 г. перед посевом на все делянки с пшеницей были внесены сульфат аммония и суперфосфат в количествах 90 кг действующего начала на гектар, за исключением унавоженных делянок. Весной 1938 г. внесение NP на тех же делянках под свеклу было повторено (в виде суперфосфата и монтан-селитры).

С 1937 г. был введен обязательный осенний влагозарядочный полив для всех делянок, промытых и непромытых, но его удалось осуществить только

[1] Чернь — отход при заводской обработке рога, тряпок, кожи. Химическую характеристику см. в книге: «Химия цианистых соединений». Перев. с нем., изд. 1932 г.

ТАБЛИЦА 5

Список больших делянок, на которых осуществлялся химический контроль динамики почв

№ делянки	Годы	Дано воды в м³/га к моменту взятия почвенных образцов	Мелиорации и удобрения	Чередование культур
		Промытый ряд		
704	1935	8 520	Контроль	Пшеница
	1936			»
	1937	3 434		
	1938	6 220		Свекла
706	1935	9 200	Алебастр 6 т/га (60% по активному Na)	Пшеница
	1936			»
	1937	2 150		
	1938	6 220		Свекла
702	1935	10 000	Навоз 80 т/га	Пшеница
	1936			»
	1937	4 140		
	1938	6 220		Свекла
744	1935	8 500	Контроль	
	1936			Травы
	1937	2 320		(житняк)
	1938	4 160		
743	1935	8 700	Алебастр 6 т/га (60% по активному Na)	Травы
	1936			(житняк)
	1937	2 200		
	1938	4 160		
		Непромытый ряд		
540	1936	1 330	Контроль	Пшеница
	1937	1 970		»
	1938	5 380		Свекла
552	1936	1 550	Контроль	Пшеница
	1937	1 990		»
	1938	5 380		Свекла
546	1936	2 050	Алебастр 6 т/га (60% по активному Na)	Пшеница
	1937	1 780		»
	1938	5 380		Свекла
553	1936	1 570	Алебастр 12 т/га и навоз 40 т/га	Пшеница
	1937	2 250		»
	1938	5 380		Свекла
632	1936	Не поливн.	Мел 3 т/га и навоз 80 т/га	—
	1937	Около 1 000		Пшеница
	1938	» 2 400		»
607	1936	2 900	Контроль	Травы (житняк с люцерной)
	1937	3 220		
	1938	4 160		
610	1936	2 475	Алебастр 6 т/га (60% по активному Na)	Травы (житняк с люцерной)
	1937	3 200		
	1938	4 160		

в 1937 г., либо 1938 г. был сильно засушливый и в плесе р. Малый Узень нехватило воды для проведения этих осенних влагозарядочных поливов.

Наши опыты, как видно из вышеизложенного, имели два главных фона:

1) изменение количества воды и

2) различие в культурах: злаки и многолетние травы, как элементы одного травопольного севооборота.

В пределах этих фонов менялись количество и качество мелиорирующих веществ. Для химического контроля нами были выбраны основные варианты. Список делянок для них приведен в табл. 5.[1]

Отдельные моменты «жизни» исследуемой солонцовой территории, понятно, можно охарактеризовать отдельными анализами множества одновременно взятых образцов. Но математический анализ полученного материала дает право характеризовать ту же территорию и данными анализа средних образцов. При этом, согласно данным исследований 1935 г., средний образец из 20 проб в нашем случае обеспечивает возможность с точностью до 13% охарактеризовать солонцеватость (по обменному Na) и с точностью до 10% солевой состав (за исключением $CaSO_4$) солонцовой территории размером до 400 м². Исходя из этой предпосылки, в методике контроля за составом поглощенных оснований и солевым составом, а также за динамикой питательных веществ на больших делянках мы соблюдали это требование: периодически с солонцовой части подконтрольной (большой) делянки буром извлекали для каждого горизонта по 20 образцов, и средние из них, полученные смешиванием по весу или объему, шли на соответствующие анализы. За период времени с 1936 по 1938 г. включительно выемка образцов произведена четыре раза (в 1936 г. два раза — в июле и октябре, в 1937 и 1938 гг. в сентябре) до глубины 2 м. Для решения специального вопроса о глубине выноса солей в июне 1938 г. произведены глубокое бурение и выемка образцов до уровня грунтовых вод. Во всех собранных образцах определены водорастворимые вещества обычными аналитическими методами.

Кроме того, в осенних образцах 1936 и 1938 гг. произведено определение состава обменных катионов до глубины 50 см и определено содержание подвижных форм питательных веществ.

Что касается исследования динамики солей и обменных оснований в отдельном генетическом профиле солонца, то таковое осуществилось на солонце 9 (малые делянки) по правилам генетического почвоведения: выемка образцов из двух скважин, отстоявших друг от друга не более 50 см, т. е. как бы с двух стенок одной почвенной ямы, и анализ среднего образца из двух проб.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Изменение солонцеватости почв в условиях мелиораций и орошения

а) Опыты на малых делянках

Обзор цифрового материала мы начнем с рассмотрения изменения солонцеватости почв на малых делянках.

Для сравнения полученных результатов приводим состав обменных катионов первоначального солонца по разрезам 8 и 9 (табл. 6). Разрез 9, как уже говорилось выше, расположен на территории солонцовой площадки, на которой заложены опыты на малых делянках.

Через два вегетационных периода были взяты почвенные образцы с малых делянок. В этих образцах определено содержание обменного Na.

Табл. 7 и фиг. 1 иллюстрируют изменение количества обменного Na в условиях опытов на малых делянках.

[1] На этих же делянках в основном велись исследования по динамике физических и биохимических свойств почвы.

ТАБЛИЦА 6

Состав обменных катионов в исходных разрезах столбчатого солонца

№ разреза	Глубина в см	В м-экв. на 100 г почвы				В % от суммы			Активный $Na^{\cdot}$ в м-экв.	Потребность $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ при одинарной дозе на промежуточный слой в т/га
		$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}$	Сумма	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}$		
9	0—8	10.81	4.74	0.56	16.11	67.1	29.4	3.5	—	—
	12—23	14.64	18.80	6.67	40.11	36.5	46.8	16.7	4.68	90.6
	29—39	—	—	2.70	30.85	—	—	8.8	1.17	40.2
	45—59	—	—	2.08	27.87	—	—	7.2	0.63	8.9
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	139.7
8	0—10	11.40	4.74	0.76	16.90	67.4	28.0	4.6	—	—
	15—23	15.64	15.68	7.49	38.81	40.3	40.4	19.3	5.56	107.6
	35—44	—	—	5.87	36.23	—	—	16.2	4.06	131.1
	50—60	—	—	1.05	36.23	—	—	2.6	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	238.6

Результаты опытов показывают, что количество обменного Na в солонце при одной тщательной глубокой обработке и при достаточном количестве поданной воды сильно изменяется. Так, сравнивая содержание обменного Na в солонце контрольной делянки с количеством обменного Na в исходных образцах солонца разреза 9 до закладки опыта, видим, что в пахотном горизонте 0—20 см контрольной делянки содержание обменного Na снизилось примерно наполовину и увеличилось в нижележащих горизонтах.

Такое изменение в количестве поглощенного Na можно объяснить отчасти тем, что эти делянки неоднократно перекапывались на глубину 25 см, отчего произошло перераспределение почвенной массы на этой глубине. Кроме того, под влиянием промывки и орошения Na частично вымылся в нижележащие горизонты.

Из примененных нами мелиорирующих веществ в течение двухгодичных опытов некоторые показали положительное действие на снижение степени солонцеватости почвы.

На первом месте по эффективности, как и следовало ожидать, стоят карбонатно-сульфатный горизонт почвы и гипс в сочетании с гуматом аммония. Почва под влиянием этих мелиорирующих веществ рассолонцевалась до глубины 50 см почти полностью: процент вытесненного Na от общего его количества равняется 65.

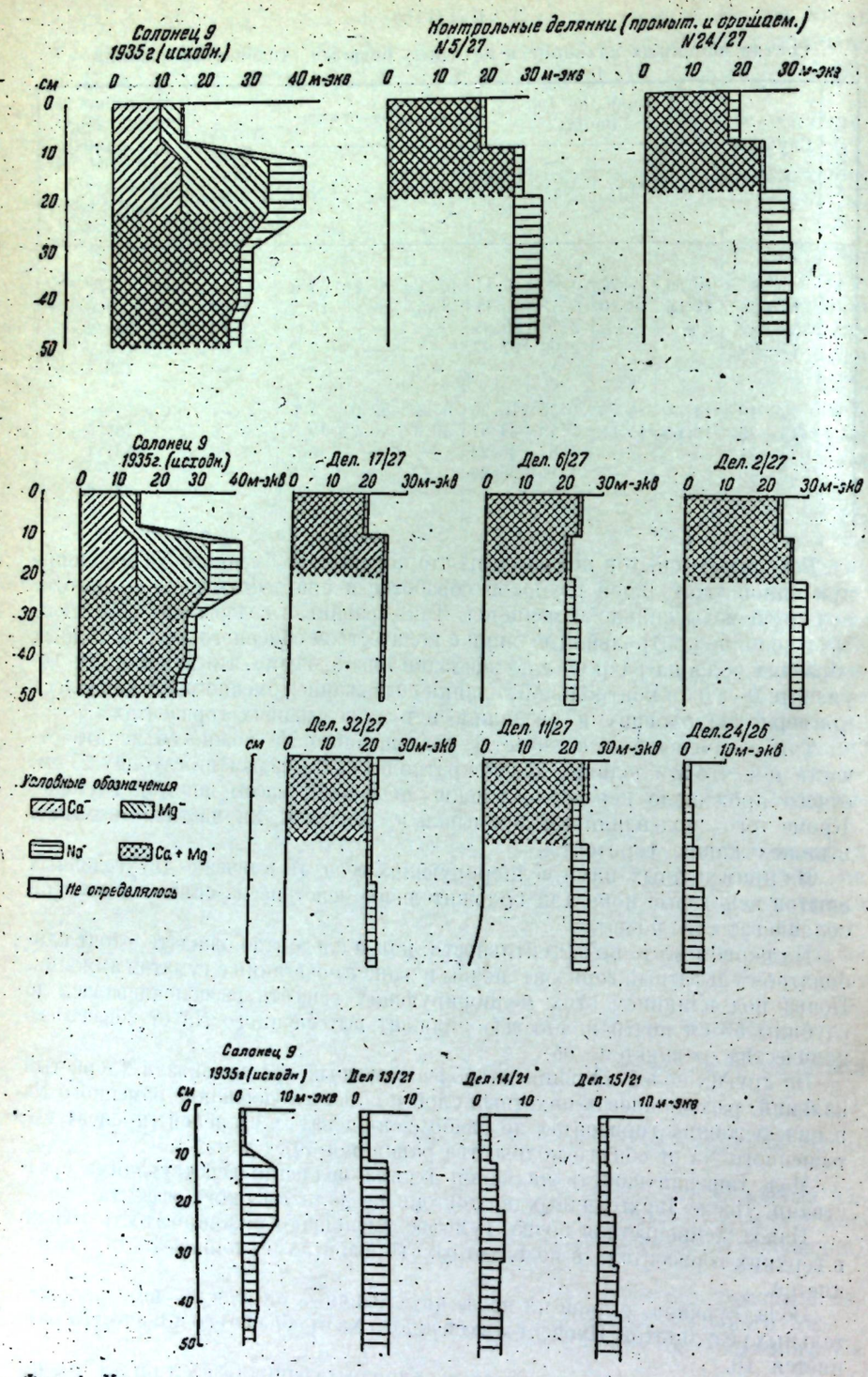
Из других солей кальция наиболее заметный эффект оказал хлористый кальций, рассолонцевав пахотный слой и снизив содержание обменного Na в нижележащих горизонтах до слабо солонцеватых степеней (процент вытесненного Na от общего количества равняется 50).

Мел, гашеная известь являются весьма медленно действующими средствами. После двухгодичных опытов они не дали высокого эффекта.

Навоз, темноцветная почва, гумофос уменьшают солонцеватость только в верхних горизонтах, в подпахотных горизонтах солонцеватость сохраняется.

Зола, сурчина, речной ил после двухгодичных опытов не дали положительных результатов. Процент вытесненного Na от общего его количества равняется 10.

Действие кислот (серная, азотная, соляная) ограничивается также только пахотным горизонтом. При более глубоком внесении их можно ожидать мобилизации Ca из карбонатов самой почвы.



Фиг. 1. Характер распределения обменных катионов в солонцах на малых деляниках.

ТАБЛИЦА 7

Влияние мелиораций, промывок и орошения на количество обменного натрия в солонце (разр. 9, 1935 г.) по опытам на малых деляниках

№ чека	№ делянки	Мелиорации	Глубина в см	Остаток обменного Na в почве		Остаток мелиорирующего вещества в слое 0—40 см		К. п. д. мелиорирующего вещества в %	% вытесненного Na от общего его количества в слое 0—40 см
				в м-экв. на 100 г	в % от емкости	в м-экв.	в т/га		
27	5	Контроль	0—10	1.40	4.7	—	—	—	
			10—20	2.00	6.8	—	—	—	
			20—30	4.42	19.6	—	—	—	4.0
			30—40	4.87	17.4	—	—	—	
			40—50	3.66	14.1	—	—	—	
26	21	Навоз 40 т/га и зола 1 т/га	0—10	1.76	5.9	—	—	—	
			10—20	2.21	7.3	—	—	—	
			20—30	3.93	11.2	—	—	—	5.0
			30—40	4.70	16.8	—	—	—	
			40—50	3.72	14.3	—	—	—	
27	10	Солома 4 т/га и зола 1 т/га	0—10	1.62	—	—	—	—	
			10—20	1.95	—	—	—	—	
			20—30	4.26	—	—	—	—	3.0
			30—40	4.91	—	—	—	—	
			40—50	4.28	—	—	—	—	
27	13	Пахотный слой темноцветной почвы (375 т/га)	0—10	1.30	4.1	—	—	—	
			10—20	2.48	8.3	—	—	—	
			20—30	2.98	8.6	—	—	—	16.0
			30—40	4.38	15.6	—	—	—	
			40—50	3.75	13.7	—	—	—	
27	7	Гумофос НИУИФ 1.1 т/га	0—10	1.20	—	—	—	—	
			10—20	1.60	—	—	—	—	
			20—30	3.89	—	—	—	—	17.0
			30—40	4.32	—	—	—	—	
			40—50	3.46	—	—	—	—	
27	26	Гипс 8 т/га и гумат аммония 1.1 т/га	0—10	1.34	4.2				
			10—20	0.78	2.3				64.3
			20—30	1.24	3.6	0.7	2.9	100	
			30—40	1.28	4.7				
			40—50	2.40	9.2				
			В 1937 г. внесено с суперфосфатом гипса 0.1 т/га						
27	17	Карбонатно-сульфатный слой почвы с глубины 1 м (375 т/га)[1]	0—10	0.92	3.0				
			10—20	0.60	2.0				65.2
			20—30	1.20	3.5	0.6	2.5	49	
			30—40	1.88	6.7				
			40—50	2.02	7.8				
27	2	Мел 10 т/га	0—10	0.81	2.7	—	—		
			10—20	0.64	2.1	—	—		25.6
			20—30	3.93	11.2	—	—		
			30—40	4.46	15.9	—	—		
			40—50	3.94	15.2	—	—		

[1] В 375 т карбонатно-сульфатного слоя почвы содержится гипса 20.6 т.

Продолжение табл. 7

№ чека	№ делянки	Мелиорации	Глубина в см	Остаток обменного Na в почве: в м-экв. на 100 г	Остаток обменного Na в почве: в % от емкости	Остаток мелиорирующего вещества в слое 0—40 см: в м-экв.	Остаток мелиорирующего вещества в слое 0—40 см: в т/га	К. п. д. мелиорирующего вещества в %	% вытесненного Na от общего его количества в слое 0—40 см
27	6	Гашеная известь 8 т/га	0—10	1.10	3.7	—	—	—	
			10—20	1.10	3.7	—	—	—	
			20—30	2.29	6.5	—	—	—	39.0
			30—40	3.61	13.0	—	—	—	
			40—50	4.34	16.7	—	—	—	
27	32	Хлористый кальций 10 т/га	0—10	1.80	6.0	—	—	—	
			10—20	0.90	3.0	—	—	—	
			20—30	1.30	3.8	—	—	—	49.5
			30—40	2.69	9.6	—	—	—	
			40—50	3.14	12.1	—	—	—	
26	24	Масса сурчины (375 т/га) [1]	0—10	1.57	—				
			10—20	2.07	—	0.2	0.8	0.0	10.0
			20—30	3.84	—				
			30—40	4.42	—				
			40—50	4.23	—				
27	11	Речной ил (375 т/га)	0—10	1.07	—	—	—	—	
			10—20	2.23	—	—	—	—	
			20—30	3.71	—	—	—	—	11.0
			30—40	4.80	—	—	—	—	
			40—50	4.88	—	—	—	—	
21	13	Серная кислота в виде 0.1 *N* раствора (1000 м³/га)	0—10	1.56	5.2	—	—	—	
			10—20	1.85	6.1	—	—	—	
			20—30	3.85	11.0	—	—	—	10.0
			30—40	4.60	16.4	—	—	—	
			40—50	4.90	18.9	—	—	—	
21	14	Соляная кислота в виде 0.1 *N* раствора (1000 м³/га)	0—10	1.84	—	—	—	—	
			10—20	3.89	—	—	—	—	
			20—30	5.07	—	—	—	—	0.0
			30—40	4.40	—	—	—	—	
			40—50	4.62	—	—	—	—	
21	15	Азотная кислота в виде 0.1 *N* раствора (1000 м³/га)	0—10	1.83	—	—	—	—	
			10—20	2.88	—	—	—	—	
			20—30	3.31	—	—	—	—	9.0
			30—40	4.04	—	—	—	—	
			40—50	4.19	—	—	—	—	

[1] В 375 т массы сурчины содержится гипса 0.6 т. В 1937 г. внесено с суперфосфатом гипса 0.1 т/га.

По полученным результатам на малых делянках можно сделать следующие выводы:

1. В условиях высокой техники применения мелиорирующих веществ (в нашем случае глубокая перекопка, тщательное перемешивание мелиорирующих веществ с почвой, промывки) весьма высок коэффициент полезного действия гипса и других легкорастворимых солей кальция (коэффициент полезного действия достигает 100%).

2. Из примененных нами местных средств мелиорации солонцов нужно отметить высокий эффект от массы карбонатно-сульфатного горизонта. Количество ее можно было существенно (в два-три раза) снизить. Другие примененные нами средства мелиорации в течение двухлетних опытов не произвели высокого эффекта.

3. При высокой агротехнике применения гипса сравнительно быстро достигается практический эффект рассолонцевания 50-сантиметрового слоя солонца.

б) Опыты на монолитах

В табл. 8 приводятся данные по изменению количества обменного Na в условиях опытов на монолитах.

Из табл. 8 видно, что все примененные нами мелиорирующие вещества дали полный эффект по снижению солонцеватости в пределах исследованного 50-сантиметрового слоя почвы.

Контроль при тщательном перемешивании солонцового горизонта с верхним под влиянием только промывок более, чем на малых делянках, изменил солонцеватые свойства — процент вытесненного Na от общего его количества равняется 47. Сопровождался ли этот эффект явлением осолодения почвы, сведений у нас пока нет.

Наибольший эффект снижения солонцеватости наблюдается в случае применения гипса и мела, последнего в сочетании с серой. Процент вытесненного Na гипсом от общего его количества составляет 65—73.

Дозировка гипса по активной части обменного Na вполне достаточна, что подтверждается данными для монолитов, получивших одинарную (монолит 1) и полуторную (монолит 2) дозу гипса. После 3 лет опытов, когда на промывки каждого монолита израсходовано воды из расчета 10 000 м³/га, гипс полностью еще не использован, осталось мелиорирующего вещества около 3 т/га. Поэтому и коэффициент полезного действия гипса при полуторной дозе значительно ниже, чем при одинарной, так как значительная часть гипса остается в почве, кроме того, в этих условиях часть его имеет возможность вымываться в нижние горизонты почвы.

Применение серы, как мелиоратора, совместно с мелом по эффективности действия на снижение солонцеватости приравнивается к действию гипса. При совместном их внесении в результате окисления серы в серную кислоту и при взаимодействии последней с мелом образуется $CaSO_4$, который и реагирует с поглощенным Na, вытесняя его из поглощенного состояния и переводя в раствор. Процент вытесненного Na от общего его количества в данном случае равняется 81.

Один мел без комбинации с каким-либо другим мелиорирующим веществом, как и в опытах на малых делянках, не дал благоприятных результатов из-за слабой его растворимости. Почва рассолонцевалась на фоне мела не более той степени, которая достигнута одной промывкой. Процент вытесненного Na от общего его количества равняется только 40, т. е. примерно такой же величине, что и на контроле (47%).

Нужно отметить положительное действие одного органического вещества (гумат аммония и гумофос) и особенно органического вещества совместно с мелом. Процент вытесненного Na от общего его количества в последнем случае достигает уже 57. Непонятно, почему хлористый кальций,

ТАБЛИЦА 8

Результаты опытов по мелиорации солонцов на монолитах

№ монолита	Мелиорации	Глубина в см	Остаток обменного Na: в м-экв. на 100 г почвы	Остаток обменного Na: в % от суммы	Остаток мелиорирующего вещества в слое 0—40 см: в м-экв. на 100 г почвы	Остаток мелиорирующего вещества в слое 0—40 см: в т/га	К. п. д. мелиорирующего вещества в %	% вытесненного Na от общего его количества в слое 0—40 см	Примечание
14	Контроль	0—10	1.38	4.9	—	—	—		
		10—22	1.73	6.2	—	—	—	47 (?)	—
		29—39	2.11	6.5	—	—	—		
		45—59	3.05	10.9	—	—	—		
1	Гипс 15 т/га	0—10	0.63	2.2					
		10—20	0.72	2.6	0.6	2.5	80	73	—
		29—39	1.35	4.3					
		45—59	1.83	6.5					
2	Гипс 22.5 т/га	0—15	0.73	2.6					
		19—23	1.13	4.0	0.8	3.2	46	65	—
		29—39	1.66	5.3					
		45—59	2.86	10.2					
4	Мел 8.5 т/га и сера 2.8 т/га	0—10	0.56	2.0					
		15—20	1.12	4.0	0.48 (SO_4)	0.4	73	69	Расчеты произведены по сере
		29—39	1.37	4.4					
		45—59	2.73	9.7					
5	Мел 12.5 т/га и сера 4.2 т/га	0—10	0.57	2.0					
		10—17	0.85	3.4	0.49 (SO_4)	0.4	53	81	То же
		29—39	0.51	1.6					
		45—59	2.36	8.4					
6	Мел 17 т/га	0—12	1.66	5.9					
		17—25	1.50	5.3	96.0	230	2.6	40	В самой почве содержится углекислого кальция 215 т/га
		29—39	2.79	9.0					
		45—59	3.45	12.3					
7	Мел 17.0 т/га и органическое вещество 9.8 т/га	0—12	1.08	3.8					
		17—25	1.07	3.8	68.0	163	6.8	59	То же
		29—39	1.94	6.3					
		45—59	2.90	10.3					
8	Чернь 18.5 т/га	0—15	2.08	7.4	—	—	—		
		18—26	2.51	8.9	—	—	—	27	—
		29—39	2.62	8.4	—	—	—		
		45—59	2.69	9.6	—	—	—		
10	Хлористый кальций 16 т/га	0—12	1.12	4.0	—	—	—		
		13—20	1.29	4.6	—	—	—		
		29—39	2.77	8.9	—	—	—	48	—
		45—59	3.38	12.1	—	—	—		
11	Органическое вещество 9.8 т/га (гумат аммония и гумофос)	0—10	0.57	2.0	—	—	—		
		15—20	0.70	2.5	—	—	—		
		29—39	1.78	5.7	—	—	—	69	—
		45—59	1.88	6.7	—	—	—		
12	Углекислый кальций 8.5 т/га Полив проводился хлорной водой	0—10	0.92	3.3					
		12—20	1.10	3.9					
		29—39	2.20	7.1	88.0	211	—	57	В самой почве содержится углекислого кальция 215 т/га
		45—59	2.67	9.5					
13	Полив проводился хлорной водой	0—8	0.95	3.4	—	—	—		
		8—18	0.99	3.5	—	—	—		
		29—39	1.87	6.0	—	—	—	61	—
		45—59	2.63	9.4	—	—	—		

будучи легкорастворимой солью кальция, не дал более высоких результатов. Процент вытесненного Na от общего его количества составляет только 48, т. е. такой же процент, как и на контроле (монолит). Видимо, здесь дело в быстром вымывании $CaCl_2$ вниз при наших промывочных поливах на монолитах. В полевых условиях на малых делянках его эффект был более значительным (табл. 7).

Применяемая нами чернь, как мелиорирующее вещество, не дала положительного результата. Очень эффективен способ хлорирования. Процент вытесненного Na от общего его количества составляет 61.

Но пользование большими дозами хлорированной воды может привести к некоторому разложению органического вещества и частично к разрушению минеральной составной части почвы, о чем свидетельствуют данные pH, общего гумуса и емкости поглощения в образцах этой почвы (табл. 9).

ТАБЛИЦА 9

Данные о влиянии хлорирования на некоторые свойства почвы (опыты на монолитах)

№ монолита	Характер мелиораций	Глубина в см	pH в H_2O	pH в KCl	% гумуса	Емкость поглощения в м-экв.
14	Контроль	0—10	7.44	6.30	2.53	26.3
		10—22	8.26	6.90	2.08	Не опр.
		29—39	8.43	7.72	0.87	»
		45—59	8.60	7.63	0.51	»
12	Углекислый кальций и полив хлорной водой	0—10	5.20	4.22	2.31	15.3
		12—20	7.50	6.60	2.29	39.1
		29—39	8.36	7.40	1.31	Не опр.
		45—59	8.74	7.52	0.76	»
13	Полив хлорной водой	0—8	6.30	5.26	2.34	19.9
		8—18	6.80	5.72	1.99	34.7
		29—39	8.98	7.66	1.06	Не опр.
		45—59	8.96	7.68	0.63	»

Кроме того, надо иметь в виду еще возможность образования в почве ядовитых для растений высокоокисленных соединений, каковы хлораты, гипохлориты и др.[1] В связи со всем этим вопрос о применении хлора для мелиорации солонцов требует специальной всесторонней проработки.

Как видно из данных табл. 9, в нашем случае полив хлорной водой сильно снижает pH.

Наблюдается некоторое вымывание органического вещества в нижние горизонты почвы.

Сильно уменьшается емкость поглощения в верхнем горизонте (с 26 до 15—20 м-экв.).

Внесение углекислого кальция, казалось бы, должно задерживать разложение минерального вещества хлорной водой, но в нашем случае этого не наблюдается, как как примененных доз мела оказалось недостаточно.

Наконец, был проведен контроль по изменению микроаггрегатного состава мелиорированных (на монолитах) почв (табл. 10).

Одновременно с сильным уменьшением количества обменного Na в солонце дисперсность его при всех мелиорирующих веществах в слое почвы 0—20 (25) см заметно уменьшается. При вскрытии монолитов сделано морфо-

[1] См. А. М. Можейко, Хлорирование как метод борьбы с солонцами Среднего Приднепровья. Зап. Харьк. с.-х. ин-та, т. II, в. 1—2, 1939 г.

ТАБЛИЦА 10

Данные о влиянии различных мелиораций на микроагрегатный состав почвы по содержанию частиц < 1 μ (опыты на монолитах)

Глубина в см	Целина разр. 9	Контроль	Гипс (одинарная доза)	Мел и сера (одинарная доза)	Мел (двойная доза)	Хлористый кальций (одинарная доза)	Полив хлорной водой
	% частиц < 0.001 мм						
0—8 (12)	2.5	4.00	3.80	2.52	3.55	2.80	3.45
8 (10)—18 (20)	16.00	5.80	4.25	—	—	—	4.90
13 (17)—20 (25)	—	—	—	5.70	2.10	4.40	—
29—39	1.17	1.45	0.85	1.30	Не опр.	1.65	1.30

логическое описание почвы. Нужно отметить, что на тех монолитах, где полностью не был захвачен солонцовый горизонт при перемешивании с мелиорирующими веществами, столбчатая структура частично еще сохранилась, хотя почва полностью рассолонцевалась.

Подводя итог результатам опытов на монолитах, можно сказать следующее:

1. При высокой агротехнике применения мелиорирующих веществ взаимодействие последних с почвой в условиях орошения должно происходить весьма быстро.

2. Все испытанные нами мелиорирующие вещества рассолонцевали почву в пределах исследованного нами 50-сантиметрового слоя. В некоторых монолитах солонцеватость сохранилась лишь на глубине ниже 40 см.

3. Первое место по эффективности занимают гипс и сера, последняя совместно с мелом.

4. Нужно отметить большой эффект от полива хлорной водой.

5. Дозировка гипса по активной фракции обменного Na вполне достаточна.

Перейдем к рассмотрению полученных урожаев на малых делянках (табл. 11). Что касается соответствующих материалов для больших делянок, то они рассмотрены в статье Р. Э. Кригера (в настоящем сборнике).

ТАБЛИЦА 11

Урожайные данные на малых делянках (среднее из 2) в ц/га

Характер мелиораций	1936 г., просо		1937 г., пшеница		1938 г., свекла	
	Зерно	Солома	Зерно	Солома	Корни	Ботва
Контроль	16.2	23.9	18.9	28.2	209	472
Карбонатно-сульфатный горизонт почвы	16.3	20.8	16.8	21.9	254	287
Хлористый кальций	14.3	19.8	19.8	27.6	234	314
Мел	19.9	24.7	19.9	28.0	196	212
Гашеная известь	22.8	36.4	21.2	30.0	229	492
Навоз 80 т/га	21.7	33.8	23.9	34.6	—	—
Навоз 40 т/га и зола 1 т/га	20.0	27.7	21.6	29.8	239	535
Гумат аммония	22.1	32.5	19.1	27.0	234	476
Гипс и гумат аммония	23.8	31.7	18.4	27.3	238	466
Темноцветная почва 375 ц/га	23.0	36.3	24.9	32.2	224	243
Солома и зола	14.1	21.9	18.5	27.9	223	534
Речной ил	20.0	33.4	20.7	31.9	194	526
Сурчина	19.6	36.8	17.8	25.2	—	—

Как видно из приведенных в табл. 11 данных, в 1936 г. получен следующий нисходящий порядок мелиорирующих веществ по их влиянию на урожай проса: гипс плюс гумат аммония — темноцветная почва — гашеная известь — гумат аммония—навоз—мел—сурчина—речной ил — сульфатно-карбонатный слой почвы — контроль — хлористый кальций — солома с золой, т. е. гипсование уже в первый год мелиорации (без промывок) повышает урожай проса на 7.6 ц/га.

По урожаю пшеницы (в 1937 г.) цифры на всех вариантах более или менее выровнялись, лишь делянка с навозом и делянка с внесенной темноцветной почвой выделяются повышенными урожаями пшеницы (23.9—24.9 ц/га).

К 1938 г. в результате промывочных поливов осенью 1937 г. мелиорированные делянки еще более снивелировались. Тем не менее влияние мелиорации на урожай свеклы четко выражено. На первом месте стоят делянки, мелиорированные растворимыми солями кальция (гипсово-карбонатный горизонт почвы, хлористый кальций) и навозом.

в) Опыты на больших делянках

Перейдем к рассмотрению результатов опытов на больших делянках.

Изменение степени солонцеватости почв, главным образом по Na, определялось нами два раза:

1) после одногодичных опытов (образцы взяты в 1936 г.) и

2) после трехгодичных опытов (образцы взяты в 1938 г.).

В табл. 12 на фиг. 2—4 приведены данные по изменению состава обменных катионов на больших делянках (при промывках и без предварительных промывок).

Рассмотрим действие мелиорирующих веществ на промытом фоне.

Как видно из данных табл. 12, эффект мелиорации на больших делянках значительно ниже эффекта мелиорации на монолитах и на малых делянках.

Сравнивая контрольную делянку 704 промытую, занятую однолетней культурой (пшеницей) с солонцами до обработки (разр. 9, табл. 6), видим значительное снижение содержания обменного Na в пахотном слое (до 4% от суммы обменных оснований), тогда как в нижележащих горизонтах его количество остается высоким.

На гипсованной делянке 706 при однократном внесении алебастра на поверхность пашни сильно снизилось содержание обменного Na не только против содержания его в основном разрезе 9, но и против контрольной делянки 704. Почва на делянке 706 до глубины 40 см практически приведена в состояние слабо солонцеватой почвы (Na не больше 8% от суммы поглощенных оснований), только в горизонте ниже 40 см количество обменного Na остается весьма высоким (до 17% от суммы).

Внесенное количество алебастра 6 т/га, т. е. 60% по активному Na, оказалось вполне достаточным для практического рассолонцевания почвы в слое 0—40 см.

Внесение навоза на делянке 702 не оказало существенных изменений солонцеватости почвы, с глубины 20 см солонцеватость попрежнему остается высокой.

Перейдем к рассмотрению действия мелиорирующих веществ на непромытом фоне.

Все контрольные делянки (№ 540, 552, 607) на непромытом фоне остаются после трехгодичных опытов мало измененными по сравнению с исходной почвой, только в пахотном горизонте их солонцеватость несколько снизилась, благодаря перемешиванию при пахоте солонцового горизонта с верхним.

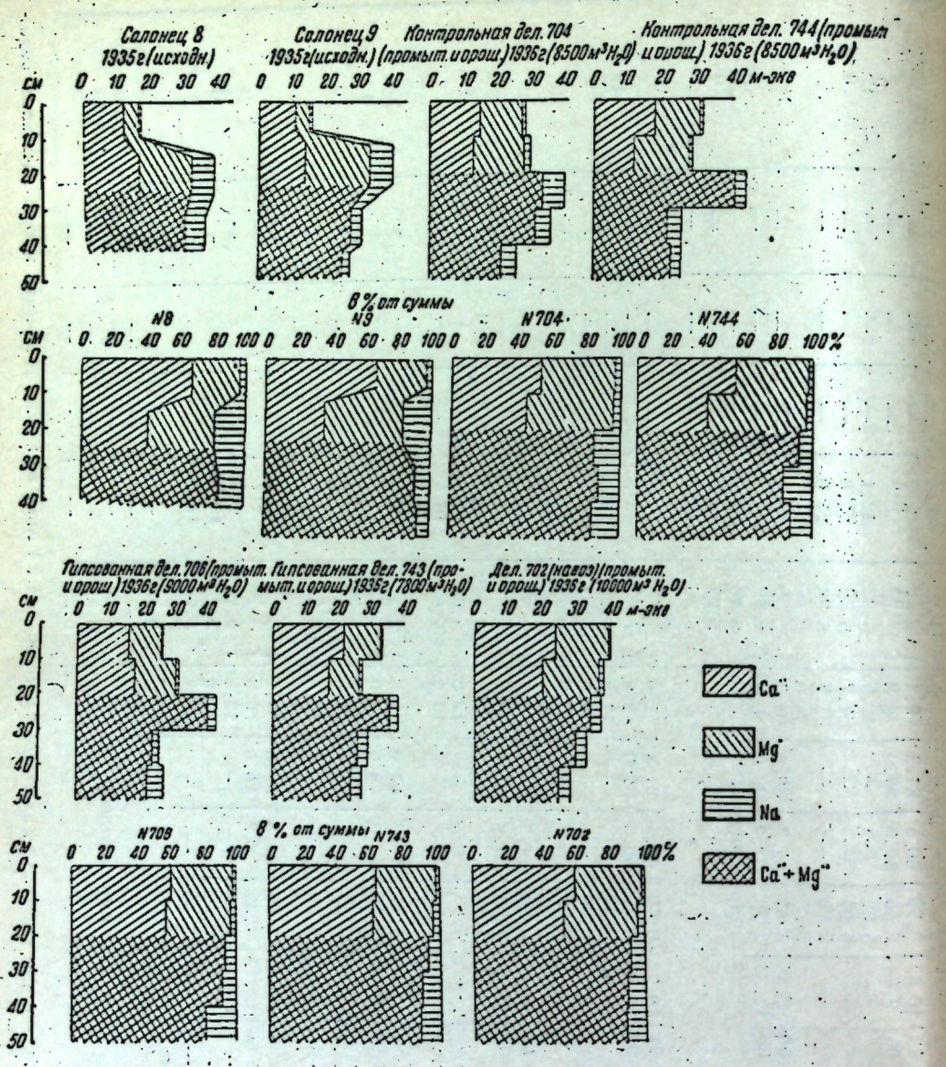
При однократном внесении алебастра и при обычном орошении (два-три полива за вегетационный период) на делянках 546 и 553 в горизонт 0—20 см почва рассолонцевалась до слабо солонцеватых стадий.

ТАБЛИЦА 12

Данные об изменении состава обменных катионов в почвах больших делянок

№ делянок	Характер опыта	Глубина в см	Состав обменных катионов в 1936 г. в м-экв. на 100 г почвы: Ca··	Mg··	Na·	Состав обменных катионов в 1936 г. в % от суммы: Ca··	Mg··	Na·	Обменный Na в 1938 г.: в м-экв. на 100 г почвы	в % от суммы	Остаток мелиорирующего вещества в 1938 г. в слое 0—40 см: в м-экв. на 100 г почвы	в т/га	К. п. д. мелиорирующего вещества в % к 1938 г.	% вытесненного натрия от общего его количества в слое 0—30 см / 0—40 см к 1938 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ряд промытых делянок														
704	Контроль	0—10	14.60	12.30	1.01	52.0	44.5	3.5	2.0	4.0	—	—	—	11 / не вычисл.
		10—20	13.60	15.38	2.01	45.0	51.0	4.0			—	—	—	
		20—30	—	—	6.05	—	—	15.0	4.4	10.9	—	—	—	
		30—40	—	—	4.61	—	—	12.5	Не опр.	—	—	—	—	
		40—50	—	—	4.09	—	—	16.0	4.24	16.5	—	—	—	
706	Алебастр 6 т/га (60% по активному натрию)	0—10	16.15	10.19	0.43	60.5	38.0	1.5	2.0	4.0	0.3	1.2	62	41 / 29
		10—20	18.65	12.50	0.70	58.5	39.0	2.5						
		20—30	—	—	2.86	—	—	6.5	2.26	6.0	—	—	—	
		30—40	—	—	2.05	—	—	8.0	2.74	8.5	—	—	—	
		40—50	—	—	4.81	—	—	18.0	4.20	17.0	—	—	—	
702	Навоз 80 т/га	0—20	Не определялось						2.68	8.0	—	—	—	6 / 0
		20—30							4.13	17.0	—	—	—	
		30—40							4.39	18.0	—	—	—	
		40—50							4.51	18.5	—	—	—	
744	Контроль	0—10	18.25	13.14	1.92	54.8	39.4	5.7	2.56	10.00	—	—	—	13 / 0
		10—20	11.90	16.25	2.73	38.5	52.6	8.9			—	—	—	
		20—30	—	—	3.04	—	—	7.0	3.68	8.4	—	—	—	
		30—40	—	—	4.33	—	—	16.5	4.71	17.7	—	—	—	
		40—50	—	—	3.21	—	—	12.0	4.45	16.5	—	—	—	
743	Алебастр 6 т/га (60% по активному натрию)	0—10	21.19	11.09	2.06	61.7	32.3	6.0	1.98	7.0	0.1	0.4	50	44 / 27
		10—20	15.65	9.15	1.95	58.5	34.2	7.3						
		20—30	—	—	2.44	—	—	6.5	2.06	5.5	—	—	—	
		30—40	—	—	3.33	—	—	11.5	3.23	11.0	—	—	—	
		40—50	—	—	3.96	—	—	14.4	3.13	11.3	—	—	—	
Ряд непромытых делянок														
540	Контроль	0—10	20.45	10.67	2.72	60.4	31.5	8.1	2.54	8.4	—	—	—	0 / 0
		10—20	16.05	9.48	2.45	57.3	33.9	8.8			—	—	—	
		20—30	—	—	5.52	—	—	12.5	5.32	12.1	—	—	—	
		30—40	—	—	6.07	—	—	24.7	5.82	24.0	—	—	—	
		40—50	—	—	7.99	—	—	31.7	6.38	24.0	—	—	—	
552	Контроль	0—10	19.00	8.88	1.67	64.3	30.0	5.7	2.55	8.0	—	—	—	0 / 0
		10—20	16.50	12.33	2.79	52.2	39.0	8.8			—	—	—	
		20—30	Не определялось						5.16	12.3	—	—	—	
		30—40	»		»				5.27	19.0	—	—	—	
		40—50	»		»				6.56	19.7	—	—	—	
546	Алебастр 6 т/га[1] (60% по активному натрию)	0—10	22.75	10.72	0.60	66.5	31.5	2.0	1.10	4.0	—	—	—	19 / 0
		10—20	17.95	11.00	0.72	60.5	37.0	2.5			—	—	—	
		20—30	—	—	5.34	—	—	11.8	4.74	10.5	—	—	—	
		30—40	—	—	6.00	—	—	19.0	5.52	17.5	—	—	—	
		40—50	—	—	6.00	—	—	19.0	5.49	17.5	—	—	—	
	Алебастр 12 т/га[1] (120% по активному натрию)	0—10	19.70	7.25	0.56	71.5	26.4	2.1	1.03	3.5	—	—	—	36 / 13
		10—20	17.15	11.25	3.30	54.0	35.4	10.6			—	—	—	
		20—30	—	—	4.85	—	—	10.8	3.56	7.9	0.5	2.0	13	
		30—40	—	—	4.65	—	—	17.2	4.03	14.9	—	—	—	
		40—50	—	—	4.78	—	—	16.4	4.85	16.4	—	—	—	
607	Контроль	0—10	12.80	13.00	1.91	46.2	47.0	6.8	2.20	7.0	—	—	—	10 / 0
		10—20	11.95	12.99	2.20	44.0	48.0	8.0			—	—	—	
		20—30	—	—	3.95	—	—	10.5	4.30	10.7	—	—	—	
		30—40	—	—	5.96	—	—	17.5	5.94	17.5	—	—	—	
		40—50	—	—	5.38	—	—	16.5	5.35	16.5	—	—	—	
610	Алебастр 6 т/га[1] (60% по активному натрию)	0—10	18.35	12.25	1.39	57.5	38.3	4.2	1.03	3.5	—	—	—	24 / 0
		10—20	12.60	12.17	1.39	48.2	46.5	5.3			—	—	—	
		20—30	—	—	5.82	—	—	12.4	4.42	9.4	0.3	1.2	—	
		30—40	—	—	5.82	—	—	17.9	5.23	16.2	—	—	—	
		40—50	—	—	5.34	—	—	17.4	5.98	19.3	—	—	—	
632	Известь 3 т/га и навоз 80 т/га	0—10	Не определялось						2.60	—	—	—	—	0 / 0
		10—20							—	—	—	—	—	
		20—30							6.25	—	—	—	—	
		30—40							6.82	—	—	—	—	
		40—50							6.28	—	—	—	—	

[1] 6 т алебастра на гектар соответствует 7.6 гипса на гектар. 12 т алебастра на гектар — 15.2 т гипса на гектар. К моменту взятия почвенных образцов в 1938 г. внесено с суперфосфатом гипса 0.4 т/га.



Фиг. 2. Изменение состава обменных катионов в почвах больших делянок (ряд промытых делянок) к 1936 г.

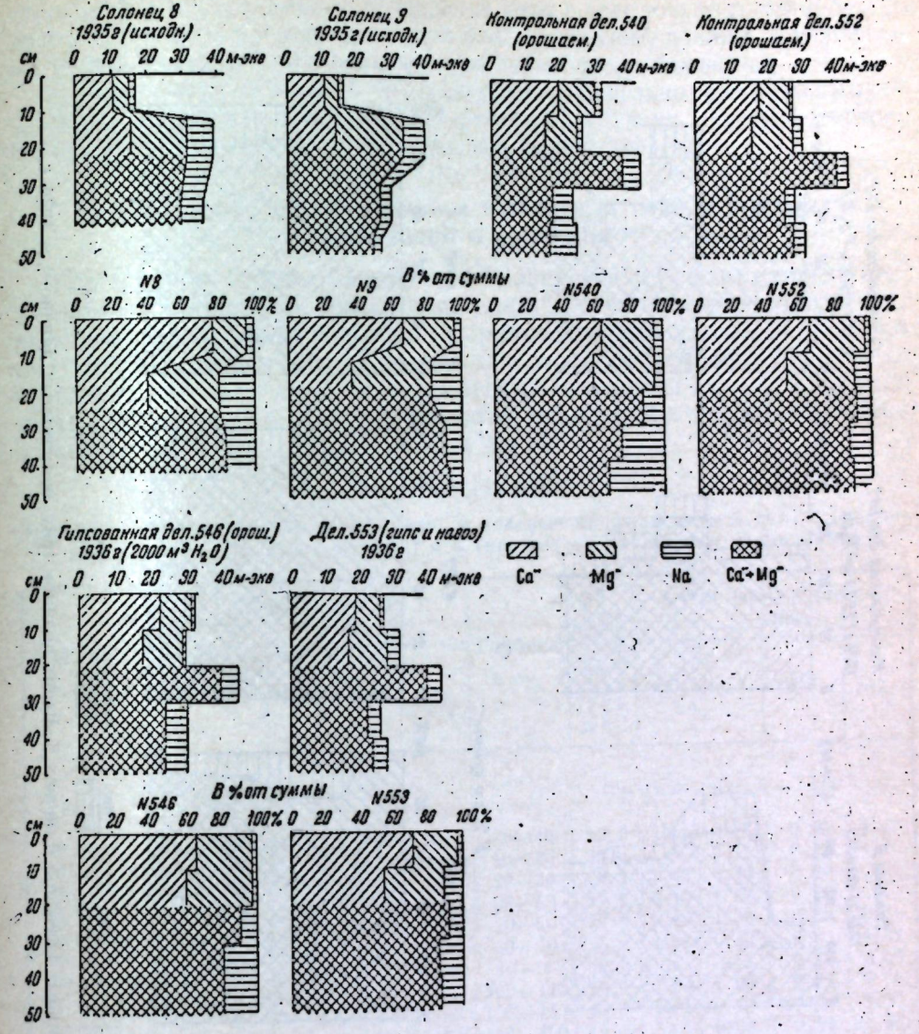
Через 3 года взаимодействия алебастра с почвой на делянке 553 при полной дозе алебастр прореагировал с почвой неполностью.

На делянке 632 (мел и навоз) после 3 лет опыта солонцеватость с глубины 20 см попрежнему остается высокой.

Нами рассмотрены опыты на промытом и непромытом фонах на больших делянках, в первые 2 года занятых пшеницей, в последний год культурой свеклы.

Мы получили аналогичные результаты и на делянках с многолетними травами. Поэтому на этих опытах подробно останавливаться не будем.

Из работы Е. И. Кочериной о физических свойствах почв (помещенной в этом же сборнике) видно, что наибольшее изменение в сторону уменьшения дисперсности произошло на гипсованных промытых делянках, что вполне согласуется с полученными нами результатами снижения количества поглощенного Na на этих делянках.



Фиг. 3. Изменение состава обменных катионов в почвах больших делянок (ряд непромытых делянок) к 1936 г.

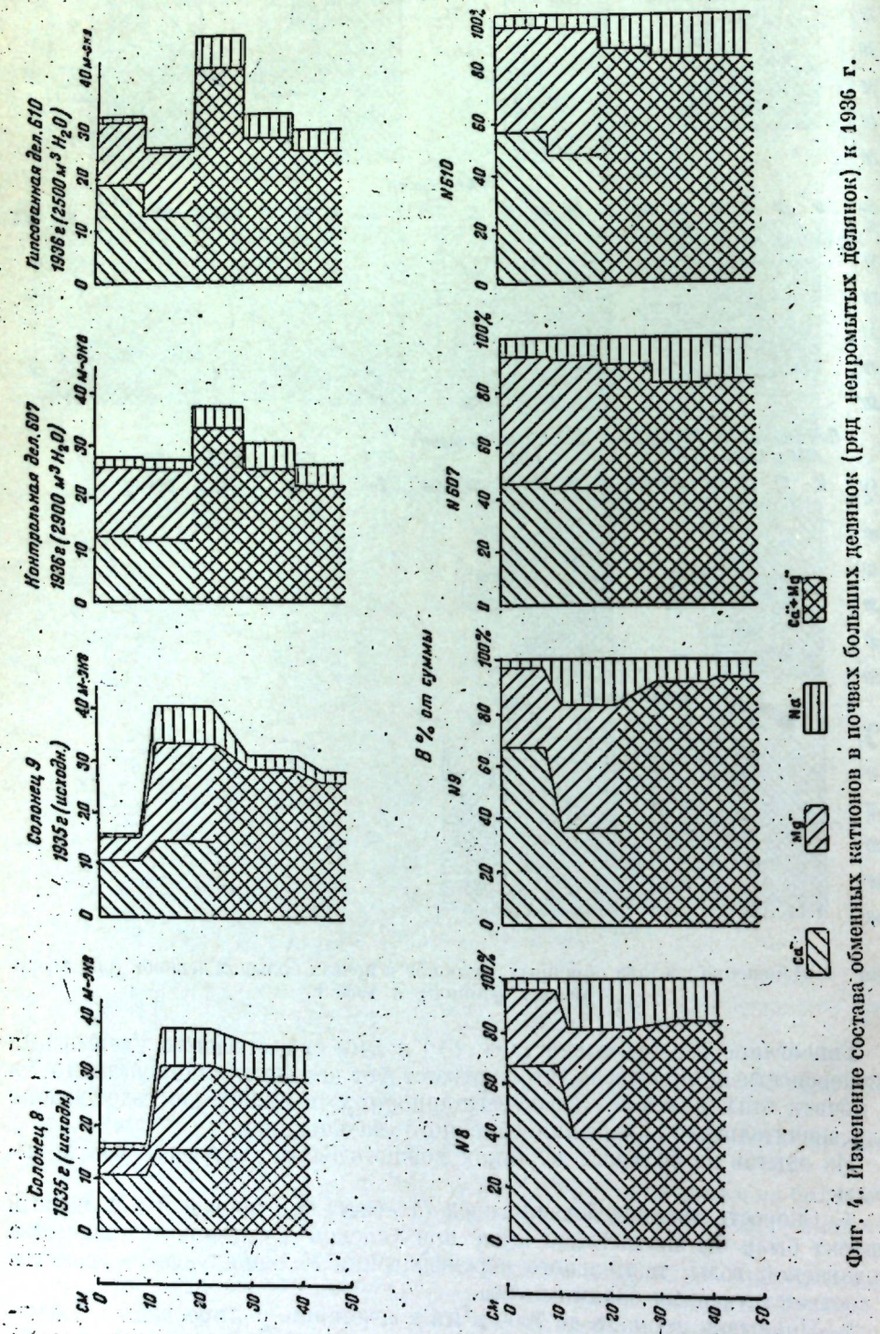
Гипсование без промывки (дел. 610 и 546) существенного умеьшения дисперсности не произвело, что соответствует количеству поглощенного Na в почвах этих делянок. Здесь вегетационных поливов было недостаточно для значительного замещения обменного Na кальцием.

Из опытов на больших делянках можно сделать следующие общие выводы:

1. Скорость взаимодействия гипса (алебастра) с почвой и полученный эффект были бы значительно выше при условии достаточного количества подаваемой воды, тщательного перемешивания мелиорирующего вещества с соответствующими слоями почвы.

2. Промывки нормами до 7000 м³/га в сочетании с гипсованием уменьшают содержание обменного Na и тем самым переводят почву в разряд слабо солонцеватых.

3. Отсутствие ожидаемого положительного действия гипса при внесении его в количестве 12 т/га (что соответствует 120% по количеству активного



Фиг. 4. Изменение состава обменных катионов в почвах больших делянок (ряд непромытых делянок) к 1936 г.

Na) объясняется недостатком подаваемой воды в виде только вегетационных поливов. Здесь необходимо проводить влагозарядочные поливы. В условиях же малых доз воды такие большие дозы гипса лежат балластом.

4. Содержание обменного Na остается еще довольно значительным на делянках по непромытому фону. В некоторых случаях, вероятно, потребуется внести некоторое дополнительное количество гипса.

2. Изменение солевого состава солонцовых почв в условиях мелиораций и орошения

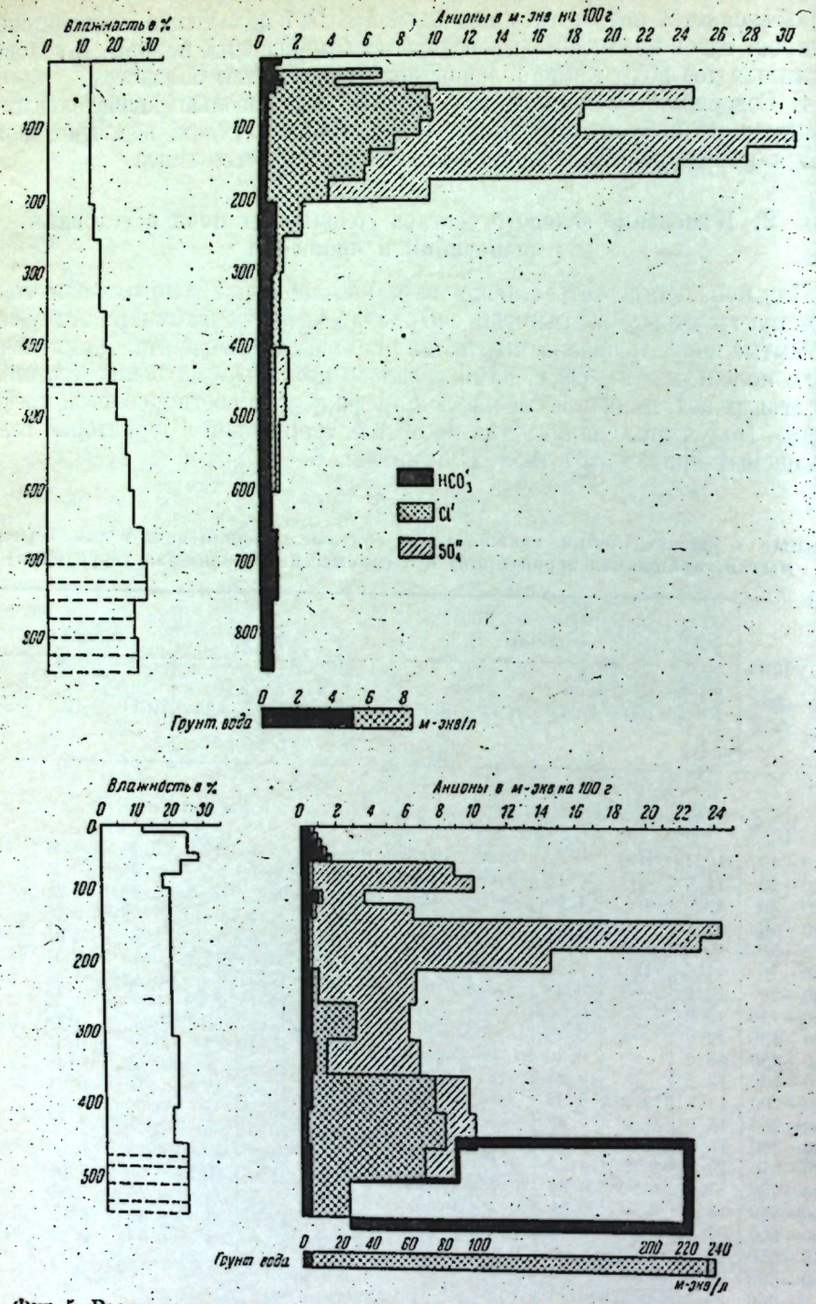
Как показано в статье Саввинова и Филипповой, в условиях нашего стационара грунтовые воды имеют очень слабый отток, благодаря этому соли, промытые вниз, должны оставаться в пределах почво-грунта. Для проверки этого положения в 1938 г. нами делалось несколько глубоких бурений до грунтовых вод, причем исследовался профиль влажности и солевой профиль почвы. Полученные данные для промытых территорий и территорий только орошаемых приведены в табл. 13 и на фиг. 5.

ТАБЛИЦА 13

Данные о распределении влажности и солевые профили почв в скв. 3 (непромытая, орошаемая территория) и 5 (промытая, орошаемая территория)

Глубина в см	Полевая влажность в % на сухую почву	В м-экв. на 100 г почвы				Глубина в см	Полевая влажность в % на сухую почву	В м-экв. на 100 г почвы			
		CO''	HCO'_3	Cl'	SO''_4			CO''_3	HCO'_3	Cl'	SO''_4
Скважина 3						Скважина 5					
0—10	10.1	Нет	0.89	0.20	Нет	0—10	12.0	Нет	0.75	0.10	Нет
10—20	11.4	»	0.72	0.06	Следы	10—20	25.0	»	0.75	0.12	»
20—30	12.6	0.03	1.00	0.59	»	20—30	25.2	0.05	0.85	0.20	»
30—40	14.2	0.05	1.20	3.13	0.10	30—40	24.5	0.10	1.38	0.06	»
40—50	15.7	0.05	0.64	7.72	1.94	40—50	28.0	0.12	1.50	0.13	0.10
60—70	14.7	Нет	0.26	9.48	15.10	60—70	23.0	Нет	0.43	0.15	8.32
80—90	13.6	»	0.33	9.65	8.60	80—90	18.3	»	0.43	0.18	9.55
100—110	13.6	»	0.33	8.83	9.36	100—110	19.1	0.08	1.00	0.22	2.50
120—130	12.9	»	0.25	7.50	22.85	120—130	18.8	Нет	0.65	0.18	5.76
140—150	13.2	»	0.26	6.09	21.55	140—150	19.2	»	0.38	0.16	23.85
160—170	13.5	»	0.25	5.84	17.90	160—170	19.6	»	0.42	0.16	22.58
190—200	13.8	Следы	0.36	3.62	5.82	190—200	19.4	»	0.43	0.18	13.95
240—250	14.0	0.10	0.89	1.55	0.46	240—250	19.5	»	0.73	0.21	5.74
290—300	15.5	0.10	1.03	0.20	Нет	290—300	20.0	»	0.73	2.50	3.08
340—350	15.7	0.08	0.92	0.17	»	340—350	21.2	0.05	0.73	0.59	5.55
390—400	17.6	0.05	0.84	0.28	Следы	390—400	21.0	Нет	0.58	7.08	2.19
440—450	18.5	0.03	0.64	0.28	0.83	440—450	20.3	»	0.45	7.99	1.89
490—500	21.4	0.03	0.64	0.23	0.60	490—500	23.5	»	0.45	6.69	1.93
540—550	23.7	0.03	0.69	0.17	0.25	540—550	24.0	»	0.48	2.28	Нет
590—600	24.6	0.03	0.62	0.23	0.25	Грунтовая вода с глубины 470 см		В м-экв./л			
640—650	25.4	Следы	0.71	1.11	Нет			Нет	2.90	232.75	5.65
690—700	29.0	0.03	0.74	0.08	»						
740—750	29.8	0.05	0.81	0.06	»						
790—800	26.1	0.01	0.69	0.11	»						
840—850	26.8	0.03	0.64	0.17	Следы						
Грунтовая вода с глубины 700 см		В м-экв./л									
		Следы	5.20	3.33	—						

Профиль влажности орошаемого, но не промывшегося солонца показывает, что одно орошение не вызывает заметных изменений в глубине залега-



Фиг. 5. Распределение влажности и солей в почво-грунтах стационара в 1938 г. (Скв. 3 и 5)

ния капиллярно смоченной толщи почвы. Это видно из сравнения профилей влажности неорошаемого (см. данные 1935 г.) и орошаемого солонцов. В обоих случаях средняя глубина залегания капиллярно смоченного горизонта почвы фиксируется ниже 4.5 м от поверхности. Не имея прямых данных, характеризующих изменение стояния зеркала грунтовых вод для скв. 3, все же можем, на основании наблюдений над близлежащими и топографически сравнимыми смотровыми колодцами, ожидать здесь подъема грунтовых вод приблизительно на 1 м. Такой подъем грунтовых вод (по сравнению с их стоянием в 1935 г.), благодаря плохой водопроницаемости почвенно-грунтовой толщи солонцов, весьма слабо отражается на изменении мощности горизонта с подтянутой капиллярной влагой. Выше 4.5 м залегает зона капиллярно-пленочного увлажнения, постепенно иссушающаяся кверху. Периодически же даваемые (три-четыре) поливы и осадки вызывают перераспределение влаги лишь в верхней метровой (иногда больше) толще почвы. Таким образом, высота капиллярного подъема воды от уровня грунтовых вод в описываемых почво-грунтах достигает 250—300 см (влажность около 20% и больше).

Сравнивая солевые профили 2 года орошавшегося и неорошавшегося солонцов (см. данные 1935 г.), мы не видим какой-либо существенной разницы между ними. В обоих случаях зона засоления фиксируется на глубине 20—200 см, с солевым максимумом в пределах толщи 50—150 см и с характерным постепенным убыванием книзу хлоридов. Такое поведение солевого профиля орошаемого солонца всецело обязано описанному выше режиму его увлажнения. Активной, в смысле баланса влаги, здесь является, главным образом, верхняя метровая толща почвы, поэтому и возможное перераспределение солей локализуется в этой зоне. Благодаря сравнительно быстрому высыханию верхнего метра солонца, в дальнейшем, очевидно, происходит восстановление прежнего состояния солевого профиля. Ниже, при разборе массового материала, мы установим типичность рассмотренного солевого профиля в условиях пользования малыми, практически недостаточными оросительными нормами.

Совершенно другой режим влажности устанавливается в промытом и орошаемом солонце. Под влиянием произведенных в 1935—1936 гг. промывок (всего около 7000 м³/га) и периодических поливов (три-четыре за вегетационный период) с общим количеством воды около 3000—4000 м³/га произошло значительное поднятие зеркала грунтовой воды (до 470 см от поверхности почвы) и смыкание его через капиллярно увлажненную зону с водой, подаваемой сверху.

Профиль влажности — сверху и до зеркала воды — весьма однороден: в толще почвы 50—450 см она колеблется в узком интервале 20—21%, в верхнем полуметре и нижнем 20-сантиметровом слое, непосредственно смыкающемся с уровнем грунтовой воды, влажность несколько повышена (24—25%).

Естественно, что при таком кардинальном изменении водного режима почвы существенно изменился и ее солевой профиль. Об этом наглядно свидетельствует солевой профиль скв. 5.

Промывки произвели коренное перераспределение воднорастворимых солей в профиле почвы. Соли вымыты вглубь и сконцентрированы в пределах 350—500 см толщи. Такое глубокое промывание солей привело к резкому хлоридному засолению поднявшегося (до 470 см) горизонта грунтовой воды (480 м-экв. солей в литре), которая теперь, в свою очередь, является уже главным источником надвигающегося снизу вверх почвенно-грунтового засоления.

Таким образом, из сравнения профилей влажности и солевых профилей орошаемых солонцов с промывками и без промывок вытекает следующее:

1. Орошение без промывок незначительно изменяет профиль влажности. Перераспределение солей локализуется в полуметровой толще, причем опреснение здесь наблюдается сверху и до глубины 30—50 см (см. подробнее об этом ниже).

2. Промывки ведут к полному хлоридному и значительному сульфатному рассолению верхней 3—5-метровой толщи почвы, сильно повышая тем самым ее агрономическую ценность.

Последняя возрастает еще благодаря тому, что профиль почвы в течение вегетационного периода равномерно и достаточно увлажнен. С другой стороны, сильное поднятие (до 470 см от дневной поверхности) и резкое хлоридное засоление грунтовой воды (до 480 м-экв. солей) вызывают опасения в смысле возможного в будущем засоления верхней толщи почвы.

Основным контрмероприятием здесь должна быть эффективная борьба с фильтрацией воды из каналов для устранения опасности дальнейшего повышения зеркала грунтовых вод.

3. В условиях относительно близкого залегания грунтовых вод (6—10 м) в Заволжье промывки мелиорированных солонцов производить не следует. Осенние поливы нормой воды порядка 1000—1500 м³/га явятся весьма положительным мероприятием по заправке почвы водой, что, как это видно из статьи Р. Э. Кригера, отчасти предопределяет благоприятное развитие растений весной.

Более детальное рассмотрение динамики солевого состава почв начнем с непромытых орошаемых солонцов.

а) Непромытый орошаемый немелиорированный солонец

Контроль изменения солевого состава почвы мы проводили в 1936—1938 гг. анализом образцов в пределах 2-метровой толщи на делянках 540, 552 и 607 (контроль). При этом мы руководствовались наблюдением за режимом влажности орошаемых солонцов. Из данных этих наблюдений вытекает, что поливы в вегетационный период увлажняют в среднем 1—1½-метровую толщу почвы, в пределах которых и следовало ожидать перераспределения солей.

ТАБЛИЦА 14

Состав водорастворимых солей (в м-экв. на 100 г почвы)

Глубина в см	pH	CO_3''	HCO_3'	SO_4''	Cl'	Сумма анионов	Ca''	Остальные катионы по разности	SO_4-гипса без SO_4 водорастворимого
Разрез 9, 1935 г.									
0—7	7.02	Нет	0.34	Нет	Нет	0.34	0.17	0.17	—
10—20	7.24	»	0.82	»	1.98	2.81	0.15	2.66	—
25—30	8.00	»	0.68	1.22	8.01	9.91	0.85	9.06	—
35—42	—	»	0.56	3.17	9.97	13.70	1.71	11.99	—
5 —65	7.98	»	0.41	8.60	11.01	20.02	5.12	14.90	2.20
70—85	8.04	»	0.40	11.65	10.33	22.38	6.75	15.63	3.62
90—105	—	»	0.28	20.36	8.95	29.59	14.21	15.38	45.38
110—125	8.02	»	0.30	19.69	8.35	28.34	13.41	14.93	55.55
130—145	8.00	»	0.33	14.68	8.13	23.14	9.69	13.45	32.09
150—165	—	»	0.34	12.36	7.91	20.61	6.92	13.69	8.25
170—185	—	»	0.44	8.14	7.07	15.65	4.36	11.29	4.85
190—205	—	»	0.46	5.95	6.27	12.68	3.15	9.53	1.75
Разрез 8, 1935 г.									
1—10	Не опр.	Не опр.	0.56	0.42	0.03	1.01	0.25	0.76	Нет
15—20	»	»	0.51	0.63	0.64	1.78	0.40	1.38	»
35—44	»	Следы	0.75	1.85	6.66	9.26	0.50	8.76	0.79
50—60	»	»	0.33	13.32	8.04	21.69	6.65	15.04	8.76
80—95	»	»	0.39	7.06	6.37	13.82	3.20	10.62	5.02
120—135	»	»	0.69	2.37	5.02	8.08	0.45	7.63	5.93
155—165	»	»	0.93	1.08	2.99	5.00	0.20	4.80	4.58

Количество поданной воды с поливами на исследованные делянки к моменту взятия почвенных образцов приведено выше в табл. 5.

Для сравнения с исходным (до орошения) состоянием солевого профиля мы будем пользоваться разрезами 8 и 9, на которых и заложены опыты по мелиорации солонцов (табл. 14).

Анализ цифрового материала позволяет дать следующую картину хода процессов.

Щелочность. Наблюдавшаяся до вспашки и окультуривания резкая разница в общей щелочности (HCO'_3) надсолонцового (А) и солонцового (В) горизонтов (А 0.34, В 0.83 м-экв.) (табл. 14) сгладилась в пахотном слое в первый же год освоения территории и в общем заметно повысилась. Значительно более повысилась щелочность бикарбонатов в карбонатной толще на глубине 20—50 см. Здесь она во многих случаях повысилась более чем в два раза. Это связано, как известно, с удалением солей сильных кислот и сильных оснований из почвенной толщи на указанной глубине (20—50 см), что отчетливо иллюстрируется данными таблиц и фиг. 6 и 7. Сода, однако, здесь не появляется.

Хлориды и сульфаты. Мы уже кратко останавливались на вопросе о миграции солей в условиях орошения без промывок (скв. 3). Приводимые здесь новые материалы подтверждают и детализируют высказанный выше в общем виде вывод. Солевой профиль солонца, зафиксированный нами в первый год орошения, в начале июля 1936 г. (дел. 540 и 607) после одного полива иллюстрирует еще слабый транспорт солей, захвативший не больше верхней 30-сантиметровой толщи почвы. Количество хлоридов и сульфатов здесь заметно уменьшилось. С большой отчетливостью выявляется направление солевого режима почвы после 2 лет орошения (сентябрь 1937 г.). Очевидна зависимость этого процесса от заданных оросительных норм. Делянки 540 и 552 получили воды за 2 года орошения соответственно 2230 и 2740 м³/га. Делянка же 607 получила за то же время 6120 м³/га. Из обзора солевых профилей указанных делянок видно, что глубина опреснения почвенной толщи зависит от заданного количества воды.

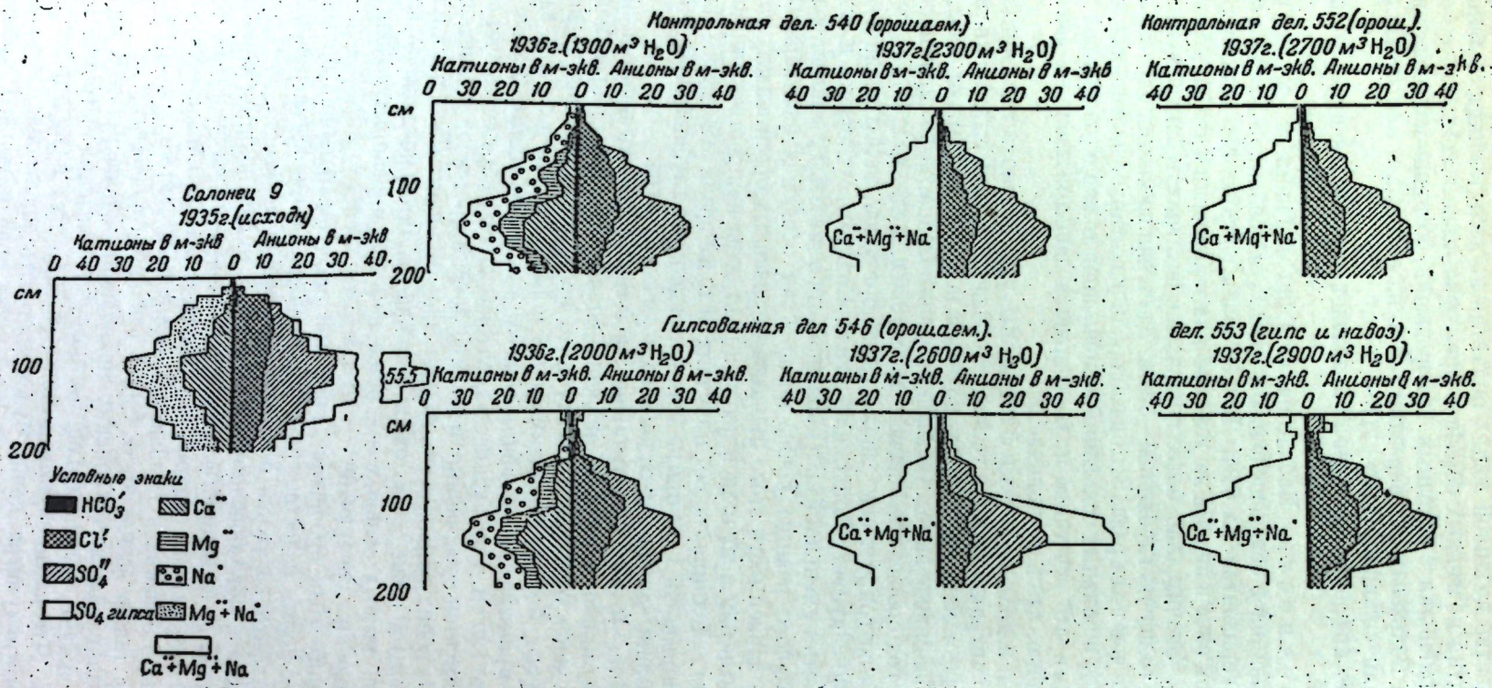
Делянки 540 и 552, получившие за 2 года орошения практически недостаточное, при правильном орошении, количество воды, опреснились значительно менее и на меньшую глубину, чем делянка 607, получившая воды в количестве, близком к оптимальной норме. Так, на делянках 540 и 552 хлориды практически опущены ниже 50 см от поверхности, а на делянке 607—ниже 120 см. Вымывание сульфатов (главным образом за счет сульфата Na) фиксируется совершенно отчетливо, хотя и протекает значительно медленнее. На обоих вариантах орошения, как это видно из таблиц и иллюстраций, сульфатов ниже 50 см содержится еще значительное количество. Общие выводы из данных солевых профилей немелиорированных солонцов после 3 лет орошения следующие:

1. Одного года орошения, даже при даче хозяйственно больших оросительных норм, недостаточно для практического опреснения (от хлоридов и сульфатов) верхней полуметровой толщи почвы.

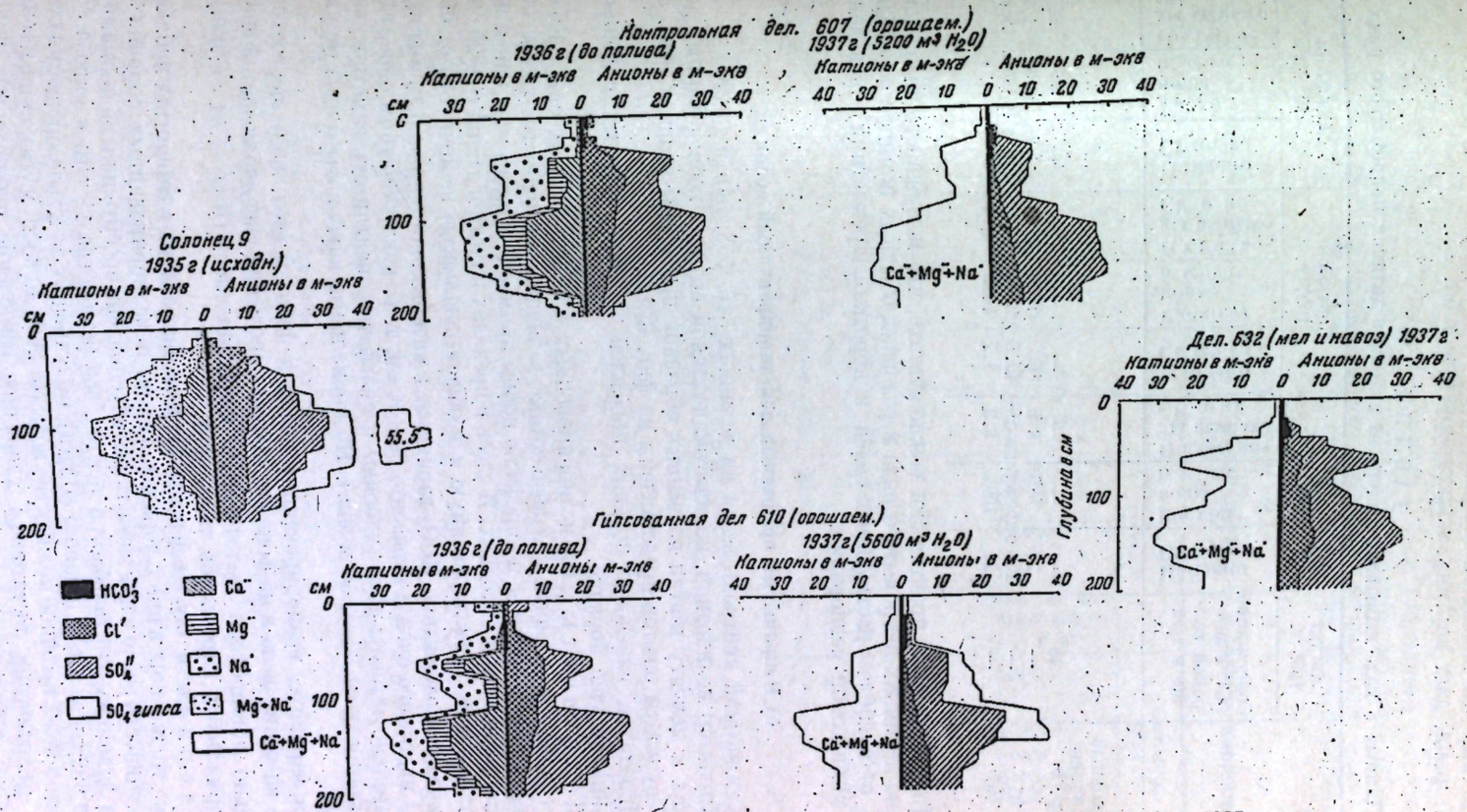
2. После 2 лет орошения полуметровая толща целиком освобождается от хлоридов (в большинстве наблюдавшихся нами случаев), но в нижней части (30—50 см) еще содержит сульфаты (главным образом Na) в количествах, часто близких к токсическим величинам. Эти соли к третьему году орошения также вымываются в нижележащие горизонты.

3. В дальнейшем, в условиях правильного орошения (без промывок) следует ожидать сравнительно быстрого освобождения метровой толщи от хлоридов. Что касается вымывания сульфатов (Na и Mg), то их удаление из второго полуметра почвы будет протекать значительно медленнее, но, повидимому, оно может ускоряться и без дополнительных промывок.

Подсчет эффекта промывания солей по количеству хлора, произведенный



Фиг. 6. Изменение солевого профиля почвы в условиях орошения (непромытые делянки) к 1937 г.



Фиг. 7. Изменение солевого профиля почвы в условиях орошения (непромытые делянки) к 1937 г.

по данным для исходного солонца 9 и для делянок 540, 552 и 607 в различные сроки, дает картину, иллюстрируемую табл. 15.

ТАБЛИЦА 15

Данные о ходе вымывания хлора из солонцов делянок непромытого ряда

№ делянки	Август 1935 г.	Июль 1936 г.			Сентябрь 1937 г.			Сентябрь 1938 г.		
	Содержание Cl′ в метровой толще в т/га	Найдено Cl′ в т/га	Расход воды в м³/га	На 1 м³ воды вымыто Cl′ в кг	Найдено Cl′ в т/га	Расход воды в м³/га	На 1 м³ воды вымыто Cl′ в кг	Найдено Cl′ в т/га	Расход воды в м³/га	На 1 м³ воды вымыто Cl′ в кг
Исходный солонец разр. 9	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
540	—	28	586	8.5	10	1700	10.6	2.6	5380	1.5
552	—	Не определялось			12.6	2736	6.3	Не определялось		
607	—	21	1694	5.3	1.7	4422	4.4	»	»	

Таким образом, практически можно считать, что метровая толща солонцов на делянках непромытого ряда в условиях обычных поливов освободилась от наиболее растворимых солей в короткий (трехлетний) срок даже без химической мелиорации.

б) Непромытый орошаемый немелиорированный солонец

Химический контроль велся на делянках 546, 553, 540 и 632.

Характер мелиорации, количество поданной воды на исследованных делянках к моменту взятия почвенных образцов приведены выше в табл. 5.

Результаты опытов представлены на фиг. 6 и 7.

Проследим изменение солевых профилей мелиорированных солонцов в принятом уже порядке.

Щелочность. На мелиорированных алебастром и смесью алебастра с навозом солонцах как абсолютные величины щелочности, так и характер распределения ее по профилю почвы примерно таковы же, как и на немелиорированных солонцах. И здесь в пределах пахотного слоя (0—20 см) мы наблюдаем снивелированную и в общем невысокую щелочность от бикарбонатов (содержание HCO_3 варирует в интервале от 0.45 до 0.85 м-экв.). Ниже пахотного слоя в горизонте 20—50 см, т. е. в карбонатном слое, где значительно вымыты соли (хлориды и сульфаты), щелочность заметно увеличивается (до 1.30—2.00 м-экв.). Но нормальные карбонаты (сода) отсутствуют.

На варианте, мелиорированном мелом и навозом (дел. 632), через год после внесения мела и на фоне двухлетнего орошения еще наблюдается значительно повышенная щелочность в пахотном слое (HCO_3 1.54 м-экв.), но нормальных карбонатов также нет.

Хлориды и сульфаты. На мелиорированных вариантах наблюдается то же поведение хлоридов, как на немелиорированных солонцах. Эффективность рассоления здесь также обусловлена оросительными нормами.

На делянках 546 (алебастра 6 т/га), 553 (алебастра 12 т/га и навоза 80 т/га) и 632 (мела 3 т/га и навоза 80 т/га), получивших за 2 года орошения совершенно недостаточное количество воды (от 2600 до 3000 м³/га), существенное и практически достаточное хлоридное рассоление наблюдается лишь в пределах верхнего полуметра почвы. С другой стороны, делянка 610 (алебастра 6 т/га), получившая воды за 2 года орошения около 5700 м³/га, практически освободилась от хлоридов до глубины 1 м. Таким образом, приведенные данные подтверждают наши выводы о ходе хлоридного рассоления на немелиорированных солонцах и делают их значительно более общими.

Для иллюстрации хода промывания водорастворимых солей в табл. 16 приведены данные ежегодного вымывания хлора из мелиорированного солонца.

ТАБЛИЦА 16

Данные о ходе вымывания хлора из мелиорированных солонцов делянок непромытого ряда

№ делянки	Август 1935 г.	Июль 1936 г.			Сентябрь 1937 г.			Сентябрь 1938 г.		
	Содержание Cl′ в метровой толще в т/га	Найдено Cl′ в т/га	Расход воды в м³/га	На 1 м³ воды вымыто Cl′ в кг	Найдено Cl′ в т/га	Расход воды в м³/га	На 1 м³ воды вымыто Cl′ в кг	Найдено Cl′ в т/га	Расход воды в м³/га	На 1 м³ воды вымыто Cl′ в кг
Исходный солонец разр. 9	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
546	—	19	1180	9.3	8.0	1450	7.6	0.5	5380	1.4
553	—	Не определялось			18	2970	4.0	Не определялось		
610	—	22.4	1080	7.0	2.6	4650	4.2	»	»	
632	—	Не определялось			12.8	—	—	»	»	

Как видно из табл. 16, водорастворимые соли (по Cl′) здесь вымыты практически нацело из метрового слоя. Эффект промывки здесь выше, чем на немелиорированных делянках.

Динамика сульфатов в солевых профилях гипсованных солонцов дает нам в первом приближении представление о скорости взаимодействия почвы с гипсом. Более же подробно этот вопрос разобран в разделе о динамике обменных оснований в солонцах (см. выше).

Общие выводы из анализа солевых профилей мелиорированных солонцов после 3 лет орошения (без промывок) можно сформулировать следующим образом:

1. Мел (3 т/га) и навоз (80 т/га) создают в пахотной толще солонца повышенную щелочность (соды нет), еще заметную через год после внесения.

2. Динамика хлоридов на фоне гипсовых мелиораций повторяет их поведение на немелиорированных солонцах, причем уже после 2 лет практически достаточного орошения в обоих случаях наблюдается опреснение от хлоридов верхней метровой почвенной толщи.

3. Динамика сульфатов в условиях гипсования, при достаточных оросительных нормах, показывает значительную эффективность этого мероприятия даже без дополнительных промывок.

в) Промытый орошаемый немелиорированный солонец

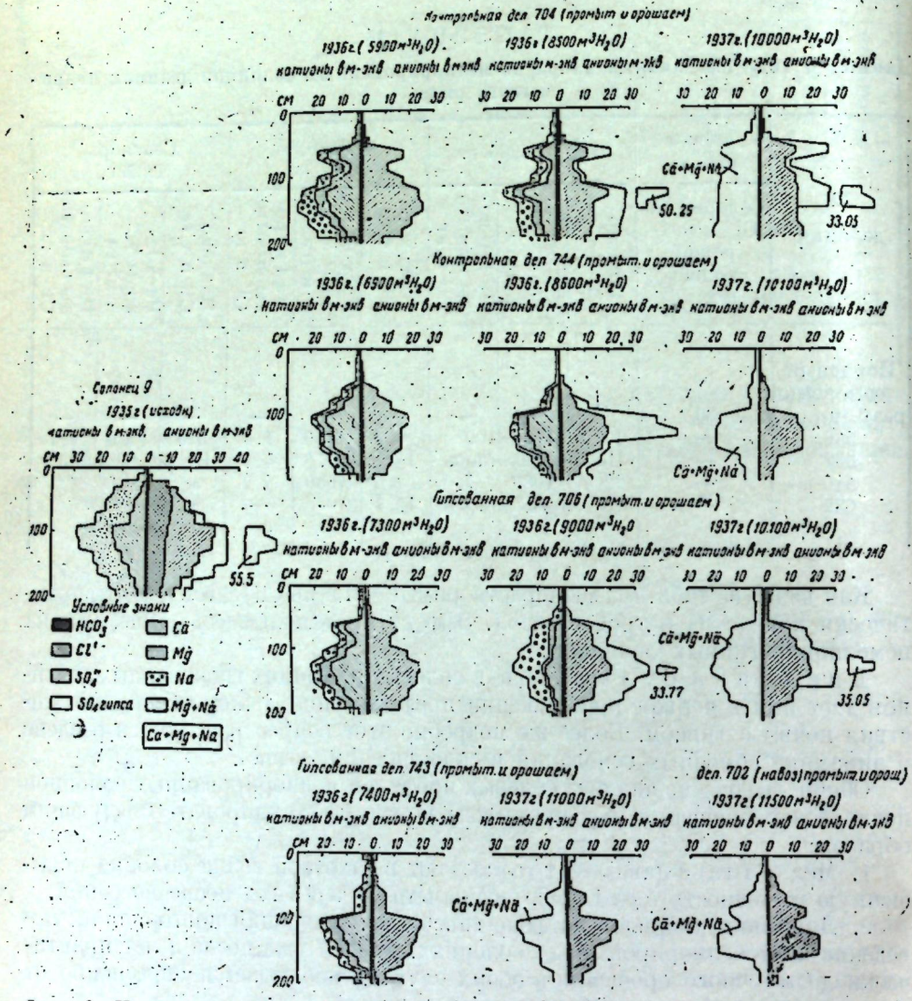
Контроль изменения солевого состава почв проводился на делянках 704 и 744.

Осенью 1935 г. делянки были промыты нормой воды около 4500 м³/га. В общей сумме за 1935—1937 гг. каждая из делянок получила примерно одинаковую норму воды до 10 000 м³/га.

Результаты исследований солевого состава почв в 1936 и 1937 гг. представлены на фиг. 8.

Щелочность. Динамика щелочности в промытых орошаемых немелиорированных солонцах существенно не отличается от таковой описанных выше случаев.

Хлориды и сульфаты. Осенняя промывка 1935 г. привела к освобождению двухметрового слоя почвы от хлоридов. Солевой профиль, обнаруженный в 1938 г. на делянке 704 до грунтовой воды (так же как и



Фиг. 8. Изменение солевого профиля почвы на промытых и орошаемых делянках к 1937 г.

солевой профиль скв. 5, см. об этом выше), показал, что на промытых солонцах хлориды практически вымылись полностью до глубины 400 см. Такое глубокое промывание солей приводит к хлоридному засолению грунтовой воды, поднявшейся до уровня 5 м.

Вымывание сульфатов происходит на всю глубину профиля, что наглядно видно из солевых профилей делянки 704. Здесь мы видим, что после осенней промывки и одного полива в 1936 г. зона максимального распространения сульфатов Na находится на глубине 100—170 см. Анализ образцов почвы, взятых в октябре 1936 г. (после осенних влагозарядочных поливов), показывает, что Na вымылся за пределы 150-сантиметровой толщи грунта.

К сентябрю 1938 г. вся толща почвы еще более освободилась от сульфатов. На делянке 744 граница практически полного удаления сульфата Na лежит на глубине 1 м.

г) Промытый орошаемый мелиорированный солонец

Химический контроль проводился на делянках 706, 743 и 702. Осенью 1935 г. делянки промыты нормой воды около 5000 м³/га.

Результаты исследований представлены на фиг. 8.

Щелочность, как и следовало ожидать, сильно подавлена.

Хлориды и сульфаты. Осенняя промывка 1935 г. практически вымыла хлориды из двухметрового слоя почвы. К концу первого года двухметровый профиль хлоридов практически уже не содержит.

3. Влияние мелиорации и орошения на питательные минеральные вещества солонцов

Из литературы известно, что гипсование солонцов подавляет процессы нитрификации в них. Растения на таких мелиорированных почвах часто страдают от недостатка азотного питания. И в наших опытах это явление азотного голодания пшеницы, как это видно из материалов, приведенных в статье Р. Э. Кригера, также было выражено в первые 2 года после внесения в почву гипса. В виду того, что разными авторами этот вопрос решается различно, мы поставили своей задачей выяснить режим минерального азота в почвах в наших конкретных условиях. Для этой цели нами проведены анализы почв на поглощенный аммоний (в KCl-вытяжке) и водорастворимые нитраты в несколько сроков (1936—1938 гг.) (см. табл. 17 на стр. 131—133).

Далее, является также неясным вопрос об изменении во времени подвижности калия и фосфора в гипсованных и орошаемых почвах, в частности, не происходит ли вытеснения обменного калия кальцием гипса и выноса его в нижние горизонты почвы. Этот вопрос частично рассматривался нашей лабораторией уже раньше (см. Труды Комиссии по ирригации, вып. 6). Специальными экспериментами было показано, что это явление выноса калия — в результате его обмена на кальций гипса — мало выражено. Оставалось неясным, закономерно ли переносить эти результаты на конкретные полевые условия. Поэтому мы поставили себе задачей проследить за динамикой изменения степени подвижности калия в наших почвах. Подвижный калий мы определяли по методу Франса, т. е. применили для его растворения HNO_3 при равновесной концентрации кислоты, равной 0.2 N. Полученный материал представлен в табл. 18.

Наконец, является известным факт изменения подвижности соединений фосфора в почве под влиянием известкования. Меньше данных по влиянию гипса на подвижность фосфатов. Исходя из этих предпосылок, мы должны были провести на нашем участке исследование динамики подвижных фосфатов, которые определялись нами по тому же методу Франса (0.2 N равновесный раствор HNO_3). Полученный материал сведен в табл. 18.

Мы ясно сознаем, что на основании только этих материалов по азоту, фосфору и калию, конечно, невозможно исчерпывающе решить поставленные вопросы. Дальнейшей задачей мы себе ставим детализацию их, особенно в отношении форм соединений фосфора и их трансформации в почвах под влиянием мелиоративных мероприятий.

Считая небезинтересными первые материалы наших исследований для решения практических задач, мы нашли необходимым уже на этой стадии своих исследований опубликовать их.

а) О динамике минерального азота в мелиорированных почвах

Данные табл. 17 свидетельствуют о следующем:

1. Независимо от характера мелиорации орошаемые солонцы нашего участка характеризуются пониженной, в некоторой степени, нитрификационной способностью: большая часть минерального азота длительно находится в виде обменного аммония, содержание которого достигает достаточно значительных величин: от 0.2 до 0.7 м-экв. на 100 г почвы; в конце вегетационного периода (осень 1936 г.) не всегда содержание обменного аммония заметно уменьшается, чаще остается на весеннем уровне.

Гипсование особой специфической картины в этом отношении не показывает.

2. Характерно постоянное наличие нитритов, хотя и в небольших количествах, что свидетельствует о том же некотором понижении нитрификационной деятельности наших почв в условиях орошения.

3. Накопление нитратов к концу вегетационного периода даже на делянках, удобренных азотом, выражено относительно слабо: количество N/NO_3 не превышает 20 мг на килограмм почвы, а под свеклой нитратный азот к осени полностью исчерпан. Специфической особенности в отношении нитратов на гипсованной делянке уловить не удается.

Вопрос о соотношении азота и гипса и их влиянии на растения, по нашему мнению, требует более глубокого изучения.

б) Динамика подвижных соединений фосфора в мелиорированных почвах

Представленные в табл. 18 данные по динамике подвижного фосфора с очевидностью свидетельствуют о следующем:

1. По количеству подвижных фосфатов наши почвы необходимо отнести к категории средне обеспеченных (см. контрольные делянки 704, 744 и др.) — содержание подвижной P_2O_5 около 20—25 мг на 100 г почвы.

2. Под влиянием мелиорации и орошения происходит едва улавливаемое аналитически уменьшение этой формы P_2O_5 в пределах 2—3 мг на 100 г почвы. В этом отношении гипсование особенности не вносит.

3. Судя по некоторому увеличению (на 2—3 мг) количества подвижной формы P_2O_5 на удобренных в 1937 г. делянках, внесенный с удобрениями фосфор остается в наших солонцах в виде подвижных соединений.

Повторяем, этот вопрос является специальной задачей дальнейших наших исследований.

4. Изложенные положения подтверждаются и данными, полученными в опытах на малых делянках (см. табл. 19).

в) Динамика подвижного калия в мелиорированных почвах

На больших делянках (табл. 18) содержание подвижного калия колеблется в очень узких пределах (от 18 до 24 мг в верхних горизонтах). Его количество, составляющее около 0.5 м-экв. на 100 г почвы, показывает, что для получения высоких урожаев культур, особенно пропашных растений, калийные удобрения на солонцовых почвах долин Заволжья должны быть эффективными. Под влиянием мелиораций и орошения происходит небольшое (от 2—5 мг на 100 г почвы) снижение количества подвижного калия в течение 2—3 лет (см. данные для делянок 704, 706, 744, 743, 702 в табл. 18). При этом данное уменьшение как будто мало связано с характером мелиорирующих веществ. На этом основании, а также на основании данных лизиметрических исследований Л. А. Королева на тех же солонцах, можно сделать определенное заключение о том, что гипсование не ведет к вымыванию калия из корнеобитаемой толщи почвы.

Дальнейшие наши исследования уточнят этот важный вопрос.

ТАБЛИЦА 17

Динамика различных форм азота в почве в мг и м-экв. на кг почвы

№ делянки	Мелиорации	Дата взятия образца	Глубина в см	KCl-вытяжка		Водная вытяжка		
				N/NH_3 в мг	N/NH_3 в м-экв.	N/NH_3 в мг	N/NO_2 в мг	N/NO_2 в мг
540	Контроль (орошаемая), пшеница	1936 г. июль	0—10	115.0	7.2	9.1	37.9	1.3
			10—20	57.7	4.1	4.2	9.7	1.8
	То же	1936 г. октябрь (после уборки пшеницы)	0—10	35.3	2.5	6.7	32.3	2.6
			10—20	38.6	2.8	6.8	19.6	3.2
	В 1937 г. весной внесено PN (по 90 кг/га)	1937 г. сентябрь (после уборки пшеницы)	0—10	Не определялось			11.0	Не опр.
			10—20	»	»		14.6	» »
			20—30	»	»		11.2	» »
	В 1938 г. внесено PN (по 90 кг/га)	1938 г. 15/VII	0—20	»	»		23.1	» »
			20—30	»	»		15.2	» »
			40—50	»	»		14.9	» »
	Растение свекла	26/VII	0—20	»	»		7.3	» »
			20—40	»	»		8.7	» »
			40—50	»	»		8.3	» »
		4/VIII	0—20	»	»		8.6	» »
			20—40	»	»		3.6	» »
			40—50	»	»		4.3	» »
		15/VIII	0—20	»	»		2.6	» »
			20—30	»	»		10.5	» »
			40—50	»	»		9.2	» »
532	Контроль (орошаемая)	1936 г. октябрь (после уборки пшеницы)	0—10	24.8	1.8	8.2	18.0	1.1
			10—20	33.0	2.4	13.0	14.4	1.4
	То же	1937 г. сентябрь (после уборки пшеницы)	0—10	Не определялось			2.3	Не опр.
			10—20	»	»		2.9	» »
			20—30	»	»		2.1	» »
546	Гипсование (орошаемая), пшеница	1936 г. июль	0—10	74.9	5.4	4.1	5.3	1.8
			10—20	75.1	5.4	4.3	3.2	1.8
	То же	1936 г. октябрь (после уборки пшеницы)	0—10	32.6	2.6	5.6	—	—
			10—20	32.4	2.6	5.0	—	—
	В 1937 г. весной внесено PN (по 90 кг/га)	1937 г. сентябрь (после уборки пшеницы)	0—10	Не определялось			6.7	Не опр.
			10—20	»	»		4.8	» »
			20—30	»	»		8.4	» »
	В 1938 г. внесено PN (по 90 кг/га)	1938 г. 15/VII	0—20	»	»		2.4	» »
			20—30	»	»		2.9	» »
	Растение свекла		40—50	»	»		1.9	» »
		26/VII	0—20	»	»		4.2	» »
			20—40	»	»		2.3	» »
			40—50	»	»		2.7	» »
		4/VIII	0—20	»	»		2.7	» »
			20—40	»	»		Следы	» »
			40—50	»	»		»	» »
		15/VIII	0—20	»	»		»	» »
			20—40	»	»		»	» »
			40—50	»	»		»	» »

Продолжение табл. 17

№ делянки	Мелиорации	Дата взятия образца	Глубина в см	KCl-вытяжка		Водная вытяжка		
				N/NH_3 в мг	N/NH_3 в м-экв.	N/NH_3 в мг	N/NO_3 в мг	N/NO_2 в мг
553	Гипсование и унавоживание (орошаемая)	1936 г. октябрь (после уборки пшеницы)	0—10	29.4	2.1	4.2	7.0	0.2
			10—20	35.3	2.5	5.4	8.9	0.2
	То же	1937 г. сентябрь (после уборки пшеницы)	0—10	Не определялось		2.9	Не опр.	
			10—20	»	»	5.2	»	»
			20—30	»	»	5.6	»	»
607	Контроль (орошаемая), житняк	1936 г. июль	0—10	100.6	7.2	6.3	3.9	2.3
			10—20	80.5	5.7	4.1	3.2	2.6
	То же	1936 г. октябрь	0—10	87.2	6.2	4.3	14.0	0.9
			10—20	72.6	5.2	7.1	3.4	2.0
	» »	1937 г. сентябрь	0—10	Не определялось		3.5	Не опр.	
			10—20	»	»	3.5	»	»
			20—30	»	»	3.7	»	»
610	Гипсование (орошаемая), житняк и люцерна	1936 г. июль	0—10	49.4	3.5	8.1	7.0	2.9
			10—20	51.6	3.7	4.6	4.4	1.1
		1936 г. октябрь	0—10	50.5	3.6	5.9	7.8	0.3
			10—20	64.4	4.6	6.6	2.3	0.3
	То же	1937 г. сентябрь	0—10	Не определялось		1.3	Не опр.	
			10—20	»	»	2.5	»	»
			20—30	»	»	2.6	»	»
632	Известкование и унавоживание (орошаемая)	1937 г. сентябрь (после уборки пшеницы)	0—10	»	»	8.4	»	»
			10—20	»	»	10.4	»	»
			20—30	»	»	8.4	»	»
704	Контроль (промытая и орошаемая), пшеница	1936 г. июль	0—10	75.2	5.4	4.5	3.6	1.2
			10—20	61.8	4.4	3.7	2.5	1.1
	То же	1936 г. октябрь (после уборки пшеницы)	0—10	66.9	4.8	7.5	1.9	0.9
			10—20	53.7	3.8	5.9	1.6	0.1
	В 1937 г. весной внесено PN (по 90 кг/га)	1937 г. сентябрь (после уборки пшеницы)	0—10	Не определялось		22.4	Не опр.	
			10—20	»	»	10.4	»	»
			20—30	»	»	3.4	»	»
	В 1938 г. внесено PN (по 90 кг/га) Растение свекла	1938 г. 15/VII	0—20	»	»	1.9	»	»
			20—40	»	»	Следы	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
		26/VII	0—20	»	»	3.8	»	»
			20—40	»	»	2.3	»	»
			40—50	»	»	Следы	»	»
		4/VIII	0—20	»	»	4.8	»	»
			20—40	»	»	2.1	»	»
			40—50	»	»	2.4	»	»
		11/VIII	0—20	»	»	2.1	»	»
			20—40	»	»	Следы	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
706	Гипсование (промытая и орошаемая), пшеница	1936 г. июль	0—10	52.5	3.8	6.2	1.9	1.0
			10—20	54.0	3.8	10.1	1.1	0.9
	То же	1936 г. октябрь (после уборки пшеницы)	0—10	47.2	3.4	5.4	2.2	0.1
			10—20	108.6	7.8	6.7	1.5	0.2
	В 1937 г. весной внесено PN (по 90 кг/га)	1937 г. сентябрь	0—10	Не определялось		13.6	Не опр.	
			10—20	»	»	2.2	»	»
			20—30	»	»	4.5	»	»
	В 1938 г. внесено PN (по 90 кг/га) Растение свекла	1938 г. 15/VII	0—20	»	»	Следы	»	»
			20—40	»	»	»	»	»
			40—50	»	»	»	»	»

Продолжение табл. 17

№ делянки	Мелиорации	Дата взятия образца	Глубина в см	KCl-вытяжка		Водная вытяжка		
				N/NH_3 в мг	N/NH_3 в м-экв.	N/NH_3 в мг	N/NO_3 в мг	N/NO_2 в мг
706	В 1938 г. внесено PN (по 90 кг/га) Растение свекла	26/VII	0—20	Не определялось		2.2	Не опр.	
			20—40	»	»	Следы	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
		4/VIII	0—20	»	»	»	»	»
			20—40	»	»	»	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
		11/VIII	0—20	»	»	»	»	»
			20—40	»	»	»	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
744	Контроль (промытая и орошаемая), житняк	1936 г. июль	0—10	62.1	4.4	4.3	6.5	2.2
			10—20	77.1	5.5	5.5	12.7	1.7
	То же	1936 г. октябрь	0—10	43.4	3.5	4.9	17.9	0.4
			10—20	39.7	2.8	12.9	2.4	0.9
	» »	1937 г. сентябрь	0—10	Не определялось		2.9	Не опр.	
			10—20	»	»	2.4	»	»
			20—30	»	»	2.2	»	»
	В 1938 г. внесено PN (по 90 кг/га)	1938 г. 7/VII	0—20	»	»	Следы	»	»
			20—40	»	»	»	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
		12/VII	0—20	»	»	»	»	»
			20—40	»	»	»	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
		12/VIII	0—20	»	»	»	»	»
			20—40	»	»	»	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
		25/VIII	0—20	»	»	»	»	»
			20—40	»	»	»	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
743	Гипсование (промытая и орошаемая), житняк	1936 г. июль	0—10	54.3	3.9	4.9	4.5	1.5
			10—20	69.4	4.9	5.8	10.5	1.7
	То же	1936 г. октябрь	0—10	20.5	1.5	13.5	15.2	0.7
			10—20	23.2	1.6	10.8	4.6	0.9
	» »	1937 г. сентябрь	0—10	Не определялось		2.2	Не опр.	
			10—20	»	»	1.9	»	»
			20—30	»	»	1.4	»	»
	В 1938 г. внесено PN (по 90 кг/га), житняк	1938 г. 7/VII	0—20	»	»	Следы	»	»
			20—40	»	»	»	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
		12/VII	0—20	»	»	»	»	»
			20—40	»	»	»	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
		12/VIII	0—20	»	»	»	»	»
			20—40	»	»	»	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
		25/VIII	0—20	»	»	»	»	»
			20—40	»	»	»	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
702	Унавоживание (промытая и орошаемая), свекла В 1938 г. внесено PN (по 90 кг/га) Растение свекла	1938 г. 15/VII	0—20	Не определялось		2.7	Не опр.	
			20—30	»	»	2.4	»	»
			40—50	»	»	2.3	»	»
		26/VII	0—20	»	»	4.9	»	»
			20—40	»	»	Следы	»	»
			40—50	»	»	»	»	»
		4/VIII	0—20	»	»	4.7	»	»
			20—40	»	»	3.1	»	»
			40—50	»	»	Следы	»	»
		11/VIII	0—20	»	»	2.0	»	»
			20—40	»	»	Следы	»	»
			40—50	»	»	»	»	»

ТАБЛИЦА 18

Изменение подвижных форм P_2O_5 и K под влиянием химических мелиораций, промывок и орошения (в мг на 100 г почвы)

№ делянки	Мелиорации	Дата взятия образца	Глубина в см	P_2O_5	K
Основной разрез солонца 9		1935 г.	0—10	32	18
			13—22	19	14
			23—32	18	14
540	Контроль (орошаемая), весной 1937 г. внесено PN (по 90 кг/га)	1937 г. сентябрь	0—10	31	17
			10—20	21	20
552	Контроль (орошаемая), весной 1937 г. внесено PN (по 90 кг/га)	То же	0—10	30	21
			10—20	23	18
546	Гипсование (орошаемая), весной 1937 г. внесено PN (по 90 кг/га)	» »	0—10	22	15
			10—20	23	17
553	Гипсование и унавоживание (орошаемая)	» »	0—10	34	24
			10—20	29	21
607	Контроль (орошаемая)	» »	0—10	23	17
			10—20	24	20
610	Гипсование (орошаемая)	» »	0—10	15	18
			10—20	18	13
632	Известкование и унавоживание (орошаемая)	» »	0—10	27	20
			10—20	19	15
704	Контроль (промытая и орошаемая), весной 1937 г. внесено PN (по 90 кг/га)	1936 г. октябрь	0—10	17	27
			10—20	17	25
		1937 г. сентябрь	0—10	27	21
			10—20	18	15
706	Гипсование (промытая и орошаемая), весной 1937 г. внесено PN (по 90 кг/га)	1936 г. октябрь	0—10	20	23
			10—20	18	25
		1937 г. сентябрь	0—10	21	18
			10—20	19	18
744	Контроль (промытая и орошаемая)	1936 г. октябрь	0—10	16	23
			10—20	18	23
		1937 г. сентябрь	0—10	18	18
			10—20	22	17
743	Гипсование (промытая и орошаемая)	1936 г. октябрь	0—10	19	20
			10—20	20	18
		1937 г. сентябрь	0—10	19	18
			10—20	21	15
702	Унавоживание (промытая и орошаемая)	1936 г. октябрь	0—10	21	25
			10—20	23	24
		1937 г. сентябрь	0—10	22	18
			10—20	21	17

ТАБЛИЦА 19

Данные об изменении подвижных форм P_2O_5 и K под влиянием мелиораций, промывок и орошения в солонце (разр. 9) в мг на 100 г почвы (малые делянки)

№ чека	№ делянки	Мелиорации	Дата взятия образца	Глубина в см	P_2O_5[1]	K
Основной разрез солонца 9			1935 г.	0—10	32	18
				13—22	19	14
				23—32	18	14
27	5	Контроль	1936 г. октябрь	0—10	25	19
				10—20	18	15
				20—30	18	15
				30—40	5	9
			1937 г. сентябрь	0—10	25	15
				10—20	23	19
				20—30	25	18
				30—40	23	18
27	24	Контроль	1936 г. октябрь	0—10	37	18
				10—20	29	15
				20—30	4	7
				30—40	7	8
			1937 г. сентябрь	0—10	29	16
				10—20	25	16
				20—30	26	18
				30—40	23	15
26	21	Навоз (40 т/га) и зола	1937 г. сентябрь	0—10	38	20
				10—20	36	22
				20—30	34	15
27	10	Солома (4 т/га) и зола (1 т/га)	1937 г. сентябрь	0—10	26	19
				10—20	21	16
				20—30	25	15
27	7	Гумофос (1 т/га)	1937 г. сентябрь	0—10	29	17
				10—20	24	14
				20—30	27	13
27	26	Гумат аммония (1 т/га) и гипс (8 т/га)	1937 г. сентябрь	0—10	25	14
				10—20	22	21
				20—30	23	17
				30—40	25	20
27	6	$Ca(OH)_2$ (8 т/га)	1937 г. сентябрь	0—10	28	19
				10—20	27	17
				20—30	25	16
				30—40	23	15
27	32	$CaCl_2$ (10 т/га)	1937 г. сентябрь	0—10	28	24
				10—20	23	20
				20—30	25	20
				30—40	30	18
27	11	Речной ил (375 т/га)	1937 г. сентябрь	0—10	30	16
				10—20	30	17
				20—30	23	18
21	13	0.1 *N* раствор HNO_3 (1000 м³/га)	1937 г. сентябрь	0—10	24	17
				10—20	18	19
				20—30	29	18
2	14	0.1 *N* раствор HCl (1000 м³/га)	1937 г. сентябрь	0—10	22	16
				10—20	14	17
				20—30	30	18
21	15	0.1 *N* раствор H_2SO_4 (1000 м³/га)	1937 г. сентябрь	0—10	23	19
				10—20	22	16
				20—30	19	16

[1] 13/IX 1937 г. на все делянки было внесено P_2O_5 45 кг/га.

РЕЗЮМЕ

По исследованным трем вопросам получены следующие общие результаты:

I. О скорости вытеснения обменного натрия под влиянием различных мелиораций

1. Опыты на малых делянках с тщательным перемешиванием мелиорирующих веществ с почвой (с солонцовым горизонтом) показали, что в условиях промывок эффект от гипсования, внесения $CaCl_2$, карбонатно-сульфатного горизонта самой почвы достигается в очень короткий срок (2—3 года). Относительно слабое действие показали также средства мелиорации, как $CaCO_3$, зола и др. Лишь в опытах на монолитах получен заметный эффект от известкования солонцов стационара.

2. В условиях больших делянок, где не была обеспечена хорошая техника внесения $CaSO_4$ (алебастра), действие его на солонец замедляется. Даже при применении промывок наибольшая глубина рассолонцевания почвенного профиля за 3 года не превышает 30—40 см.

Таким образом, исключительное значение должно быть придано правильной технике применения мелиорирующих веществ, в особенности гипса, для целей улучшения солонцов.

3. На использование собственных гипсово-карбонатных горизонтов почвы для мелиорации солонцовых ее слоев также должно быть обращено внимание.

4. Одна культура многолетних трав и органические вещества (навоз) медленно улучшают солонцы.

Является наиболее правильным сочетание этого способа с химической мелиорацией (гипсованием). При этом дозировки гипса могут быть существенно снижены против эквивалентного обменному натрию количества его.

5. В виду того, что промывки в условиях Заволжья вызывают резкий устойчивый подъем грунтовых вод, является целесообразным при мелиорации солонцов заменить их ежегодными влагозарядочными поливами.

II. О скорости рассоления почвенного профиля солонцов при орошении

1. Анализ обширного аналитического материала показывает, что ни в одном случае в условиях обычных поливов, промачивающих солевые горизонты солонцов, не происходило вторичного засоления пахотных горизонтов почв.

2. Во всех случаях наблюдается отчетливое рассоление почвенного профиля. Хлориды промываются в толще 0—50 и 0—100 см полностью обычными вегетационными поливами. Промывки вымыли их до глубины 400 см, т. е. до капиллярного уровня грунтовых вод. В виду отсутствия заметного естественного оттока грунтовых вод вымытые из верхней толщи почвы соли остаются либо в грунтовой воде, либо в грунтовой толще над ней. Подъем грунтовых вод может вторично поднять эти соли в почвенную толщу.

III. О влиянии мелиорации на питательный режим почв

1. Азотный режим в орошаемых солонцах отличается преобладанием аммиачных (обменных) форм минерального азота; нитратные формы в течение всего периода вегетации растений в значительных количествах не накапливаются. Гипсование существенной разницы в режиме нитратов не показывает. Наиболее рекомендуемой формой азотных удобрений, повидимому, надо считать нитратные их формы.

2. По количеству подвижных форм фосфора солонцы речных долин нужно отнести к средне обеспеченным фосфором почвам. Под влиянием мелиораций существенных изменений в степени подвижности фосфатов не наблюдается.

3. Аналогичная картина наблюдается и в отношении подвижных форм калия.

V. N. FILIPPOVA and N. G. FRIEDMAN

ON THE CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION SOLONETS SOILS OCCURRING THROUGH RECLAMATION AND IRRIGATION

Summary

This paper presents data on the study of three soil problems accomplished at the Little-Uzen Stationary Solonets Experimental Station during the years 1935—1938.

I. Rate of replacement of exchangeable sodium under the action of various reclamation methods

(1) Experiments made on small plots where reclaiming matter was thoroughly mixed up with the solonets horizon of the soil showed that, under conditions of leaching, the effect of gypsum, of $CaCl_2$, or of the carbonate-sulphatic horizon of the soil was attained in a very short period of time (from two to three years). Such reclaiming matter as $CaCO_3$, ashes, etc., showed but a comparatively weak influence. A noticeable effect of liming the solonets soils at the Stationary Experimental Station was observed only in experiments with soil monoliths.

(2) On larger plots, where a good method of applying $CaSO_4$ (alabaster) could not be secured, the action of this latter on the solonets was slower. Even in conditions of leaching, desolonetsisation of the soil profile to a depth of no more than from 30 to 40 centimeters could be obtained after 3 years.

Thus, a good technique of applying artificial fertilizers, particularly gypsum, for the reclamation of solonets soils has a quite exceptional importance.

(3) Special attention should be given to the utilization of gypsum-carbonatic soil-horizons for the reclamation of the solonets horizons of the same.

(4) Growing perennial grasses and applying organic matter (manure) are slow methods of reclaiming solonets.

The best way is to combine this method with artificial fertilizers (gypsum). In such cases the doses of gypsum can be considerably smaller than the amount equivalent to exchangeable sodium.

(5) Considering the fact that, under Transvolgian conditions, leaching creates a strong and stable rise of the ground water level, annual autumnal irrigation in order to create a provision of moisture in the soil should be used instead when solonets land is being reclaimed.

II. Rate of desalinisation of the soil profile under conditions of irrigation

(6) A study of the extensive analytical data shows that secondary salinisation of the arable layer of the soil was not observed in a single case under conditions of usual waterings when salt horizons of solonets were wetted.

(7) A distinct desalinisation of the soil profile was observed in all cases. Usual waterings during the growing season were sufficient to wash all of the chlorides out of a layer of 0—50 cm and 0—100. By special leaching waterings they were washed out to a depth of 400 cm i. e. down to the capillary ground water level. As there is no natural ground water drainage, the salts which are

leached out of the upper soil horizons remain in the ground waters or in the soil layers overlaying it. The rising ground water level can once more raise these salts into the soil mass.

III. The effect of reclamation on the nutritive régime of the soils

(8) The régime of nitrogen in the irrigated solonets soils is characterized by the predominance of ammoniacal (exchangeable) forms of mineral nitrogen; nitrate forms of nitrogen do not accumulate in considerable amounts during the all growing-period. The application of gypsum did not bring any noticeable change into the régime of nitrates. Apparently, nitrate forms of nitrogeneous fertilizers are to be recommended the most.

(9) As to the amount of soluble forms of phosphorus, solonets soils of river valleys should be classified as soils with an average supply of phosphorus. No essential changes in the mobility of phosphates were observed under the action of reclamation.

(10) The same can be said concerning soluble forms of potassium.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

1940. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXIV

Н. И. САВВИНОВ и В. И. ФИЛИППОВА

ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ В РЕЧНЫХ ДОЛИНАХ ЗАВОЛЖЬЯ И ИХ ИЗМЕНЕНИЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОРОШЕНИЯ

(По материалам Малоузенского солонцового стационара)

Как известно, главной причиной так называемого вторичного засоления почвы при орошении в громадном большинстве случаев является поднятие уровня грунтовых вод до высоты, с которой обеспечивается их капиллярное поднятие до поверхности почвы и усиленное испарение. В результате в поверхностных слоях почвы накапливаются соли, и почва переходит в разряд солончаков. Критический уровень грунтовых вод, т. е. та глубина их залегания, с которой начинается засоление верхних горизонтов почв, зависит от ряда факторов: механического и микроструктурного состава грунтов, общего строения, плотности сложения их толщи, количества и качества водорастворимых солей в этой толще и др. Вообще говоря, чем более глинисты и более однородна толща грунта, тем глубже от поверхности находится его критический уровень, доходя иногда до 4—6 м. В почвах более легкого механического состава он часто не превосходит 1.5—3 м.

Вторичное засоление почв, ранее не засоленных или слабо засоленных, обязанное поднятию грунтовых вод до критического уровня, широко распространено в орошаемых районах как у нас в СССР (Средняя Азия, Казахстан, Закавказье и др.), так и в зарубежных странах (США, Египет и др.). В республиках Средней Азии, по данным Л. П. Розова (1934), из общей орошаемой площади в 9.2 млн. га на почвы, сильно засоленные и заболоченные, приходится 2.4 млн. га, т. е. 25.8%. В Муганской степи (Закавказье) к настоящему времени осталось лишь около 10% земель, не требующих мелиораций.

Этих двух примеров достаточно, чтобы показать тот огромный и часто непоправимый или трудно поправимый ущерб, который приносит нашему народному хозяйству вторичное засоление (и заболачивание) земель, вызванное изменением режима грунтовых вод. Поэтому на Малоузенском солонцовом стационаре изучение режима грунтовых вод при орошении и изменение их химического состава было поставлено в качестве одной из первых задач с самого начала организации этого орошаемого опытного участка.

Как уже сообщалось в статье И. Н. Антипова-Каратаева и Н. И. Саввинова (1937), посвященной этому вопросу, в 1935 г. на участке стационара площадью около 70 га было заложено 19 постоянных смотровых скважин, расположенных двумя почти перпендикулярными профилями. В 1936 г. к ним было прибавлено еще три скважины (№ 24—26) и одна скважина (№ 6) была закрыта за ненадобностью. Таким образом, под регулярным наблюдением с осени 1935 г. и до апреля 1938 г. находилась 21 смотровая скважина. Наблюдения продолжаются и дальше. В этой статье излагаются полученные материалы за истекший период.

Рельеф участка, общее расположение оросительной сети, опытных участков и смотровых скважин на нашем стационаре представлены на фиг. 1.

Краткая история всего орошаемого массива, расположенного на террасе р. Малый Узень в непосредственной близости от его берегов, такова. До 1935 г. здесь была целинная степь (выгон), в которой находилось лишь три мелких залежных участка площадью по 0.5—1 га. Эти участки были приурочены к западинам с темноцветными почвами (близ скв. 18, 19 и 24).

Осенью 1935 г., после соответствующих изысканий, исследований и составления проекта, в основном было закончено сооружение оросительной сети. Пользуясь ею, на полосах опытных делянок 701—725, 730—750, расположенных по обе стороны 7-го оросителя (см. участок *4* на фиг. 1), была произведена промывка солонцовых почв нормами воды 2000—6000 м³/га.

В 1936 г. норма промывки на всех этих делянках была выравнена и доведена до 7000 м³/га.

Опытные делянки, расположенные вдоль 6-го и 5-го оросителей, начали поливаться с 1936 г. без предварительной промывки.

В 1936 г. рядом с 7-м оросителем был заложен орошаемый питомник многолетних кормовых трав (см. участок *1* на фиг. 1), который в 1936 и 1937 гг. поливался обычными нормами, а осенью 1937 г. западная его часть была промыта нормами в 6000—7000 м³/га.

Опытные участки *5* и *6* (см. фиг. 1) были организованы и начали поливаться в 1937 г. Участок *7*, представляющий собой махорочную и овощную плантацию колхоза имени Ленина (с. Алексашкино), был организован и начал поливаться с 1936 г.

I. ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

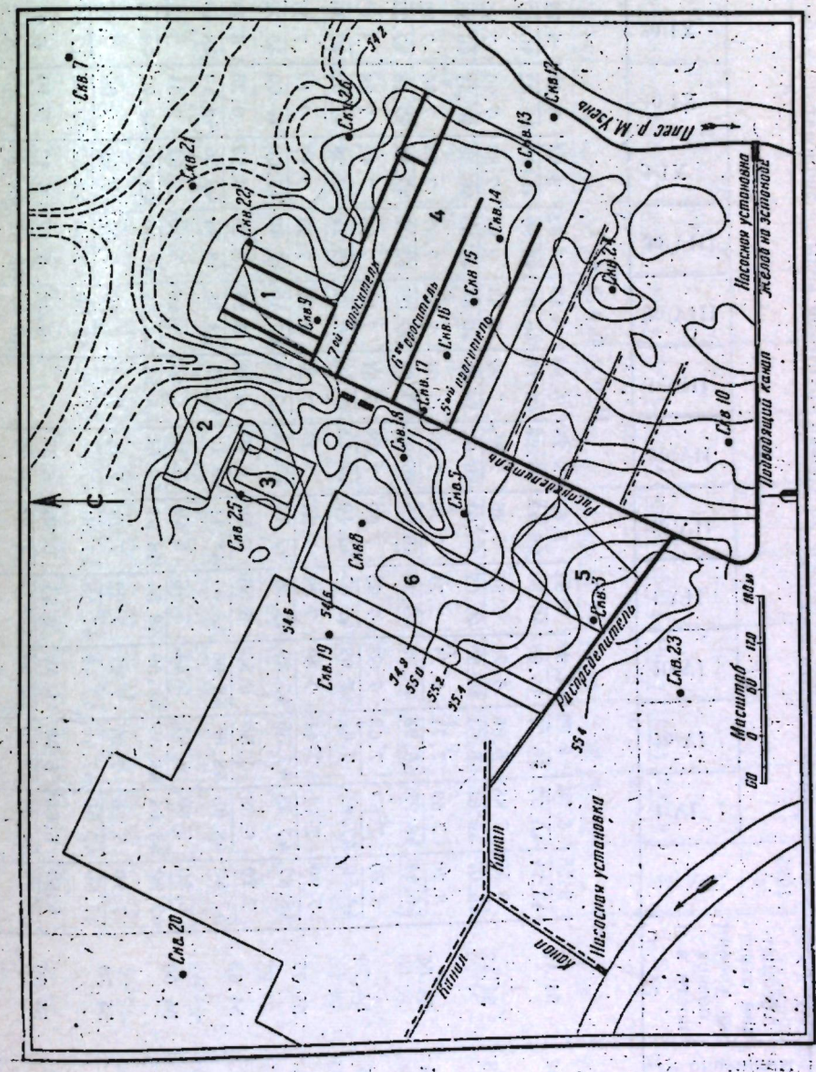
Регулярные наблюдения над уровнем грунтовых вод были начаты с 1/VI 1936 г. За исходный уровень грунтовых вод до орошения принята их абсолютная высота, измеренная 14/XI 1935 г., увязанная с реперной маркой в фундаменте здания б. церкви в с. Алексашкино. Летом 1936 г., т. е. в первый год орошения, уровень грунтовых вод измерялся три раза в месяц подекадно, а в зимний период 1936/37 г. — один раз в месяц. С весны 1937 г. и до апреля 1938 г. и летом и зимой измерения проводились 1-го и 15-го числа ежемесячно.

Уровень воды в плесе р. Малый Узень, являющемся водохранилищем для данного орошаемого массива, летом 1936 г. измерялся ежедекадно, а в 1937 г. в нем были отмечены лишь весенний паводковый и осенний наименьший уровни.

Химический состав грунтовых вод во всех скважинах до орошения участка был изучен в 1935 г., и полученные данные опубликованы в вышеуказанной статье И. Н. Антипова-Каратаева и Н. И. Саввинова. Далее, химический состав воды в отдельных выборочных скважинах изучался летом 1936 г. три раза в сезон (в мае, июне и сентябре), зимой 1936/37 г.— один раз (I/II 1937 г.) и летом и осенью 1937 г.—два раза (1/VII и 2/XI).

Результаты наблюдений над уровнем грунтовых вод в 1936 г. представлены в табл. 1.

Из данных табл. 1 следует, что с осени 1935 г. (14/XI) к началу лета 1936 г. (1/VI), т. е. к началу орошения, уровень грунтовых вод почти во всех скважинах поднялся на высоту от 12 до 70 см. При этом в скважинах, расположенных вблизи промытых делянок вдоль 7-го оросителя (№ 13—17 и 9), а также в скв. 12, расположенной на самом берегу плеса р. Малый Узень, где сказывается весенний паводок, и в скв. 18, расположенной в центре большой западины, поднятие грунтовых вод с осени к концу весны достигало 40—70 см. В скважинах же, расположенных вне массива орошения (№ 19, 23, 10, 3, 5, 22, 21 и 7), поднятие воды произошло на 12—43 см.



1 — орошаемый питомник многолетних трав, где производились опыты по мелиорации солонцов на малых делянках; *2* — неорошаемый питомник многолетних трав, где производились опыты по мелиорации солонцов на малых делянках; *3* — опытные делянки, где производилось исследование перераспределения выпадающих атмосферных осадков; *4* — основной опытный участок, заложенный в 1935—1936 гг.; *5*—*6* — основной опытный участок, заложенный в 1937 г.; *7* — махорочная и овощная плантация колхоза имени Ленина

Фиг. 1. Расположение оросительной сети, опытных участков и смотровых скважин на Малоузенском солонцовом стационаре

ТАБЛИЦА 1

Абсолютный уровень поверхности у смотровых скважин и уровень грунтовых вод в 1935—1936 гг.
(в числителе — глубина скважины до уровня грунтовой воды, в знаменателе — абсолютная отметка уровня)

№ скважины	Абсолютная отметка уровня поверхности в м	1935 г.	1936 г.																Общий подъем грунтовой воды за 1936 г. в см
		14/XI	1/VI	10/VI	20/VI	1/VII	10/VII	20/VII	1/VIII	10/VIII	20/VIII	1/IX	10/IX	20/IX	1/X	10/X	1/XI	15/XI	15/XII	
Профиль 1																				
12	51.49	5.55 45.94	4.72 46.77	4.72 46.77	4.81 46.68	4.91 46.58	5.07 46.42	5.25 46.24	5.39 46.10	5.47 46.02	5.62 45.87	5.63 45.86	5.67 45.82	5.42 46.07	—	5.35 46.14	5.20 46.29	5.22 46.27	5.25 46.24	30
13	54.47	8.40 46.07	7.86 46.61	6.86 46.61	7.78 46.69	7.80 46.67	7.86 46.61	7.85 46.62	7.92 46.55	7.93 46.54	7.94 46.53	7.88 46.59	7.96 46.51	7.92 46.55	7.96 46.51	7.97 46.50	7.92 46.55	7.89 46.58	7.88 46.59	52
14	54.64	8.20 46.44	7.69 46.95	7.71 46.93	7.71 46.93	7.71 46.93	7.70 46.94	7.68 46.96	7.61 47.03	7.58 47.06	7.57 47.07	7.53 47.11	7.46 47.18	7.42 47.22	7.41 47.23	7.38 47.26	7.39 47.25	7.32 47.32	7.29 47.35	91
15	54.70	8.20 46.50	7.63 47.07	7.63 47.07	7.63 47.07	7.63 47.07	7.60 47.10	7.58 47.12	7.51 47.19	7.48 47.22	7.46 47.24	7.42 47.28	7.38 47.32	7.35 47.35	7.31 47.39	7.29 47.41	7.18 47.52	7.11 47.59	7.07 47.63	113
16	54.77	7.90 46.87	7.42 47.35	7.41 47.36	7.38 47.39	7.38 47.39	7.35 47.42	7.33 47.44	7.29 47.48	7.32 47.45	7.35 47.42	7.17 47.60	7.12 47.65	7.05 47.72	7.03 47.74	6.99 47.78	6.94 47.83	6.90 47.87	6.87 47.90	103
17	54.63	7.20 47.43	6.58 48.05	6.57 48.06	6.57 48.06	6.56 48.07	6.52 48.11	6.48 48.15	6.38 48.25	6.25 48.38	6.29 48.34	6.27 48.36	6.23 48.40	6.23 48.40	6.19 48.44	6.17 48.46	6.17 48.46	6.19 48.44	6.21 48.42	99
18	54.00	6.10 47.90	5.39 48.61	5.41 48.59	5.41 48.59	5.46 48.54	5.49 48.51	5.49 48.51	5.46 48.54	5.46 48.54	5.50 48.50	5.51 48.49	5.51 48.49	5.55 48.45	5.65 48.35	5.67 48.33	5.73 48.27	5.67 48.33	5.80 48.42	30
8	54.70	7.10 47.60	7.20 47.50	7.24 47.46	7.21 47.49	7.22 47.48	7.20 47.50	7.14 47.56	7.11 47.59	7.10 47.60	7.07 47.63	7.08 42.62	7.08 47.62	7.03 47.67	7.04 47.66	7.03 47.67	6.95 47.75	7.01 47.69	7.01 47.69	9
19	54.69	6.80 47.89	6.60 48.09	6.59 48.10	6.49 48.20	6.44 48.25	6.39 48.30	6.35 48.34	—	6.22 48.47	6.17 48.52	6.13 48.56	6.10 48.59	6.07 48.62	6.04 48.65	6.03 48.66	—	5.98 48.71	5.96 48.73	84
20	56.60	8.70 47.90	—	8.70 47.90	8.61 47.99	8.72 47.88	8.68 47.92	8.66 47.94	8.61 47.99	8.59 48.01	8.59 48.01	8.58 48.02	8.58 48.02	8.56 48.04	—	8.56 48.04	8.53 48.07	8.50 48.10	8.50 48.10	20
Профиль 2																				
23	55.20	8.00 47.20	—	8.32 46.88	8.24 46.96	8.24 46.96	8.28 46.92	8.27 46.93	8.27 46.93	8.23 46.97	8.23 46.97	8.21 46.99	8.18 47.02	8.13 47.07	8.17 47.03	8.16 47.04	8.09 47.11	8.10 47.10	8.08 47.12	—8
10	54.70	8.00 46.70	7.57 47.13	7.60 47.10	7.59 47.11	7.66 47.04	7.67 47.03	7.63 47.07	7.57 47.13	7.54 47.16	7.52 47.18	7.50 47.20	7.48 47.22	7.44 47.26	7.42 47.28	7.42 47.28	7.35 47.35	7.31 47.39	7.29 47.41	71
3	55.60	9.10 46.50	8.98 46.62	9.03 46.57	6.04 46.56	9.05 46.55	9.06 46.54	9.01 46.59	8.93 46.67	8.77 46.83	8.72 46.88	8.55 47.05	8.43 47.17	8.33 47.27	8.31 47.29	8.25 47.35	8.34 47.26	8.34 47.26	8.30 47.30	80
5	54.60	7.05 47.55	6.91 47.69	6.98 47.62	6.94 47.66	6.95 47.65	6.94 47.66	6.94 47.66	6.94 47.66	6.93 47.67	6.96 47.64	6.95 47.65	6.97 47.63	6.94 47.66	6.99 47.61	6.99 47.61	—	6.97 47.63	6.95 47.65	10
9	54.52	7.80 46.72	7.17 47.35	7.16 47.36	7.18 47.34	7.17 47.35	7.19 47.33	7.15 47.37	7.11 47.41	7.05 47.47	7.03 47.49	7.03 47.49	6.97 47.55	6.87 47.65	6.78 47.74	6.70 47.82	6.69 47.83	6.66 47.86	6.63 47.89	117
22	54.50	7.70 46.80	7.57 46.93	7.61 46.89	7.50 47.00	7.54 46.96	7.58 46.92	7.56 46.94	7.49 47.01	7.46 47.04	7.45 47.05	7.44 47.06	7.43 47.07	7.41 47.09	7.42 47.08	7.43 47.07	7.45 47.05	7.39 47.11	7.36 47.14	34
21	53.50	6.20 47.30	6.02 47.48	6.13 47.37	6.10 47.40	6.10 47.40	6.10 47.40	6.10 47.40	6.10 47.40	6.05 47.45	6.05 47.45	6.05 47.45	6.04 47.46	6.07 47.43	6.08 47.42	6.09 47.41	6.10 47.40	6.11 47.39	6.09 47.41	11
7	54.50	7.45 47.05	7.15 47.35	7.15 47.35	7.15 47.35	7.14 47.36	7.13 47.37	7.13 47.37	7.13 47.37	7.10 47.40	7.11 47.39	7.12 47.38	7.12 47.38	7.12 47.38	7.15 47.35	7.15 47.35	7.17 47.33	7.21 47.29	7.16 47.34	29
Дополнительные скважины																				
24	54.00	—	7.25 46.75	7.25 46.75	7.19 46.81	7.19 46.81	7.21 46.79	7.20 46.80	7.14 46.86	7.14 46.86	7.15 46.85	7.14 46.86	7.05 46.95	7.04 46.96	—	7.05 46.95	7.01 46.99	7.01 46.99	6.99 47.01	26
25	54.75	—	7.72 47.03	7.74 47.01	7.74 47.01	7.74 47.01	7.76 46.99	7.72 47.03	7.71 47.04	7.66 47.09	7.67 47.08	7.68 47.07	7.66 47.09	7.65 47.10	7.64 47.11	7.65 47.10	7.60 47.15	7.65 47.10	7.67 47.08	5
26	54.35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.40 46.95	7.38 46.97	7.34 47.01	7.31 47.04	7.31 47.04	7.30 47.05	7.30 47.05	7.19 47.16	7.19 47.16	>21
Уровень воды в плесе р. Малый Увень . . .		45.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

В скв. 20, находящейся у подножья сыртов, уровень воды не изменился, а в скв. 8 и 23, расположенных первая между двумя западинами, а вторая у берега р. Малый Узень, произошло опускание уровня грунтовой воды соответственно на 10 и 32 см.

В течение поливного периода 1936 г. и вплоть до 1/I 1937 г. поднятие уровня грунтовых вод почти во всех скважинах продолжалось и достигло на орошаемом участке (№ 13—17, 19, 9) 52—117 см. В скв. 12, отражающей уровень воды в плесе р. Малый Узень, по мере выкачивания из него воды пятью насосными установками (колхозов и стационара), с июня по 10 сентября произошло быстрое падение уровня грунтовых вод, достигшее 95 см. После 10/XI, с прекращением поливов и выкачивания воды из плеса, уровень воды в скв. 12 начал повышаться благодаря постоянному подтоку ее с орошаемого массива, где уровень вод все лето постепенно повышался. В скв. 13, благодаря некоторому равновесию между оттоком воды в плес р. Малый Узень и притоком со стороны орошаемого массива, все лето и осень 1936 г. поддерживался почти один и тот же уровень.

В скважинах, расположенных вне орошаемых участков, но вблизи подводящей или оросительной сети (№ 10, 3, 22), уровень грунтовых вод на 1936 г. поднялся на 34—80 см. В скважинах же, расположенных вне орошения и вдали от сети (5, 7, 8, 20, 21, 24, 25, 26), грунтовые воды за этот же период времени поднялись лишь на 5—29 см.

Таким образом, к концу 1936 г. из 21 смотровой скважины, расположенных на участке, лишь в одной скважине (№ 23) уровень оказался на 8 см ниже осеннего уровня 1935 г. Во всех же остальных скважинах произошло поднятие грунтовых вод на высоту 5—117 см.

В 1937 г., согласно данным наблюдений (табл. 2), поднятие уровня грунтовых вод продолжалось.

Как и следовало ожидать, это поднятие особо интенсивно шло на участке, подвергшемся в 1935 и 1936 гг. промывке нормой в 7000 м³/га, что отражено в скв. 13—17 и 9. Здесь общее поднятие уровня грунтовых вод по сравнению с исходным достигло 106—268 см. Особенно сильно (на 268 см) оно выражено в скв. 9, участок близ которой был промыт осенью 1937 г. после 2 лет орошения. В скв. 14—17 поднятие воды произошло на 160—205 см.

Значительное поднятие грунтовых вод (на 101 см) наблюдалось также в скв. 22, расположенной близ орошаемого питомника многолетних трав, а также в скв. 26 (на 124 см), благодаря близости ее к делянкам 812—825, занятым в 1937 г. культурой риса, потребовавшей большого количества поливной воды.

Так как в 1937 г. орошаемый массив был значительно расширен по сравнению с 1936 г. за счет организации дополнительных опытных участков (см. участки *5* и *6* на фиг. 1), а также за счет расширения хозяйственных посевов вдоль жолоба и подводящего канала в западинах близ скв. 18 и 24, то в этом году вне орошаемых массивов оказались лишь скв. 20, 21, 23, 25 и 27. Но и в этих скважинах наблюдалось поднятие грунтовых вод на 19—45 см.

В итоге за 2 года орошения (1936 и 1937 гг.) во всех без исключения смотровых скважинах, расположенных как непосредственно на орошаемых участках, так и вне их; произошло общее поднятие уровня грунтовых вод на высоту от 17 до 268 см (табл. 2).

Существенных изменений за весну 1938 г. не произошло, как показывают данные табл. 3. Лишь в скв. 9 имело место падение уровня на 42 см вследствие растекания промывных вод 1937 г., но все же в этой скважине наблюдается на 1/IV 1938 г. наибольшее поднятие от первоначального (222 см), что объясняется ее большей близостью к 7-му оросителю с промытыми делянками по сравнению со скв. 12—17.

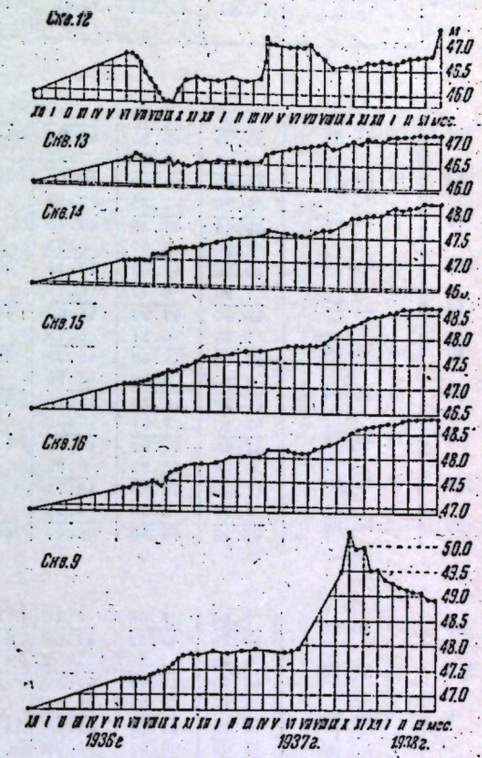
В остальных скважинах за весну 1938 г. произошло или незначительное поднятие, или же незначительное опускание в пределах 20—25 см.

Кривые изменения уровня грунтовых вод, составленные по вышеизложенным материалам, представлены на фиг. 2—4. Рассмотрим более подробно некоторые из них.

Прежде всего кривые для скв. 14—16 (фиг. 2) показывают, что поднятие грунтовых вод происходило очень равномерно, т. е. почти по прямой. Можно отметить некоторую тенденцию к затуханию подъема кривой уровня воды в зимние и весенние месяцы (с декабря по июнь — июль). Оросительная и промывная вода, подаваемая на участок в летние и осенние месяцы, медленно и неуклонно наслаивается на установившийся уровень грунтовых вод в течение всей зимы и весны, вплоть до нового полива.

На участках, где не было осенних промывок, в зимне-весенние месяцы наблюдается даже некоторое опускание уровня грунтовых вод (скв. 18, 19, 3, фиг. 3), но к началу нового оросительного сезона это опускание обычно не приводит к уровню, бывшему перед подъемом воды. Таким образом, каждый новый подъем воды начинается со все более и более высокого уровня.

Кривая для скв. 12 отражает колебания уровня воды в плесе р. Малый Узень. Этот уровень в реке оказывается наивысшим в начале апреля, т. е. в моменты весеннего половодья. В это время вода в плесе задерживается при помощи ежегодного устройства на реке (ниже нашего участка) небольшой земляной плотины. С июня—июля, с началом оросительного сезона, уровень воды в плесе начинает быстро снижаться вследствие того, что обычно этой водой пользуются пять-шесть насосных станций колхозов и опытного участка. В это же время значительно усиливается и непосредственное испарение воды с открытой водной поверхности. Снижение прекращается в сентябре, т. е. вместе с прекращением откачки воды из плеса, и сменяется очень медленным поднятием воды за счет осенних дождей и за счет подтока грунтовых вод с окружающих орошенных участков долины.



Фиг. 2. Кривые поднятия уровня грунтовых вод в скв. 12—16 и 9, расположенных на орошаемом участке близ рядов промытых делянок по 7-му оросителю

Кривая изменения уровня воды по скв. 9 (фиг. 2) указывает также на постепенный неуклонный подъем воды, аналогичный наблюдающемуся в скв. 14—16, вплоть до сентября 1937 г., т. е. до того срока, когда на прилегающем к этой скважине участке (питомнике многолетних трав) была произведена промывка нормами в 6000—7000 м³/га. В сентябре уровень воды стал быстро подниматься. К сожалению, с середины июля и до середины сентября наблюдения в скв. 9 не производились, так как она была испорчена и потребовала переделки (с новым бурением). Надо полагать, что до

ТАБ

Абсолютный уровень

(в числителе — глубина скважины до уровня грунтовых

ЛИЦА 2

грунтовых вод

вод, в знаменателе — абсолютная отметка уровня)

№ скважины	Абсолютная отметка уровня поверхности в м	1935 г.	1936 г.	19							37 г.										Подъем грунтовых вод за 1937 г. в см	Общий подъем от начала орошения в см
		14/XI	15/XII	15/I	15/II	15/III	15/V	1/VI	15/VI	1/VII	15/VII	1/VIII	15/VIII	15/IX	1/X	15/X	1/XI	15/XI	1/XII	15/XII		
										Про					филь 1							
12	51.49	5.55 45.94	5.25 46.24	5.20 46.29	5.23 46.26	5.21 46.28	4.55 46.94	4.56 46.93	4.55 46.94	4.50 46.99	4.64 46.85	4.81 46.68	4.94 46.55	4.89 46.60	4.95 46.54	4.89 46.60	4.82 46.67	4.84 46.65	4.81 46.68	4.83 46.66	42	72
13	54.47	8.40 46.07	7.88 46.59	7.87 46.60	7.88 46.59	7.88 46.59	7.63 46.84	7.58 46.89	7.56 46.91	7.54 46.93	7.53 46.94	7.49 46.98	7.55 46.92	7.46 47.01	7.43 47.04	7.45 47.02	7.38 47.09	7.37 47.10	7.40 47.07	7.34 47.13	54	106
14	54.64	8.20 46.44	7.29 47.35	7.18 47.46	—	7.18 47.46	7.10 47.54	7.11 47.53	7.15 47.49	7.13 47.51	7.09 47.55	7.02 47.62	7.01 47.63	6.85 47.79	6.76 47.88	6.75 47.89	6.68 47.96	6.67 47.97	6.69 47.95	6.60 48.04	60	160
15	54.70	8.20 46.50	7.07 47.63	6.99 47.71	6.95 47.75	6.93 47.77	6.84 47.86	6.87 47.83	6.87 47.83	6.83 47.87	6.80 47.90	6.73 47.97	6.67 48.03	6.47 48.23	6.38 48.32	6.34 48.36	6.20 48.44	6.25 48.45	6.20 48.50	6.15 48.55	92	205
16	54.77	7.90 46.87	6.87 47.90	6.75 48.02	6.75 48.02	6.75 48.02	6.67 48.10	6.68 48.09	6.70 48.07	6.71 48.06	6.63 48.14	6.56 48.21	6.53 48.24	6.36 48.41	6.26 48.51	6.22 48.55	6.15 48.62	6.14 48.63	6.13 48.64	6.08 48.69	79	182
17	54.63	7.20 47.73	6.21 48.42	6.25 48.38	7.34 48.29	6.30 48.33	6.26 48.37	6.23 48.40	6.20 48.43	6.07 48.56	5.91 48.72	5.75 48.88	5.65 48.98	5.50 49.13	5.43 49.20	5.48 49.15	5.53 49.10	5.46 49.17	5.55 49.08	5.55 49.08	66	165
18	54.00	6.10 47.90	5.80 48.20	5.90 48.10	6.01 47.99	—	5.39 48.61	5.47 48.53	—.	—	4.74 49.26	4.69 49.31	4.83 49.17	4.97 49.03	5.01 48.99	5.10 48.90	5.15 48.85	5.21 48.79	5.22 48.78	5.28 48.72	52	82
8	54.70	7.10 47.60	7.01 47.69	7.05 47.65	6.99 47.71	6.99 47.71	6.95 47.75	6.97 47.73	6.95 47.75	6.93 47.77	6.88 47.82	6.88 47.82	6.83 47.87	6.74 47.96	6.72 47.98	6.66 48.04	6.65 48.05	6.66 48.04	6.60 48.10	6.58 48.12	43	52
10	54.69	6.80 47.89	5.96 48.73	5.92 48.77	—	—	6.02 48.67	6.03 48.66	6.07 48.62	6.03 48.66	5.98 48.71	5.89 48.80	—	5.65 49.04	5.60 49.09	5.60 49.09	5.55 49.14	5.56 49.13	5.57 49.12	5.60 49.09	36	120
20	56.60	8.70 47.90	8.50 48.10	8.53 48.07	8.39 48.21	8.38 48.22	8.40 48.20	8.40 48.20	8.38 48.22	8.50 48.10	8.35 48.25	8.33 48.27	8.35 48.25	8.25 48.35	8.22 48.38	8.23 48.37	8.25 48.35	8.21 48.39	8.15 48.45	8.25 48.35	25	45
										Про					филь 2							
23	55.20	8.00 47.20	8.08 47.12	8.12 47.08	8.09 47.11	8.08 47.12	8.06 47.14	8.04 47.16	8.02 47.18	8.00 47.20	7.95 47.25	7.90 47.30	7.95 47.25	7.91 47.29	7.85 47.35	7.87 47.33	7.89 47.31	7.87 47.33	7.85 47.35	7.83 47.37	25	17
10	54.70	8.00 46.70	7.29 47.41	7.32 47.38	7.27 47.43	—	7.35 47.35	7.42 47.28	7.37 47.33	7.37 47.33	7.30 47.40	7.21 47.49	7.15 47.55	7.05 47.65	7.00 47.70	7.03 47.67	6.98 47.72	6.96 47.74	6.87 47.83	6.97 47.73	32	103
3	55.60	9.10 46.50	8.30 47.30	8.34 47.26	8.40 47.20	8.44 47.16	8.50 47.10	8.48 47.12	8.45 47.15	8.49 47.11	8.44 47.16	8.31 47.29	8.30 47.30	8.10 47.50	8.07 47.53	8.05 47.55	8.05 47.55	8.13 47.47	8.10 47.50	8.13 47.47	17	97
5	54.60	7.05 47.55	6.95 47.65	6.99 47.61	7.00 47.60	—	6.78 47.82	6.75 47.85	6.80 47.80	6.70 47.90	6.61 47.99	6.56 48.04	6.56 48.04	6.50 48.10	6.48 48.12	6.50 48.10	6.51 48.09	6.52 48.08	6.50 48.10	6.50 48.10	45	55
9	54.52	7.80 46.72	6.63 47.89	6.68 47.84	6.60 47.92	6.56 47.96	6.62 47.90	6.63 47.89	6.57 47.95	—	—	—	—	5.04 49.48	4.21 50.31	4.56 49.96	4.51 50.01	4.96 49.56	4.99 49.53	5.16 49.36	147	268
22	54.50	7.70 46.80	7.36 47.14	7.41 47.09	7.35 47.15	7.33 47.17	7.32 47.18	7.32 47.18	7.36 47.14	7.32 47.18	7.30 47.20	7.21 47.29	7.20 47.30	6.93 47.57	6.82 47.68	6.80 47.70	6.78 47.72	6.71 47.79	6.65 47.85	6.69 47.81	67	101
21	53.50	6.20 47.30	6.09 47.41	6.06 47.24	6.05 47.45	—	6.07 47.43	6.08 47.42	—	—	—	—	—	5.95 47.55	6.01 47.49	5.95 47.55	5.92 47.58	5.93 47.57	5.92 47.58	5.90 47.60	19	30
7	54.50	7.45 47.05	7.16 47.34	7.17 47.33	7.24 47.26	7.22 47.28	7.22 47.28	7.21 47.29	7.25 47.25	7.28 47.22	7.24 47.26	7.21 47.29	7.20 47.30	7.22 47.28	7.19 47.31	7.20 47.30	7.16 47.34	7.22 47.28	7.25 47.25	7.21 47.29	5	24
										Дополнитель					ные скважины							
24	54.00	1/VI 1936 г. 7.25 46.75	6.99 47.01	7.05 46.95	7.02 46.98	7.09 46.91	6.83 47.17	6.81 47.19	6.85 47.15	6.81 47.19	6.79 47.21	6.75 47.25	6.82 47.18	6.75 47.25	6.75 47.25	6.78 47.22	6.75 47.25	6.77 47.23	6.81 47.19	6.80 47.20	19	45
25	54.75	1/VI 1936 г. 7.72 47.03	7.67 47.08	7.71 47.04	7.58 47.17	7.63 47.12	7.61 47.14	7.66 47.09	7.63 47.12	7.64 47.11	7.57 47.18	7.56 47.19	7.60 47.15	7.54 47.21	7.51 47.24	7.52 47.23	7.52 47.23	7.50 47.25	7.60 47.15	7.53 47.22	14	19
26	54.35	20/VIII 1936 г. 7.40 46.95	7.19 47.16	7.25 47.10	7.10 47.25	7.05 47.30	7.02 47.33	7.01 47.34	7.01 47.34	6.92 47.43	6.80 47.55	6.61 47.74	6.52 47.83	6.23 48.12	6.15 48.20	6.15 48.20	6.14 48.21	6.14 48.21	6.10 48.25	6.16 48.19	103	>124
Уровень воды в пдесе р. Малый Увень		45.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ТАБЛИЦА 3

Абсолютный уровень грунтовых вод

(в числителе — глубина скважины до уровня грунтовых вод, в знаменателе — абсолютная отметка уровня)

№ скважины	Абсолютная отметка уровня поверхности в м	1935 г.	1937 г.	1938 г.							Подъем грунтовых вод за 3 мес. 1938 г. в см	Общий подъем от начала орошения в см
		14/XI	15/XII	1/I	15/I	1/II	15/II	1/III	15/III	1/IV		
Профиль 1												
12	51.49	5.55 45.94	4.83 46.66	4.82 46.67	4.78 46.71	4.74 46.75	4.72 46.77	4.72 46.77	4.69 46.80	4.13 47.36	70	142
13	54.47	8.40 46.07	7.34 47.13	7.31 47.16	7.31 47.16	7.26 47.21	7.27 47.20	7.27 47.20	7.25 47.22	7.21 47.26	13	119
14	54.64	8.20 46.44	6.60 48.04	6.56 48.08	6.57 48.07	6.53 48.11	6.50 48.14	6.45 48.19	6.45 48.19	6.45 48.19	11	175
15	54.70	8.20 46.50	6.15 48.55	6.08 48.62	6.09 48.61	6.07 48.63	6.03 48.67	6.04 48.66	6.04 48.66	6.05 48.65	10	215
16	54.77	7.90 46.87	6.08 48.69	6.06 48.71	6.04 48.73	5.99 48.78	5.99 48.78	5.96 48.81	5.98 48.79	5.98 48.79	10	192
17	54.63	7.20 47.43	5.55 49.08	5.60 49.03	5.60 49.03	5.65 48.98	5.69 48.94	5.71 48.92	5.75 48.88	5.73 48.90	—18	147
18	54.00	6.10 47.90	5.28 48.72	5.25 48.75	5.33 48.67	5.33 48.67	5.39 48.61	5.42 48.58	5.45 48.55	—	—17	65
8	54.70	7.10 47.60	6.58 48.12	6.54 48.16	6.43 48.27	6.35 48.35	6.40 48.30	6.42 48.28	6.23 48.47	—	35	87
19	54.69	6.80 47.89	5.60 49.09	5.55 49.14	5.57 49.12	5.60 49.09	5.63 49.06	5.66 49.03	5.68 49.01	5.68 49.01	— 8	112
20	55.60	8.70 47.90	8.25 48.35	8.31 48.29	8.18 48.42	8.21 48.39	8.24 48.36	8.27 48.33	8.30 48.30	—	— 5	40
Профиль 2												
23	55.20	8.00 47.20	7.83 47.37	7.78 47.42	7.83 47.37	7.87 47.33	7.90 47.30	7.92 47.28	7.85 47.35	—	—2	15
10	54.70	8.00 46.70	6.97 47.73	6.93 47.77	6.98 47.72	6.95 47.75	6.95 47.75	6.97 47.73	7.05 47.65	6.94 47.76	3	106
3	55.60	9.10 46.50	8.13 47.47	8.05 47.55	8.05 47.55	8.10 47.50	8.13 47.47	8.17 47.43	8.15 47.45	8.08 47.52	5	102
5	54.60	7.80 47.55	6.50 48.10	6.53 48.07	6.48 48.12	6.50 48.10	6.53 48.07	6.55 48.05	6.58 48.02	6.50 48.10	0	55
9	54.52	7.80 46.72	5.16 49.36	5.24 49.28	5.30 49.22	5.37 49.15	5.41 49.11	5.43 49.09	5.58 48.94	5.58 48.94	—42	222
22	54.50	7.70 46.80	6.69 47.81	6.61 47.89	6.59 47.91	6.61 47.89	6.65 47.85	6.67 47.83	6.67 47.83	6.65 47.85	4	105
21	53.50	6.20 47.30	5.90 47.60	5.86 47.64	5.86 47.64	5.83 47.67	5.87 47.63	5.91 47.59	5.88 47.62	5.92 47.58	—2	20
7	54.50	7.45 47.05	7.21 47.29	7.17 47.33	7.24 47.26	7.23 47.27	7.25 47.25	7.27 47.23	7.30 47.20	—	—9	15

Продолжение таблицы 3

№ скважины	Абсолютная отметка уровня поверхности в м	1935 г.	1937 г.	1938 г.							Подъем грунтовых вод за 3 мес. 1938 г. в см	Общий подъем от начала орошения в см
		14/XI	15/XII	1/I	15/I	1/II	15/II	1/III	15/III	1/IV		
Дополнительные скважины												
24	54.00	1/VI 1936 г. 7.25 46.75	6.80 47.20	6.75 47.25	6.70 47.30	6.75 47.25	6.75 47.25	6.71 47.29	6.75 47.25	6.55 47.45	25	70
25	54.75	1/VI 1936 г. 7.72 47.03	7.53 47.22	7.48 47.27	7.45 47.30	7.49 47.26	7.55 47.20	7.57 47.18	7.47 47.28	7.54 47.21	—1	18
26	54.35	20/VIII 1936 г. 7.40 46.95	6.16 48.19	6.17 48.18	6.19 48.16	6.20 48.15	6.24 48.11	6.26 48.09	6.27 48.08	6.25 48.10	—9	115

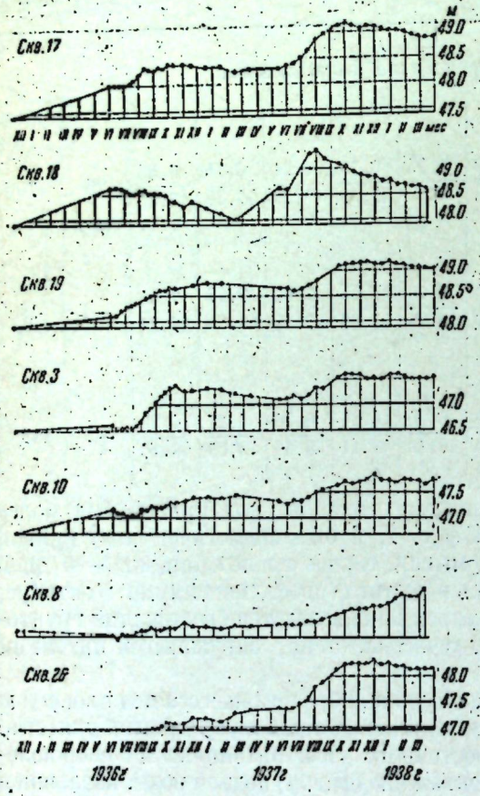
промывки питомника, т. е. до начала сентября, ход кривой был более плавный, чем это изображено на фиг. 2, и был аналогичен ходу кривой в скв. 14—16. Затем с началом промывки, вернее с запозданием в 5—6 дней от начала, кривая быстро поднялась и достигла своего максимума в октябре, после чего она стала быстро опускаться вниз вследствие растекания грунтовых вод в сторону неорошаемого участка степи, окружающей питомник с трех сторон.

О медленном растекании воды из купола, образовавшегося под площадью питомника в результате его промывки, свидетельствует кривая для скв. 22, расположенной близ северо-восточного угла питомника на неорошаемом участке степи (фиг. 1). В этой скважине (фиг. 4) подъем воды, начавшись в сентябре 1937 г., неуклонно продолжался вплоть до января — февраля 1938 г., и лишь к апрелю уровень воды несколько снизился по сравнению со своей высшей точкой.

Кривая скв. 10 (фиг. 3), расположенной на неорошаемой части целинного степного участка, но невдалеке от главного подводящего канала (фиг. 1), дает представление об его донной фильтрации. Здесь подъем воды приходится на июнь—октябрь, т. е. на время наполнения канала. Начиная с декабря, когда нового поверхностного питания грунтовых вод не происходит, в скважине отмечается медленное опускание их уровня. То же самое выражено и на кривой колебания уровня воды в скв. 3 (фиг. 3), расположенной у распределителя, ведущего воду на западные части опытного участка и отчасти на плантацию колхоза имени Ленина. В этой скважине быстрый подъем воды, начавшись в августе 1936 г., достиг своей высшей точки в октябре того же года, затем до мая следующего года происходило медленное и очень незначительное опускание уровня, сменившееся новым быстрым подъемом, продолжавшимся до октября 1937 г. С октября 1937 г. до апреля 1938 г. уровень воды опять начал очень медленно и незначительно опускаться с тем, чтобы с началом нового оросительного сезона опять перейти к быстрому подъему.

Кривая для скв. 26 (фиг. 3), указывающая на быстрый подъем воды с июля по октябрь 1937 г., отражает фильтрацию воды с делянок 812—820, занятых в 1937 г. культурой риса, потребовавшей большого количества поливов.

Не разбирая подробно данных для остальных скважин, расположенных в орошаемой части участка, отметим лишь, что все скважины через больший или меньший промежуток времени отражают окружающие их условия водного режима поверхности почвы. Анализируя каждую кривую, всегда можно найти объяснение всем подъемам, стабилизированным состояниям и опусканиям в данных условиях увлажнения поверхности почв.



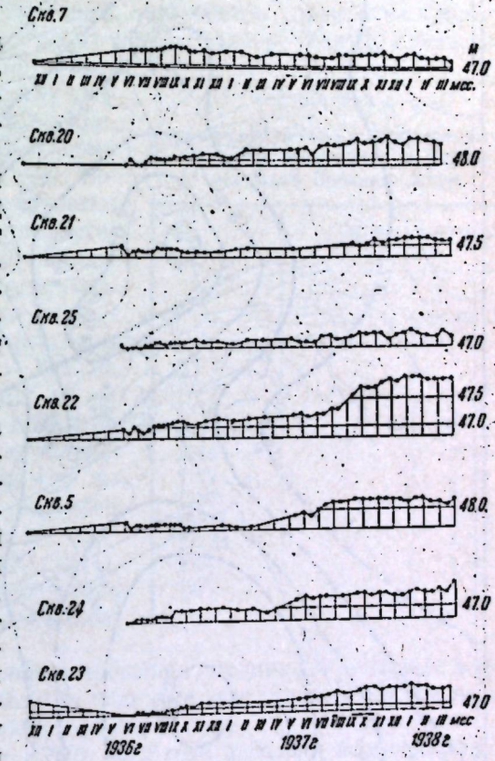
Фиг. 3. Кривые поднятия уровня грунтовых вод в скв. 17—19, 3, 10, 8 и 26, расположенных на орошаемых участках или вблизи от каналов

Что касается кривых изменения уровней грунтовых вод в скважинах, расположенных на неорошаемых участках степи, каковы, например, скв. 7, 20, 21, 25 (фиг. 4), то эти кривые обычно представляют собой ломаные линии, колеблющиеся около одного и того же уровня. Эти колебания нужно отнести преимущественно к влиянию на уровень грунтовых вод барических изменений. Можно отметить лишь небольшое, но постоянное и неуклонное повышение грунтовых вод в скв. 20, обязанное, повидимому, подпору грунтовых вод, стекающих с сыртов, куполами воды, образовавшимися на их пути в результате орошения.

Как известно, в долине всякой реки выражено три направления движения почвенно-грунтовых вод. Прежде всего почвенно-грунтовые воды движутся вдоль долины реки, по направлению ее течения; далее, в долину реки, с обоих ее коренных берегов, в данном случае с сыртов, направлен ток почвенно-грунтовых вод, перпендикулярный направлению долины и достигающий русла реки. Эти воды поддерживают меженный уровень воды летом и осенью в плесах всех заволжских рек.[1]

[1] Кстати, исправим ошибку, допущенную С. А. Делицикайтисом (1935), который полагает, что профиль грунтовых вод в долинах степных рек Заволжья имеет обратный характер по сравнению с профилем долин других, нестепных рек. По мнению Делицикайтиса, степные реки Заволжья летом и осенью питают свою долину, т. е. имеют профиль грунтовых вод, падающий от русла реки к коренным берегам долины. Как показывают наши детальные исследования долины р. Малый Узень, т. е. типичной степной реки Заволжья, профиль грунтовых вод здесь имеет обычное падение, направленное от склонов сыртов к руслу реки. Иначе говоря, плесы р. Малый Узень летом и осенью питаются водами из своей долины и из сыртов, т. е. так же, как и все реки нестепных районов (см. профиль 1, фиг. 12). Такой тип питания долин рек, как предполагал Делицикайтис для Заволжья, повидимому, может существовать лишь у рек, питающихся летом и осенью водами тающих ледников, находящихся в их верховьях.

Наконец, в долинах рек имеются свои местные, более высокие по сравнению со средним уровнем воды в долине купола вод, приуроченные к местным западинам, тальвегам и потяжинам, получающим дополнительное питание за счет скапливающихся и затем фильтрующихся делювиальных вод из самой долины реки. На нашем участке такой купол грунтовых вод (до орошения) был выражен в замкнутой западине вокруг скв. 18. От таких местных куполов почвенно-грунтовые воды растекаются во все стороны. Но так как со стороны верхней части долины реки и со стороны ее коренных берегов эти воды встречают сопротивление главных токов воды, то в основном растекание воды из местных куполов должно быть направлено вдоль падения долины реки и по направлению к руслу этой реки.



Фиг. 4. Кривые поднятия уровня грунтовых вод в смотровых скважинах, расположенных вне орошаемых участков

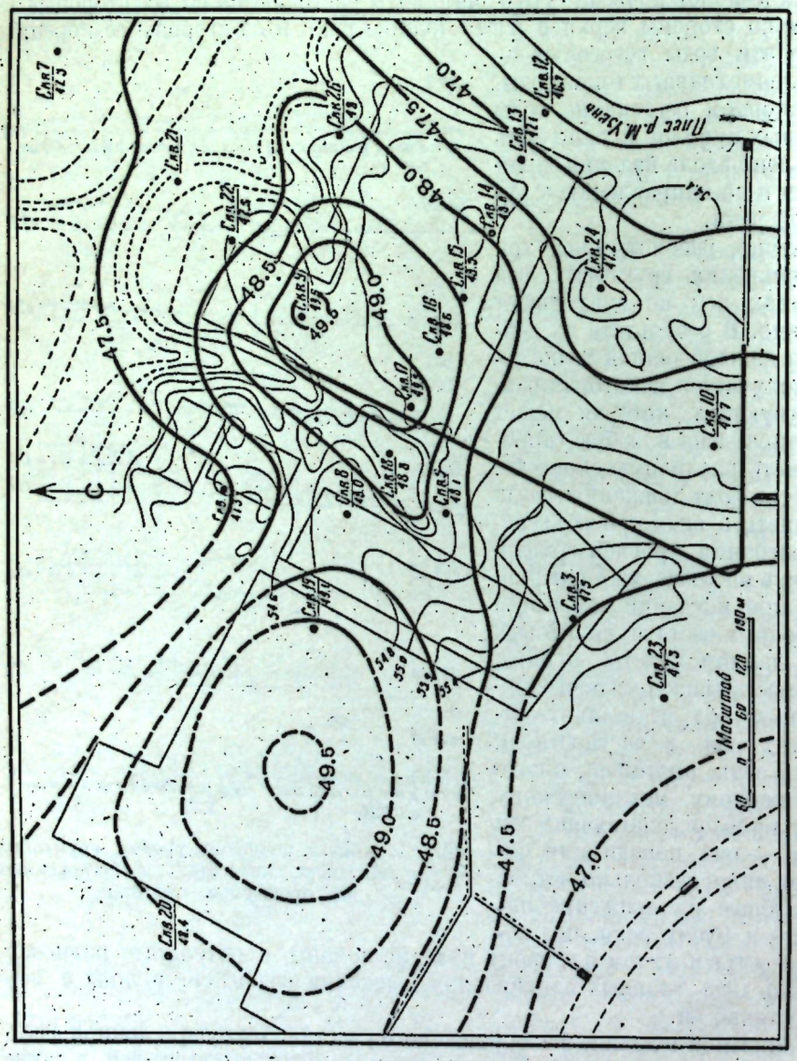
Конечно, рассмотренные три рода движения грунтовых вод в долинах рек не существуют раздельно. В результате их действия в каждой данной точке долины получается некоторая равнодействующая, которая может быть направлена в любую сторону и иметь различную скорость. Но эти три рода движения всегда надо иметь в виду при объяснении колебания уровней грунтовых вод в наблюдаемых скважинах и при изучении изменений химического состава грунтовых вод на данном участке долины.

Скорость движения почвенно-грунтовых вод в долинах заволжских рек, в частности р. Малый Узень, ничтожна, благодаря тяжелому механическому составу наносов, слагающих эти долины, — она, повидимому, составляет лишь несколько метров в год. Общее их движение направлено к руслу реки, под некоторым острым углом в сторону падения долины, в результате равнодействующей двух главных направлений движения вод вдоль долины и перпендикулярно ей.

Организация в долине реки орошаемого участка, благодаря донной фильтрации воды из подводящих каналов, распределителей оросителей, а также фильтрации вод с самих орошаемых площадей, приводит к поднятию уровня грунтовых вод на всей площади орошения. Здесь создаются местные купола воды большей или меньшей площади и высоты. Эти купола, преграждая путь почвенно-грунтовым водам, стекающим с сыртов, и водам, текущим вдоль долины, поднимают уровень грунтовых вод на значительной части долины реки. В частности, на разбираемом сейчас отрезке долины

В частности, этот случай имеет место у рек Средней Азии (Сыр-дарья, Аму-дарья и их притоки), питающихся летом ледниковыми водами горных хребтов Памира и Тянь-шаня. В заволжских реках подобный тип питания речных долин не может иметь места.

р. Малый Узень, в результате создания двух орошаемых участков на нем, за 2 года орошения создалось два локальных купола почвенно-грунтовых вод, расположенных один под нашим орошаемым опытным участком и второй под махорочной плантацией колхоза имени Ленина. Это наглядно видно на фиг. 5, где представлена карта гидроизогипс, составленная по уровням грунтовых вод в скважинах на 15/XI 1937 г.[1]



Фиг. 5. Расположение гидроизогипс почвенно-грунтовых вод на участке стационара через 2 года после начала орошения (по измерениям 15/XI 1937 г.)

Сравнение карты гидроизогипс 1937 г. с такой же картой, составленной на 15/XI 1935 г., т. е. до орошения (Труды Комиссии по ирригации, вып. 9, стр. 54, 1937), показывает резкое влияние орошения и особенно промывок на уровень почвенно-грунтовых вод. Гидроизогипсы 1935 г. указывают лишь на наличие на участке одного незначительного по площади и невысокого купола грунтовых вод под западиной вокруг скв. 18. Абсолютный уровень воды в этой западине равнялся в 1935 г. 47.9 м. Почти вся остальная часть участка имела уровень грунтовых вод ниже 47.5 м.

[1] В западной части участка как общая топография, так и гидроизогипсы проведены лишь предположительно, так как здесь не было произведено точной горизонтальной и вертикальной съемки и имеется недостаточное количество наблюдательных скважин.

К осени 1937 г. картина совершенно изменилась. На этом участке долины создались два новых, значительно более обширных по площади и более высоких купола грунтовых вод, расположенных под двумя орошаемыми массивами — опытным участком и плантацией. Абсолютная отметка уровней грунтовых вод в их высших точках достигает в этих куполах 49.5 м.

Осенью 1935 г. близ берега плеса р. Малый Узень проходила гидроизогипса в 46.0 м. Осенью 1937 г. на том же месте проходит гидроизогипса в 47.0 м. Это говорит о том, что такая, казалось бы, прекрасная природная дрена, какой можно было считать здесь русло р. Малый Узень, врезанное на 8—10 м в долину, не выполняет роли дрены даже в отношении участка, непосредственно к нему прилегающего благодаря слишком медленному движению почвенно-грунтовых вод. Вода, подаваемая из плеса реки на участки долины, непосредственно к нему прилегающие, профильтровавшись через толщу почво-грунтов до грунтовых вод, не успевает за год стечь опять в тот же плес,— происходит медленное, но непрерывное повышение уровня грунтовых вод на всей прилегающей части долины.

ТАБЛИЦА 4

Глубина грунтовых вод по годам до и после орошения в одном из совхозов Средней Азии.

Годы	Глубина грунтовых вод в м	
	до орошения	после орошения
1925 . . .	9.60	5.20
1926 . . .		4.60
1927 . . .		4.10
1928 . . .		3.90
1929 . . .		3.70
1930 . . .		3.20
1931 . . .		3.65
1932 . . .		2.95
1934 . . .		1.2
1935 . . .		3.70

Если сравнить скорость поднятия грунтовых вод нашего участка с таковой для других орошаемых массивов, то окажется, что она у нас не особенно велика. Например, в долине р. Сырдарьи, по данным Е. Петрова (1934), подъем грунтовых вод происходил значительно быстрее, чем у нас, как это видно из данных табл. 4.

Здесь в первый же год орошения произошло поднятие грунтовых вод на 4 м с лишним. В последующие годы поднятие замедлялось, но все же неуклонно продолжалось в течение 9—10 лет.

По другим данным (Петров, 1929), за 2 года действия подводящего канала Л/20 грунтовые воды близ канала поднялись на 4.9 м, а на расстоянии 4.5 км от него на 1.45 м. Общее действие канала здесь распространялось на полосу шириной до 5 км.

На нашем участке среднее поднятие грунтовых вод по 10 скважинам, расположенным непосредственно на орошаемом участке или близ канала (скв. 13—19, 10, 3 и 9), составляло:

за первый год орошения . . .	0.84 м
за второй » » . .	0.75 »
За 2 года	1.59 м

Казалось бы, что эти величины малы по сравнению со скоростью поднятия грунтовых вод в Голодной степи. Но не надо забывать, что площадь нашего орошенного участка, а следовательно, и сечение подводящих каналов, распределителей и количество подаваемой воды несравненно меньше масштабов орошения в Голодной степи. При увеличении масштаба ирригации скорость поднятия грунтовых вод будет сильно возрастать.

Отметим еще, что затухание скорости поднятия вод на нашем участке значительно меньше, чем таковое для Голодной степи. Для последней затухание от первого года орошения ко второму составляет 380 см, для нашего же

участка оно составляет всего 9 см (85—75 см). Это свидетельствует о том, что и на третий год орошения (1938 г.) на нашем участке также надо ожидать значительного подъема грунтовых вод.

Главной причиной поднятия уровня грунтовых вод на нашем участке надо считать фильтрацию поверхностных вод из каналов, распределителей, оросителей и с орошаемых площадей, особенно с промытых большими нормами воды.[1] На промытых делянках капиллярное смыкание поверхностных вод с грунтовыми водами наступило еще в 1935 г., сразу же после промывок нормами до 4000—5000 м³ воды на гектар. Это смыкание поддерживалось и в 1938 г., как видно из данных определения влажности, приведенных в табл. 5.

Данные определения влажности почво-грунтов от поверхности до грунтовых вод в целинных условиях в 1935 г. (до орошения) показали, что в течение всего лета и осени все почво-грунты в зоне между 2 и 4—5 м от поверхности имеют запас воды в пределах 20—24% от объема почвы. Эта зона, находящаяся вне влияния поверхностного промачивания (глубина которого, по данным Краснокутской опытной станции, в самые влажные годы не превышает 2 м) и капиллярных вод, поднимающихся от уровня грунтовых, соответствует так называемому «мертвому горизонту» Г. Н. Высоцкого (1901) или зоне с максимальной молекулярной влагоемкостью А. Ф. Лебедева (1936). Количества воды, превышающие указанные пределы (при одной и той же глубине стояния грунтовых вод), должны быть отнесены к воде капиллярной, подчиненной, как известно, гравитационным силам и потому медленно передвигающейся книзу.

Сравнение величин влажности в скв. 15, заложенной на целинном участке столбчатого солонца, и в скважине на делянке 712, заложенной также на пятне столбчатого солонца, но после промывки нормой в 3700 м³/га, показывает, что после промывки все слои почво-грунта имели влажность не ниже 27—32% от объема почвы (табл. 5). Следовательно, около 7—8% от объема по всей толще почво-грунта на делянке 712 было занято капиллярной водой. Аналогичные данные были получены в 1935 г. и на ряде других промытых делянок (№ 706, 718 и др.).

В начале июля 1938 г. на участке неорошенной целины, на делянке 525, орошавшейся с 1936 г. без промывки, и на делянке 707, орошавшейся с того же 1936 г., но промытой, были заложены новые скважины, в которых на ряду с составом солей была определена влажность, данные по которой также приведены в табл. 5.

Из этих данных можно видеть, что на делянках, орошаемых после предварительной промывки (скв. 5-а, табл. 5), влажность во всей колонне почво-грунта не опускается ниже 27% от объема почвы. На делянках, орошаемых

[1] Можно считать фильтрацию главной, но не единственной причиной только потому, что нельзя пока исключать второй возможный фактор — участие в подъеме грунтовых вод конденсируемой парообразной воды, как это следует ожидать из данных А. Ф. Лебедева (1936). Лебедев показал, что в степных условиях летом неизбежно происходит процесс перегонки парообразной воды из верхних горизонтов почво-грунтов в нижние, вплоть до грунтовых вод. Зимой происходит обратный процесс — парообразная вода перегоняется из нижних горизонтов почво-грунтов и конденсируется в поверхностных слоях почвы. На неорошаемых участках между этими двумя процессами, зависящими от разности температур и упругости водяных паров, в разных слоях почвы устанавливается известное равновесие. Летний приток парообразной воды из верхних слоев почво-грунтов к грунтовым водам компенсируется зимним оттоком из грунтовых вод поверхности почвы.

Орошение вносит коренные изменения в тепловой и водный режимы верхних горизонтов почвы, и можно допустить, что в этих условиях процесс перегонки воды к грунтовым водам может преобладать над обратным процессом, отчего уровень грунтовых вод должен подниматься. К сожалению, на нашем участке мы не можем решить этот вопрос экспериментально, так как здесь этот процесс трудно изолируем от фильтрации и боковых подтоков. Этот очень важный теоретический и практический вопрос может быть разрешен на участках, лишенных каналов и орошаемых дождеванием, где можно создать условия, гарантирующие отсутствие фильтрации поверхностных вод.

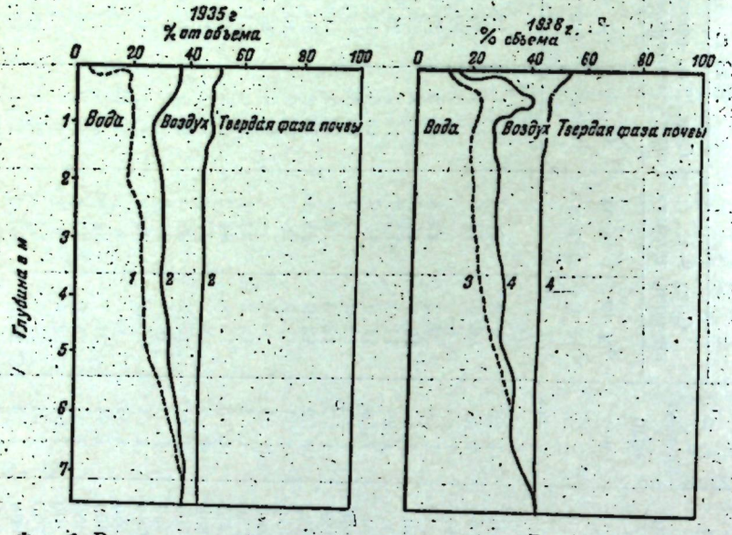
ТАБЛИЦА 5

Весовая и объемная влажность в почво-грунтах до и после орошения

Глубина в см	1935 г. Объемный вес	1935 г. Скв. 15, 10/IX 1935 г. % от веса	1935 г. Скв. 15, 10/IX 1935 г. % от объема	1935 г. Дел. 712, 5/XI 1935 г. % от веса	1935 г. Дел. 712, 5/XI 1935 г. % от объема	Глубина в см	Объемный вес	1938 г. Скв. 2-а. неорош. целина % от веса	1938 г. Скв. 2-а. неорош. целина % от объема	1938 г. Скв. 3-а, орошение без промывки % от веса	1938 г. Скв. 3-а, орошение без промывки % от объема	1938 г. Скв. 5-а, орошение с промывкой % от веса	1938 г. Скв. 5-а, орошение с промывкой % от объема
7—10	1.32	5.0	6.6	30.1	40.9	7—10	1.20	9.3	11.2	10.1	12.1	12.0	14.4
19—22	1.37	14.5	19.9	28.7	39.3	12—20	1.25	10.9	13.6	11.4	14.3	25.0	31.3
37—40	1.45	13.4	19.4	24.7	35.9	27—30	1.35	—	—	12.6	17.0	25.2	34.0
62—65	1.49	13.5	20.1	22.2	33.1	37—40	1.45	9.2	13.3	14.2	20.6	24.5	35.5
97—100	1.45	13.8	20.0	18.8	27.2	47—50	1.46	10.0	14.6	15.7	22.9	28.0	40.9
147—150	1.52	12.4	18.9	19.4	29.4	67—70	1.49	11.9	17.7	14.7	21.9	23.0	34.3
197—200	1.51	12.1	18.2	19.9	30.1	87—90	1.48	11.9	17.6	13.6	20.1	18.3	27.1
247—250	1.52	14.3	21.8	20.0	30.4	107—110	1.45	12.3	17.8	13.6	19.7	19.1	27.7
297—300	1.53	15.1	23.1	20.3	31.1	127—130	1.47	14.0	20.6	12.9	19.0	18.8	27.6
347—350	1.47	16.0	23.6	20.3	29.9	147—150	1.52	13.9	21.1	13.2	20.1	19.2	29.2
397—400	1.51	16.0	24.2	20.0	30.5	167—170	1.51	17.7	26.7	13.5	20.4	19.6	29.6
447—450	1.51	15.9	24.0	21.9	33.0	197—200	1.51	—	—	13.8	20.8	19.4	29.3
497—500	1.51	17.1	25.9	21.7	32.8	247—250	1.52	15.2	23.1	14.0	21.3	19.5	29.6
547—550	1.51	20.4	30.8	23.2	35.0	297—300	1.53	15.8	24.2	15.5	23.7	20.0	30.6
597—600	1.51	22.2	33.6	22.4	33.8	347—350	1.47	18.9	27.8	15.7	23.1	21.2	31.2
647—650	1.51	23.0	34.7	22.3	33.7	397—400	1.51	16.2	24.5	17.6	26.6	21.0	31.7
697—700	1.51	24.5	37.0	22.4	33.8	447—450	1.51	18.4	27.8	18.5	27.9	20.3	30.7
747—750	1.51	25.4	38.3	24.8	37.4	497—500	1.51	20.4	30.8	21.4	32.1	23.5	35.5
797—800	1.51	24.5	37.0	25.8	39.0	547—550	1.51	—	—	23.7	35.8	24.0	36.2
847—850	1.51	24.5	37.0	Грунтовая вода с 800 см		597—600	1.51	21.1	31.9	24.6	37.1	Грунтовая вода установилась на глубине 470 см	
						647—650	1.51	25.0	37.8	25.4	38.4		
		Грунтовая вода установилась на 820 см				697—700	1.51	22.6	36.1	29.0	43.8		
						747—750	1.51	27.5	41.5	28.8	43.5		
						797—800	1.51	28.5	43.0	26.1	39.4		
						847—850	1.51	Грунтовая вода. установилась на глубине 795 см		26.8	40.5	Грунтовая вода установилась на глубине 695 см	

без промывки (скв. 3-а, табл. 5), влажность почво-грунта в слое 200—400 см составляет лишь 21—23%, а в слое 100—200 см она опускается даже до 19—20% от объема почвы, т. е. она близка к величинам влажности на неорошаемой целине.

Таким образом, можно с определенностью говорить о наличии капиллярных вод, постепенно фильтрующихся к грунтовым водам на всех деляниках по 7-му оросителю, промытых в 1935—1936 гг. нормами около 7000 м³/га. Для непромытых деляпок по 6-му и 5-му оросителям вопрос о фильтрации пока не ясен, так как величины влажности почво-грунтов здесь очень близки



Фиг. 6. Распределение воды, воздуха и твердой фазы почво-грунтов в % от их объема на различно увлажненных деляпках.

1 — влажность на целине столбчатого солонца до орошения (скв. 15, 10/IX 1935 г.); *2* — влажность на делянке 712 после промывки (5/XI 1935 г.); *3* — влажность на делянке 525, орошаемой без промывки (VII 1938 г.); *4* — влажность на делянке 707, промытой в 1935—1936 гг. (VII 1938 г.)

к таковым для целинных неорошаемых почв. Об этом наглядно свидетельствуют и данные фиг. 6, где твердая, жидкая и газовая фазы почвы по приведенным выше данным представлены на одном чертеже.

Остается отметить еще, что грунтовые воды непосредственно под промытыми деляпками залегают значительно выше, чем в наших наблюдательных скважинах 13—17, отдаленных от зоны помывки на 75—80 м.

Наблюдения 1938 г. показали, что уровень грунтовых вод при непосредственном бурении скв. 5-а (дел. 707) установился здесь на глубине лишь 470 см от поверхности, тогда как в ближайших отсюда постоянных скважинах 14—16 он держался на глубине 5—5.5 м. Отсюда вытекает необходимость заложения еще нескольких наблюдательных скважин в непосредственной близости от массива с промытыми почвами.

Вместе с тем проведенные периодические наблюдения над режимом почвенно-грунтовых вод в условиях орошения показывают всю важность и необходимость именно стационарного, охватывающего длительный период, а не эпизодического, охватывающего только один статический момент, изучения этого режима. На основании статического, разового изучения уровней грунтовых вод в орошаемых частях речных долин Заволжья прежние исследователи нередко приходили к неверным обобщающим выводам. В работе В. А. Ковды (1937) по изучению влияния водохранилищ и орошения на почвы долин рек Нижнего Заволжья мы находим указания на режим

грунтовых вод и значение в этом режиме природных дрен, каковыми, по мнению автора, служат глубоко врезанные в долину русла рек. При этом автор полагает, что «расстояние, на которое сказывается дренирующее воздействие рек с врезанными берегами, естественно, тем больше, чем выше сам обрыв, т. е. чем сильнее врезана река». И далее, что «при врезанности на 8—10 м, обычной для среднего течения рр. Б. и М. Узеней, дренирующее воздействие рек сказывается, постепенно ослабляясь, до 1—1.5 км».

Таков обобщающий вывод автора на основании статического изучения уровней грунтовых вод в долинах рр. Большой и Малый Узени и других рек Заволжья.

Если считать верным это положение, то можно было полагать, что участок нашего стационара, непосредственно прилегающий к руслу р. Малый Узень, врезанному здесь на 8—9 м, обеспечен прекрасным природным дренажем, что уровень грунтовых вод на этом участке после его орошения не может подниматься сколь-либо заметно и что тем самым опасаться процесса вторичного засоления в данном случае не приходится. В действительности же изучение режима грунтовых вод не в статическом, а в динамическом разрезе совершенно опровергает это положение.

За 3 года орошения грунтовые воды участка поднялись на промытой его части почти на 3 м, и нет никаких оснований полагать, что при продолжении орошения обычными приемами дальнейший подъем грунтовых вод прекратится. Он, конечно, будет продолжаться. Таким образом, в ближайшие 2—3 года, а в некоторых частях участка, может быть, и раньше, можно ожидать поднятия грунтовых вод до их критического уровня и наступления, следовательно, процессов вторичного засоления.

Проявления процессов вторичного засоления участков долины, непосредственно прилегающих к руслу р. Малый Узень, наблюдались и прежде, но на эти факты не обращалось должного внимания. Они просто принимались за «нарушения, вызванные местными условиями» (Ковда, 1937).

В статье Г. И. Григорьева и А. И. Кудиновой (1937), на приложенной к ней почвенной карте Питерского орошаемого участка, расположенного в 35—40 км от нашего участка вниз по течению р. Малый Узень, можно видеть, что почвенные разности с признаками вторичного засоления часто примыкают непосредственно к руслу р. Малый Узень, врезанному здесь на 7—10 м. Почему же в этих местах так глубоко врезанный каньон реки не послужил естественной дреной, и признаки вторичного засоления наступили? Эти факты, ясно выраженные на почвенной карте, не нашли своего объяснения ни у авторов этой статьи, ни у В. А. Ковды, обосновывавшего свои выводы, между прочим, по материалам и этого орошаемого участка.

В с. Александкино, близ больницы, по направлению к с. Борисоглебовке, находится участок, непосредственно примыкающий к старому руслу р. Малый Узень, врезанному на 7—8 м. Этот участок, как мы выяснили, орошался колхозом водами из этой старицы всего 2 года и затем был заброшен вследствие проявления сильного поверхностного засоления. Ясные выцветы легко растворимых солей на поверхности этого участка можно наблюдать летом еще и по настоящее время, хотя участок заброшен в залежь 6—7 лет назад.

Можно привести еще ряд других аналогичных примеров, которые подтверждают, что глубина врезанности русла реки в толщу аллювиальных террасовых отложений еще не дает никаких оснований для суждения о пространственных размерах дренирующего действия таких «естественных дрен», как предполагал В. А. Ковда (1937). В условиях нашего участка дренирующее действие каньона р. Малый Узень на прилегающий к нему орошаемый участок сказывается лишь на полосу шириной 40—60 м, а не 1—1.5 км, как это полагали раньше исследователи по данным статического изучения уровней грунтовых вод в долинах рек Заволжья. За пределами

этой узкой полосы в результате орошения можно ожидать быстрого поднятия грунтовых вод до их критического уровня и обусловливаемого им процесса вторичного засоления.

Не без основания можно полагать, что периодически проявляющимися процессами вторичного засоления объясняется та архаическая, но оправданная вековой земледельческой практикой и потому сохранившаяся до сих пор во всей своей классической простоте переложная система земледелия почти во всех орошаемых хозяйствах Нижнего Заволжья. Она сводится к тому, что где-либо около природного водохранилища (плеса реки, старицы, пруда и т. д.) выбирается участок под орошение. На нем с большими затратами труда сооружается вся оросительная сеть — каналы, распределители, оросители и т. д. Участок эксплоатируется 2—3—4 года и затем забрасывается в залежь на 3—5 лет и более, а для орошения выбирается новый участок, где снова сооружается вся оросительная сеть. Конечно, немаловажной причиной забрасывания орошаемых участков в перелоги служит их сильно усиливающаяся из года в год засоренность, но на ряду с этим и вторичное засоление корнеобитаемого слоя также часто имеет место и приводит к резкому падению урожайности орошаемых культур.

Борьба с засоренностью на орошаемых участках была до последнего времени почти невозможна в виду отсутствия на этих участках каких бы то ни было севооборотов. Считалось, что орошаемые участки или так называемые колхозные плантации слишком малы по площади (10—20 га), чтобы на них вводить севооборот. Эта точка зрения совершенно не верна, так как на примере многих колхозов можно видеть, что на орошаемое земледелие колхозы Заволжья тратят не менее 25—30% всех трудодней в колхозе за год. Можно только приветствовать последнее решение правительства, уточненное Саратовской областной конференцией по засухе, об обязательном введении правильных севооборотов на всех орошаемых участках Заволжья площадью свыше 15 га. В развитие этого постановления необходимо, на ряду с введением севооборотов и вытекающей из них агротехники, наладить на всех орошаемых участках речных долин Заволжья простой контроль над уровнем грунтовых вод, чтобы иметь возможность своевременно принимать меры против могущего возникнуть процесса вторичного засоления. Легче предупредить вторичное засоление, чем бороться с ним после его появления.

Вопросы введения правильных севооборотов различных специализаций на орошаемых колхозных участках Заволжья, система обработки почв, система минеральных и органических удобрений и, наконец, вопросы организации правильной системы орошения имеют решающее значение в осуществлении проблемы мелиорации солонцовых и солонцеватых почв в условиях орошения. В конечном счете эти же вопросы решают и основную проблему, поставленную перед нами партией и правительством, о резком повышении урожайности всех орошаемых культур и тем самым о резком повышении производительности труда колхозников. Но освещение этих вопросов далеко выходит за рамки настоящей работы и будет сделано дополнительно в специальной статье.

II. ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД

Изменения уровня грунтовых вод под влиянием орошения должны найти свое отражение и в изменении химического состава этих вод. Поверхностные воды, проходя через засоленную толщу почво-грунта, приносят в грунтовые воды новые количества солей. Если же грунт в данном месте не засолен или очень слабо засолен, то поступающие пресные оросительные воды будут разбавлять или, вернее, налагаться на засоленные грунтовые воды и постепенно изменять их химический состав. Далее, токи грунтовых

вод от местных, создавшихся под влиянием орошения куполов, растекаясь от центра последних к периферии, могут также менять химический состав грунтовых вод на большей или меньшей окружающей площади.

Производственная задача мелиорации солончаковатых солонцов с химической точки зрения сводится к тому, чтобы:

1) заменить в поглощающем комплексе почвы обменные катионы натрия на обменный кальций;

2) вымыть образующиеся в результате обменной реакции соли натрия, а также и все другие имеющиеся в почво-грунтах водорастворимые соли натрия, кальция и магния из пределов корнеобитаемого слоя;

3) не допустить обратного поднятия этих солей в поверхностные слои почвы, т. е. по возможности полнее удалить эти соли с потоком грунтовых вод с орошаемой территории в тот или иной водоприемник.

Отсюда понятно, что периодическое количественное изучение химического состава солей почвенно-грунтовых вод необходимо для контроля и объяснения процессов рассоления и засоления самих почво-грунтов.

Данные анализов грунтовых вод участка до его орошения (1935 г.) приведены в вышеуказанной работе И. Н. Антипова-Каратаева и Н. И. Саввинова (1937). Эти исходные данные 1935 г. по 17 скважинам, а также данные по анализам 1936—1937 гг. рассмотрим здесь совместно. Для периодического контроля состава грунтовых вод в 1936—1937 гг. было выделено 10 скважин из 21 (17 скв. 1935 г. + 4 скв. 1936 г.), расположенных в разных, как в орошаемых, так и неорошаемых, частях участка. В число этих 10 выборочных скважин входили следующие: 3, 7, 9, 13, 14, 19, 20, 24, 25 и 26. Кроме того, одновременно изучалась также вода из плеса р. Малый Узень, используемая для орошения нашего участка.

В 1936 г. грунтовые воды из перечисленных скважин и из плеса анализировались три раза за вегетационный период (в мае, июле и сентябре) и в 1937 г. также три раза, в том числе один раз зимой (февраль, июль и сентябрь).

Пробы грунтовых вод для химического анализа из смотровых скважин извлекались следующим образом. За день до взятия проб из всех предназначенных для этого скважин вычерпывалась вся вода до отказа. На другой день вновь заполнившая скважины вода выбиралась для анализа посредством толстостенной пробирки с подвешенным к ее дну грузиком и сливалась в литровые сосуды и в тот же день доставлялась в лабораторию, организованную в с. Алексашкино. Пробы воды здесь немедленно фильтровались и поступали в анализ. Определялось содержание CO_3'', HCO_3', Cl', SO_4'', Ca'', Mg'', Na' и иногда K'. Анализ зимних вод (2/II 1937 г.) производился в Москве в лаборатории Почвенного института.

Данные анализов почвенно-грунтовых вод за 1936—1937 гг., выраженные в ионной форме (в г/л) и в эквивалентной форме (в мг/л), приведены в табл. 6 и 7. Далее эти данные перечислены в эквивалент-процентах (вальпроцентах в литре) по Stabler'у (см. ниже).

Выражение данных анализа в эквивалент-процентах по Stabler'у (1911) совершенно необходимо для возможности сравнения друг с другом вод различной степени минерализации и тем самым для классификации природных вод различного происхождения. Для перечисления в вальпроценты (сокращенно от эквивалент-процентов), как известно, сумма всех милли-эквивалентов анионов и катионов в отдельности или вместе приравнивается 100% и из нее вычисляется количество данного катиона или аниона.

Пользуясь способом вычисления вальпроцентов и предложением М. Г. Курлова (1928), детальную химическую характеристику любой минеральной воды можно представить в виде сравнительно простой и удобной формулы. Для наших почвенно-гидрологических целей мы несколько

ТАБЛИЦА 6

Данные об изменении химического состава грунтовых вод в период 1936—1937 гг.

№ скважины	Глубина уровня грунтовых вод в м	Дата взятия пробы		В граммах в литре								В милли-эквивалентах в литре						Сумма	
				CO_3''	HCO_3'	Cl'	SO_4''	Ca''	Mg''	Na'	Сумма	HCO_3'	Cl'	SO_4''	Ca''	Mg''	Na'	анионов	катионов
Вода из плеса р. Малый Узень		1936 г.	28/V	Нет	0.120	0.054	0.015	0.037	0.018	0.021	0.265	1.98	1.52	0.30	1.85	1.48	0.91	3.80	4.24
			31/VII	0.018	0.192	0.085	0.046	0.058	0.022	0.042	0.445	3.14	2.39	0.95	2.89	1.79	1.83	6.48	6.13
			19/IX	0.018	0.186	0.110	0.053	0.055	0.024	0.050	0.478	3.05	3.09	1.10	2.75	1.97	2.17	7.24	6.89
		1937 г.	2/II	Нет	0.304	0.270	0.273	0.106	0.040	0.179	1.172	4.99	7.62	5.68	5.31	3.28	7.78	18.29	16.37
			1/VII	»	0.158	0.078	0.050	0.049	0.022	0.032	0.389	2.58	2.22	1.04	2.49	1.81	1.38	5.84	5.68
			2/IX	»	0.190	0.110	0.058	0.061	0.025	0.056	0.500	3.60	3.10	1.21	3.02	2.05	2.44	7.91	7.51
	8.95	1936 г.	1/V	0.024	0.430	0.600	0.904	0.141	0.092	0.564	2.731	7.05	16.90	18.83	7.05	7.57	24.52	42.78	39.14
	8.77		31/VII	0.024	0.628	0.410	0.158	0.062	0.046	0.410	1.714	10.29	11.55	3.29	3.10	3.82	17.83	25.13	24.75
3	8.33		19/IX	0.061	0.561	0.375	0.071	0.051	0.034	0.357	1.449	9.19	10.56	1.48	2.55	2.79	15.51	21.23	20.85
	8.37	1937 г.	2/II	Нет	0.297	0.322	0.301	0.048	0.030	0.330	1.328	4.87	9.06	6.29	2.41	2.47	14.31	20.22	19.19
	8.49		1/VII	»	0.172	0.157	0.910	0.232	0.067	0.199	1.737	2.82	4.43	18.90	1.59	5.55	8.68	26.15	25.82
	8.20		2/IX	»	0.276	0.521	0.588	0.156	0.095	0.363	1.999	4.53	14.70	12.25	7.80	7.76	15.80	31.48	31.36
	7.15	1936 г.	4/VI	0.036	0.636	1.860	1.552	0.103	0.152	1.664	5.967	10.40	52.00	32.33	5.15	12.51	72.34	94.73	90.00
	7.13		31/VII	0.024	0.717	1.676	1.469	0.116	0.137	1.574	5.689	11.75	47.21	30.60	5.80	11.27	68.43	89.56	85.50
	7.12		19/IX	0.061	0.665	1.697	1.496	0.113	0.146	1.570	5.707	10.90	47.80	31.16	6.65	12.02	68.26	89.86	86.93
7	7.21	1937 г.	2/II	Нет	0.794	1.611	1.808	0.113	0.127	1.563	6.016	11.35	45.48	37.66	5.66	10.45	67.96	94.49	84.07
	7.28		1/VII	»	0.588	1.600	1.420	0.111	0.246	1.327	5.292	9.65	45.12	29.60	5.55	20.25	57.70	84.37	83.50
	7.21		2/IX	»	0.664	1.634	1.450	0.128	0.152	1.570	5.596	10.90	46.10	30.20	6.37	12.50	68.26	87.20	87.13
	7.17	1936 г.	3/VI	0.002	0.254	4.820	0.738	0.558	0.453	1.830	8.653	4.15	136.00	15.37	27.90	37.28	79.56	155.52	144.74
	7.11		31/VII	0.012	0.329	4.402	0.793	0.724	0.455	1.646	8.349	5.39	124.00	16.51	36.20	37.45	71.56	145.90	145.21
9	6.87		19/IX	Нет	0.354	4.384	0.701	0.653	0.471	1.591	8.154	5.80	123.49	14.60	32.65	38.76	69.16	144.89	140.57
	6.64	1937 г.	2/II	»	0.368	4.117	0.628	0.894	0.253	1.351	7.611	6.03	115.68	13.08	44.69	20.81	58.74	134.79	124.24
	6.50		1/VII	»	0.326	3.660	0.450	0.488	0.440	1.285	6.649	5.35	103.21	9.37	24.36	36.25	55.80	117.93	116.41
	5.04		2/IX	»	0.302	3.900	0.463	0.513	0.432	1.445	7.055	4.97	109.98	9.64	25.60	35.55	62.95	124.59	124.10
	7.86	1936 г.	27/V	0.026	0.384	1.350	0.254	0.104	0.096	0.652	2.840	6.30	38.00	5.29	5.20	7.90	28.34	49.49	41.44
13	7.92		31/VII	0.030	0.409	1.202	0.153	0.074	0.091	0.726	2.655	6.70	33.86	3.19	3.72	7.48	31.56	43.75	42.76
	7.92		19/IX	0.024	0.399	1.238	0.217	0.093	0.084	0.752	2.783	6.54	34.87	4.52	4.65	6.91	32.69	45.93	45.25
	7.54	1937 г.	1/VII	Нет	0.425	1.179	0.219	0.097	0.126	0.666	2.712	6.98	33.23	4.56	4.86	10.40	28.96	44.77	44.22
	7.50		2/IX	»	0.394	1.174	0.213	0.093	0.088	0.745	2.707	6.46	33.13	4.43	4.65	7.25	32.35	44.02	44.25
	7.25	1936 г.	4/VI	0.012	0.320	0.020	0.015	0.063	0.027	0.012	0.457	5.24	0.56	0.31	3.15	2.22	0.52	6.11	5.89
	7.14		31/VII	0.012	0.322	0.177	0.014	0.024	0.024	Не опр.	0.561	5.28	4.98	0.28	1.10	2.00	Не опр.	10.54	10.54 (вычисленное)
24																			
	7.04		19/IX	0.012	0.320	0.177	0.015	0.072	0.022	0.111	0.717	5.24	4.98	0.31	3.60	1.81	4.83	10.53	10.24
	7.03	1937 г.	2/II	Нет	0.338	0.028	0.147	0.072	0.026	0.066	0.677	5.54	0.80	3.08	3.60	2.14	2.88	9.42	8.62
	6.81		1/VII	»	0.244	0.011	0.190	0.073	0.028	0.028	0.574	4.00	0.31	3.96	3.66	2.35	2.28	8.27	8.29
	6.78		2/IX	»	0.244	0.028	0.218	0.098	0.037	0.036	0.661	4.00	0.79	4.53	4.87	3.08	1.57	9.32	9.52
	7.72	1936 г.	4/VI	Нет	0.170	25.600	2.108	2.820	1.420	7.290	39.408	2.78	721.00	43.91	141.00	116.87	316.95	767.69	574.82
	7.71		31/VII	»	0.226	22.620	2.038	3.120	2.518	7.122	37.644	3.70	637.18	42.46	156.00	207.24	309.65	683.34	672.89
25	7.65		19/IX	»	0.213	22.454	1.849	3.140	2.520	6.698	36.874	3.49	632.51	38.52	157.00	207.40	304.26	674.52	668.66
	7.64	1937 г.	1/VII	»	0.234	21.992	2.030	3.460	2.808	5.994	35.518	3.85	620.17	42.44	172.65	231.10	260.60	666.24	664.35
	7.57		2/IX	»	0.222	22.000	2.066	3.180	2.560	6.850	36.878	3.64	620.76	42.96	159.00	210.69	297.83	667.36	667.52
	7.39	1936 г.	27/VIII	Нет	0.332	0.742	0.330	0.198	0.113	0.291	2.006	5.44	20.98	6.88	9.90	9.30	12.65	33.30	31.85
	7.31		19/IX	»	0.338	0.689	0.468	0.204	0.126	0.319	2.144	5.54	19.41	9.75	10.20	0.37	13.87	34.70	34.44
26	7.17	1937 г.	2/II	»	0.332	0.654	0.484	0.137	0.101	0.311	2.019	5.45	18.46	10.08	6.85	8.31	13.52	33.99	28.68
	6.92		1/VII	»	0.330	0.635	0.285	0.168	0.111	0.265	1.794	5.43	17.91	5.94	8.40	9.15	11.51	29.28	29.06
	6.35		2/IX	»	0.303	0.636	0.284	0.163	0.104	0.284	1.774	4.97	17.97	5.90	8.15	8.56	12.35	28.84	29.06

ТАБ

Данные об изменении химического состава

№ скважины	Глубина уровня грунтовых вод в м	Время взятия пробы	В граммах в литре					
			CO_3''	HCO_3'	Cl'	SO_4''	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$
	7.69	1936 г. 28/V	Нет	0.500	1.000	1.036	0.181	0.156
	7.61	31/VII	0.030	0.534	0.686	0.306	0.073	0.069
	7.42	19/IX	0.049	0.543	0.707	0.218	0.112	0.110
14	7.18	1937 г. 2/II	Нет	0.467	0.718	0.376	0.060	0.065
	7.13	1/VII	»	0.180	0.032	0.092	0.028	0.015
	6.93	2/IX	»	0.264	0.035	0.082	0.013	0.006
	6.60	1936 г. 27/V	0.028	0.470	0.060	0.095	0.029	0.023
	6.30	31/VII	0.024	0.375	0.516	0.129	0.091	0.058
	6.07	19/IX	Нет	0.296	1.513	0.140	0.250	0.148
19	6.03	1937 г. 1/VII	»	0.262	0.129	0.074	0.066	0.028
	5.75	2/IX	»	0.227	0.676	0.099	0.153	0.079
	8.61	1936 г. 31/V	0.012	0.198	4.190	1.578	0.914	0.510
	8.56	19/IX	Нет	0.198	4.862	1.634	0.992	0.547
20	8.46	1937 г. 2/II	»	0.215	4.348	1.863	1.003	0.149
	8.50	1/VII	»	0.170	0.138	0.396	0.064	0.030
	8.30	2/IX	»	0.142	0.529	0.318	0.103	0.051

изменили способ Курлова для выражения состава воды формулой, оставив в основе неизменным предложенный им принцип.

Общую минерализацию вод или величину их засоления мы будем обозначать буквой S (от лат. Sal=соль) с цифрой, указывающей сумму всех милли-эквивалентов катионов и анионов в литре воды. Вправо от этой буквы за знаком равенства в числителе псевдодроби обозначаются в убывающем порядке вальпроцентов все катионы, сумма их равна 100, а в знаменателе в таком же порядке все анионы, сумма которых также равна 100.

Так как в почвенно-грунтовых водах содержание $K^{\cdot}$ и NO_3' обычно составляет очень ничтожную величину, то эти компоненты в большинстве случаев в формулу не введены. Они вводились лишь в тех случаях, когда их содержание достигало не менее 1 вальпроцента.

Исходя из изложенного, условная формула засоления грунтовой воды, например, из скв. 3 на 1/V 1937 г. (табл. 6) будет следующая:

$$S_{82}=\frac{Na_{63}Mg_{19}Ca_{18}}{SO_{44}^{4}Cl_{41}HCO_{16}^{3}},$$

и формула засоления воды из скв. 18 на 2/II 1937 г. (табл. 8) следующая:

$$S_{13}=\frac{Ca_{50}Mg_{24}Na_{20}K_{6}}{HCO_{50}^{3}SO_{34}^{4}Cl_{16}}.$$

Это означает, что в скв. 3 вода содержит 82 м-экв. общего количества ионов в литре, из которых 41 м-экв. представлен на 63% катионом натрия, на 19% катионом магния и на 18% катионом кальция, анионная же часть, составляющая также 41 м-экв./л, представлена на 44% сульфат-ионами, на 40% анионом хлора и на 16% анионом HCO_3. В воде скв. 18, содержащей всего 13 м-экв. ионов в литре, в катионной части, кроме Ca, Mg и Na, содержится еще 6 вальпроцентов калия.

Пользуясь такими формулами, принципы которых положены и в основу

ЛИЦА 7

грунтовых вод в период 1936—1937 гг.

		В милли-эквивалентах в литре							
								Сумма	
$Na^{\cdot}$	Сумма	HCO_3'	Cl'	SO_4''	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}$	анионов	катионов
0.780	3.653	8.19	28.20	21.58	9.05	12.83	33.91	57.97	55.79
0.576	2.244	8.75	19.32	6.38	3.65	5.66	25.04	34.45	34.35
0.410	2.100	8.90	19.91	4.54	5.60	9.05	17.83	33.35	32.48
0.560	2.246	7.65	20.16	7.85	2.99	5.35	24.35	35.66	32.69
0.070	0.417	2.96	0.91	1.93	1.40	1.23	3.06	5.80	5.69
0.142	0.542	4.37	0.98	1.70	0.64	0.47	6.18	7.05	7.29
0.194	0.871	7.70	1.69	1.97	1.45	1.89	8.43	11.36	11.77
0.318	1.487	6.14	14.53	2.68	4.57	4.81	13.84	23.35	23.22
0.646	2.993	4.85	42.62	2.91	12.50	12.18	28.08	50.38	52.76
0.099	0.658	4.30	3.64	1.54	3.30	2.27	4.31	9.48	9.88
0.260	1.494	3.72	19.10	2.06	7.65	6.52	11.30	24.88	25.47
1.516	8.906	3.24	118.03	32.86	45.72	41.98	65.91	154.13	153.61
1.598	9.831	3.24	136.95	34.04	49.60	45.02	69.51	174.23	164.13
2.162	9.740	3.52	122.13	38.81	50.15	12.26	94.00	164.46	156.41
0.203	1.001	2.80	3.91	8.25	3.20	2.50	8.82	14.96	14.52
0.316	1.459	2.32	14.90	6.61	5.13	4.19	13.70	23.83	23.02

графического изображения [1] (фиг. 12—14), очень легко группировать и классифицировать воды по способу Пальмера (1911), Роджерса (1937), Толстихина (1923), Малярова (1929) и др.

По классификации Пальмера (1911) почвенно-грунтовые воды участка перед орошением относятся к двум классам — I и III. К I классу, т. е. к щелочным водам, где число эквивалентов анионов сильных кислот меньше числа эквивалентов катионов щелочных металлов ($rCl' + rSO_4'' < rNa^{\cdot} + rK^{\cdot}$), по данным анализов 1935 г., относятся воды из скв. 3, 8, 10 и 15. Воды же из всех остальных скважин, а также вода из плеса р. Малый Узень относятся к III классу Пальмера. Этот класс жестких вод, характеризующихся тем, что число эквивалентов анионов сильных кислот здесь больше числа эквивалентов катионов щелочных металлов, но меньше суммы катионов щелочных и щелочноземельных металлов, т. е.

$$rCl' + rSO_4'' > rNa^{\cdot} + rK^{\cdot}$$

и

$$rCl' + rSO_4'' < rNa^{\cdot} + rK^{\cdot} + rCa^{\cdot\cdot} + rMg^{\cdot\cdot}.$$

Руководствоваться при группировке вод нашего участка только классификацией Пальмера явно недостаточно. В III пальмеровский класс вод попадают воды самого различного происхождения, с разных элементов рельефа, из-под разных почв и грунтов и с самой различной степенью минерализации. Достаточно сравнить хотя бы воды скв. 18 и 24, с одной стороны, и воды скв. 9 и 25, с другой, попадающие в один класс, чтобы подтвердить вышеизложенные соображения.

Вода из скв. 18, заложенной в западине с черноземовидными почвами

[1] Сумма и соотношение отдельных ионов, как видно из фиг 12—14, представляются в виде кругов, расчлененных на сектора. Площадь круга изображает S, левая его половина — сумму (100) вальпроцентов анионов; правая половина — сумму (100) вальпроцентов катионов, величина сектора для отдельных катионов представляет процентное участие каждого из них в сумме вальпроцентов (см. Н. Н. Славянов, 1932).

и промытыми, лишенными солей грунтами, имеет всего 12—13 м-экв. ионов в литре, т. е. она менее засолена, даже чем вода плеса. Формула засоления ее по анализу на 8/X 1935 г. следующая:

$$S_{12}=\frac{Ca_{76}Mg_{21}Na_3}{HCO_{84}^3Cl_{14}SO_2^4}.$$

Близка к ней и вода скв. 24, заложенной также в западине, но занятой сильно осолодевшей почвой, подстилаемой также сильно выщелоченными, лишенными солей грунтами.

Формула засоления этой воды следующая:

$$S_{12}=\frac{Ca_{53}Mg_{38}Na_9}{NCO_{86}^3Cl_9SO_5^4}.$$

Воды этих двух западин (с черноземовидными и осолоделыми почвами) явно близки друг к другу по всем признакам: по залеганию в западинах, по общей минерализации и по составу катионной и анионной частей. Но эти воды имеют мало общего с водами скв. 9 и 25. Вода в скв. 9, заложенной на массиве типичных столбчатых солонцов в их плакорном залегании, имеет больше 300 м-экв. солей в литре и совершенно иного состава по катионной и анионной частям. Формула этой воды по анализам на 22/VIII 1935 г. следующая:

$$S_{315}=\frac{Na_{46}Mg_{31}Ca_{23}}{Cl_{91}HCO_5^3SO_4^4}.$$

Близка к ней по составу, но очень далека по концентрации солей вода из скв. 25, расположенной на пологом бугре, окруженном с трех сторон понижениями (потяжинами) с темноцветными почвами. 4/VI 1936 г. эта вода отвечала формуле засоления:

$$S_{1343}=\frac{Na_{55}Ca_{25}Mg_{20}}{Cl_{94}SO_6^4}.$$

Как видно из этих данных, эта вода не содержит ни одного вальпроцента аниона HCO_3'; 94% анионов в ней представлены хлор-ионом.

Казалось бы, что между этими двумя группами вод из скв. 18—24, с одной стороны, и из скв. 9 и 25, с другой, нет ничего общего. По классификации же Пальмера они все попадают в III класс, так как все имеют первую соленость, вторую соленость и вторую щелочность, характерные для этого класса.

Произведенный анализ материала показывает, что классификация Пальмера, где все природные воды делятся только на пять классов, из которых два класса (II и IV) встречаются довольно редко, слишком узка для того, чтобы охватывать и отображать все интересующие нас с почвенно-гидрологической и ирригационной точки зрения моменты.

Значительный шаг вперед представляет графический способ классификации природных вод, примененный впервые Роджерсом (1937) для вод нефтяных месторождений Калифорнии.

Принцип построения диаграмм по Роджерсу состоит в том, что на оси абсцисс откладываются в процентах пальмеровские вторая соленость и первая щелочность, т. е. два несовместимых свойства природных вод. При этом первая щелочность откладывается направо, а вторая соленость — налево от оси ординат. По оси ординат откладываются так называемые сульфатно-соленые отношения, т. е. отношения величины сульфатной солености к величине общей солености:

$$\frac{rSO_4''}{rSO_4''+rCl'}.$$

ТАБЛИЦА 8

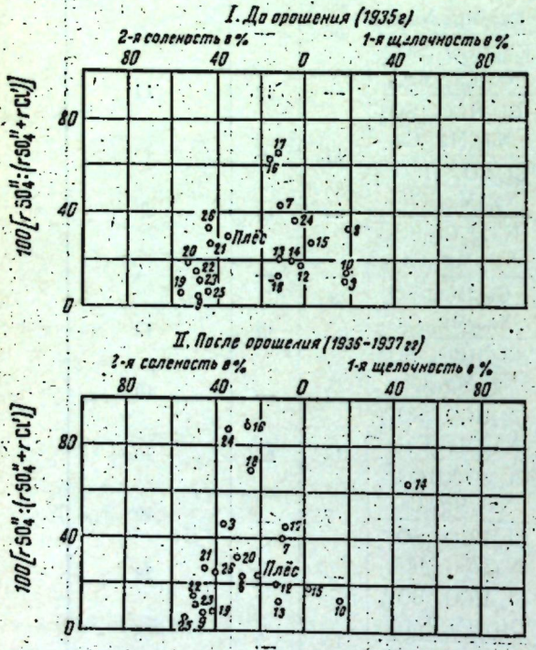
Формула засоления, вторая соленость, первая щелочность и сульфатно-соленые отношения почвенно-грунтовых вод Малоузенского солонцового стационара по анализам 1935—1936 гг.

№ скважины	Дата взятия проб	Формула засоления	Вторая соленость в %	Первая щелочность в %	$\frac{rSO_4''}{rSO_4''+rCl'}\cdot 100$
Плес	9/X 1935 г.	$S_{16}=\frac{Ca_{41}Mg_{30}Na_{29}}{Cl_{46}HCO_{35}^3SO_{19}^4}$	36	—	29
3	2/VIII 1935 г.	$S_{42}=\frac{Na_{75}Ca_{13}Mg_{12}}{Cl_{51}HCO_{43}^3SO_6^4}$	—	18	11
7	21/X 1935 г.	$S_{193}=\frac{Na_{78}Mg_{13}Ca_9}{Cl_{51}SO_{38}^4HCO_{11}^3}$	11	—	43
8	29/VIII 1935 г.	$S_{45}=\frac{Na_{65}Mg_{18}Ca_{17}}{HCO_{54}^3Cl_{31}SO_{15}^4}$	—	19	33
9	22/VIII 1935 г.	$S_{315}=\frac{Na_{46}Mg_{31}Ca_{23}}{Cl_{91}HCO_5^3SO_4^4}$	—	—	4
10	22/VIII 1935 г.	$S_{50}=\frac{Na_{82}Mg_{10}Ca_8}{Cl_{53}HCO_{39}^3SO_8^4}$	—	18	13
12	10/X 1935 г.	$S_{48}=\frac{Na_{75}Mg_{13}Ca_{12}}{Cl_{63}HCO_{23}^3SO_{14}^4}$	2	—	19
13	10/X 1935 г.	$S_{100}=\frac{Na_{72}Mg_{15}Ca_{13}}{Cl_{68}SO_{17}^4HCO_{15}^3}$	13	—	20
14	10/X 1935 г.	$S_{112}=\frac{Na_{72}Mg_{20}Ca_8}{Cl_{64}HCO_{21}^3SO_{15}^4}$	7	—	19
15	10/X 1935 г.	$S_{30}=\frac{Na_{60}Ca_{21}Mg_{19}}{Cl_{42}HCO_{42}^3SO_{16}^4}$	—	2	28
16	11/X 1935 г.	$S_{19}=\frac{Mg_{49}Ca_{35}Na_{16}}{HCO_{65}^3SO_{20}^4Cl_{12}}$	16	—	63
17	11/X 1935 г.	$S_{13}=\frac{Ca_{57}Mg_{39}Na_4}{HCO_{83}^3SO_{11}^4Cl_6}$	13	—	65
18	8/X 1935 г.	$S_{12}=\frac{Ca_{76}Mg_{21}Na_3}{HCO_{84}^3Cl_{14}SO_2^4}$	13	—	13
19	11/X 1935 г.	$S_{414}=\frac{Na_{40}Ca_{30}Mg_{30}}{Cl_{93}SO_5^4HCO_2^3}$	58	—	5
20	17/X 1935 г.	$S_{484}=\frac{Na_{42}Ca_{29}Mg_{26}}{Cl_{80}SO_{19}^4HCO^3}$	54	—	19
21	25/X 1935 г.	$S_{182}=\frac{Na_{50}Mg_{23}Ca_{25}}{Cl_{69}SO_{25}^4HCO_6^3}$	44	—	27
22	29/X 1935 г.	$S_{134}=\frac{Na_{42}Mg_{29}Ca_{29}}{Cl_{78}SO_{14}^4HCO_8^3}$	50	—	15
23	29/X 1935 г.	$S_{202}=\frac{Na_{46}Mg_{17}Ca_{17}}{Cl_{85}SO_{10}^4HCO_5^3}$	49	—	11
24	4/VI 1936 г.	$S_{12}=\frac{Ca_{53}Mg_{38}Na_9}{HCO_{86}^3Cl_9SO_5^4}$	50	—	36
25	4/VI 1936 г.	$S_{1343}=\frac{Na_{55}Ca_{25}Mg_{20}}{Cl_{94}SO_6^4}$	45	—	6
26	19/IX 1936 г.	$S_{69}=\frac{Na_{40}Mg_{30}Ca_{30}}{Cl_{56}SO_{28}^4HCO_{16}^3}$	44	—	33

Эти исходные данные для наших вод, т. е. формулы засоления и легко вычисляемые из них вторая соленость, первая щелочность и сульфатно-соленые отношения, по анализам 1935—1936 гг. приведены в табл. 8.

Из приведенных в табл. 8 данных видно, что III класс наших вод имеет вторую соленость от 2 до 58% и сульфатно-соленые отношения от 4 до 65, а I класс вод — первую щелочность от 2 до 19% и сульфатно-соленые отношения от 13 до 33.

Отложив полученные величины на решетку Роджерса, мы на фиг. 7 (в верхней половине) получим группировку наших вод по первоначальным анализам проб, взятых до орошения участка. На той же фиг. 7 (нижняя половина) представлены такие же данные для грунтовых вод после орошения 1936—1937 гг.



Фиг. 7. Классификация почвенно-грунтовых вод стационара по состоянию до орошения (1935 г.) и после орошения (1936—1937 гг.) по методу Роджерса

На фиг. 7 видно, что воды участка до орошения разбиваются на несколько ясно выраженных групп.

Первую группу составляют воды скв. 3, 8, 10, 15, имеющие первую щелочность до 20% и сульфатно-соленые отношения от 11 до 33. Это воды I класса Пальмера.

Вторую группу составляют воды скв. 12—14 и 18, имеющие вторую соленость в пределах 20% и сульфатно-соленые отношения от 13 до 20.

Третью группу составляют воды большинства скважин участка, а именно 9, 19—23, 25 и 26, а также вода из плеса р. Малый Узень. Вторая соленость здесь составляет от 36 до 58% и сульфатно-соленые отношения от 4 до 34. Это наиболее сильно засоленные воды участка.

Наконец, четвертую, несколько неясно выраженную группу составляют воды скв. 7, 16, 17 и 24, имеющие вторую соленость в пределах 20% и сульфатно-соленые отношения от 36 до 65, причем воды скв. 16 и 17 имеют самую высокую на участке величину сульфатно-соленого отношения, равную 63—65.

Близкую к данным классификации по Роджерсу и даже несколько более определенную картину распределения вод нашего участка дает группировка их по способу графика-квадрата Н. И. Толстихина (1923).

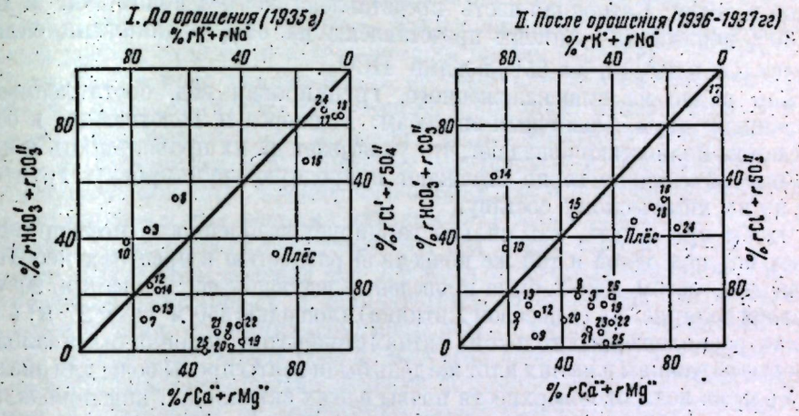
Этот график строится следующим образом. От начала координат в правом верхнем углу квадрата по ординате вниз откладывается сумма сильных отрицательных радикалов ($rCl' + rSO_4''$) в эквивалент-процентах, а по абсциссе влево — сумма сильных положительных радикалов ($rK^{\cdot} + rNa^{\cdot}$) тоже в эквивалент-процентах [1]. На противоположных сторонах квадрата откладываются отдельно сумма остальных катионов и анионов, а именно: на левой ординате — сумма эквивалент-процентов слабых отрицательных радикалов ($rHCO_3' + rCO_3''$), а на нижней абсциссе — сумма эквивалент-процентов слабых положительных радикалов ($rCa'' + rMg''$).

[1] Мы разбиваем квадрат не на 50 делений, как это делают Н. И. Толстихин и американские исследователи, а на 100 соответственно 100%, принятым нами отдельно для суммы эквивалент-процентов анионов и 100% для суммы катионов при составлении формул засоления. Это обстоятельство не вносит каких-либо изменений в график-квадрат, но представляет много удобств при вычислениях величин различных отношений (соленостей и щелочностей, сульфатно-соленых отношений, хлоридно-сульфатных отношений и др.), а также упрощает составление различных графиков.

Размещение наших вод на графике-квадрате представлено на фиг. 8 (левая половина фигуры — по состоянию вод до орошения, правая половина — после орошения в 1936—1937 гг.).

Согласно этому графику (фиг. 8), воды нашего участка разбиваются также на четыре ясно выраженные группы.

Первую группу составляют воды скв. 3, 8, 10 и 15 (т. е. воды I класса Пальмера), содержащие 60—80 экв. % $Na^{\cdot}$ и соответственно 40—20% Ca'' и Mg'' при примерно равном количестве (в пределах 40—60 экв. %) анионов сильных и слабых кислот. Общая засоленность этих вод не велика, — не превышает 50 м-экв. анионов и катионов в литре.



Фиг. 8. Классификация почвенно-грунтовых вод стационара по методу Толстихина

Вторую группу составляют воды скв. 7, 12—14, имеющие такое же соотношение катионов, как и первая группа, т. е. 60—80 экв. % $Na^{\cdot}$ и 40—20% $Ca'' + Mg''$, но содержащие значительно больше анионов сильных кислот (90—75 экв. %), чем слабых, которые выражены только цифрой 10—25 экв. %. Засоленность этих вод значительно выше, чем в первой группе, и колеблется в пределах 50—200 м-экв. анионов и катионов в литре.

Третью группу составляют воды почти большинства скважин участка, а именно скв. 9, 19—23, 25 и 26. Засоленность этих вод наиболее высокая и составляет от 130 до 1340 м-экв. анионов и катионов в литре [1].

Катионная часть здесь представлена почти равными количествами эквивалент-процентов $Na^{\cdot}$, с одной стороны, и суммы $Ca'' + Mg''$ с другой, даже с некоторым преобладанием последних (50—60%). Анионная же часть здесь почти нацело (на 90—98 экв. %) состоит из радикалов сильных кислот, преимущественно хлор-иона, при ничтожном количестве иона HCO_3.

[1] Вода из скв. 26, заложенной осенью 1936 г., т. е. после орошения участка, содержит, по анализу на 19/IX 1936 г., 69 м-экв. анионов и катионов в литре и является исключением из этого правила, но не меняет общего вывода, так как она и на фиг. 8 стоит несколько изолированно от остальных скважин.

Наконец, четвертую группу составляют воды скв. 17, 18 и 24, имеющие очень малую засоленность (в пределах 12—13 м-экв/л). Катионная часть здесь свыше чем на 90 экв. % представлена $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$, анионная — свыше 80% ионом $HCO_3^{\prime}$. Сюда относятся воды скважин, расположенных в западинах и прилегающих к ним частях участков. Скв. 18 находится в центре западины с черноземовидными почвами; скв. 24 — в западине, занятой осолоделыми почвами. Весной в этих западинах накапливаются делювиальные воды; они промывают толщу почво-грунтов и образуют местные купола пресных вод.

К этой же группе относится вода из скв. 16, имеющая также свыше 60 экв. % $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$ и около 70 экв. % ионов $HCO_3^{\prime}$. Засоленность воды также невысокая (составляет 19 м-экв. ионов в литре).

Промежуточное положение между этими четырьмя группами занимает вода плеса р. Малый Узень. Засоленность ее невысокая: 15—16 м-экв. ионов в литре. Катионная часть представлена на 70% ионами $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$ и на 30% ионами $Na^{\cdot}$. Анионы представлены на 65% радикалами сильных кислот ($Cl^{\prime}$ и $SO_3^{\cdot\cdot}$) и на 35% ионами $HCO_3^{\prime}$.

Как видно из вышеизложенного, группировки вод, составленные по указанным двум различным способам: Роджерса и Толстихина, в основном почти полностью совпадают, что указывает на их правильность и на то, что они объективно верно отражают природную группировку грунтовых вод по их химическому составу.

Чтобы проследить, как сильно варьирует засоленность почвенно-грунтовых вод под одной и той же почвенной разностью в пределах небольшой площадки, летом 1936 г. были проведены следующие исследования. 20/VI на опытной делянке 744 (с посевом житняка) площадью 350 м² (13×27 м) в пяти точках, расположенных только на пятнах столбчатого солонца, были заложены буровые скважины и из них в тот же день были взяты пробы воды для анализа.

Уровень воды от поверхности почвы в этих скважинах, как показали измерения, колебался очень незначительно, в 2—3 см (680—683 см), что, конечно, находится в пределах ошибки измерения. Засоленность же вод из этих скважин варьировала довольно значительно, как это видно из данных, приведенных в табл. 9.

ТАБЛИЦА 9

Формула засоления, вторая соленость, первая щелочность и сульфатно-соленые отношения почвенно-грунтовых вод в пяти скважинах на делянке 744

№ скважины	Дата взятия проб	Формула засоления	Вторая соленость	Первая щелочность	$\frac{rSO_4''}{rSO_4''+rCl'}\cdot 100$
1	20/VI 1936 г.	$S_{333}=\frac{Na_{50}Mg_{32}Ca_{18}}{Cl_{87}SO_{12}^{4}HCO^{3}}$	49	—	12
2		$S_{241}=\frac{Na_{63}Mg_{20}Ca_{12}}{Cl_{86}SO_{12}^{4}HCO_{2}^{3}}$	30	—	12
3		$S_{323}=\frac{Na_{50}Mg_{31}Ca_{19}}{Cl_{89}SO_{9}^{4}HCO_{2}^{3}}$	48	—	9
4		$S_{312}=\frac{Na_{54}Ca_{25}Mg_{21}}{Cl_{86}SO_{12}^{4}HCO_{2}^{3}}$	44	—	12
5		$S_{271}=\frac{Na_{62}Mg_{24}Ca_{12}}{Cl_{83}SO_{15}^{4}HCO_{2}^{3}}$	36	—	15

Общая засоленность варьирует почти на 100 м-экв./л (241 и 333 м-экв.), вторая соленость колеблется от 30 до 49% и сульфатно-соленые отношения — в пределах от 9 до 15. Несмотря на такое значительное различие в составе вод, все они относятся к одной и той же, а именно к третьей группе вод нашего участка, охарактеризованной выше.

Рассмотрим теперь, какие изменения в составе грунтовых вод происходят под влиянием орошения, более или менее сильно отражающегося на изменении уровня грунтовых вод.

Прежде всего зададимся вопросом, какие изменения в солевом составе грунтовых вод можно ожидать под влиянием орошения.

На рассматриваемом участке имеются почво-грунты с различной степенью засоления хлоридами, сульфатами, карбонатами кальция, магния и натрия. Мы имеем здесь гамму переходов от грунтов сильно засоленных до грунтов полностью промытых и выщелоченных от водорастворимых солей. Грунты сильно засоленные приурочены к столбчатым солонцам, а грунты слабо засоленные и незасоленные — или к каштановым почвам, или к темноцветным почвам западин и к осолодевшим почвам западин.

Почвенный покров участка весьма пестрый, как об этом свидетельствует почвенный план (см. Труды Комиссии по ирригации, вып. 9). При этом более или менее значительные площади участка заняты столбчатыми солонцами с вкрапленными в них пятнами каштановых и темноцветных почв. Есть площади, покрытые в основном каштановыми и темноцветными почвами с вкрапленными в них мелкими пятнами столбчатых солонцов.

Степень засоленности грунтовых вод под двумя такими массивами должна быть различной: высокой под массивом столбчатых солонцов и низкой под участком каштановых и темноцветных почв. Но эта закономерность нарушается теми течениями грунтовых вод, о которых говорилось выше. Отсюда можно представить себе на массивах каштановых почв в комплексе с темноцветными западинными почвами сочетание более или менее сильно промытых, свободных от водорастворимых солей грунтов с сильно засоленными грунтовыми водами, продвинувшимися сюда из присыртовой части района, где грунты и воды могут быть сильно засоленными. В частности такой случай имеет место в районе скв. 19, расположенной в западной части участка на махорочной плантации колхоза имени Ленина. Скв. 19 находится среди большого массива каштановых и темноцветных почв с редкими пятнами солонцов; но тем не менее вода этой скважины сильно засолена и отвечает формуле:

$$S_{44}=\frac{Na_{40}Ca_{30}Mg_{30}}{Cl_{9}SO_{5}^{4}HCO_{2}^{3}}.$$

Можно представить и обратный случай, когда под массивом солонцовых почв, иначе говоря, под засоленными грунтами будет находиться слабо засоленная грунтовая вода, которая выражает не сильное засоление вышележащей грунтовой толщи, а слабое засоление либо соседних, либо лежащих несколько в стороне других грунтов, через которые данная вода в свое время профильтровалась и затем постепенно передвинулась на новое (данное) место. Такой случай, мы, повидимому, имеем в районе скв. 15, 16 и 17, расположенных на массиве резко выраженных столбчатых солонцов с мелкими пятнами каштановых почв, т. е. под засоленными грунтами, где грунтовые воды оказались слабо засоленными и соответствовали формулам:

скв. 17:

$$S_{13}=\frac{Ca_{57}Mg_{39}Na_{4}}{HCO_{83}^{3}SO_{17}^{4}};$$

скв. 16:

$$S_{19}=\frac{Mg_{49}Ca_{35}Na_{16}}{HCO_{65}^{3}SO_{20}^{4}Cl_{15}};$$

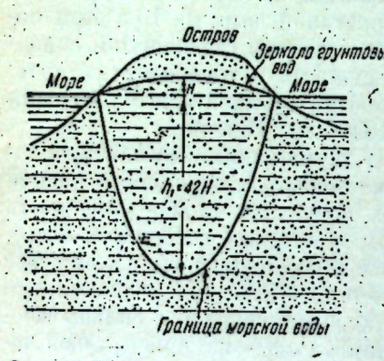
скв. 15:

$$S_{30}=\frac{Na_{60}Ca_{21}Mg_{19}}{Cl_{42}HCO^{3}_{42}SO^{4}_{16}}.$$

Эти скважины с постепенно увеличивающейся засоленностью грунтовой воды расположены на одной прямой, идущей от большой западины со скв. 18 к берегу р. Малый Узень, на расстояниях соответственно около 40, 100 и 180 м от этой западины. Степень засоленности грунтовых вод этих скважин отражает не засоленность толщи залегающих в их районе грунтов, а указывает на то, что сюда по направлению от высокого купола грунтовых вод из западины со скв. 18 в сторону русла р. Малый Узень передвигается грунтовая вода этой западины, имеющая очень слабую степень засоления, отвечающую формуле засоления:

$$S_{12}=\frac{Ca_{76}Mg_{21}Na_{3}}{HCO^{3}_{81}Cl_{14}SO^{4}_{2}}.$$

По мере движения этой пресной воды от западины к Узеню и вытеснения ею засоленной воды она все же проходит через засоленную толщу грунтов, по пути постепенно увеличивает степень своей засоленности, что и отражается в составе вод скв. 17, 16 и 15.



Фиг. 9. Гидрогеологические условия на острове в дюнных песках по Винтгенсу (Кейльгак, 1935).

Отсюда легко себе представить, что под влиянием орошения и фильтрации поливных вод через толщу грунтов мы можем ожидать на нашем участке следующих случаев изменения состава грунтовых вод по мере поднятия их уровня:

1. Орошается массив со слабо засоленными почвами и грунтами, но имеющий сильно засоленные грунтовые воды. В этом случае поверхностные поливные воды, пройдя через слабо засоленную или незасоленную толщу, будут накладываться на засоленные грунтовые воды, не смешиваясь с ними, а постепенно вытесняя их вниз и в стороны, как это следует ожидать на основании принципа Бадона — Гюйбенса (Badon — Ghijbens).

Как известно из современной гидрогеологии (Кейльгак, 1935), взаимоотношения между морской и пресной водой на песчаных островах подчиняются принципу Бадона—Гюйбенса, основанному на законе гидростатического равновесия в сообщающихся сосудах с двумя смешивающимися жидкостями различного удельного веса. Если удельный вес жидкостей I и II будет соответственно g_1 и g_2, а разность высот их поверхностей в состоянии равновесия равняется H метров, то контактная поверхность обеих жидкостей должна залегать на глубине $h_1=\frac{g_2}{g_1-g_2}H$ м под зеркалом жидкости I.

Такое состояние равновесия между морской и пресной водой и устанавливается на песчаных островах и прибрежных (материковых) песчаных толщах. На песчаном острове, как это представлено на фиг. 9, более легкая пресная вода, скопившаяся из атмосферных осадков, лежит на тяжелой морской воде и своим давлением понижает контактную поверхность.

При удельном весе пресной воды, равном 1, и морской воды, равном 1.024, и при высоте стояния грунтовой воды, равной H м, глубина залегания контактной поверхности h_1 определяется по формуле:

$$h_1=\frac{1.000}{1.024-1.000}\cdot H=42H \text{ м}.$$

Если поверхность пресной грунтовой воды поднимается над уровнем моря на 1.5 м, тогда нижняя граница залегания пресной воды над уровнем моря будет равна 1.5·42=63 м.

Влияние диффузии морской и пресной воды затрудняется наличием песка и ограничивается, как показывают наблюдения, лишь очень узкой зоной.

Аналогичные взаимоотношения между засоленными и пресными грунтовыми водами должны наблюдаться и на рассматриваемом нами участке, с тем лишь отличием, что принцип Бадона—Гюйбенса, покоящийся на допущении статического равновесия, будет подвергаться изменению при движущихся соленых и пресных водах. Но так как скорость движения грунтовых вод в нашем случае очень мала, то основные закономерности должны здесь соблюдаться.

Итак, в случае фильтрации поверхностных поливных вод через незасоленную толщу почво-грунтов, характеризующуюся засоленными грунтовыми водами, профильтровавшиеся воды будут накладываться на засоленные грунтовые воды, не смешиваясь (или мало смешиваясь) с ними, а вытесняя их вниз и в боковые стороны.

2. Орошается массив со слабо засоленными грунтами и слабо засоленными грунтовыми водами или же массив с сильно засоленными грунтами и сильно засоленными грунтовыми водами. В этом случае фильтрующиеся поливные воды будут выщелачивать по пути своего движения вниз примерно те же соли и в тех же примерно соотношениях, что уже характеризует грунтовые воды. Изменения качественного состава грунтовых вод в этом случае происходить почти не будет, хотя положение зеркала грунтовых вод может сильно измениться.

3. При орошении массива с сильно засоленными грунтами и слабо засоленными грунтовыми водами фильтрующиеся через засоленные грунты воды будут обогащаться водорастворимыми солями, и такая минерализованная вода будет накладываться на слабо засоленную или совсем не засоленную воду, вытесняя ее вниз и в стороны.

В свете изложенных представлений рассмотрим те изменения, какие произошли в химическом составе грунтовых вод нашего участка в результате 2 лет орошения.

Общая минерализация грунтовых вод в одних скважинах, как это показывают табл. 6 и 7, а также фиг. 10 и 11, почти не изменилась, в других же она сильно уменьшилась.

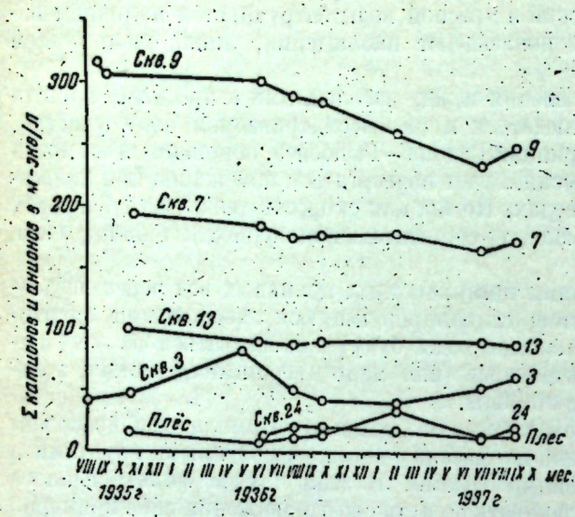
На фиг. 10 показано изменение минерализации воды в плесе р. Малый Узень и в скв. 3, 7, 9, 13 и 24 за наблюдаемый двухлетний период. Из них скв. 7 находится вне орошаемого массива, скв. 13 и 24 — в районе орошения, в непосредственной близости от неорошаемых частей участка, и скв. 3 и 9 — на орошаемом массиве. Как видно на фиг. 10, минерализация вод в этих скважинах почти не изменилась или изменилась очень слабо. При этом вода скв. 9 имеет тенденцию к уменьшению минерализации, а скв. 3— к увеличению ее. Сюда надо отнести также скв. 25, находящуюся вне зоны орошения и не изменившую своей минерализации. (Эта скважина не поместилась в принятом на фиг. 10 масштабе.)

Воды других периодически изучаемых скважин, а именно 14, 19 и 20, сильно изменили свою минерализацию в сторону уменьшения ее степени, как это видно на фиг. 11. Из них скв. 19, как уже отмечено выше, находится в зоне орошения на плантации колхоза имени Ленина, скв. 20 расположена вне зоны орошения, но прилегает к этой плантации со стороны сыртового склона, а скв. 14 помещается в зоне орошения нашего опытного участка, между 5-м и 6-м оросителями, поблизости (около 200 м) от русла р. Малый Узень.

Для целей сравнения химического состава грунтовых вод участка по-

сле его орошения с исходным составом этих вод (1935 г.) представим данные последних анализов 1936—1937 гг. в виде формул засоления, а также вычислим для них величины второй солености, первой щелочности и сульфатно-соленого отношения, как это было сделано выше для исходных аналитических данных (табл. 10).

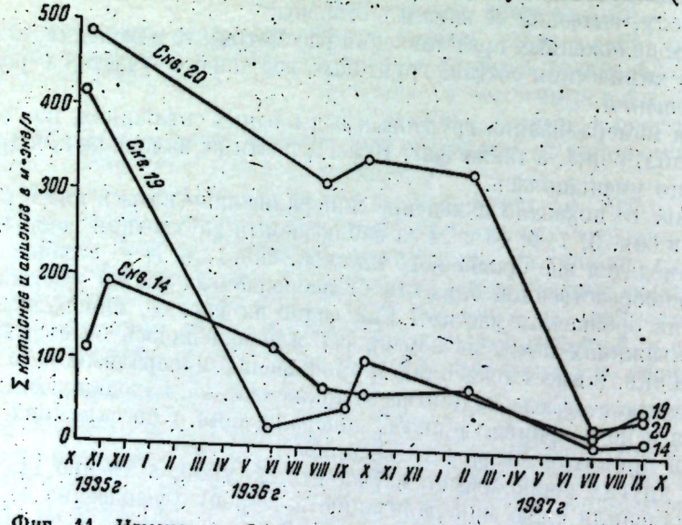
Наложив эти данные на решетку Роджерса, как это показано на фиг. 7 (нижняя часть) и на квадрат Толстихина—фиг. 8 (правая часть), получим соответствующие группировки почвенно-грунтовых вод, изменившихся под влиянием орошения рассматриваемого участка.



Фиг. 10. Изменение общей минерализации воды в плесе р. Малый Узень и почвенно-грунтовых вод в скв. 3, 7, 9, 13 и 24 за 2 года

Из сопоставления этих графиков с графиками для исходных анализов вод вытекает, что в основном деление вод на четыре группы сохранилось. Особенно наглядно это видно из сопоставления графиков-квадратов (фиг. 8).

В первой группе (I класс Пальмера) остались воды скв. 10 и 15 и к ним присоединилась еще вода скв. 14, где она поднялась за время орошения на 119 см, причем степень ее минерализации сильно уменьшилась (со 112 до



Фиг. 11. Изменение общей минерализации почвенно-грунтовых вод в скв. 14, 19 и 20 за 2 года

11—14 м-экв./л) и совершенно изменился ее состав. Объясняется это, повидимому, тем, что в районе данной скважины преобладают каштановые почвы в комплексе с темноцветными и при их орошении (по 7-му и 6-му оросителям) незасоленные поливные воды, профильтровавшись через незасоленные

ТАБЛИЦА 10

Формулы засоления, величины второй солености, первой щелочности и сульфатно-соленого отношения почвенно-грунтовых вод стационара по анализам 1936—1937 гг.

№ скважины	Дата взятия проб	Формула засоления	Вторая соленость в %	Первая щелочность в %	$\frac{rSO_4''}{rSO_4''+rCl'}\cdot 100$
Плес	2/IX 1937 г.	$S_{15}=\frac{Ca_{40}Na_{33}Mg_{27}}{HCO_{36}^{3}Cl_{39}SO_{15}^{4}}$	21	—	28
3	2/IX 1937 г.	$S_{63}=\frac{Na_{50}Ca_{25}Mg_{25}}{Cl_{46}SO_{40}^{4}HCO_{14}^{3}}$	36	—	46
7	2/IX 1937 г.	$S_{168}=\frac{Na_{78}Mg_{14}Ca_{8}}{Cl_{53}SO_{35}^{4}HCO_{12}^{3}}$	10	—	40
8	30/V 1936 г.	$S_{65}=\frac{Na_{54}Mg_{27}Ca_{19}}{Cl_{64}SO_{18}^{4}HCO_{18}^{3}}$	28	—	22
9	2/IX 1937 г.	$S_{249}=\frac{Na_{51}Mg_{25}Ca_{21}}{Cl_{88}SO_{8}^{4}HCO_{4}^{3}}$	45	—	8
10	19/IX 1936 г.	$S_{46}=\frac{Na_{81}Mg_{10}Ca_{9}}{Cl_{56}HCO_{36}^{3}SO_{8}^{4}}$		17	13
12	2/II 1937 г.	$S_{116}=\frac{Na_{70}Mg_{17}Ca_{12}K}{Cl_{70}SO_{18}^{4}HCO_{12}^{3}}$	17	—	20
13	2/IX 1937 г.	$S_{88}=\frac{Na_{73}Mg_{18}Ca_{11}}{Cl_{75}HCO_{15}^{3}SO_{10}^{4}}$	12	—	12
14	2/IX 1937 г.	$S_{14}=\frac{Na_{85}Ca_{9}Mg_{6}}{HCO_{62}^{3}SO_{24}^{4}Cl_{14}}$	—	47	63
15	28/V 1936 г.	$S_{25}=\frac{Na_{55}Mg_{28}Ca_{17}}{HCO_{48}^{3}Cl_{42}SO_{10}^{4}}$	—	3	19
16	2/II 1937 г.	$S_{26}=\frac{Ca_{35}Mg_{24}Na_{18}K_{3}}{HCO_{35}^{3}SO_{41}^{4}Cl_{6}}$	26	—	87
17	27/V 1936 г.	$S_{11}=\frac{Ca_{5}Mg_{46}Na_{2}}{HCO_{89}^{3}Cl_{6}SO_{5}^{4}}$	9	—	45
18	2/II 1937 г.	$S_{13}=\frac{Ca_{50}Mg_{24}Na_{20}K_{6}}{HCO_{50}^{3}SO_{34}^{4}Cl_{16}}$	24	—	68
19	2/IX 1937 г.	$S_{50}=\frac{Na_{44}Ca_{30}Mg_{26}}{Cl_{77}HCO_{15}^{3}SO_{8}^{4}}$	41	—	9
20	2/IX 1937 г.	$S_{47}=\frac{Na_{60}Ca_{22}Mg_{18}}{Cl_{62}SO_{28}^{5}HCO_{10}^{3}}$	30	—	31
21 22 23		Анализов в 1936—1937 гг. не было			
24	2/IX 1937 г.	$S_{19}=\frac{Ca_{51}Mg_{3}Na_{17}}{SO_{49}^{4}HCO_{43}^{3}Cl_{8}}$	40	—	86
25	2/IX 1937 г.	$S_{1335}=\frac{Na_{44}Mg_{32}Ca_{24}}{Cl_{93}SO_{6}^{4}HCO^{3}}$	55	—	6
26	2/IX 1937 г.	$S_{38}\ \frac{Na_{42}Mg_{30}Ca_{28}}{Cl_{6}SO_{21}^{4}HCO_{17}^{3}}$	41	—	25

грунты, наложились на засоленные грунтовые воды, не смешиваясь с последними, как это можно было ожидать на основании вышеизложенного принципа Бадона—Гюйбенса. Из этой группы вод выбыли воды скв. 3 и 8, у которых, наоборот, увеличилась минерализация: степень минерализации воды в скв. 3 увеличилась с 42 до 63 м-экв./л, а воды скв. 8 — с 45 до 65 м-экв./л. По своему составу эти воды перешли в основную третью группу вод участка.

Вторая группа вод (скв. 7, 12 и 13) по своему составу сблизилась с третьей, наиболее обширной группой, куда включаются воды большинства скважин участка, а именно 9,19—23, 25, 26 и вновь вошедшие в эту группу скв. 3 и 8. Образовалась одна обширная группа, имеющая в анионной части больше 80 экв. % радикалов сильных кислот (Cl' и SO_4'') и от 40 до 80 экв. % одновалентных катионов.

Сильно уменьшилась минерализация воды в скв. 19 (с 414 до 50 м-экв./л) и 20 скв. (с 484 до 47 м-экв./л), но тем не менее качественный состав вод этих скважин изменился мало. Уменьшение степени минерализации вод в этих скважинах можно объяснить следующим образом. Вода в районе скв. 19 отвечала до орошения, повидимому, не своей выщелоченной почвенно-грунтовой толще, а передвинувшимся сюда засоленным водам присыртовых пространств. На это указывают почти одинаковая степень минерализации и одинаковый солевой состав воды в скв. 19 и 20 до орошения, из которых скв. 20 отвечала засоленным водам сыртов.

В результате орошения и фильтрации поливных вод через незасоленную толщу каштановых и темноцветных почв, преобладающих в районе скв. 19 (плантации колхоза имени Ленина), незасоленные воды наложились на засоленные, не смешиваясь с ними, и вытеснили последние вниз и в стороны. При этом в скв. 19 вода поднялась на 112 см по сравнению с исходным положением. Растекание этой пресной воды в стороны повлияло на поднятие уровня воды в скв. 20, также без смешивания пресных водных слоев с нижележащими солеными грунтовыми водами. Общее поднятие воды в скв. 20 составляет всего 40 см. Уровень же контакта ее с засоленной водой, в согласии с принципом Бадона—Гюйбенса, находится значительно ниже.

Воды в скв. 7 и 25, находящихся вне зоны орошения, почти совершенно не изменены как по своему уровню, так и по составу.

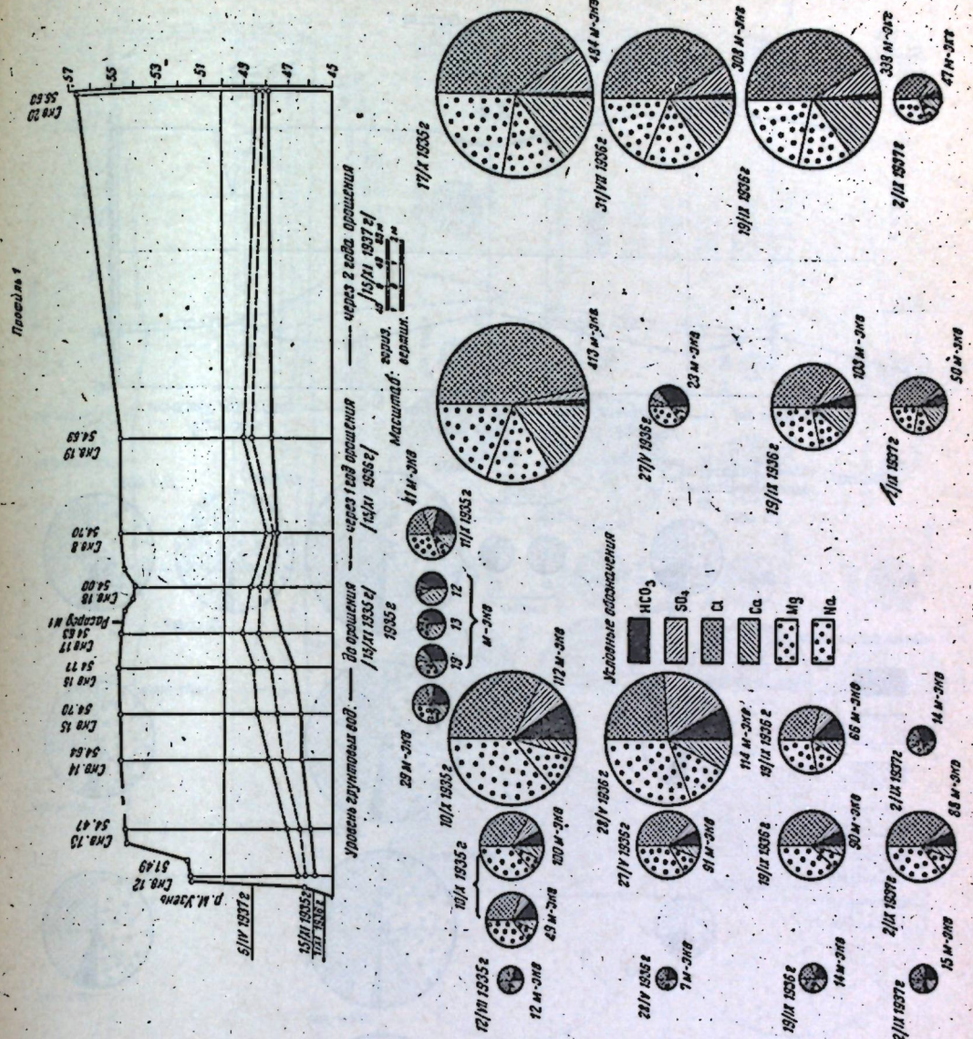
Степень минерализации и качественный состав воды в скв. 9, несмотря на то, что поднятие ее уровня достигает более 2 м, почти не изменились, что указывает, повидимому, на то, что здесь грунтовая вода до орошения находилась в соответствии с характером засоления залегающей над ней почвенно-грунтовой толщи. Фильтрующиеся поливные воды, поднимая уровень воды в этой скважине, вносили в нее примерно те же соли и в тех же количествах, какие были здесь до орошения в составе грунтовых вод.

Наконец, воды в скв. 16—18, 24 и в плесе реки составляют, как и прежде, четвертую группу, несколько расплывчатую по своим химическим свойствам, как это следует из данных сопоставления группировок по Роджерсу и по Толстихину. Степень минерализации и состав вод этой группы мало изменились, и они попрежнему являются наиболее опресненными, обычно лучшими питьевыми водами в этом районе Заволжья.

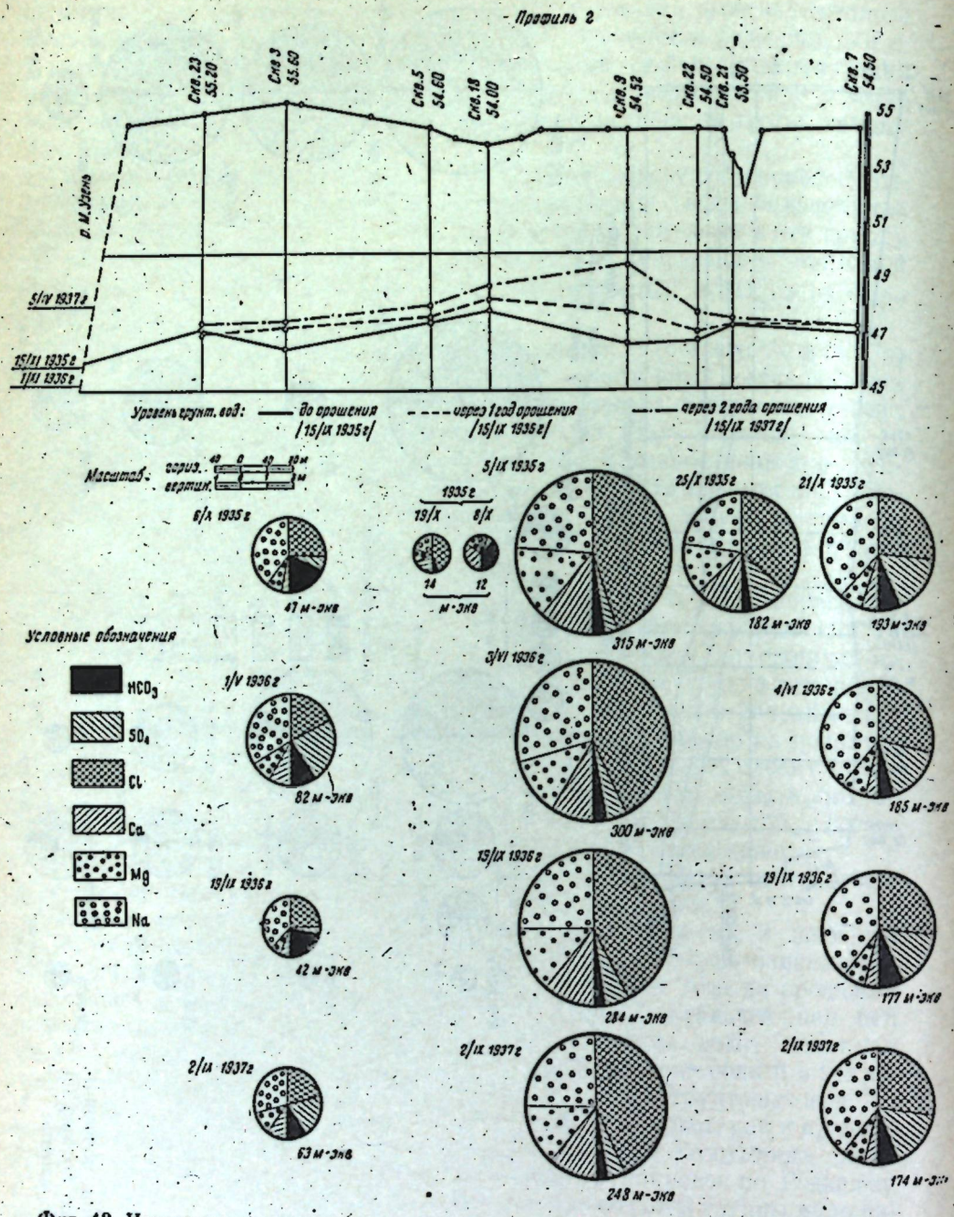
Изменение уровней грунтовых вод по профилям участка и изменение их солевого состава за некоторые сроки наблюдений показаны на фиг. 12—14.

Из них профиль 1 (фиг. 12) проложен от русла р. Малый Узень (близ скв. 12 и Rp № 2) поперек долины к подошве сыртов. Профиль 2 (фиг. 13) примерно перпендикулярен профилю 1. Профиль 3 (фиг. 14) охватывает другие главнейшие части опытного участка.

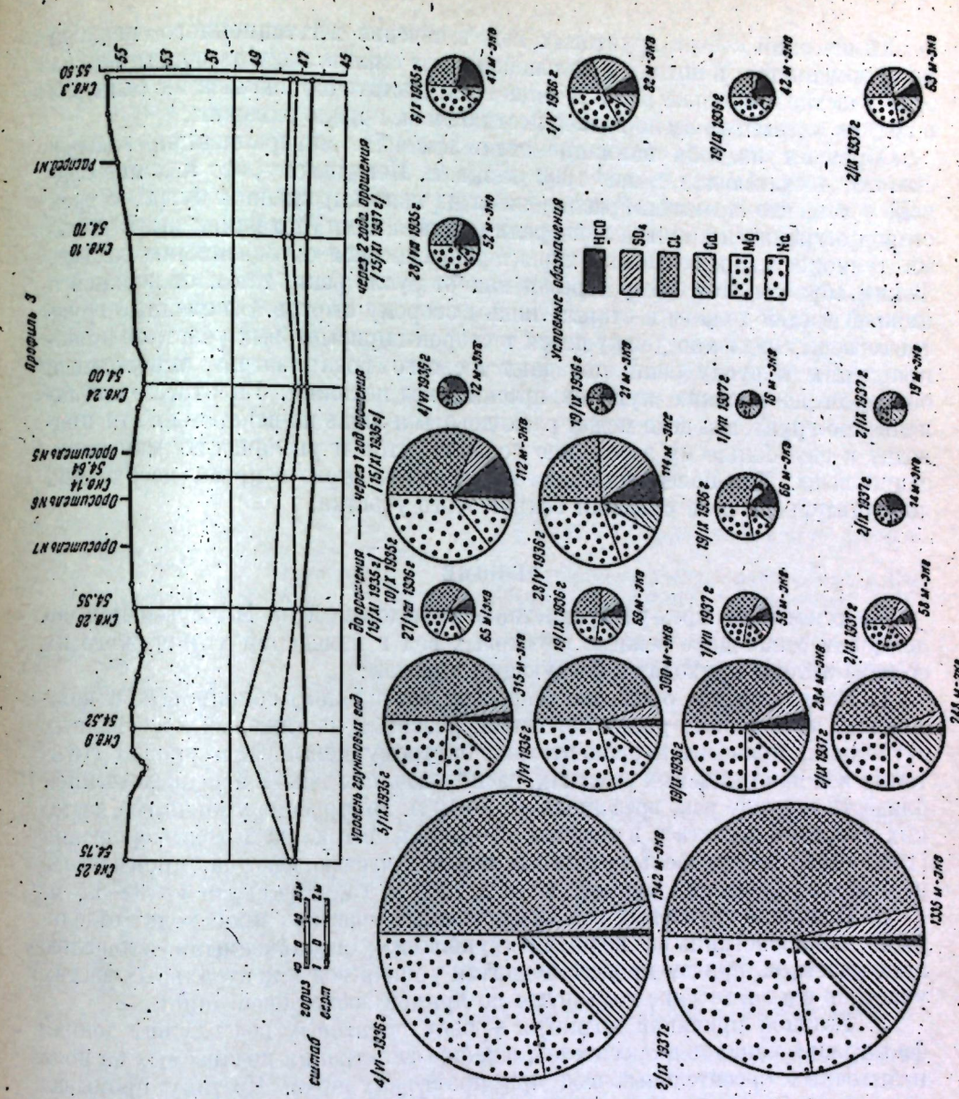
Как видно из этих профилей, поднятие грунтовых вод ясно выражено на всем участке.



Фиг. 12. Изменение уровня почвенно-грунтовых вод и их солевого состава по профилю 1 за 2 года орошения



Фиг. 13. Изменение уровня почвенно-грунтовых вод и их солевого состава по профилю 2 за 2 года орошения



Фиг. 14. Изменение уровня почвенно-грунтовых вод и их солевого состава по профилю 3 за 2 года орошения

Химический состав грунтовых вод в течение вегетационного периода мало изменяется, и потому в дальнейшем нет смысла изучать состав вод на этом участке несколько раз в течение года; достаточно анализа их один раз в год, но охватывая им по возможности большее число скважин.

Обращает на себя внимание очень высокая минерализация воды в скв. 25, достигающая свыше 1300 м-экв./л. Повидимому, это явление связано с тем, что скважина расположена на ясно выраженном бугре, с трех сторон отграниченном от долины реки понижениями (потяжинами), занятыми темноцветными почвами и характеризующимися опресненными водами. Таким образом этот бугор отрезан как от русла реки, так и от верхней и нижней частей долины и открыт лишь в сторону сыртов. Засоленные грунтовые воды, медленно движущиеся в стороны присыртовых участков по направлению к руслу реки, попадают в своего рода «загон», окруженный барьером из высоких куполов пресных вод потяжин. Из этого «загона» почвенно-грунтовая вода может расходоваться лишь на испарение, что приводит к еще большему засолению почво-грунтов и увеличению минерализации воды. Для более детального выяснения этого вопроса необходима дополнительная сеть скважин вокруг этого участка.

РЕЗЮМЕ

На основании трех-четырехлетних исследований на Малоузенском солонцовом стационаре режима грунтовых вод и изменений химического их состава авторы приходят к следующим выводам:

1. Искусственное орошение (способом затопления) солонцовых и каштановых почв речных долин Заволжья, развитых на тяжелых лёссовидных суглинках, приводит к сравнительно быстрому повышению уровня грунтовых вод на орошаемых участках, расположенных даже в непосредственной близости к руслу рек, врезанных на 7—10 м. Повышение уровня вод на таких участках достигает в среднем 50—100 см в год. За 3 года орошения (1936—1938 гг.) уровень грунтовых вод под частью участка, промытого в первый год орошения нормой воды в 7000 м³/га, повысился на 3—3.5 м.

2. Поднятие грунтовых вод на орошаемых участках происходит отдельными локализованными водными «куполами», ограниченными площадью этих участков, причем процесс поднятия уровня вод в центральных частях участков идет в течение года почти по прямой восходящей линии.

3. Главной причиной поднятия уровня грунтовых вод служит донная фильтрация каналов и оросителей, а также фильтрация подаваемых на поля избыточных оросительных вод при промывках почв. Поэтому промывка солонцовых почв высокими нормами воды (5000—7000 м³/га) не оправдывает себя как мелиоративный прием и должна быть заменена осенней влагозарядкой почв обычными оросительными нормами порядка 800—1000 м³/га.

Не исключена возможность, что в поднятии уровня грунтовых вод не малое значение имеет также усиливающееся от орошения подпитывание их конденсирующейся парообразной водой из верхних горизонтов почвы.

4. При дальнейшем орошении участка Малоузенского солонцового стационара нужно ожидать дальнейшего подъема уровня грунтовых вод, достижения ими через 2—3 года критического уровня и появления тем самым процесса вторичного засоления солонцовых почв в солончаки.

Возможность вторичного засоления почв служит, повидимому, одной из причин упорно сохраняющейся до сих пор в орошаемом хозяйстве Заволжья переложной системы земледелия.

5. По степени засоления и составу катионной и анионной частей грунтовые воды долины р. Малый Узень разбиваются на четыре ясно очерченные группы, приуроченные к определенным элементам микрорельефа и тем самым к определенным комплексам почвенных разностей. Для краткой химической характеристики и сравнения состава грунтовых вод оказалось удобным пользоваться условными формулами засоления по Курлову, несколько измененными авторами настоящей работы.

6. В результате орошения и поднятия уровня грунтовых вод общая минерализация и состав вод в одних скважинах сильно изменился в сторону опреснения, в других же почти не претерпел никаких изменений, что связано, повидимому, с проявлением здесь принципа Бадона—Гюйбенса и с наличием или отсутствием засоления толщи грунтов, сквозь которую фильтруются оросительные воды.

7. При дальнейшем развитии орошения почв речных долин Заволжья как водами местного стока, так и проектируемого орошения водами Волги необходимо в ближайшее время во всех орошаемых хозяйствах организовать простой, доступный каждому колхозу контроль над уровнем грунтовых вод для своевременного предупреждения процессов вторичного засоления, которое всегда угрожает прежде всего участкам, приуроченным к долинам рек.

ЛИТЕРАТУРА

Антипов-Каратаев И. Н. и Саввинов Н. И. Труды Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937, стр. 38—59.
Высоцкий Г. Н. Биологические, почвенные и фенологические наблюдения в Великом Анадоле. Мариупольское лесничество. Тр. опыт. лесничества, 1901.
Григорьев Г. И. и Кудинова А. И. Труды Комиссии по ирригации, вып. 10, 1937.
Деликайтис С. А. Орошаемое земледелие. Некоторые вопросы орошаемого земледелия в зерновом хозяйстве. Саратовское гос. изд., 1935.
Кейльгак К. Подземные воды. Перевод проф. Н. И. Славянова, ОНТИ, М.—Л. 1935.
Ковда В. А. Труды Комиссии по ирригации, вып. 10, 1937.
Коньков В. Б. и Петров Е. Изучение режима грунтовых вод в Голодной степи. Ташкент, 1929.
Курлов М. Г. Классификация сибирских целебных минеральных вод. Изд. Физико-терапевтического инст. Томск, 1928.
Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. Изд. 4-е, М.—Л. 1936.
Ливанов К. В. Метеорология и гидрология, № 8, 1936.
Маляров К. Л. Химический состав буровых вод Грозненского района. Изд. НТУ ВСНХ, М. 1929.
Петров Е. Бюллетень № 3, ВНИГИМ, 1934.
Розов Л. П. Бюллетень № 3 Всесоюзного института гидротехники и мелиорации, 1934.
Славянов Н. И. Эквивалентная форма выражения анализов воды и ее применение. 1932.
Толстихин Н. И. К вопросу о графическом изображении анализов воды. Опробование месторождений полезных ископаемых. Л. 1923.
Palmer Ch. U. S. Geol. Survey, Bull. 479, Washington, 1911.
Sherburn G. Rogers. U. S. Geol. Survey, Bull. 653, 1937. Русский перевод. Изд. Нефтяного и сланцевого хозяйства. М. 1939.
Stabler U. U. S. Geol. Survey, Water supply, Bull. 274, 1911.

N. I. SAVVINOV and V. N. FILIPPOVA

GROUND WATER LEVEL IN TRANSVOLGIAN RIVER VALLEYS AS AFFECTED BY IRRIGATION

Summary

As the result of 3—4 years investigations of the regime and the changes in the chemical composition of ground waters made at the Little — Usen Stationary Solonets Experimental Station, the authors arrived at the following conclusions.

1. Artificial irrigation (Flooding) of Transvolgian river valleys solonets and chestnut soils which are developed on heavy loess-like loams, leads to a comparatively rapid rise of the ground water level even under irrigated plots

situated in the immediate vicinity of the river bed which cits in to a depth of 7 to 10 meters into the valley. The average rise is from 50 to 100 cm per annum. After 3 years irrigation of a plot, which had received 7000 cub. meters of water per hectare during the first year of irrigation, the ground water level was in 1938 from 3 to 3.5 meters higher than in 1936.

2. The rising ground water level forms individual localized «domes» under irrigated plots strictly within their limits. In the central parts of irrigated plots the ground water level rises in a nearly vertical direction throughout the whole year.

3. The rise of the ground water level is chiefly caused by water percolating through the bottom of laterals and of irrigation ditches, as well as by excess water applied to the fields during the leaching waterings. Therefore, the leaching watering of solonets soils with large amounts of water (from 5 to 7 thousands cub. meters of water per hectare) is not a paying way of reclamation, and full waterings with a usual amount of from 800 to 1000 cub. meters of water per hectare should be applied in the autumn in order to store water in the soil.

It is also possible that the feeding of ground waters by the water vapour condensed in the upper soil horizons growing stronger under the action of irrigation plays a considerable part in the rise of the ground water level.

4. Further irrigation of the fields at the Little — Uzen Solonets Experimental Station will lead to a further rise in the ground water level; in the space of two or three years the ground waters will reach the critical level and the solonets soils, undergoing secondary salinisation, will be transformed into solonchaks.

The pending possibility of a secondary salinisation of soils seems to be one of the reasons why the system of leaving land fallow is so persistently used in the Transvolgian irrigated farming.

5. The ground waters in the Little — Uzen river valley can be classified into four distinct groups according to the degree of salinisation and to the respective composition of cations and of anions; these groups are connected with definite elements of the microrelief, and hence, with definite complexes of soil varieties. Kurlov's conventional formulas of salinisation, somewhat changed by the authors, were found quite suitable for a brief chemical characteristic of the ground water and for comparing the composition of the same.

6. As the result of irrigation and of the rise of the ground water level, the mineralization and the chemical composition of the waters changed considerably in some of the wells, water growing far more freshened, while it remained almost unchanged in other bore-holes. This phenomenon seems to be connected with the manifestation of the principle of Badon—Huybens, as well as with the presence or absence of salinisation of the ground layers through which irrigation water percolates.

7. If soils of the Transvolgian river valleys are to receive further irrigation either with local runoff water or with water divested from the Volga River as planned for the future, the observation of the ground waters level in some simple way such as to be easily used by every kolhoz (collective farm) should be established in every irrigated farm, so that processes of secondary salinisation, which first of all are liable to occur on fields located in river valleys, could be prevented in time.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

1940. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXIV

Е. И. КОЧЕРИНА

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ СОЛОНЦОВОГО КОМПЛЕКСА В КАШТАНОВОЙ ЗОНЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕЛИОРАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

(Из работ лаборатории физики и механики почв)

Основное действие химических мелиораций солонцов направлено на изменение качественного и количественного состава обменных оснований — на замену натрия кальцием. Следствием этого должно быть уменьшение дисперсности почвы благодаря коагуляции коллоидных частиц и образованию микроагрегатов, в той или иной степени устойчивых против размывающего действия воды, с последующим цементированием их в макроагрегаты. Поэтому изучение микроагрегатного состава, изменение которого является одним из показателей действия того или иного мелиорирующего вещества, должно было быть включено в программу наших исследований.

Механический состав является довольно устойчивым фактором к воздействию мелиораций. Однако в виду того, что уже механической обработкой (вспашкой) создается новый почвенный горизонт (пахотный слой), в результате перемешивания столь разнящихся по своим свойствам генетических горизонтов солонца, как горизонт А, обедненный коллоидами, и горизонт B_1 столбчатый, высоко дисперсный, определение механического состава пахотного слоя является совершенно необходимым.

Для учета водных запасов, количества корневых масс в толще почвы, а также для расчета содержания питательных веществ на определенной площади почвы, как известно, необходимы данные объемного веса почвенных горизонтов. Объемный вес, кроме того, служит показателем изменения плотности почвы и степени развитости генетических ее горизонтов.

Влияние мелиоративных мероприятий на порозность почвы учитывается данными общей скважности. Общая скважность в значительной мере определяет собой величины влагоемкости, водо- и воздухопроницаемости почвы, а также является косвенным показателем структурности почвы.

Изучение коэффициента фильтрации вошло в программу исследования как один из косвенных методов оценки прочности структуры почвы. Изучение же водного режима почвы в целом явилось предметом специального наблюдения сотрудников Нижневолгопроекта (Р. Э. Кригер), поэтому в нашей статье эти вопросы не затрагиваются.

I. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование физических свойств почв проводилось на опытных делянках в 350 м², где площадь солонцов в комплексе с каштановыми почвами составляла не менее 80%. Образцы для анализа брались исключительно с площади солонца. Вспашка целины была произведена 27—28/IX 1935 г.

на глубину 25 см. В октябре 1935 г. после вспашки была произведена промывка делянок нормами, доходящими до 7000 м³ воды на гектар. В сентябре 1936 г. все делянки с промывкой были выравнены по количеству воды, которая была доведена до 7000 м³/га. В конце октября 1935 г. до промывок был внесен алебастр в количестве 200 кг на делянку, что соответствует примерно половине потребной дозы гипса для замещения активного натрия в поглощающем комплексе на кальций.

Для изучения физических свойств исследовались делянки, получившие промывку, а именно № 702, 704, 706, 718, 743, 744, и делянки без предварительной промывки, которые в вегетационные периоды получали только оросительную норму воды; сюда относятся № 540, 546, 607, 610.

Придавая большое значение роли многолетних трав в улучшении физических свойств почвы, главным образом, в создании агрономически ценной, прочной структуры почвы, обусловливающей благоприятный водно-воздушный ее режим, для контроля над изменением физических свойств почвы под многолетними травами были взяты делянки, занятые житняком. Исследования проводились по промытому и непромытому фонам, мелиорированному гипсом и без внесения гипса. Такая же серия делянок взята и с однолетней культурой яровой пшеницы (посев в 1936 и 1937 гг.).

В сводном виде, таким образом, имеем ряд следующих делянок:

Промытые делянки, занятые житняком: № 743 — гипс $^1/_2$ дозы
№ 744 — контроль

Промытые делянки, занятые смесью житняка с люцерной:
№ 610 — гипс $^1/_2$ дозы
№ 607 — с житняком — контроль

Промытые делянки, занятые пшеницей: № 702 — навоз 80 т/га
№ 704 — контроль
№ 706 — гипс $^1/_2$ дозы
№ 718 — темноцветная почва мелких западин

Непромытые делянки, занятые пшеницей: № 540 — контроль
№ 546 — гипс $^1/_2$ дозы

На делянках в трех точках брались образцы почвы цилиндром для определения объемного веса. Все три образца смешивались, из смешанной почвы брался один средний образец, для которого производились следующие определения: механический состав, микроаггрегатный состав и удельный вес твердой фазы. Механический состав определялся пипет-методом с предварительным удалением извести и растворимых солей, обработкой почвы 0.05 N раствором HCl и последующим диспергированием раствором NaOH. Встряхивание смеси производилось в течение 2 час. на аппарате с горизонтальными толчками. При этом реакция все время поддерживалась щелочной (проба фенолфталеином). В анализе были приняты скорости падения механических элементов в воде применительно к формуле Стокса, причем учитывалось влияние температуры.

Для определения микроаггрегатного состава навеска почвы намачивалась в воде сутки, затем 2 часа встряхивалась на аппарате с горизонтальными толчками. Разделение на фракции производилось методом пипетирования, как и при механическом анализе.

В виду того, что за время эксплоатации почв стационара в течение 1935—1937 гг. не произошло полного перемешивания двух горизонтов солонца А и В, нужно было ожидать сильного варирования физических свойств почвы на территории делянки и особенно данных, характеризующих дисперсность. Для выявления степени варирования дисперсности, определяемой микроаггрегатным анализом, и точности среднего в 1938 г. были взяты образцы на делянке из 20 точек буром Измаильского с диаметром в 5 см и, кроме того, с 10-кратной повторностью цилиндром (с диаметром

12.6 см), который служит для определения объемного веса. Образцы анализировались каждый индивидуально. Для учета точности самого метода определения микроаггрегатного анализа и работы аналитика были проведены контрольные определения. Для этого для одного образца, взятого малым буром (с дел. 704, глубина 10—20 см), входившего в число 20 вариантов, было произведено 20 параллельных анализов. Результаты определений приведены в табл. 1 под наименованием «Контроль».

Полученные результаты подвергнуты статистической обработке; вычислены следующие характеристики:

среднее арифметическое M;

средняя ошибка:

$$m = \sqrt{\frac{\sum D^2}{n(n-1)}};$$

относительная ошибка средней (M) или показатель точности:

$$P = \frac{m \cdot 100}{M};$$

среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum D^2}{(n-1)}};$$

вариационный коэффициент

$$V = \frac{\sigma \cdot 100}{M}.$$

Результаты, показывающие степень варирования дисперсности (частиц < 0.001 и < 0.01 мм) на делянках под свеклой при различных способах выемки образцов и разном количестве их, приводятся в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

Степень варирования дисперсности почвы при различных способах выемки образцов

№ делянок и культура	Род мелиорации	Глубина в см	Бур	Число вариантов	Фракции < 0.01 мм					Фракции < 0.001 мм				
					M	m (±)	P (±)	σ (±)	V	M	m (±)	P (±)	σ (±)	V
704, свекла	Контроль, промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10	Малый	20	31.8	0.82	2.58	3.68	11.6	5.0	0.25	5.02	1.11	22.3
		10—20	»	20	38.9	1.11	2.85	4.84	12.4	5.9	0.34	5.81	1.50	25.3
		10—20	Большой	10	35.8	1.41	3.93	4.45	12.4	5.7	0.49	8.67	1.55	27.4
706, свекла	Гипс $^1/_2$ дозы (около 6 т/га), промывка 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10	Малый	20	31.2	0.80	2.55	3.47	11.12	5.0	0.20	4.02	0.88	17.3
		10—20	»	20	33.8	0.89	2.63	3.89	11.50	5.6	0.30	5.39	1.32	23.5
		10—20	Большой	10	29.7	0.97	3.28	3.08	10.38	5.1	0.35	6.90	1.11	21.9
	Контроль (аналитич.)			20	29.9	0.34	1.12	1.52	5.08	5.2	0.11	2.1	0.47	9.2

Как и следовало ожидать, степень дисперсности на территории делянки, покрытой солонцом, варирует в довольно широких пределах. Вариационный коэффициент на глубине 10—20 см для частиц < 0.001 мм выражается ве-

личиной 22—27%, а для частиц <0.01 мм 10—12%. В верхнем слое 0—10 см варирование несколько меньше, чем на глубине 10—20 см, благодаря лучшему перемешиванию поверхностного слоя во время последующих за вспашкой обработок (боронование, культивация). Отмечается меньшее варирование и большая точность на гипсованной делянке по сравнению с контролем. Это различие наблюдается как при взятии образцов малым буром, так и большим. Однако эти величины вариационного коэффициента не должны быть отнесены только за счет варирования дисперсности на одной делянке вследствие недостаточного перемешивания во время обработки почвы горизонтов A и B_1 солонца. Известная доля должна быть отнесена за счет методических ошибок. Вычтя величины, полученные вследствие несовершенства методики (обозначенные в графе «Контроль»), получим значения σ и V в полтора раза меньшие. При этом точность (P) также значительно повышается.

Сопоставляя математические характеристики, полученные для образцов, взятых бурами различного диаметра и объема в разном количестве вариантов, следует отметить, что взятие образцов большим буром с 10-кратной повторностью обеспечивает примерно ту же точность работы, какая наблюдается при работе малым буром с контролем с 20-кратной повторностью.

Из вышеизложенного следует, что для охвата всей пестроты явления количество образцов для малого бура 20, а для большого 10 вполне достаточно, принимая во внимание погрешности в принятой методике микроагрегатного анализа. В этом случае показатель точности для частиц <0.01 мм не превышает 2.5%, а для тонких частиц <0.001 мм — около 5%.

Нами достигнута в работе весьма значительная точность $P=2.1\%$, но для этого потребовался контроль в 20 определений, каковой при почвенных исследованиях вообще не применяется. К сожалению, в литературе не имеется математических характеристик для микроагрегатного анализа почв вообще и солонца в частности. Варирование дисперсности в нашем случае следует объяснить, во-первых, тем, что в анализе принимались скорости падения микроагрегатов по Стоксу, тогда как у микроагрегатов они будут меньше (Качинский, Долгополова, 1937), во-вторых, солонец при обработке его водой требует вообще большего времени на размокание по сравнению с другими почвенными типами (Безрук, 1935). Получено, например, что скорости размокания образцов чернозема в три раза, а у подзолистой почвы в два раза больше, чем образцов солонца. Можно допустить, что суточное намачивание и двухчасовое взбалтывание являются не вполне достаточными для образцов солонцовых горизонтов. В этой части методика требует проверки применительно к солонцам.

Как упоминалось выше, приводимые в настоящей работе массовые результаты микроагрегатного анализа получены для среднего образца, составленного из трех образцов, взятых большим цилиндром. Точность при работе с тремя образцами в нашем случае оказалась 12—15% для частиц <0.001 мм, а для частиц <0.01 мм 6—7%. Если точность для частиц <0.01 мм достаточна, то для получения более надежных результатов для фракции <0.001 мм при неоднородности пахотного слоя, каковым он был до настоящего времени, количество образцов с делянки для микроагрегатного анализа должно быть увеличено до пяти при работе большим цилиндром. Это даст возможность получить точность для фракции <0.01 мм, не превышающую 5%, а для фракции <0.001 мм — около 10% (включая сюда и аналитическую ошибку).

Объемный вес определялся большим цилиндром с диаметром 20 см при трехкратной повторности. Техника выемки образцов с ненарушенной структурой была обычная. Цилиндр вдавливался в почву нажатием руки на верхний его край. Почва вокруг цилиндра откапывалась ножом, а затем ножом аккуратно обрезался столбик почвы по цилиндру. Цилиндр надвигался на выточенный столбик почвы на глубину 10 см, излишек почвы при надвигании срезался цилиндром тонкой стружкой. Затем цилиндр закрывался сверху крышкой, почва вокруг него снизу подрезалась ножом на 3—5 см, после чего цилиндр вынимался лопатой. Затем он перевертывался вверх дном, излишек почвы срезался ножом точно вровень с краями цилиндра, последний и с этой стороны закрывался крышкой и взвешивался на десятичных весах (почтовых) с точностью до 1 г. Параллельно в начале работы определялась также влажность почвы. Для этого с двух сторон установленного на почву цилиндра брались маленьким буриком с диаметром в 1.5 см в алюминиевые стаканчики пробы слоем в 10 см для определения влажности.

Для взятия образцов для объемного веса со следующей глубины зачищалась площадка на заданную глубину; дальнейшие процедуры те же, что и при взятии образцов с поверхностного горизонта.

Образец почвы после взвешивания цилиндра вытряхивался на кусок брезента, сюда присоединялись и другие два контрольные образца; после перемешивания отбирался средний образец, который и служил для дальнейших анализов (микроагрегатного, определения удельного веса твердой фазы и других физических свойств).

Математические характеристики, показывающие степень варирования величин объемного веса и точности при трехкратном определении, приводятся в табл. 2.

ТАБЛИЦА 2

Степень варирования величин объемного веса

№ делянки и культура	Род мелиораций	Глубина в см	M	m (±)	P (±)	σ (±)	V
704, пшеница	Контроль, промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10	1.251	0.039	3.12	0.068	5.43
		10—20	1.153	0.029	2.51	0.051	4.42
		24—34	1.401	0.050	3.56	0.087	6.21
706, пшеница	Гипс $^1/_2$ дозы (около 6 т/га), промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³га	0—10	1.204	0.034	2.80	0.060	4.94
		10—20	1.279	0.014	1.09	0.024	1.87
		24—34	1.395	0.009	0.64	0.016	1.14

Как видно из данных табл. 2, точность при трехкратной повторности весьма высокая. Показатель точности (P) не превышает 3.5%. Здесь наблюдается, так же как и при микроагрегатном анализе, меньшее варирование и большая точность на делянке, получившей гипс. Это объясняется лучшей структурой гипсованной делянки: она менее глыбиста, чем контрольная, при обработке пласты распадаются на более мелкие комки, отчего перемешивание горизонтов солонца (A и B) происходит совершеннее.

Совершенно естественно, что вариационный коэффициент для объемного веса в верхнем слое (0—10 см) выше, чем в глубже лежащих слоях. Верхний слой образует глыбисто-комковатую поверхность разной плотности, что и сказывается на величинах вариационного коэффициента и показателе точности. Из вышеизложенного следует, что тройной контроль для определения объемного веса большим цилиндром вполне обеспечивает надежность получаемых результатов.

Удельный вес твердой фазы почвы определялся по методу Митчерлиха с изменениями Качинского (1931) с двойным контролем из среднего образца, полученного при определении объемного веса почвы. Метод определе-

ния удельного веса почвы весьма точный, обычно расхождения между параллельными определениями не превышают абсолютной величины 0.02. Варирование его вообще незначительно, как это показано в работе 1935 г. (Саввинов и Кочерина, 1937 г.), и отдельно в пахотном слое нами не изучалось.

Общая скважность вычислялась по обычной формуле:

$$P = \frac{a-b}{a}\ 100,$$

где a — удельный вес твердой фазы почвы,

b — объемный вес почвы.

Коэффициент фильтрации определялся в приборе Саввинова (1936) со следующими изменениями, внесенными автором прибора: цилиндр был взят высотой 20 см, диаметром 12.6 см, профильтровавшаяся через почву вода поступала из цилиндра в слой воды, поддерживаемый непосредственно под нижним уровнем почвы, как это делается при определении коэффициента фильтрации. Этот слой воды в контакте с почвой поддерживался тем, что нижний конец воронки соединялся с резиновой трубкой, изогнутой вверх и соединенной здесь со стеклянной трубкой, изогнутой под углом 45°. На верхней части изгиба эта трубка имеет небольшое отверстие для устранения сифонирующего действия.

Образец почвы с непарушенным строением брался в цилиндр таким же способом, как и при взятии образца для объемного веса (см. выше). Во избежание образования щелей между стенками цилиндра и столбом почвы, что исказило бы результаты определения коэффициента фильтрации, стенки цилиндра внутри перед взятием образца густо смазывались вазелином [1]. Фильтрация производилась при постоянном напоре сверху в 2 см. Для вытеснения воздуха, находившегося в почвенном образце, вода подавалась вначале снизу.

Количества прошедшей через почву воды определялись в следующие сроки:

Через	1 мин. (от начала опыта)	через	2 часа
»	2 »	»	3 »
»	3 »	»	6 »
»	4 »	»	12 »
»	5 »	»	24 »
»	11 »	»	48 »
»	21 »	»	72 »
»	31 »	»	96 »
»	61 »		

Для обработки полученных результатов применялась обычная формула Дарси (Астанов, 1933).

Для оценки применявшегося нами метода необходимо сравнительное изучение его с методом монолитов, который имеет широкое применение и по которому к настоящему времени получено уже большое количество материала по разным почвенным типам. Применявшийся нами метод подкупает своей простотой и дешевизной по сравнению с методом монолитов, довольно громоздким и дорогим.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Механический и микроаггрегатный состав почв

Как выше уже указывалось, действия того или иного вида мелиораций солонцов направлены в основном к коагуляции пептизированных обменным натрием коллоидов, поэтому большой интерес представляет знание количества микроаггрегатов и их качества — прочность против размывающего действия воды. Одновременно с этим совершенно необходимо также знание и механического состава, что даст возможность определить степень дисперсности.

Пахотный слой, который прежде всего подвергается воздействию мелиорирующих веществ, как упоминалось выше, образовался из двух горизонтов солонца — А и B_1. Первоначальные исследования целинного солонца, произведенные в 1935 г. (Саввинов и Кочерина, 1937), характеризуют горизонт А, как обедненный иловатыми частицами (<0.001 мм), которых содержится 14.3%, и наличием значительных количеств пылеватых частиц (0.05—0.001 мм) — до 56.9%. Иловатые частицы (<0.001 мм), вынесенные из горизонта А, аккумулируются в горизонте B_1, где количество их достигает 47%.

Сопоставляя механический состав означенных горизонтов солонца с микроаггрегатным их составом, следует констатировать высокую дисперсность солонцового горизонта (B_1). Степень дисперсности здесь достигает 34%, а в горизонте А дисперсность 17%. При разной мощности горизонтов (А 10 см, B_1 12—14, при отношении их 1 : 1.3) степень дисперсности пахотного слоя при простом смешении горизонтов должна быть около 30%. Полученные в 1936 —1937 гг. результаты механического и микроаггрегатного анализов, характеризующие действие различных видов мелиораций на микроаггрегатный состав, представлены в табл. 3 и на фиг. 1.

Как видно из табл. 3, по данным 1937 г., дисперсность на всех делянках, даже на тех, где не было произведено какой-либо мелиорации (дел. 540), не превышает 25% и не достигает теоретически возможных 30%. Следовательно, одно только выворачивание на дневную поверхность солонцового горизонта (B_1) произвело уже благоприятное действие и снизило дисперсность его, что является следствием, главным образом, физического воздействия: сильное прогревание с поверхности в летнее время, промораживание зимой. Периодическое увлажнение и высушивание способствовало коагуляции коллоидов. Как видно из химических данных (см. статью Филипповой и Фридмана в настоящем сборнике), в результате перемешивания горизонтов А и B_1 произошло перераспределение обменного натрия в пахотном горизонте, что привело к общему снижению солонцеватости пахотного слоя почвы. Коагуляция частиц обязана, главным образом, этому явлению.

Сопоставляя полученные величины микроаггрегатного анализа по делянкам, где применялись различные виды мелиораций, мы видим, что резко выделяется делянка 743 с житняком (посева 1936 г.), получившая промывку и гипс. Дисперсность здесь в 1937 г. снизилась по сравнению с контролем (дел.744) в поверхностном слое 0—10 см в 4 раза и в слое 10—20 см в 1.7 раза. Действие гипса произвело коренные изменения в поглощающем комплексе, резко снизилось количество поглощенного натрия против содержания его в солонце до обработки (Антипов-Каратаев и Филиппова, 1937). Количество поглощенного натрия в горизонте А было до 3.5% от суммы обменных катионов, а в солонцовом горизонте (B_1) 16.7%. После промывки и гипсования содержание натрия в процентах от суммы выразилось следующими величинами: в слое 0—10 см 1.5%, 10—20 см 3.5% и 20—30 см 6.5%. В то же время сильно возросло в поглощающем комплексе количество кальция. Так, например, в солонцовом горизонте (B_1) кальций составлял 36.5% от суммы поглощенных катионов, а после мелиораций количество его возросло до 61% (Филиппова и Фридман).

Однако количество натрия в поглощающем комплексе остается еще значительным, и для полного удаления его, повидимому, необходимо внесение второй половины дозы гипса (т. е. также в количестве около 6 т/га).

Благоприятное совместное действие гипса и многолетних трав (житняка) на промытом фоне объясняется прежде всего теми изменениями, которые

[1] Для пахотного слоя (0—20 см) повторность применялась двукратная, для подпахотного (24—44 см) брался один образец.

ТАБЛИЦА 3

Изменение микроаггрегатного состава солонца под влиянием мелиораций

№ делянки и культура	Род мелиораций	Глубина в см	Размер фракций: >0.25 мм 1936 г.	>0.25 мм 1937 г.	0.25—0.05 мм 1936 г.	0.25—0.05 мм 1937 г.	0.05—0.01 мм 1936 г.	0.05—0.01 мм 1937 г.	0.01—0.005 мм 1936 г.	0.01—0.005 мм 1937 г.	0.005—0.001 мм 1936 г.	0.005—0.001 мм 1937 г.	<0.001 мм 1936 г.	<0.001 мм 1937 г.	Растворимые вещества в 0.05 N HCl 1936 г.	Растворимые вещества в 0.05 N HCl 1937 г.	Коэффициент дисперсности 1936 г.	Коэффициент дисперсности 1937 г.	Фактор структурности по Фаголеру $\frac{T_1-T_2}{T_1}\cdot 100$ 1936 г.	Фактор структурности по Фаголеру 1937 г.
I. Механический состав																				
704, пшеница	Контроль, промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10	—	0.36	—	7.04	—	32.70	—	10.00	—	11.90	—	36.40	—	1.60	—	—	—	—
		10—20	—	0.56	—	6.13	—	33.40	—	10.80	—	13.30	—	34.10	—	1.71	—	—	—	—
		24—34	—	0.11	—	4.54	—	29.80	—	10.20	—	13.10	—	38.30	—	3.95	—	—	—	—
706,[1] пшеница	Гипс ½ дозы (около 6 т/га), промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10	—	0.43	—	7.91	—	32.40	—	10.00	—	13.50	—	34.30	—	1.46	—	—	—	—
			—	0.80	—	8.69	—	30.35	—	9.20	—	13.20	—	36.20	—	1.56	—	—	—	—
		10—20	—	0.36	—	7.97	—	33.10	—	8.80	—	12.90	—	35.80	—	1.07	—	—	—	—
		24—34	—	0.19	—	4.02	—	30.90	—	9.60	—	12.00	—	38.30	—	4.99	—	—	—	—
540, пшеница	Контроль орошаемый, без предварительной промывки	0—10	—	0.49	—	7.59	—	36.00	—	8.60	—	14.50	—	31.70	—	1.12	—	—	—	—
		10—20	—	0.36	—	6.71	—	34.60	—	10.60	—	15.40	—	30.50	—	1.83	—	—	—	—
546, пшеница	Гипс ½ дозы (около 6 т/га), орошаемая делянка, но без предварительной промывки	0—10	—	0.61	—	7.25	—	35.40	—	9.30	—	14.30	—	31.90	—	1.24	—	—	—	—
		10—20	—	0.75	—	7.28	—	37.90	—	9.30	—	12.80	—	30.40	—	1.57	—	—	—	—
II. Микроаггрегатный состав																				
	Анализ после вспашки целины до промывки и мелиорации солонца	0—25	3.19	—	10.41	—	40.90	—	13.70	—	23.45	—	8.35	—	—	—	23.06	—	76.94	—

704, пшеница	Контроль, промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10	6.17	8.33	17.93	14.50	35.50	39.05	12.55	11.55	20.15	18.72	7.70	7.85	—	—	21.15	21.57	78.85	78.43
		10—20	3.13	6.94	12.12	6.58	48.00	45.58	14.10	12.98	17.60	20.74	5.05	7.18	—	—	14.81	21.06	85.19	78.94
		24—34	—	2.75	—	5.27	—	46.28	—	15.52	—	22.58	—	7.60	—	—	—	19.84	—	80.16
706, пшеница	Гипс ½ дозы (около 6 т/га), промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10	9.29	8.60	12.61	20.10	40.70	39.80	11.60	12.60	13.45	13.50	6.60	5.40	—	—	11.24	15.74	80.76	84.26
		10—20	6.87	7.75	17.03	16.45	39.70	37.40	11.00	11.50	12.40	19.10	6.80	7.80	—	—	18.99	21.79	81.01	78.21
		24—34	—	5.22	—	15.53	—	47.65	—	17.40	—	12.75	—	1.45	—	—	—	3.79	—	96.21
702, пшеница	Навоз 80 т/га, промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10	—	8.90	—	20.20	—	41.10	—	11.60	—	13.90	—	4.30	—	—	—	11.81	—	82.19
		10—20	—	9.36	—	19.14	—	38.90	—	13.30	—	17.70	—	1.60	—	—	—	4.69	—	95.31
744, житняк	Контроль, промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10	5.44	8.12	11.16	13.44	41.65	40.25	12.50	11.85	20.65	18.16	8.60	8.18	—	—	23.63	22.47	76.37	77.53
		10—20	3.40	5.96	11.55	7.35	46.65	47.07	14.50	11.65	19.05	20.27	4.85	7.70	—	—	14.22	22.58	85.78	77.42
		24—34	—	3.47	—	4.39	—	49.52	—	16.98	—	17.90	—	7.74	—	—	—	20.21	—	79.79
743, житняк	Гипс ½ дозы (около 6 т/га), промывка в 1935—36 гг. водой около 7000 м³/га	0—10	11.42	8.83	13.28	24.48	39.90	45.00	10.90	8.88	17.00	10.96	7.50	1.85	—	—	20.60	5.43	79.40	94.57
		10—20	5.27	8.72	12.83	15.18	50.05	51.58	12.75	9.58	15.25	10.42	3.80	4.52	—	—	11.14	13.26	88.84	86.74
		24—34	—	10.62	—	17.31	—	46.83	—	12.08	—	11.43	—	1.73	—	—	—	4.52	—	95.48
607, житняк	Контроль орошаемый, без предварительной промывки	0—10	3.09	2.39	13.20	13.81	43.06	43.15	12.25	12.50	20.55	20.60	7.85	7.55	—	—	24.76	23.82	75.24	76.18
		10—20	2.03	4.61	12.52	11.69	47.00	46.25	13.40	12.80	19.20	18.05	5.25	6.60	—	—	17.21	21.64	82.79	78.36
610, смесь житняка с люцерной	Гипс ½ дозы (около 6 т/га), орошаемая делянка, но без предварительной промывки	0—10	5.37	8.14	13.63	14.62	42.85	40.18	13.70	12.13	18.80	17.97	5.65	6.96	—	—	17.71	21.82	82.29	78.18
		10—20	5.23	3.32	12.67	12.68	40.80	44.70	15.00	13.42	19.95	19.80	6.35	6.08	—	—	20.89	20.00	79.11	80.00
540, пшеница	Контроль орошаемый, без предварительной промывки	0—10	3.60	4.15	14.80	10.94	41.60	44.08	15.10	13.33	19.35	21.50	5.55	6.00	—	—	17.51	18.93	82.49	81.07
		10—20	3.21	2.16	13.02	9.64	49.02	40.95	13.25	14.50	15.20	25.00	6.30	7.75	—	—	20.66	25.41	79.34	74.59
546, пшеница	Гипс ½ дозы (около 6 т/га), орошаемая делянка, но без предварительной промывки	0—10	10.46	9.15	14.09	14.85	40.30	42.60	11.40	12.05	17.00	15.70	6.75	5.65	—	—	21.16	17.71	78.84	82.29
		10—20	8.42	7.99	16.43	12.01	40.00	42.25	12.60	12.10	16.10	18.65	5.85	7.00	—	—	19.24	22.95	80.76	77.05

[1] В графе 1936 г. приведены данные механического состава для данной делянки до промывки и гипсования для слоя 0—25 см.

произошли в поглощающем комплексе, и удалением с промывными водами продуктов обменных реакций (Na_2SO_4).

Значение корневой системы многолетних трав в образовании прочной структуры отмечается многими исследователями (Гедройц, Вильямс и др.). На фоне гипса корни растений способствовали образованию прочных микроагрегатов, уменьшив дисперсность, что и выразилось в заметном увеличении количества микроагрегатов >0.01 мм до 75—80% против 60% на контрольной делянке (№ 744) без гипса. Фактор структурности по Фагелеру здесь достигает 94—95%.

Из вышеизложенного следует, что комбинация гипса с травами на промытом фоне является радикальным средством в быстром окультуривании солонцов.

Гипс под однолетней культурой, пшеницей (дел. 706), также по промытому фону не оказал такого действия на понижение дисперсности, как это наблюдается на делянке с житняком. Степень дисперсности здесь в поверхностном слое (0—10 см) снизилась к 1937 г. лишь в 1.8 раза по сравнению с контролем (дел. 704), а глубже 10—20 см имеет ту же величину, как и на контроле. Низкую дисперсность в подпахотном слое, видимо, следует объяснить присутствием здесь значительных количеств солей и преобладанием в их составе солей кальция, которые, очевидно, и вызывают коагуляцию в процессе самого анализа.

Благоприятное действие на промытом фоне оказал навоз, внесенный в апреле 1936 г. в количестве 80 т/га (дел. 702). Однако благоприятное действие навоза в смысле улучшения структуры следует рассматривать как временное явление, так как существенного изменения в почвенном поглощающем комплексе не произошло, и без дополнительного внесения кальция состав обменных катионов поглощающего комплекса не может быть устойчив при наличии значительных количеств натрия в нем.

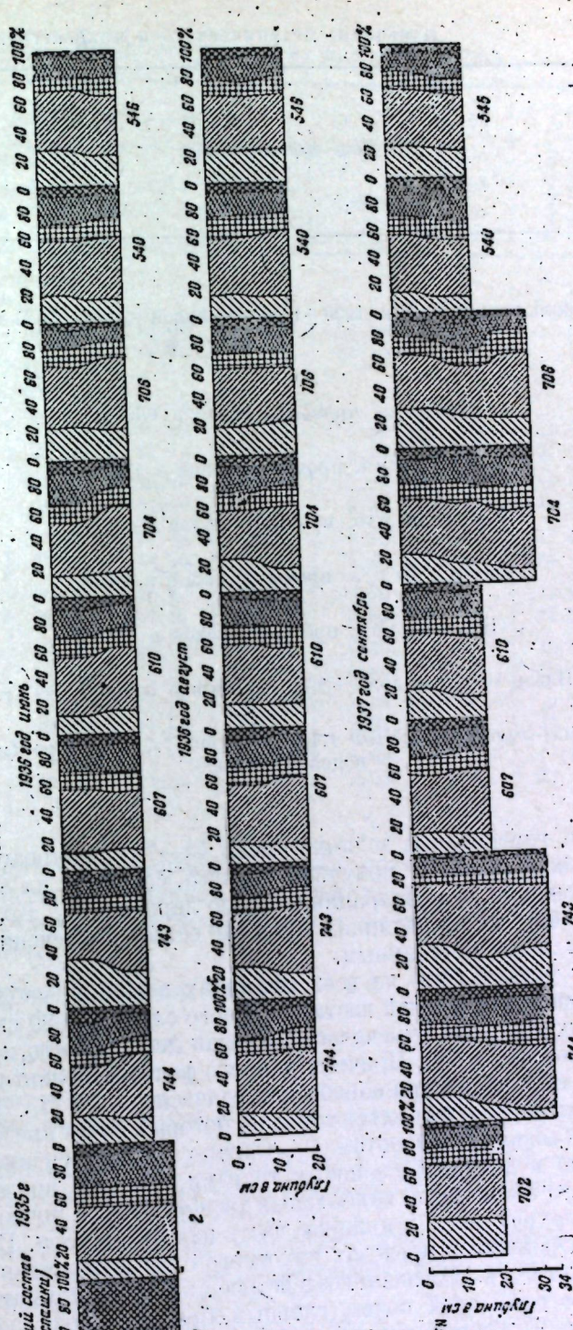
Один гипс без предварительной промывки не произвел сколько-нибудь заметного сдвига в сторону уменьшения степени дисперсности. Кальций сернокислый, внесенный в форме алебастра, обладает слабой растворимостью, и, очевидно, одной только поливной нормы, задаваемой во время вегетации растения, без осенних промывок недостаточно для растворения его в количествах, необходимых для замещения натрия в поглощающем комплексе. Например, делянка 610 после мелиорации имеет натрия в процентах от суммы в слое 0—10 см 4.2%, 10—20 см 5.0% и 20—30 см 12%, а кальция в слое 0—10 см 57.5% и 10—20 см 48%. Таким образом, количество натрия в поглощающем комплексе на делянках без промывки вдвое больше, чем на соответствующих делянках с промывкой.

Посев многолетних трав также не оказал того действия, которое наблюдается под теми же травами по промытому фону (дел. 743). Незначительное уменьшение дисперсности здесь против контроля не выходит за пределы ошибки.

Рассматривая данные микроагрегатного состава в динамическом разрезе по годам (что особенно наглядно иллюстрируется на фиг. 1), видим, что действие гипса на количественный состав микроагрегатов сказалось уже в июне 1936 г. Делянки, получившие гипс как по промытому фону (№ 743 и 706), так и без промывок (№ 546), имеют пониженную дисперсность (по количеству частиц < 0.001 мм) по сравнению со своим контролем (за исключением № 610 в верхнем слое 0—10 см).

Положительное действие гипса удерживалось в 1937 г., главным образом, под травами (дел. 743 и 610). Под пшеницей в 1937 г. действие гипса затухало.

Количество микроагрегатов >0.01 мм в почве гипсованных делянок с травами по сравнению с количеством тех же микроагрегатов, наблюдавшихся в почве в 1935 г., после вспашки до мелиорации также значительно



Фиг. 1. Изменение дисперсности почв под влиянием мелиораций (микроагрегатный состав). Опыты на больших делянках № 702 вспаханный солонец до мелиорации; № 744 — контроль с промывкой, занята травой; № 743 — гипсованная с промывкой, занята травой; № 706 — контроль без промывки, занята пшеницей; № 704 — контроль с промывкой, занята пшеницей; № 610 — гипсованная без промывки, занята травой; № 607 — гипсованная с промывкой, занята пшеницей; № 546 — гипсованная без промывки, занята пшеницей.

ТАБ

Изменение механического и микроаггрегатного состава

№ делянки и культура	Род мелиораций	Глубина в см
I. Механи		
706, пшеница	Контроль, промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10 10—20
II. Микроаггре		
27/27, пшеница	Контроль, промывка водой в 1937 г.	0—10 10—20
32/27, пшеница	$CaCl_2$ 10 т/га, промывка водой в 1937 г.	0—10 10—20
2/27, пшеница	$CaCO_3$ 10 т/га, промывка водой в 1937 г.	0—10 10—20
27/29, пшеница	$Ca(OH)_2$ 10 т/га, промывка водой в 1937 г.	0—10 10—20
1/27, пшеница	Навоз 80 т/га, промывка водой в 1937 г.	0—10 10—20
28/27, пшеница	Навоз 40 т/га и зола 1 т/га, промывка водой в 1937 г.	0—10 10—20
26/27, пшеница	Гумат аммония НИУИФ 1.1 т/га и гипс 7.7 т/га, промывка водой в 1937 г.	0—10 10—20

возросло. В 1937 г. гипсованные делянки имеют 64—78% микроаггрегатов >0.01 мм, тогда как делянки, не получившие гипса, содержат их 55—60%, а в 1935 г. после вспашки до мелиорации их было лишь 54.5%. Количество микроаггрегатов >0.01 мм на делянках 706 и 546 остается в течение 1936—1937 гг. более или менее постоянным.

Однако следует указать, что на всех делянках в 1937 г. наблюдается увеличение дисперсности в нижней части пахотного слоя (10—20 см), тогда как в 1936 г. в этих же слоях отмечалась меньшая дисперсность почвы, за исключением делянок 610 и 540. Причину данного фактора можно усматривать в плохом перемешивании при обработках горизонтов A и B_1. При этом наиболее дисперсным должен оказаться тот слой, который будет представлен, главным образом, бывшим горизонтом B_1. Однако это объяснение совершенно неприложимо к делянкам, занятым травами, которые после 1935 г. не перепахивались, и тем не менее наибольшая дисперсность в почве на них переместилась из верхней части в нижнюю часть пахотного слоя. Подобное распределение дисперсности в пределах пахотного слоя ко времени наблюдения в 1937 г. может быть объяснено воздействием на почву климатических факторов. Поверхностный слой почвы (главным образом) подвергается физическим воздействиям, приводящим к коагуляции коллоидов. Попеременное увлажнение и сильное просыхание, действие солнечных лучей в летний период, промораживание зимой ведут к коагуляции коллоидов. С другой стороны, как указывает Богдан в своей работе, в почвах солонцового типа может происходить миграция коллоидов из верхних слоев в нижележащие в течение одного года.

В дополнение и развитие исследования по мелиорации солонцов на боль-

ЛИЦА 4

солонца под влиянием мелиораций (опыты на малых делянках)

Размер фракций						Растворимые вещества в 0.05 N HCl	Коэффициент дисперсности	Фактор структурности по Фагелеру $\frac{T_1-T_2}{T_1}\cdot 100$
>0.25 мм	0.25—0.05 мм	0.05—0.01 мм	0.01—0.005 мм	0.005—0.001 мм	<0.001мм			
ческий состав								
0.36	7.04	32.70	10.00	11.90	36.40	1.60	—	—
0.58	6.13	33.40	10.80	13.13	34.10	1.71	—	—
гатный состав								
6.89	14.61	46.90	14.20	14.40	4.00	—	10.99	89.01
5.19	8.41	39.60	13.70	24.70	8.40	—	24.63	76.37
13.77	10.93	43.60	13.30	13.30	5.10	—	14.01	85.99
6.33	9.17	45.40	11.80	20.50	6.80	—	19.94	30.06
8.84	18.71	41.45	13.10	13.75	4.15	—	11.40	88.60
6.15	16.45	44.60	13.10	14.90	4.80	—	14.08	85.92
8.64	26.08	39.29	10.10	12.15	3.74	—	10.27	89.73
6.27	20.72	39.37	10.69	17.52	5.43	—	15.92	84.08
10.16	21.75	35.03	10.03	17.03	6.00	—	16.48	83.52
10.81	21.19	31.35	10.90	18.90	6.85	—	20.09	79.91
5.24	24.73	49.20	11.99	12.50	3.34	—	9.18	90.82
6.01	21.25	42.07	11.40	15.44	3.83	—	11.23	88.77
11.11	16.59	35.60	12.30	17.90	6.55	—	17.99	82.01
12.13	13.82	36.70	11.60	18.30	7.40	—	21.70	78.30

ших делянках были заложены опыты с различными мелиорирующими веществами на малых делянках площадью в 5 м².

Для определения микроаггрегатного состава здесь были взяты следующие варианты:

1. Контроль с промывкой водой в 1937 г. (сентябрь).
2. $CaCl_2$ 10 т/га
3. $CaCO_3$ 10 т/га
4. $Ca(OH)_2$ 10 т/га
5. Навоз 80 т/га

} С промывкой тогда же

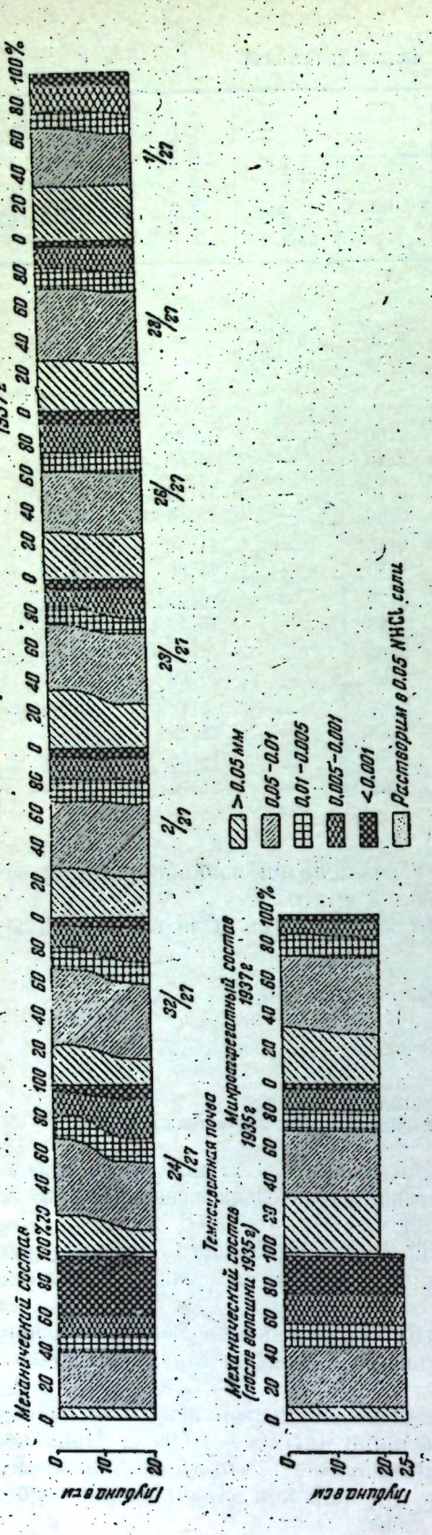
6. Навоз 40 т/га и зола 1.0 т/га, промывка в 1937 г.
7. Гумат аммония НИУИФ 1.1 т/га и гипс 7.7 т/га, промывка в 1937 г.

Мелиорирующие вещества внесены в июне 1936 г. под посев проса. В 1937 г. была посеяна пшеница. Промывка произведена в сентябре 1937 г. Образцы для анализа взяты 10/X 1937 г.

Полученные результаты изменения микроаггрегатного состава под влиянием перечисленных мелиорирующих веществ на малых делянках представлены в табл. 4 и на фиг. 2.

Из данных табл. 4 и фиг. 2 видно, что все примененные мелиорирующие вещества оказали положительное действие на улучшение структуры почвы, уменьшив ее дисперсность.

Обращает на себя внимание низкая дисперсность верхней части пахотного слоя (0—10 см) контрольной делянки (27/27) — 10.99%. Причина этого явления не ясна, однако можно предположить, что это один из крайних вариантов, который возможен при том широком варировании степени дисперсности, о чем было сказано выше.



Фиг. 2. Изменение дисперсности почв под влиянием мелиораций (микроаггрегатный состав). Опыты на малых делянках № 24/27 — контроль; № 32/27 — $CaCl_2$ 10 т/га; № 2/27 — $CaCO_3$ 10 т/га; № 23/27 — $Ca(OH)_2$ 8 т/га; № 26/27 — гумат аммония 1.1 т/га + 7.7 т/га; № 28/27 — навоз 40 т/га + зола 1 т/га; № 1/27 — навоз 80 т/га

Наибольший эффект в смысле уменьшения дисперсности отмечается на делянках, где вносился навоз из расчета 40 т/га совместно с золой. Это можно проследить как по содержанию микроаггрегатов >0.01 мм (количество их здесь 72—69%), так и по содержанию почвенного ила (частиц >0.001 мм). На делянках, получивших навоз без золы, понижения дисперсности почти не наблюдается, несмотря на то, что доза навоза была увеличена до 80 т/га. Данное обстоятельство отчасти противоречит результатам, наблюдаемым над мелиорирующим действием навоза, проведенным на больших опытных делянках.

Однако сравнение больших и малых унавоженных делянок мы не можем провести по полной аналогии, так как большие делянки до унавоживания промывались, а малые унавоживались без промывок.

Из различных видов солей кальция ($CaCl_2$, $CaCO_3$ и $Ca(OH)_2$) наиболее благоприятное действие, как будто, оказала гашеная известь.

Слабое действие оказал гумат аммония НИУИФ с гипсом по сравнению с другими мелиорирующими веществами. Количество микроаггрегатов >0.01 мм, а также и дисперсность здесь тождественны с таковыми на деляшке 706, где был внесен один гипс.

Таким сбразом, добавочное к гипсу органическое вещество гумата аммония не оказало существенного влияния. Здесь также следует обратить внимание на большую дисперсность почвы в нижней части (10—20 см) пахотного слоя, несмотря на то, что на малых деляпках была проведена тщательная обработка вручную и достигнуто совершенное перемешивание горизонтов A и B_1 солонца.

В качестве контроля и ближайшего «идеала» для мелиорированных солонцов была включена темноцветная почва (дел. 718). Количество промывной воды в 1935 г. (одновременно с промывкой солонцов) было дано около 200 м³/га.

Результаты механического и микроаггрегатного анализов иллюстрируются табл. 5 и фиг. 2.

Из данных табл. 5 следует, что под влиянием промывки и обработок в темноцветной почве произошло незначительное улучшение структуры. Фактор дисперсности снизился на 2—3% (абсолютных), а фактор структурности соответственно увеличился. Количество аггрегатов >0.25 мм сократилось в 1.5—2 раза, но за счет этого заметно увеличилось количество микроаггрегатов от 0.25 до 0.01 мм, вследствие чего общее количество микроаггрегатов >0.01 мм увеличилось с 72 до 75—77%. Таким образом, агрономически ценная часть микроаггрегатов >0.01 мм увеличилась благодаря агротехнике.

Из мелиорированных делянок солонца по микроаггрегатному составу ближе всего стоит к темноцветной почве делянка гипсованная, занятая житняком (№ 743), и несколько дальше делянка, получившая навоз 80 т/га с промывкой. Таким образом, гипсование с травосеянием и отчасти навоз в количестве 80 т/га с предварительными промывками через 2 года после мелиорации изменяют свойства солонца, приближая его к агрономически ценной темноцветной почве.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Действие гипса, внесенного в октябре 1935 г., сказалось на микроаггрегатном составе солонца уже в июне 1936 г., понизив его дисперсность, за исключением делянки 610, в среднем для пахотного слоя от 6 до 11%.

2. Промывки ускорили обменные реакции между натрием поглощающего комплекса и кальцием гипса, что сказалось на большей эффективности гипса на промытых делянках в смысле уменьшения дисперсности и увеличения количества микроаггрегатов >0.01 мм по сравнению с непромытыми делянками.

3. Комбинация гипса с многолетними травами (житняком) по промытому фону произвела резкое улучшение структуры почвы, понизив дисперсность в четыре раза против контроля к 1937 г.

4. Действие на микроаггрегатный состав почвы навоза, внесенного под пшеницу по промытому фону в 1937 г., оказывается аналогичным действию гипса совместно с многолетними травами по тому же фону.

5. Наблюдается увеличение дисперсности в нижней части пахотного слоя (10—20 см) на всех делянках в 1937 г., а также некоторое вторичное повышение дисперсности на гипсованных делянках; последнее указывает на недостаточное количество внесенного гипса. Необходимо пополнение недостатка кальция внесением новой дозы гипса.

6. Одна промывка без химической мелиорации не произвела заметного влияния на микроаггрегатный состав солонца.

7. Из других (кроме гипса) солей кальция наиболее эффективной в отношении уменьшения степени дисперсности оказалась гашеная известь, слабее — хлористый кальций и углекислый кальций (данные опытов на малых делянках).

8. Положительное действие в смысле понижения дисперсности почвы оказал навоз, внесенный в количестве 40 т/га совместно с золой (в количестве 1 т/га).

9. Действие гипса совместно с многолетними травами (житняком) по промытому фону, а также и навоза в количестве 80 т/га по тому же фону за 2 года мелиорации (1935—1937 гг.) приблизило солонец по аггрегатному составу к состоянию темноцветной почвы.

ТАБ

Изменение механического и микроаггрегатного состава

№ делянки и культура	Род мелиораций	Глубина в см
		I. Механиче
718, пшеница	Промывка в 1935 г. водой около 2000 м³/га Анализ 1935 г. до промывки Анализ 1937 г.	0—25 0—10 10—20
		II. Микроаггре
То же	Анализ до промывки в 1935 г. Анализ 1937 г.	0—25 0—10 10—20

ТАБ

Изменение физических свойств столбчатого

№ делянки и культура	Род мелиораций	Глубина в см
Разрез 9, 1935 г.	Первоначальная почва — столбчатый солонец (целина 1935 г.) [1]	Гор. A_1 0—10 Гор. B_1 10—22 (24) Гор. B_2 22—33
744, житняк	Контроль, промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10 10—20 24—34
743, житняк	Гипс ½ дозы (около 6 т/га), промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10 10—20 24—34
607, житняк	Контроль орошаемый, без предварительной промывки	0—10 10—20
610, смесь житняка с люцерной	Гипс ½ дозы (около 6 т/га), орошаемая делянка, без предварительной промывки	0—10 10—20
704, пшеница	Контроль, промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10 10—20 24—34
706, пшеница	Гипс ½ дозы (около 6 т/га), промывка водой в 1935—1936 гг. около 7000 м³/га	0—10 10—20 24—34
702, пшеница	Навоз 80 т/га, промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—10 10—20
540, пшеница	Контроль орошаемый, без предварительной промывки	0—10 10—20
546, пшеница	Гипс ½ дозы (около 6 т/га), орошаемая делянка без предварительной промывки	0—10 10—20
718, пшеница	Промывка в 1935 г. водой около 2000 м³/га [2]	0—10 10—20

[1] Все данные по этому разрезу (№ 9) получены осенью 1935 г.
[2] Почва — темноцветная.

ЛИЦА 5

темноцветной почвы под влиянием промывок и орошения

Размер фракций: > 0.25 мм	0.25—0.05 мм	0.05—0.01 мм	0.01—0.005 мм	0.005—0.001 мм	< 0.001 мм	Растворимые вещества в 0.05 N HCl	Коэффициент дисперсности	Фактор структурности по Фагелеру $\frac{T_1-T_2}{T_1}\cdot 100$
ский состав								
0.59	7.38	36.45	13.05	17.45	23.50	1.58	—	—
0.71	8.15	35.10	12.90	17.30	24.60	1.24	—	—
0.41	5.82	36.30	13.00	17.80	25.10	1.57	—	—
гатный состав								
16.10	17.45	38.35	12.15	12.20	3.75	—	15.96	84.04
9.54	24.06	43.15	10.65	9.60	3.00	—	12.20	87.80
7.73	22.37	44.87	10.78	10.75	3.45	—	13.74	86.20

ЛИЦА 6

солонца под влиянием различных мелиораций

Объемный вес: 1936 г., июнь	1936 г., август	1937 г., сентябрь	Уд. вес твердой фазы: 1936 г., июнь	1936 г., август	1937 г., сентябрь	Общая скважность в %: 1936 г., июнь	1936 г., август	1937 г., сентябрь
1.29	—	—	2.60	—	—	50.38	—	—
1.34	—	—	2.73	—	—	50.92	—	—
1.44	—	—	2.76	—	—	47.83	—	—
1.15	1.10	1.25	2.69	2.68	2.66	57.10	58.99	53.01
1.18	1.24	1.22	2.64	2.70	2.65	55.38	53.93	53.96
—	—	1.30	—	—	2.67	—	—	51.31
1.07	1.18	1.33	2.67	2.67	2.67	60.00	55.99	50.19
1.17	1.23	1.18	2.63	2.65	2.64	55.40	53.66	55.30
—	—	1.29	—	—	2.68	—	—	51.86
1.34	1.17	1.28	2.66	2.65	2.68	49.66	55.77	52.31
1.21	1.20	1.13	2.67	2.71	2.68	54.83	55.61	57.98
1.29	1.15	1.19	2.71	2.69	2.69	52.32	57.17	55.76
1.33	1.25	1.24	2.66	2.69	2.68	49.89	53.46	53.73
1.21	1.22	1.25	2.68	2.68	2.69	54.96	54.51	53.49
1.28	1.30	1.15	2.64	2.66	2.70	51.68	51.09	57.29
—	—	1.40	—	—	2.72	—	—	48.49
1.11	1.20	1.20	2.63	2.69	2.68	57.98	55.24	55.22
1.22	1.22	1.28	2.63	2.67	2.68	53.57	54.42	52.24
—	—	1.40	—	—	2.69	—	—	47.95
—	—	1.24	—	—	2.67	—	—	53.52
—	—	1.19	—	—	2.67	—	—	55.28
1.26	1.28	1.30	2.69	2.70	2.72	53.31	52.59	51.91
1.20	1.17	1.31	2.66	2.65	2.67	54.92	55.97	50.97
1.20	1.20	1.13	2.68	2.70	2.69	55.30	55.74	57.99
1.25	1.20	1.11	2.66	2.65	2.69	52.97	54.87	58.66
—	—	1.08	—	—	2.61	—	—	58.58
—	—	1.12	—	—	2.62	—	—	57.37

2. Изменение объемного веса, удельного веса твердой фазы и скважности

В табл. 6 представлена сводка данных по физическим свойствам.

Объемный вес почвы на всех деляниках и во все сроки наблюдения, как видно из данных табл. 6, уменьшился по сравнению с объемным весом целинного солонца. Совершенно ясно, что взрыхленный обработкой на глубину 25 см слой солонца имеет большую порозность; объемный же вес, находясь в обратной корреляции со скважностью, выражается меньшими величинами, нежели до обработки.

Наблюдения 1936 г. (июнь и август) показывают больший объемный вес в нижней части пахотного слоя 10—20 см, что, естественно, можно было бы объяснить бо́льшим уплотнением нижнего слоя. Однако в 1937 г. имела место обратная картина: больший объемный вес наблюдался в верхней части пахотного слоя, за исключением двух гипсованных делянок (№ 706 и 610). Очевидно, причину здесь следует искать в перемещении горизонтов А и B_1 солонца во время обработки. В 1936 г. превалировал на поверхности горизонт B_1. В 1937 г. произошло обратное оборачивание пласта, вследствие этого теперь доминировал на поверхности пахотного слоя горизонт А, хотя обработками в 1937 г. горизонты А и B_1 были несколько более перемешаны между собой, чем в 1936 г. По нашим наблюдениям, горизонт А солонца образует более мощную корку на поверхности, больше заплывает и уплотняется, нежели горизонт B_1. Образующиеся глыбы столбчатого горизонта солонца во время весенней обработки в избыточно влажном состоянии после просушивания на солнце распадаются на мелкие комочки. Этим отчасти может быть объяснено изменение объемного веса в сторону уменьшения в слое, где преобладал горизонт B_1.

Сопоставляя данные для июня 1936 г. с данными осенних исследований того же года, наблюдаем вполне естественное увеличение, правда очень незначительное, объемного веса осенью. Выделяются делянки 607 и 610 понижением объемного веса осенью; это объясняется тем, что в июне, после определения объемного веса, была произведена культивация и посев трав.

Объемный вес подпахотного слоя (горизонт B_2 солонца) на деляниках под пшеницей (№ 706 и 704) не изменился по сравнению с первоначальной почвой. Объемный вес подпахотного слоя (24—34 см) на вышеозначенных деляниках составлял 1.40, а на целине солонца на той же глубине 1.44. Разница в 0.04 абсолютной величины не выходит за пределы точности анализа. Под травой же наблюдается значительное снижение объемного веса, что легко объясняется влиянием корней травы (житняка), которые, с одной стороны, пронизывая почву, повышают порозность, а с другой, увеличивают количество органических остатков, облегчающих объемный вес. Мелиорирующее действие гипса и навоза практически не сказалось на величине объемного веса почвы.

Удельный вес твердой фазы пахотного слоя по сравнению с удельным весом твердой фазы целинного солонца представляет среднюю величину из удельных весов твердой фазы двух горизонтов — А и B_1, составляющих пахотный слой. Изменения его по срокам наблюдения ничтожны: максимум 0.06 абсолютной величины, что зависит от того, какой горизонт — А или B_1 — доминирует в определяемом слое.

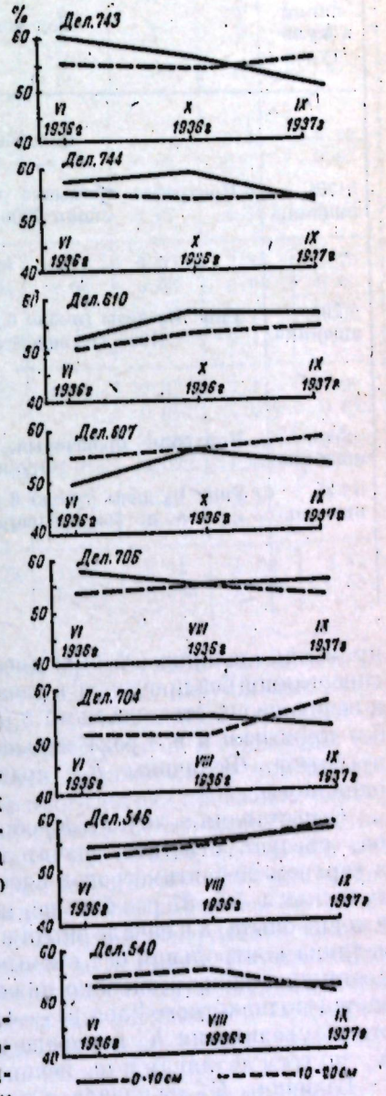
Общая скважность, являясь производной величиной удельного веса твердой фазы и объемного веса, повторяет описанную выше картину объемного веса, но в обратном смысле. На табл. 6 видно, что общая скважность на деляниках после обработки, естественно, выше, нежели скважность целинного солонца. Подпахотный слой, не затронутый обработкой, под пшеницей (дел. 706 и 704) сохраняет скважность целинного солонца на соответствующей глубине (под пшеницей общая скважность 47.25—48.49%, а на целине 47.83%). Под травами по промытому фону (дел. 743 и 744) общая скважность увеличилась до 51.31—51.86%, благодаря пронизанности почвы корнями растений (житняка) подпахотного горизонта. Гипсование и упавоживание почвы на повышение общей скважности оказало лишь незначительное влияние.

К концу лета наблюдается некоторое снижение скважности в 1936 г. Незначительное уплотнение почвы в течение лета происходит потому, что основная вспашка производится осенью, и почва за осенне-зимний период настолько уже уплотняется, что в течение лета не происходит существенного снижения общей скважности. Под травами в течение первого года их жизни (данные 1936 г.) наблюдается обратное явление. Скважность в слое 0—10 см к концу лета повышалась, что произошло вследствие развития корневой системы житняка, главным образом в поверхностном (0—10 см) слое (фиг. 3).

В 1937 г. скважность в поверхностном слое 0—10 см под травами падает благодаря уплотнению вследствие поливов и осадков, а увеличивается на глубине 10—20 см, что объясняется также развитием корневой системы.

Темноцветная почва вследствие большей гумусности, нежели солонец, имеет меньшие величины объемного веса и удельного веса твердой фазы, а величина общей скважности ее соответственно выше.

Общая скважность может быть признана удовлетворительной для почв тяжелых по механическому составу. Несколько пониженная скважность наблюдается лишь на делянке 743 в верхней части пахотного слоя в 1937 г.



Фиг. 3. Изменение скважности почвы под влиянием мелиорации

3. Коэффициент фильтрации почвы

Коэффициент фильтрации, как указывалось выше, определялся лабораторным методом и имел целью главным образом косвенно выяснить влияние кальция гипса, как коагулятора, на уменьшение солонцеватости и улучшение структурности солонца. Полученные результаты приводятся в табл. 7.

Из табл. 7 следует, что наибольший коэффициент фильтрации в течение всего времени опыта (96 час.) наблюдается на гипсованной делянке с промывкой (№ 706) в пахотном слое 0—20 см. Делянка гипсованная, но без предварительной промывки, имеет K_f в начале опыта в 1.3 раза меньше, чем делянка с промывкой, а в конце опыта в 2 раза меньше. Резко выделяется по плохой фильтрационной способности контрольная делянка без промывки (№ 540), где K_f к концу опыта становится малым, равным $0.44 \cdot 10^{-5}$ в пахотном слое и $0.18 \cdot 10^{-5}$ на глубине 24—44 см. Контрольная

ТАБ

Изменение водопроницаемости солонца под влиянием мелиора

№ делянки и культура	Род мелиораций	Глубина в см	Определение	1 мин.
—	Солонец, целина	0—20	—	0.36
		21—41	—	1.83
704, пшеница	Контроль, промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—20	I	30.40
		0—20	II	24.32
		0—20	Среднее	27.36
		24—44	I	—
706, пшеница	Гипс ½ дозы (около 6 т/га), промывка в 1935—1936 гг. водой около 7000 м³/га	0—20	I	—
		0—20	II	—
		0—20	Среднее	—
		24—44	I	—
540, пшеница	Контроль орошаемый, без предварительной промывки	0—20	I	1.83
		24—44	I	—
546, пшеница	Гипс ½ дозы (около 6 т/га), орошаемая делянка, но без предварительной промывки	0—20	I	36.26
		0—20	II	19.46
		0—20	Среднее	27.36
		24—44	I	—

промытая делянка (№ 704) имеет K_t близкий, почти равный K_t делянки гипсованной без промывки в начале опыта, но в конце опыта он снижается, и величина его становится в 1.5 раза меньше величины гипсованной делянки без промывки и в 3 раза меньше по сравнению с величиной гипсованной промытой. Величины K_t подпахатного слоя на всех делянках почти одинаковы.

Сопоставляя величины K_t обработанных делянок с K_t целинного солонца, следует отметить значительное улучшение водопроницаемости (K_t) в верхнем 20-сантиметровом слое. K_t на обработанных и мелиорированных делянках в 10—27 раз больше, нежели в том же слое на целине по данным в конце опыта, а в начале опыта в 80—90 раз больше. Исключение составляет делянка контрольная без промывки (№ 540), где K_t в верхнем 20-сантиметровом слое даже несколько ниже (в четыре раза) солонца целины. Что касается подпахотного слоя 24 — 44 см, то здесь улучшения водопроницаемости и увеличения K_t по сравнению с целиной не наблюдается. Величины K_t по всем делянкам и на целине очень близкие.

Величины K_t от начала к концу опыта по всем делянкам претерпевают резкое уменьшение, особенно в верхнем слое 0—20 см. На делянке 540 — контроль без промывки — K_t снизился в 40 раз, на гипсовой делянке без промывки — в 20 раз (I определение). Наименьшее падение величины K_t дает делянка 706, гипсованная и промытая, где K_t падает в шесть-семь раз. На целине в верхнем горизонте 0—20 см ($A+B_1$), при очень низкой величине K_t в начале опыта, уменьшение в дальнейшем незначительное. Сильное снижение K_t на глубине 21—41 см следует отнести к неточности метода. Быстрая фильтрация в начале опыта, очевидно, произошла или вследствие трещины внутри почвенной колонки, которая затем после набухания почвы сомкнулась, или имело место пристенное прохождение воды, что также благодаря набуханию прекратилось.

ЛИЦА 7

ций по лабораторным опытам (K_t в см³/сек. на см² сечения)

K_t экспериментальный $\cdot 10^{-4}$										
5 мин.	10 мин.	30 мин.	1 час	2 часа	3 часа	6 час.	24 часа	48 час.	72 часа	96 час.
0.36	0.36	—	—	—	—	—	—	—	0.24	0.18
1.70	1.46	1.46	1.46	1.46	1.09	0.85	0.24	0.05	0.02	0.02
32.83	30.40	20.67	14.59	11.67	10.09	8.02	7.90	6.08	3.04	2.18
21.89	19.46	14.59	10.33	6.32	5.23	4.49	3.04	2.07	1.46	1.22
27.36	24.93	17.63	12.41	8.99	7.66	6.26	5.47	4.07	2.25	1.70
—	—	—	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
29.18	26.75	24.32	18.85	13.38	11.31	9.12	7.05	6.46	5.11	4.62
42.56	40.13	31.62	24.32	20.67	18.85	16.42	9.12	8.88	9.12	5.71
35.87	33.44	27.97	21.58	17.02	15.08	12.77	8.09	7.67	7.11	4.99
—	—	—	0.07	—	0.05	—	—	0.048	0.048	0.048
0.85	0.77	—	0.75	0.68	0.59	0.58	0.25	0.10	0.053	0.044
—	—	—	0.04	—	0.026	—	0.026	0.022	0.020	0.018
35.87	33.44	26.14	20.06	15.81	13.98	11.55	5.23	2.19	1.83	1.70
18.85	17.63	15.81	12.77	9.72	8.51	6.44	4.62	3.23	3.64	3.16
27.36	25.54	20.98	16.41	12.76	11.25	8.99	4.93	2.71	2.73	2.43
—	—	0.081	0.071	—	—	—	0.067	0.065	0.056	0.040

Такое сильное снижение величины K_t во время опыта указывает, что в почве под влиянием тока воды произошли изменения, нарушившие первоначальное строение почвы, ее порозность, обусловленную, главным образом, аггрегатным составом. Неустойчивость аггрегатов в отношении размывающего действия воды в большей степени проявилась на делянках, не получивших гипса. Здесь под влиянием обменного натрия произошло диспергирование почвенной массы, что и привело к быстрому снижению величины K_t. Вода, проходя через почвенную колонку, кроме того, растворяет соли (Антипов-Каратаев, 1936). В результате этого через почву проходит раствор солей разного состава, разной концентрации. Соли выносятся из почвы, выносится также органическое вещество и частично минеральные коллоидные частицы. Фильтрационные воды, особенно на делянках негипсованных, окрашены от присутствия в них органического вещества, на делянках гипсованных вымывание органического вещества не наблюдается. Вследствие всего этого почва может сильно измениться даже во время такого короткого опыта, как 96 час.

Гипсованные делянки имеют незначительное падение величины K_t в продолжение опыта, что обусловливается прочностью аггрегатов, скоагулированных кальцием. Но вследствие недостатка кальция, на что указывалось выше, и на гипсованных делянках наблюдается неустойчивость величины водопроницаемости.

Интересно сопоставить полученные нами результаты с данными других исследователей по тому же вопросу. Так, Качинский, Долгополова и Осипов (1937), мелиорируя гипсом засоленные почвы степи Богаз в Азербайджане, достигли также улучшения водопроницаемости почв в несколько раз. Однако названные авторы указывают, что гипсование не повысило водопроницаемости засоленных почв до практически необходимых пределов. В нашем опыте влияние гипса на коэффициент фильтрации оказалось наи-

более действенным. K_f гипсованных делянок даже после длительного увлажнения почвы удерживается, как было видно выше, на сравнительно высоких величинах. Вместе с тем нельзя не отметить, что положительное влияние гипса на водопроницаемость пахотного слоя сильно обесценивается отсутствием мелиорирующего влияния испытанных нами приемов мелиорации на подпахотный слой. Низкая водопроницаемость этого слоя будет вызывать застой на нем воды и тем самым задержит воду в пределах пахотного слоя. Действенным мероприятием по борьбе с этим злом, как наблюдается в наших опытах, должны стать многолетние травы и в первую очередь люцерна, обусловливающие биодренаж почвы.

Рассмотрение материала этого раздела приводит нас к следующим выводам:

1. Обработка почвы и промывка увеличивают водопроницаемость солонца в слое 0—20 см по сравнению с целиной в 9 раз (через 96 час. от начала опыта); в 40 раз — по сравнению с обработанной делянкой без промывки.

2. Гипс на фоне промывок создает более прочную структуру, что повышает водопроницаемость по сравнению с контролем промытым в 3 раза и по сравнению с целиной в 27 раз.

3. Одна обработка без промывок понизила водопроницаемость против целины в четыре раза.

4. Влияние химической и механической мелиорации не произвело изменения величины K_f в подпахотном слое 24—44 см под однолетней культурой (пшеницей).

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе контроль действия химических и биологических мелиораций на солонцы каштановой зоны производился по учету изменения физических свойств почвы. Исследовались изменения микроаггрегатного состава почвы, объемного веса, удельного веса твердой фазы, скважности и водопроницаемости. Двухгодичное (1935—1937 гг.) действие гипса, навоза, многолетних трав (житняка) на столбчатый солонец на фоне орошения без предварительных промывок и с промывками существенно отразилось на изменении физических свойств солонца. Наибольший положительный эффект мелиорации получен от гипса в сочетании с многолетними травами (с житняком), затем от навоза в комбинации с золой при условии применения предварительной промывки солонца водой (около 7000 м³/га). Значительный эффект получен также при мелиорации с помощью гашеной извести. Углекислый кальций и хлористый кальций значительно уступали вышеуказанным средствам в мелиорирующем действии.

Детальный учет изменений микроаггрегатного состава солонца показал, что положительное действие указанных выше средств мелиорации выражается прежде всего в улучшении микроаггрегатного состава почвы, являясь следствием коагуляции коллоидных частиц солонца и образования частиц >0.01 мм в диаметре, что в свою очередь является следствием обмена поглощенного натрия на кальций. Последняя реакция ограничена горизонтами A и B_1, как видно из данных химических исследований (Филиппова и Фридман, см. настоящий сборник). Микроаггрегатный состав мелиорированных солонцов в указанных выше первых двух случаях приблизился к таковому же темноцветной почвы. В отдельных случаях проявился эффект некоторого вторичного диспергирования микроаггрегатов на втором году эксплоатации почв, что можно объяснить недостаточностью примененной дозы (половинной против эквивалента натрия) гипса. Контроль по микроаггрегатному составу является достаточно отчетливым и широко доступным. Еще более отчетливо, нежели по данным микроаггрегатного анализа, мелиорирующее действие гипса и промывок выявляется на величинах коэффициента фильтрации почвы. Эти приемы повышают K_f пахотного слоя во много раз. Данное явление нужно объяснить возросшей водопрочностью структуры почвы и перераспределением скважин в ней в сторону увеличения некапиллярных.

Что касается данных изменения скважности (и объемного веса) почвы под влиянием мелиораций, то этот показатель не является характерным для контроля. По этому признаку выделяется положительная роль лишь многолетних трав (независимо от того, применены ли химические мелиорации или они не применялись), что является вполне объяснимым: действие корневых систем отражается в первую очередь на сложении (и макроаггрегатном составе) почвы, обусловливает биодренаж и постепенно обогащает почву гумусом.

Изменение всех исследованных свойств почвы под влиянием мелиораций ограничилось мелиорированными горизонтами A и B_1. Горизонт B_2 (второй солонцовый) процессами мелиорации затронут слабо. Поэтому дальнейшее углубление пахотного слоя с целью вовлечения горизонта B_2 в культуру потребует дополнительных мелиоративных мероприятий (например, дополнительного глубокого — под плуг — внесения гипса).

РЕЗЮМЕ

Автор излагает результаты исследования динамики физических свойств солонцов на Малоузенском солонцовом стационаре (1935—1936 гг.).

Контроль действия химических и биологических мелиораций на солонцы каштановой зоны производился по учету изменения физических свойств почвы. Исследовались изменения микроаггрегатного состава почвы, объемного веса, удельного веса твердой фазы, скважности и водопроницаемости. Двухгодичное (1935—1937 гг.) действие гипса, навоза, многолетних трав (житняка) на столбчатый солонец на фоне орошения без предварительных промывок и с промывками существенно отразилось на изменении физических свойств солонца. Наибольший положительный эффект мелиорации получен от гипса в сочетании с многолетними травами (с житняком), затем от навоза в комбинации с золой при условии применения предварительной промывки солонца (около 7000 м³ воды на гектар). Значительный эффект получен также при мелиорации с помощью гашеной извести. Углекислый кальций и хлористый кальций значительно уступали вышеуказанным средствам в мелиорирующем действии.

Детальный учет изменений микроаггрегатного состава солонца показал, что положительное действие указанных выше средств мелиорации выражается прежде всего в улучшении микроаггрегатного состава почвы, являясь следствием коагуляции коллоидных частиц солонца и образования частиц >0.01 мм в диаметре, что в свою очередь является следствием обмена поглощенного натрия на кальций. Последняя реакция, как видно из данных химических исследований, ограничена горизонтами A и B_1. Микроаггрегатный состав мелиорированных солонцов в указанных выше первых двух случаях приблизился к таковому же темноцветной почвы. В отдельных случаях проявился эффект некоторого вторичного диспергирования микроаггрегатов на втором году эксплоатации почв, что можно объяснить недостаточностью примененной дозы (половинной против эквивалента натрия) гипса. Контроль по микроаггрегатному составу является достаточно отчетливым и широко доступным. Еще более отчетливо, нежели по данным микроаггрегатного анализа, мелиорирующее действие гипса и промывок выявляется на величинах коэффициента фильтрации почвы. Эти приемы повышают K_f пахотного слоя во много раз. Данное явление нужно объяснить возросшей водопрочностью структуры почвы и перераспределением скважин в ней в сторону увеличения некапиллярных. Что касается данных изменения скважности (и объемного веса) почвы под влиянием мелиораций,

то этот показатель не характерен для контроля. По этому признаку выделяется положительная роль лишь многолетних трав (независимо от того, применены ли химические мелиорации или они не применялись), что является вполне объяснимым: действие корневых систем отражается в первую очередь на сложении (и макроаггрегатном составе) почвы, обусловливает биодренаж и постепенно обогащает почву гумусом.

ЛИТЕРАТУРА

Антипов-Каратаев И. Н. Труды Ноябрьской (1935 г.) сессии Ак. Наук СССР, 1936.

Антипов-Каратаев И. Н. и Филиппова В. Н. Труды Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937.

Астапов С. В. Труды Института гидротехники и мелиорации, т. VIII, 1933.

Бевpук В. Почвоведение, № 2, 1935.

Качинский Н. А. Изучение физических свойств почвы и корневых систем растений. Изд. 2-е, Сельхозгиз, 1931.

Качинский Н. А. Почвоведение, № 8, 1937.

Качинский Н. А. Ученые записки Московского государственного университета, вып. 17, 1937.

Леонтович А. В. Вариационная статистика. Сельхозгиз, 1935.

Саввинов Н. И. Влияние многолетних трав и некоторых агротехнических приемов на прочность структуры почв в разных зонах. Физика почв СССР, 1936.

Саввинов Н. И. и Кочерина Е. И. Труды Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937.

Филиппова В. Н. и Фридман Н. Г. Изменение химического состава почв под влиянием мелиораций. Статья в настоящем томе.

E. I. KOCHERINA

ON THE CHANGES IN THE PHYSICAL PROPERTIES OF THE SOILS OF A SOLONETS COMPLEX IN THE CHESTNUT SOIL ZONE OCCURING THROUGH CHEMICAL AND BIOLOGICAL RECLAMATION UNDER CONDITIONS OF IRRIGATION

Summary

This paper is a report on the results of the author's investigations of the dynamics of physical properties of solonetses carried out at the Little—Uzen Solonets Experimental Station during the years 1935—1938.

The influence of chemical and biological means of reclamation on the chestnut zone solonets soils was estimated by observing the changes in the micro-aggregate composition of the soil, in its volume weight, in the specific weight of the solid phase, in the porosity and permeability of the soil. A two-year long reclamation of an irrigated columnary solonets soil (from 1935 to 1937) by applying gypsum, manure, perennial grasses (crested wheat grass — Agropyrum cristatum), with or without preliminary leaching of the soil, had a considerable effect on the physical properties of the solonets. The best results were obtained by applying gipsum combined with the sowing of perennial grasses (crested wheat grass — Agropyrum cristatum); next follows manure mixed with ashes, however, only after a preliminary leaching of the solonets (about 7 thousands cub. meters of water per hectare). A good result was also obtained when reclaiming the soil with air-slacked lime. The effect of reclamation with calcium carbonate and calcium chloride was far behind the above methods.

A detailed estimation of the changes in the micro-aggregate composition of the solonets showed that the positive influence of the above means of reclamation is manifested first of all in a better micro-aggregate composition of the soil, as a result of the coagulation of colloidal particles and forming particles of more that 0.01 mm in diameter. This coagulation is a result of the replacement of absorbed sodium by calcium. Data of chemical analyses show that this reaction takes place only in the A and B_1 horizons. In the first and second of the aforesaid cases the micro-aggregate composition of reclaimed solonetses approached that of a dark coloured soil. A slight secondary dispersion was observed in some isolated cases during the second year of the cultivation of the soil; this is probably due to the application of an insufficient dose of gypsum (one half of that equivalent sodinm). The micro-aggregate analysis of the soil is a sufficiently precise and accessible method of estimation of the effect of reclamation.

The value of the filtration coefficient shows the reclaiming effect of gypsum and of leaching still more clearly than the data of the micro-aggregate analysis. The K_t of the arable layer was increased by many times by the described reclamation methods. This phenomenon must be explained by the increased resistance of the soil to water, and by a redistribution of its interstices towards a greater number of non-capillary ones. Data on the changes in the porosity (and in the volume weight) of the soil are not characteristic enough to serve as a criterion and only the positive effect of perennial grasses (independent of the use of chemical means of reclamation), is revealed thereby. This is explained by the following: the grass root system has its first effect on the constitution of the soil (and on its macro-aggregate composition), it creates bio-drainage, and gradually makes the soil richer in humus.

The changes in the investigated soil properties caused by reclamation were limited to the reclaimed A and B_1 horizons. The horizon B_2 (second solonets horizon) was influenced by processes of reclamation but slightly. Therefore, a further deepening of the arable layer in order to bring the horizon B_2 into cultivation will require supplementary reclamation measures, as for instance the application of extra amounts of gypsum down to a depth greater than that reached by tillage.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

1940. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXIV

М. М. КОНОНОВА

ПРИРОДА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА СОЛОНЦОВ ЗАВОЛЖЬЯ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ МЕЛИОРАЦИИ И ОРОШЕНИИ

(Из работ Биохимической лаборатории Почвенного института АН СССР)

Работы по мелиорации солонцов Заволжья, проводимые Почвенным институтом Академии Наук СССР на Малоузенском солонцовом стационаре, направлены на коренное улучшение основных свойств солонцов, как-то: удаление легкорастворимых солей, изменение состава обменных оснований почвы в сторону снижения до минимума количества обменного Na с заменой его на Ca, улучшение физических свойств и т. д. Выполняя эту задачу, мы изменяем самый почвообразовательный процесс в желаемом направлении; для солонцов это поворот в сторону развития культурных каштановых почв, обладающих более высокими производительными возможностями, чем солонцы.

В общем комплексе работ по этой проблеме нашей задачей являлось изучение одного из важнейших факторов генезиса и плодородия почв — органического вещества. Свои исследования мы начали с изучения органического вещества целинных почв стационара: остаточносолончаковатого столбчатого солонца (разр. 9, 1935 г.), представляющего основную почвенную разность стационара, на котором заложены опыты по мелиорации; каштановой солонцеватой почвы (разр. 10, 1935 г.); наконец, темноцветной западинной почвы (разр. 5, 1935 г.).

Таков был первый этап работы. Но одновременно с изучением органического вещества целинных почв мы поставили задачей выяснить те изменения, которые происходят в количественном содержании и качественном составе органического вещества в результате мелиорации солонцов с тем, чтобы способствовать наиболее полному и всестороннему разрешению стоящей перед нами проблемы.

Кроме того, для освещения некоторых теоретических вопросов нами был проведен ряд лабораторных опытов.

В первой части настоящей работы изложены материалы по изучению органического вещества целинных почв стационара; во второй — результаты лабораторных опытов по влиянию обменных Ca и Na на состав гумуса в почве и, наконец, в третьей — результаты по исследованию изменений в органическом веществе при мелиорации солонцов.

I. СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОСНОВНЫХ ПОЧВЕННЫХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ СОЛОНЦОВОГО КОМПЛЕКСА КАШТАНОВОЙ ЗОНЫ

Как выше сказано, изучение органического вещества выполнено для следующих основных почвенных разновидностей Малоузенского солонцового стационара: остаточносолончаковатого столбчатого солонца, каштановой солонцеватой почвы и темноцветной западинной почвы.

Для исследования группового состава органического вещества мы применили метод, описанный в нашей работе (1937) [1].

Последовательность анализа была такова:

1. Декальцинирование почвы 0.05 *N* H_2SO_4 с последующим отмыванием избытка кислоты, высушивание.

2. Экстрагирование навесок почвы спирто-бензолом.

3. Деление навески на две части: в одной части определялась гуминовая кислота, другая подвергалась кислотному гидролизу в следующей последовательности:

а) гидролиз 1 *N* H_2SO_4, с учетом C и N в гидролизате и определение в последнем группы веществ, восстанавливающих Феллингову жидкость, принимая их за продукты гидролиза гемицеллюлоз;

б) гидролиз 80% H_2SO_4, с учетом C и N в гидролизате и определение в нем группы веществ, восстанавливающих Феллингову жидкость, принимая их за продукты гидролиза целлюлозы;

в) определение в остатке после кислотного гидролиза C и N.

4. Определение гуминовой кислоты, как нами отмечалось выше, производилось в отдельной навеске почвы после экстрагирования спирто-бензольной смесью; гуминовая кислота извлекалась 0.1 *N* раствором NaOH с последующим осаждением взвешенных частиц почвы введением в раствор кристаллического Na_2SO_4, отфильтровыванием отстоявшейся жидкости через тигли Шотта № 4; из отфильтрованной жидкости гуминовая кислота осаждалась 1 *N* H_2SO_4, осадок отфильтровывался через тигель Гуча, и количество гуминовой кислоты определялось весовым методом, по потере от прокаливания высушенного при 100° препарата.

В целях упрощения метода определения гуминовой кислоты, особенно в серийных анализах, в близких по природе почвах, мы заменили весовой метод колориметрическим, с соблюдением следующих условий:

а) за стандарт (образцовый раствор) брался раствор гуминовой кислоты (вернее гумата натрия) одной из почв, в которых содержание ее определялось весовым методом;

б) цвет жидкостей должен быть таким, чтобы изменение в 1—2 деления колориметра заметно изменяло окраску в поле зрения.

При соблюдении изложенных условий, результаты параллельных определений количества гуминовой кислоты колориметрическим и весовым методами получались близкие.

5. Вычитанием из C-остатка после гидролиза 80% H_2SO_4 C-гуминовой кислоты, принимая содержание C в ней равным 58%, мы получали условную величину группы «гумина-лигнина». Переходим к изложению результатов по данному вопросу. Описание анализированных почвенных разрезов 9, 10 и 5 заимствовано из отчета Е. И. Кочериной (1937), а химические анализы к ним — из отчета И. Н. Антипова-Каратаева и В. Н. Филипповой (1937).

1. Состав органического вещества столбчатого солонца

Разрез 9, 1935 г. Столбчатый остаточносолончаковатый солонец. Разрез заложен в северо-восточной части участка.

Микрорельеф не выражен. Целина. Растительность полынно-изенево-пиретровая. Осолодение верхнего горизонта среднее.

A_1 0 — 10 см. — Светлобурый, сероватый, плотноватый, хорошо выражена листоватая структура. Нижняя часть горизонта седоватая, плоскоореховатая структура. Корней мало.

B_1 10—22(24)см. — Темнокоричневый, хорошо выраженная столбчатая структура. Столбики диаметром 1.5—3 см. Верхняя часть столбиков (5 см) разламывается на призмочки, нижняя — на орехи. Корни располагаются по трещинам между структурными отдельностями.

[1] Исследования по составу гумуса солонцов Заволжья мы продолжаем в настоящее время, используя последние работы И. В. Тюрина (1937, 1939).

B_2 22—33(34) — Бурый (коричневый), призматической структуры, грани структурных отдельностей слегка округлы, распадаются на орехи. Кротовины диаметром до 3 см, ходы и камеры червей; плотный, корней мало.

C_1 34—75 см. — Светлобурый, призматической структуры, которая выражена хуже, чем в B_2. Расплывчатые грязнобелые пятна белоглазки. Гипс в виде мелких белых кристаллических жилок, залегает непосредственно под горизонтом B_2. Кротовины диаметром 3—8 см, ходы мышей диаметром 3 см; плотный.

C_2 76—105 см. — Буровато-палевый, призматической структуры, структурные отдельности диаметром 4—5 см. Прожилки белого мелкокристаллического гипса, пунктации марганцовых выделений; единичные кротовины и ходы червей. Корней мало.

C_3 105—240 см.— Окраска, как в горизонте C_2. Бесструктурный. Массовые скопления гипса в виде друз диаметром 1.5—2.5 см, в виде прожилок белых мелких кристаллов и крупных гнезд грязножелтых кристаллов, пропитывающих породу. Книзу редкие друзы, пунктация марганцовых выделений с глубиной увеличивается.

Вскипание от HCl с 22—24 см.

Залегание гипсового горизонта непосредственно под B_2, выше отложений карбонатов, свидетельствует о вторичном засолении данной почвы.

Грунтовые воды сильно минерализованы (с преобладанием хлоридов), залегают на глубине 8—10 см. Данные по водной вытяжке (И. Н. Антипов-Каратаев) указывают на то, что хлориды в заметном количестве появляются с глубины 10—12 см (0.07%), в значительных количествах — с 20 см, максимальное их содержание в слое 50—85 см не превышает 0.4%. Водорастворимые сульфаты локализуются в слое 25—170 см, максимум их накопления на глубине 90 (100) см около 0.9%. В солонцовом и подсолонцовом горизонтах имеется небольшое количество соды, в связи с чем pH, равное в горизонте A_1 7.02, начиная с горизонта B_2, повышается до 8.0.

По данным И. Н. Антипова-Каратаева (1937) и В. А. Ковды (1937), эти почвы являются остаточносолончаковатыми, с опущенным вниз солонцовым горизонтом, в котором содержание обменного Na равно 16.5% от суммы обменных оснований (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1

Состав обменных катионов столбчатого солонца в м-экв. на 100 г почвы

(по данным Антипова-Каратаева и Филипповой)

Глубина в см	$Na^{\cdot}$	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	Сумма поглощенных катионов	% Na от суммы поглощенных катионов
0—8 . . .	0.56	10.81	4.74	16.11	3.5
12—23 . . .	6.67	14.64	18.80	40.11	16.5
29—39 . . .	2.70	28.15		30.85	8.8

Переходим к характеристике органического вещества данной почвы (табл. 2).

Прежде всего необходимо отметить, что исследованный столбчатый солонец весьма беден гумусом: в верхнем слое 0—10 см содержание углерода гумуса равно 1.52%, азота 0.19%; с глубиной содержание гумуса уменьшается.

ТАБЛИЦА 2

Подвижность С- и N-соединений органического вещества столбчатого солонца (в % от общего содержания С и N)[1]

Глубина в см	Общее содержание		Гидролизат 1N H_2SO_4		Гидролизат 80% H_2SO_4		Остаток		Сумма	
	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N
0—10	1.52	0.19	30.2	21.0	11.2	15.8	50.6	63.2	92.0	100.0
12—22	1.37	0.17	45.2	25.5	10.2	17.6	47.7	52.9	102.8	94.0
23—32	1.12	0.13	31.2	33.0	9.0	15.3	51.8	53.7	92.0	92.0

Далее, органическое вещество обладает большой подвижностью; так, в гидролизат 1N H_2SO_4 переходит 30% всего углерода и азота, а в солонцовом горизонте B_1 количество гидролизуемого углерода равно 45.2%.

ТАБЛИЦА 3

Состав органического вещества столбчатого солонца (в г на 100 г почвы и в % от общего количества органического вещества)

Глубина в см	Гумус C×1.72	Гемицеллюлозы		Целлюлоза		Гуминовая кислота		Гумин-лигнин в С	
		Колич.	%	Колич.	%	Колич.	%	Колич.	%
0—10	2.61	0.28	10.8	0.13	4.9	0.50	19.1	0.48	31.6
12—22	2.36	0.20	8.5	0.11	4.7	0.40	16.9	0.42	30.7
23—32	1.93	0.13	6.5	0.10	5.1	0.14	7.2	0.50	44.6

Из табл. 3 мы видим, что эта почва содержит незначительное количество целлюлозы, равное 5% органического вещества почвы; несколько больше содержание гемицеллюлоз — около 10% в верхних горизонтах. Количество гуминовой кислоты весьма низко — около 20% в верхних горизонтах, а с глубиной оно еще меньше.

Как мы увидим ниже, органическое вещество столбчатого солонца и по количеству и по составу очень резко отличается от органического вещества других почвенных разновидностей стационара, в первую очередь каштановой (солонцеватой) почвы.

2. Состав органического вещества каштановой (солонцеватой) почвы

Разрез 10, 1935 г., заложен на пологом склоне к замкнутой западине. Растительность типчаково-ковыльная с полынью. Целина.

А 0—10 см. — Серый, буроватый. Пластинчатая структура, распадается на листочки, структура выражена недостаточно ясно. Плотноватый. Имеются капролиты; пронизан корнями.

B_1 10—18(24)см. — Коричневато-серый, выламываются отдельности в вертикальном направлении, которые легко распадаются на комочки и верна. Плотноватый. Имеются капролиты и ходы червей; много корней.

B_2 16—45(50)см. — Коричневато-бурый, книзу светлобурый, темные прожилки гумуса. Структурные отдельности выламываются в вертикальном направлении; отдельности диаметром 1.5—4 см, с округлыми гранями; они в свою очередь распадаются на комки и верна более крупные, нежели в горизонте B_1; книзу приобретают угловатость. Плотнее предыдущего. Единичные кротовины с диаметром до 8 см; имеются капролиты; корней меньше, чем в горизонте B_1.

C_1 47—90(92)см. — Палево-бурый, редкие темные пятна гумуса. Структура плоско-призматическо-ореховатая. Призмочки диаметром до 1.5—2 см. Много белоглазки в виде четких белых пятен. Наибольшее их количество в центральной части горизонта. Единичные кротовины диаметром 8—10 см; капролиты диаметром до 8 мм и камеры червей диаметром до 9—10 мм. Плотный. Корней мало.

C_2 90—158(165)см. — Буровато-палевый. Призматическая структура; призмы диаметром 3.5 см, высотой 3—6 см, грани округленные, книзу структура выражена слабее. Наблюдается пунктация марганцовых выделений, отложения гипса в виде мелких белых пятен и прожилок. Единичные кротовины диаметром до 3 см; ходы и камеры червей и муравьев. Плотный. Корней мало.

Вскипание от HCl с 34—36 см.

Данные анализа водной вытяжки (И. Н. Антипов-Каратаев) показывают, что хлориды в заметных количествах обнаружены лишь на глубине не выше 50 см; максимальное содержание их достигает 0.3—0.4%. Сульфаты сосредоточены между 70—200 см, с максимумом в 1.5% на глубине 120 см. Гипс локализован в слое 100—170 см. Соды не обнаружено; реакция почвы нейтральная.

Состав обменных катионов свидетельствует о слабых солонцеватых свойствах данной почвы (табл. 4).

ТАБЛИЦА 4

Состав обменных катионов солонцеватой каштановой почвы в м-экв. на 100 г почвы

(по данным Антипова-Каратаева и Филипповой)

Глубина в см	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Сумма поглощенных катионов	% Na^+ от суммы поглощенных катионов
0—8	0.20	20.0	6.14	26.34	0.8
14—30	0.71	17.59	5.80	24.10	2.7
38—48	1.90	26.0		27.90	6.8
370—385	4.60	14.05		18.65	24.7

Валовой состав каштановой солонцеватой почвы и солонца (разр. 9) и некоторые другие их свойства показывают бывшее близкое сходство этих почв. Можно полагать, что каштановая солонцеватая почва также прошла стадию большей солонцеватости, чем в настоящее время (И. Н. Антипов-Каратаев).

С понижением уровня грунтовых вод естественные процессы остепнения долинных почв, повидимому, привели их в стадию каштановых (солонцеватых). Если это предположение верно, то интересным является вопрос о том, каким же образом процесс остепнения сказывается на содержании органического вещества почвы и его природе.

Рассмотрим данные, приведенные в табл. 5 и 6.

Сопоставляя результаты исследований по каштановой солонцеватой почве с данными по столбчатому солонцу (разр. 9), мы отмечаем следующие отличия в органическом веществе этих почв:

1. Верхний горизонт 0—10 см каштановой солонцеватой почвы значительно богаче гумусом. Так, если содержание гумуса в столбчатом солонце

[1] Термин «подвижность» органического вещества употребляется нами для характеристики способности последнего к гидролизу при помощи H_2SO_4.

ТАБЛИЦА 5

Подвижность С- и N-соединений органического вещества каштановой (солонцеватой) почвы (в % от общего содержания С и N)

Глубина в см	Общее содержание		Гидролизат 1N H_2SO_4		Гидролизат 80% H_2SO_4		Остаток		Сумма	
	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N
0—10	2.29	0.20	16.1	15.0	13.1	25.0	63.7	55.0	93.0	95.0
10—20	1.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25—30	1.09	0.12	21.1	16.8	10.1	16.6	67.9	66.0	98.1	100.0

(горизонт 0—10 см) равнялось 2.61%, то в каштановой солонцеватой почве оно уже равно 3.94%. Что касается нижележащих горизонтов, то данные по содержанию гумуса в солонце и каштановой солонцеватой почве весьма близки.

Таким образом, на данной стадии обогащение почвы гумусом в процессе осолонцевания ограничено верхним горизонтом.

2. Органическое вещество каштановой солонцеватой почвы значительно более устойчиво, нежели столбчатого солонца. Особенно резко видно это отличие по результатам гидролиза 1N H_2SO_4: в столбчатом солонце в этот гидролизат переходит более 30% органического вещества, в то время как в каштановой солонцеватой почве всего около 15%.

Групповой состав органического вещества исследуемых почв также весьма различен.

ТАБЛИЦА 6

Состав органического вещества каштановой (солонцеватой) почвы (в г на 100 г почвы и в % от общего содержания органического вещества)

Глубина в см	Гумус ($C \times 1.72$)	Гемицеллюлозы		Целлюлоза		Гуминовая кислота		Гумин-лигнин в С	
		Колич.	%	Колич.	%	Колич.	%	Колич.	%
0—10	3.94	0.29	7.4	0.16	4.1	1.60	40.6	0.53	23.1
10—20	2.41	—	—	—	—	1.06	43.9	—	—
25—35	1.88	0.14	7.5	0.07	3.7	0.71	37.8	0.33	30.2

Наиболее характерным для каштановой солонцеватой почвы по сравнению со столбчатым солонцом является некоторое уменьшение содержания гемицеллюлоз и клетчатки и значительное обогащение гуминовой кислотой, содержание которой в верхних горизонтах равняется 40% от органического вещества. Изменение состава гумуса произошло по всему профилю почвы.

Из сопоставления полученных данных по каштановой солонцеватой почве Малоузенского солонцового стационара с темнокаштановыми почвами Ершовского стационара видно, что групповой состав органического вещества этих почв весьма близок; также близко содержание гумуса в верхнем горизонте (0—10 см). Однако в нижележащих горизонтах содержание гумуса в каштановой солонцеватой почве значительно меньше, чем в темнокаштановой почве; поэтому при близком групповом составе гумуса этих двух почвенных разновидностей общий запас гумуса в каштановой солонцеватой почве все же ниже, чем в темнокаштановой.

Для примера приведем данные по групповому составу целинной темнокаштановой почвы Ершовского стационара (табл. 7).

ТАБЛИЦА 7

Состав органического вещества темнокаштановой почвы Ершовского стационара (разр. 27) (в г на 100 г почвы и в % от общего содержания органического вещества)

Глубина в см	Общее содержание		Гумус ($C \times 1.72$)	Гемицеллюлозы		Целлюлоза		Гуминовая кислота		Гумин-лигнин в С	
	C	N		Колич.	%	Колич.	%	Колич.	%	Колич.	%
0—15	2.49	0.19	4.28	0.27	6.3	0.18	4.2	1.72	40.2	0.49	20.0
15—25	2.58	0.18	4.44	0.29	6.5	0.17	3.8	1.72	38.7	0.54	20.9
25—35	1.56	0.14	2.68	0.29	8.6	0.16	5.9	0.83	30.9	0.44	28.0

Подобные же данные приведены в нашей совместной работе с А. А. Лазаревым (1937); несколько более низкое содержание гуминовой кислоты для темнокаштановой почвы, приведенное в указанной работе, объясняется тем, что гуминовая кислота определялась в почве без предварительного декальцинирования, после проведения гидролиза 1N H_2SO_4; для почв с большим содержанием Ca получается в этом случае пониженный выход гуминовой кислоты (Кононова, 1937).

Отметим также, что органическое вещество темнокаштановых и каштановых солонцеватых почв по своему составу весьма близко к черноземам; однако эти почвы отличаются от черноземов значительно меньшей мощностью гумусового горизонта, меньшим содержанием гумуса и, следовательно, меньшим общим запасом его.

Обратимся теперь к характеристике органического вещества темноцветной западинной почвы (разрез, 1935 г.), характеризующейся развитием лугового почвообразовательного процесса.

3. Состав органического вещества темноцветной западинной почвы

Разрез 5. Залежь. Разнотравная растительность с типчаком.

A_1 0—16(20) см. — Темносерый, комковатой структуры, плотноватый. Густая сеть корней; кротовины диаметром до 3—4 см.

B_1 20—35(36) см. — Темнокоричнево-серый с вертикальными трещинами, неясно призмовидной структуры. Структурные отдельности с округлыми гранями диаметром в 2—4 см. Много корней; кротовины диаметром до 3—4 см. Плотноватый.

B_2 35—62(66) см. — Темнобурый, коричневатый, местами бурый, темные потеки гумуса тонкими струйками и языками. Структура, как в B_1, но менее ясно выражена. Корней меньше; кротовины диаметром до 10 см. Капролиты; плотный.

C_1 62—130 см. — Светлобурый, желтоватый. Структура неясно призматическая. Диаметр отдельностей до 1.5—3 см. Редко белоглазка и псевдомицелий. Много кротовин диаметром до 3—4 см, особенно в верхней части горизонта. Корней мало. Более плотный, чем B_2.

C_2 130 см и до конца ямы, 200 см. — Желтовато-палевый, бесструктурный, с псевдомицелием. Пунктация марганцовых выделений; ходы и камеры червей; редкие корни.

Вскипание от HCl с 56 см; грунтовые воды на глубине 6 м от поверхности, с содержанием солей около 14.0 м-экв./л.

До глубины 5 м темноцветные почвы практически не содержат ни хлоридов, ни сульфатов. Состав обменных катионов свидетельствует об отсутствии солонцеватости в этих почвах и о значительном обогащении их Ca (табл. 8).

ТАБЛИЦА 8

Состав обменных катионов темноцветной западинной почвы в м-экв. на 100 г почвы

(по данным Антипова-Каратаева и Филипповой)

Глубина в см	$Na^{\cdot}$	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	Сумма поглощенных катионов	% Na от суммы поглощенных катионов
0—5	0.21	25.62	5.64	31.47	0.7
15—20	0.22	24.89	5.56	30.67	0.8
30—35	0.29	22.70	4.72	27.71	1.1
240—250	1.78	14.56		16.34	10.9

Рассмотрим, к каким результатам приводит в этом случае процесс гумусообразования (табл. 9).

ТАБЛИЦА 9

Подвижность С- и N-соединений органического вещества темноцветной западинной почвы (в % от общего содержания С и N)

Глубина в см	Общее содержание		Гидролизат 1N H_2SO_4		Гидролизат 80% H_2SO_4		Остаток		Сумма	
	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N
0—10	3.79	0.29	19.5	24.1	12.7	24.1	62.8	51.0	95.0	99.2
20—30	1.87	0.16	25.8	21.3	17.1	25.6	59.3	45.0	102.0	91.9

В табл. 10 приведены данные по групповому составу органического вещества темноцветной западинной почвы.

ТАБЛИЦА 10

Состав органического вещества темноцветной западинной почвы (в г на 100 г почвы и в % от общего количества органического вещества)

Глубина в см	Гумус ($C \times 1.72$)	Гемицеллюлозы		Целлюлоза		Гуминовая кислота		Гумин-лигнин в С	
		Колич.	%	Колич.	%	Колич.	%	Колич.	%
0—10	6.52	0.56	8.6	0.32	4.9	2.28	34.9	1.06	27.9
20—30	3.22	0.29	9.0	0.16	4.9	1.12	34.8	0.46	24.6

Сравнивая полученные данные с результатами по солонцам и солонцеватым каштановым почвам, мы видим, что органическое вещество темноцветных западинных почв по составу и устойчивости весьма близко к органическому веществу каштановых солонцеватых почв. Но в луговом процессе почвообразования накопление гумуса происходит с очень большой интенсивностью — содержание гумуса в верхнем горизонте 0—10 см западинной почвы достигает 6.52%, приближаясь к содержанию его в черноземах.

Рассмотренный материал по количественному и групповому составу органического вещества в основных почвенных разностях солонцового комплекса каштановой зоны приводит к следующим выводам:

1. Остаточносолончаковатые столбчатые солонцы весьма бедны гумусом (2.6%). Органическое вещество солонцов крайне подвижно, и его состав характеризуется довольно высоким содержанием гемицеллюлоз и весьма незначительным содержанием гуминовой кислоты.

2. В процессе остепнения солонцеватых почв, приводящем к образованию долинных каштановых почв, происходит интенсивное накопление органического вещества в верхнем горизонте почвенного профиля; органическое вещество по составу становится более устойчивым, нежели в солонцах; в частности, в нем происходит накопление гуминовой кислоты. По качественному составу гумуса во всем профиле и по количеству его в верхнем горизонте каштановые солонцеватые почвы весьма близки к темнокаштановым почвам Заволжья (Ершовский стационар).

3. Длительный луговой процесс, имеющий место на темноцветных западинных почвах, приводит к накоплению значительных количеств гумуса во всем профиле почвы и особенно в верхнем горизонте, причем гумус обладает большой устойчивостью к гидролизу и высоким содержанием гуминовой кислоты.

Факторы, обусловившие такие различия и в составе и в содержании гумуса в исследованных почвах, заключаются прежде всего в различном состоянии растительного покрова: малая мощность его на солонцах, более высокая на каштановых солонцеватых почвах и интенсивное развитие растительности на темноцветных западинных почвах. Далее, различный состав растительности — появление злаков на каштановых солонцеватых почвах и хорошее их развитие на темноцветных почвах тоже способствует более интенсивному накоплению гумуса.

Следующей причиной неоднородности исследуемых почв является различие в их химизме. Наличие значительного количества обменного Na в столбчатом солонце вызывает пептизацию органического вещества, делает его неустойчивым, способным к вымыванию и, возможно, к использованию микроорганизмами. Наоборот, незначительная солонцеватость в каштановых солонцеватых почвах и отсутствие ее в темноцветных западинных, высокое содержание обменного кальция, способствующего коагуляции органического вещества, имеют следствием закрепление гумуса в почвах. Последний фактор (т. е. влияние различных соотношений обменных оснований в почвах солонцового ряда на состояние органического вещества) явился предметом наших специальных экспериментальных исследований.

Переходим к рассмотрению полученных результатов.

II. ВЛИЯНИЕ ОБМЕННЫХ Na и Ca В ПОЧВАХ НА КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ИХ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Полные данные лабораторных исследований по настоящему вопросу явятся предметом отдельного сообщения. Здесь мы считаем уместным ограничиться лишь кратким изложением методики постановки опытов и основных выводов.

Для опытов был взят образец верхнего горизонта обыкновенного тяжелосуглинистого горизонта с Каменностепного опытного поля (Воронежской обл.) с 7.89% гумуса, нейтральной реакцией (pH=7.2), суммой обменных оснований, равной 58.3 м-экв. на 100 г почвы, причем содержание Ca было равно 56 м-экв., а Mg 2.3 м-экв.

Навески почвы, просеянной через одномиллиметровое сито, насыщались ионами водорода промыванием на воронках 0.03—0.02 *N* раствором HCl до потери реакции на Ca. Затем почва отмывалась от избытка кислоты диализом в коллодийных мешках в проточной дистиллированной воде. По окончании отмывания и высушивания почва была разделена на четыре части и насыщена Ca при помощи $Ca(OH)_2$ и Na обработкой раствором NaOH в таких

соотношениях этих катионов в растворах, чтобы, пользуясь градациями Антипова-Каратаева (1935), Ивановой (1936), Л. П. Розова (1936) и других авторов, можно было получить образцы почвы с различной степенью солонцеватости (табл. 11).

В приготовленных таким образом образцах мы определили количество водорастворимого органического вещества и групповой состав гумуса, пользуясь методикой, описанной в начале настоящей работы.

По данным табл. 12 мы наблюдаем хорошо известный факт, что по мере увеличения в почве количества обменного Na количество органического вещества, переходящего в водную вытяжку, увеличивается, и наибольшее количество его обнаруживается в образце 4 (солонце). При подкислении водной вытяжки 1N H_2SO_4 в образцах 3 и 4 выпадает бурый осадок гуминовой кислоты.

ТАБЛИЦА 11

Характеристика образцов почвы, насыщенных Ca и Na

Состав обменных катионов	Первоначальная почва		Несолонцеватая почва		Слабо солонцеватая почва		Сильно солонцеватая почва		Солонец	
	в м-экв.	в % от суммы	в м-экв.	в % от суммы	в м-экв.	в % от суммы	в м-экв.	в % от суммы	в м-экв.	в % от суммы
Ca˙˙	56.0	96.06	58.3	100	54.3	93.1	50.3	86.2	44.2	76.0
Mg˙˙	2.3	3.94	—	—	—	—	—	—	—	—
Na˙	—	—	—	—	4.0	6.9	8.0	13.8	14.0	24.0
pH	7.2	—	7.4	—	6.7[1]	—	7.86	—	8.22	—

ТАБЛИЦА 12

Количество органического вещества, переходящего в водную вытяжку

№ образца	Исследуемые почвенные образцы	Цвет вытяжки	С в мг на 100 г почвы	Изменения в вытяжке при подкислении
1	Насыщенный Ca˙˙	Светложелтый	39.2	Нет
2	Ca˙˙ 54.3 м-экв. Na˙ 4.0 »	Желтый	70.0	»
3	Ca˙˙ 50.3 м-экв. Na˙ 8.0 »	Светлобурый	80.8	Выпадает небольшой бурый осадок
4	Ca˙˙ 44.3 м-экв. Na˙ 14.0 »	Темнобурый	151.2	Выпадает объемистый бурый осадок

Несколько повышается также количество органического вещества, переходящего в гидролизат 0.05 N H_2SO_4 на холоду, причем увеличивается переход и азотистой его части. Таким образом, введение в поглощающий комплекс обменного Na повышает подвижность органического вещества.

На основании своих работ о диспергирующем действии на почву поглощенного Na Гедройц предполагает, что введением в почвы с малоподвижным органическим веществом (черноземы недеградированные и несолонцеватые) небольших количеств обменного Na можно повысить подвижность органического вещества и в первую очередь его азотистой части, превращая последнюю в усвояемые микроорганизмами и, далее, растением формы. Вопрос относительно использования микроорганизмами гуминовой кислоты в качестве источника энергии не вполне ясен, но ряд исследователей (Никитинский, 1902; Reinitzer, 1900; Слезкин, 1900) указывает на возможность разложения микроорганизмами гуминовой кислоты, особенно ее азотистой части, при условии обеспеченности среды углеводами.

[1] Низкое значение pH в этом случае указывает на то, что некоторая часть (правда, незначительная) водородных ионов осталась незамещенной.

Определение состава органического вещества указывает на сильное пептизирующее действие обменного Na на гуматную его часть.

Из данных табл. 13 мы видим, что замена обменного Ca на Na заметно повышает количество гуминовой кислоты за счет группы гумина-лигнина — содержание последнего соответственно уменьшается; при этом, чем больше обменного Ca замещено на Na, тем действие Na проявляется резче. Влияние обменного Na на остальных группах органического вещества не отражается. Несколько повышается количество веществ, восстанавливающих Феллингову жидкость в гидролизате 80% H_2SO_4, принимаемых нами за целлюлозу.

ТАБЛИЦА 13

Данные об изменении состава органического вещества почв в результате насыщения их Ca и Na в различных соотношениях (в г на 100 г почвы и в % от общего количества органического вещества)

№ образца	Исследуемые почвенные образцы	Гумус (C×1.72)	Гемицеллюлозы		Целлюлоза		Гуминовая кислота		Гумин-лигнин
			Колич.	%	Колич.	%	Колич.	%	
1	Насыщенный Ca˙˙	7.89	0.50	6.3	0.26	3.3	3.36	42.6	20.0
2	Ca˙˙ 54.3 м-экв. Na˙ 4.0 »	7.89	0.50	6.3	0.33	4.3	3.36	42.6	20.0
3	Ca˙˙ 50.3 м-экв. Na˙ 8.0 »	7.89	0.50	6.3	0.34	4.3	3.86	48.8	13.8
4	Ca˙˙ 44.3 м-экв. Na˙ 14.0 »	7.89	0.50	6.3	0.34	4.3	3.94	49.9	12.7

Возможно, что это явление также представляет результат диспергирующего действия обменного Na на устойчивую часть органического вещества (гумин-лигнин, гуминовые кислоты).

Таким образом, наличие обменного Na в поглощающем почвенном комплексе повышает дисперсность органического вещества почвы, в первую очередь гуминовой кислоты за счет гумина-лигнина, причем диспергирующее действие Na возрастает с повышением его содержания. Растворимостью гуминовой кислоты в присутствии обменного Na объясняется и увеличение количества водорастворимого органического вещества.

Проведенные лабораторные исследования позволяют объяснить различия в характере группового состава органического вещества изучаемых нами почв. В солонцах (разр. 9) незначительное содержание гуминовой кислоты объясняется диспергирующим действием обменного Na, в присутствии которого повышается ее растворимость, вымывание из верхних горизонтов и, возможно, потребление микроорганизмами. Весьма вероятно, что повышенное содержание гемицеллюлоз и целлюлозы в солонцах объясняется увеличением в присутствии обменного Na количества веществ, восстанавливающих Феллингову жидкость, как это было установлено в лабораторных опытах.

В каштановых солонцеватых и темноцветных западинных почвах, где количество обменного Ca значительно, а содержание обменного Na в гуму-

совых горизонтах не превышает 1—2% от суммы обменных оснований и обменный Na не может вызвать заметных изменений в дисперсности органического вещества, имеются все условия для того, чтобы накопление групп гуминовой кислоты и гумина-лигнина происходило весьма заметно.

Если считать правильным общепринятое представление о повышении качества почвы в зависимости от богатства ее гуминовыми веществами, то выбор мелиоративных мероприятий для солонцов должен в значительной мере определяться задачей обогащения почвы этими веществами, т. е. задачей ускорения процессов, аналогичных осолонцеванию почв солонцового ряда, что в природных условиях совершается в течение длительного времени.

Для учета характера изменений органического вещества в условиях мелиорации солонцов мы провели ряд исследований на Малоузенском солонцовом стационаре. Полученные данные обсуждаются в последней части настоящей работы.

III. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Основные мелиорирующие мероприятия, применяемые на остаточно-солончаковатых столбчатых солонцах Малоузенского солонцового стационара, таковы: 1) механические — пахота, сопровождающаяся перемешиванием горизонта А с солонцовым горизонтом B_1, выворачиванием последнего на дневную поверхность с последующим воздействием солнечного света, выветривания и температурных колебаний; 2) химические — гипсование и др., имеющие целью изменение состава обменных оснований в сторону максимального уменьшения обменного Na и замены его на Ca; 3) биологические — воздействие многолетних трав.

Опыты были заложены осенью 1935 г. на двух фонах — промытом от избытка легкорастворимых солей и непромытом. В это же время был внесен гипс в количестве около 6 т/га из расчета половины эквивалентного натрию количества кальция.

Опыты проводились в условиях орошения; за летние сезоны в течение 3 лет все делянки получили поливы из расчета примерно около 10 000 м³ воды на гектар, включая сюда и промывные нормы воды.

Размер делянок под опытами равнялся 350 м². Почвенный покров делянок на 80% представлен остаточносолончаковатым столбчатым солонцом и на 20% другими почвенными разновидностями, главным образом каштановыми солонцеватыми почвами, которые из учета исключались.

Краткое описание тех опытов, при которых велось изучение органического вещества, приведено в табл. 14.

Исследования, проведенные по химизму почв под данными опытными делянками (В. Н. Филиппова и Н. Г. Фридман), по физическим свойствам (Е. И. Кочерина) и по учету урожайности (Р. Э. Кригер), указывают, что применяемые мероприятия имеют благоприятный эффект. Так, Филиппова и Фридман установили значительное уменьшение солонцеватости почв, причем уже одной вспашкой (дел. 540) достигается заметное снижение содержания обменного Na в почве; особенно эффективно гипсование. Кочерина отмечает уменьшение дисперсности почв с максимальным эффектом под житняком на гипсованной делянке.

Исходя из изложенных нами ранее результатов исследований по влиянию обменных оснований на состав органического вещества в почве, а также из данных изучения гумуса отдельных разновидностей почв солонцового комплекса на Малоузенском солонцовом стационаре и наших лабораторных опытов, можно полагать, что снижение солонцеватости в верхних горизонтах почвенного профиля, которое произошло при мелиорации солонцов в результате замещения обменного Na на Ca, должно способствовать коагуляции органического вещества и превращению его в более устойчивые формы.

ТАБЛИЦА 14

Краткое описание опытов по мелиорации солонцов на Малоузенском солонцовом стационаре

№ делянки	Фон	Мелиорация	Культура
540	Без предварительной промывки	Негипсованная	Пшеница в 1936 и 1937 гг. Свекла в 1938 г.
546	То же	Гипс из расчета 6 т/га	То же
704	Предварительная промывка примерно 7000 м³/га	Негипсованная	»
706	То же	Гипс из расчета 6 т/га	»
731	»	То же	Люцерна в смеси с житняком с 1936 г.
743	»	»	Житняк с 1936 г.
744	»	Негипсованная	То же
605	Без предварительной промывки	»	Люцерна с 1936 г.

Мы проанализировали ряд почвенных образцов, взятых осенью 1937 г. с глубины 0—20 см (пахотного слоя) с делянок под опытами с пшеницей и травами, и пришли к заключению, что в качественном составе органического вещества действительно произошли заметные изменения по сравнению с гумусом исходной почвы — столбчатого солонца (табл. 15).

ТАБЛИЦА 15

Подвижность C- и N-соединений органического вещества почв осенью 1937 г. в опытах по мелиорации солонцов (в % от общего содержания C и N)

№ делянки	Мелиорации и культура	Общее содержание		Гидролизат 1N H_2SO_4		Гидролизат 80% H_2SO_4		Остаток		Сумма	
		C	N	C	N	C	N	C	N	C	N
546	Негипсованная, по непромытому фону. Пшеница	1.33	0.14	21.0	14.3	14.3	21.4	57.1	64.4	92.4	100.0
704	Негипсованная, по промытому фону. Пшеница	1.33	0.14	20.3	14.3	13.5	21.4	54.1	57.1	87.9	92.8
706	Гипсованная, по промытому фону. Пшеница	1.29	0.13	21.7	15.4	13.9	23.0	59.6	61.5	95.3	100.0
731	Гипсованная, по промытому фону. Люцерна в смеси с житняком	1.38	0.14	18.9	14.3	14.5	21.4	59.4	57.1	92.8	92.8
743	Гипсованная, по промытому фону. Житняк	1.34	0.14	24.6	14.3	16.4	21.4	53.7	64.4	94.7	100.0

Сравнивая данные, приведенные в табл. 15 по подвижности C- и N-соединений органического вещества мелиорируемых почв, с соответствующими данными для исходной почвы — остаточносолончаковатого столбчатого солонца (табл. 2), — мы видим, что в результате мелиорации органическое

вещество стало более устойчивым; так, если в гидролизат $1N$ H_2SO_4 в столбчатом солонце переходило 30—45% всего С и более 20% всего N, то в мелиорированных почвах в этот гидролизат переходит всего 20% С и 14% N.

ТАБЛИЦА 16

Состав органического вещества мелиорируемых почв (в г на 100 г почвы и в % от общего количества органического вещества)

№ делянки	Гумус ($C \times 1.72$)	Гемицеллюлозы		Целлюлоза		Гуминовая кислота		Гумин-лигнин в С	
		Колич.	%	Колич.	%	Колич.	%	Колич.	%
546	2.29	0.14	6.1	0.14	6.1	0.69	30.1	0.36	27.0
704	2.29	0.14	6.1	0.14	6.1	0.72	31.4	0.30	22.6
706	2.22	0.13	5.9	0.10	4.5	0.72	32.4	0.35	27.1
731	2.37	0.15	6.1	0.12	5.0	0.68	28.7	0.42	30.4
743	2.30	0.16	6.9	0.13	5.6	0.69	30.0	0.32	23.8

Как видно из данных табл. 16, состав органического вещества также несколько изменился: содержание гемицеллюлоз стало меньше, нежели в столбчатом солонце, зато количество гуминовых кислот увеличилось весьма заметно — до 30% от общего содержания органического вещества.

Благодаря уменьшению подвижности органического вещества и изменению содержания гемицеллюлоз и гуминовой кислоты, мелиорируемые солонцы несколько приближаются по качественному составу к каштановым солонцеватым почвам (ср. табл. 5 и 6), занимая некоторое промежуточное положение между ними и столбчатыми солонцами.

Далее необходимо отметить, что состав органического вещества меняется одинаково на всех делянках. Таким образом, эти изменения, очевидно, являются следствием, главным образом, механических и физических воздействий на почву — вспашка, перемешивание солонцового горизонта B_1 с верхним A_1, что, по мнению И. Н. Антипова-Каратаева, ведет к общему (в среднем) снижению степени солонцеватости полученного культурного горизонта благодаря перераспределению обменных Са и Na. Такие же мероприятия, как гипсование, введение многолетних трав, за 2 года действия существенного влияния на качественный состав органического вещества не оказывают.

Возможно, конечно, что применяемый метод качественного учета группового состава органического вещества не настолько чувствителен, чтобы уловить более тонкие изменения в составе органического вещества. Исследования в этом направлении нами продолжаются.

Для учета изменений в количестве органического вещества в мелиорируемых почвах мы определяли отдельно корневую массу растительности и гумус почвы.

Корневая масса учитывалась отмыванием почвенного образца следующим образом. На делянке, в части ее с характерным травостоем, закладывался почвенный шурф глубиной около 1 м. К одной из стенок шурфа на поверхности почвы отбивалась площадка размером 40×40 см (или 40×50 см), с которой собиралась надземная растительность. Затем с этой площадки последовательно снималась почвенная масса, слой за слоем по 10 см. Из взятых таким образом почвенных образцов корневые остатки отмывались через сито с диаметром пор в 0.5 мм. Употребляя такого размера сито, мы учитывали с достаточной полнотой и неразложившиеся и частично разложившиеся корни.

Растительная масса целиком высушивалась сначала на воздухе, а затем определялся ее сухой вес. Учет корневой массы произведен в конце июля 1938 г. Кроме делянок, условия постановки опытов на которых были описаны ранее, мы включили еще делянки 640 — с пшеницей по целине в течение 2 лет, негипсованную, и делянку 605 — с люцерной третьего года стояния по целине, негипсованную, по непромытому фону; кроме того, для сравнения была отмыта корневая система на целинном столбчатом солонце.

Результаты представлены в табл. 17.

ТАБЛИЦА 17

Вес корневой массы различных культур на мелиорируемых делянках

№ делянки	Культура	Глубина в см	Размер учетной площадки в см²	Вес корневой массы		Вес корневой массы в ц/га	
				в г на учетную площадь	в ц/га	на почвенный слой в 40 см²	на почвенный слой в 20 см²
—	Целина	Надз. раст.	40×40	57.0	35.6	—	—
		0—10	»	147.1	91.9	—	—
		10—20	»	77.2	48.3	—	—
		20—30	»	42.9	26.8	—	—
		30—40	»	17.8	11.1	213.7	175.8
640	Пшеница	Стерня	40×40	7.3	4.5	—	—
		0—10	»	44.1	27.6	—	—
		10—20	»	29.0	18.1	—	—
		20—30	»	17.7	11.0	—	—
		30—40	»	8.0	5.0	66.2	50.2
731	Люцерна в смеси с житняком	Стерня	40×40	54.2	33.8	—	—
		0—10	»	145.4	90.9	—	—
		10—20	»	113.3	58.1	—	—
		20—30	»	74.2	58.9	—	—
		30—40	»	15.9	9.9	251.6	182.9
743	Житняк	Стерня	40×50	34.0	17.0	—	—
		0—10	»	153.9	76.9	—	—
		10—20	»	77.2	38.6	—	—
		20—30	»	33.6	16.8	—	—
		30—40	»	16.6	8.3	157.6	132.5
605	Люцерна	Стерня	40×40	49.0	30.6	—	—
		0—10	»	120.2	75.1	—	—
		10—20	»	98.0	61.1	—	—
		20—30	»	35.9	22.4	—	—
		30—40	»	28.9	18.0	207.2	166.8

Мы указывали раньше, что опыты по мелиорации были заложены на целине, следовательно, на почве со значительным запасом неразложившейся и частично разложившейся корневой массы естественной растительности; если учесть, что пахота производилась примерно на глубину 0—20 (25) см, то, следовательно, было запахано 175 ц органической массы на гектар.

Корневую массу мы учитывали суммарно, не выделяя из общей массы корней остатков целинной растительности.

При отмывке и просмотре отмытой массы наблюдалось, что запаханное органическое вещество целинной растительности к моменту отмывки находилось в незначительных количествах и в сильно разложившемся виде, а отмытая масса представляла собой, главным образом, корневые системы соответствующего травостойного растения (пшеницы, люцерны, житняка или травосмеси).

Наименьшее количество органической массы найдено под пшеницей: в почвенной массе на 40 см, т. е. в слое максимального распространения корней под пшеницей, находится всего лишь 50.2 ц/га. Зато под травами образуется большая масса корней; так, под смесью люцерны и житняка за 3 года культуры накопилось свежего органического вещества 182.9 ц/га, т. е. примерно столько же, сколько содержится его на целине, хотя в условиях целины процесс накопления его происходит в течение длительного периода, измеряемого десятками лет.

На основании изложенных материалов по учету органической неразложившейся массы в почве под различными культурами, мы приходим к следующим заключениям:

1. При распашке целинного солонца процесс разложения корневых остатков естественной растительности происходит весьма интенсивно, ибо органическая масса под культурами пшеницы и трав состоит преимущественно из корневых систем соответствующих травостойных растений.

2. Не придавая значения абсолютным величинам корневых масс под различными культурами, мы все же видим, что процесс накопления свежего органического вещества на мелиорируемых солонцах под травами происходит с большой интенсивностью, превышающей таковую под пшеницей и в целинных условиях.

Следующей нашей задачей являлось выяснение процессов накопления органического вещества в виде гумуса.

Казалось бы, что изменения в почве, происходящие при ее мелиорации, и в первую очередь уменьшение солонцеватости (в результате чего органическое вещество мелиорируемых почв приобретает большую устойчивость) должны были бы способствовать процессу гумусонакопления, тем более, что в почвах имелся значительный запас исходного материала для образования гумуса в виде корневых масс запаханной при постановке опытов целинной растительности и, возможно, в виде частично отмирающих в течение опытов мелких корешков живого растения (пшеницы, особенно трав).

В работах сотрудников Малоузенского солонцового стационара (Сердобольский, 1937) приведены результаты детальных исследований по варированию ряда химических элементов, в том числе и гумуса, на целинном столбчатом солонце стационара. Установлено довольно большое варирование в его содержании в пределах делянки 20 × 20 м. Исходя из того, что за столь короткий срок проведения опытов трудно ожидать значительных изменений в содержании гумуса, во избежание случайностей при взятии образцов и обработки материалов эту часть работы мы провели следующим образом.

Для определения гумуса брался средний образец солонца, составленный из восьми отдельных образцов, взятых буром, причем скважины закладывались, всегда строго сообразуясь с почвенной картой делянки, исключительно на солонце. Из среднего образца бралась проба в 20—25 г, из которой тщательно отбирались неразложившиеся корневые остатки, и затем после измельчения и просеивания через сито с отверстиями в 0.25 мм производилось определение гумуса по методу Тюрина — сжиганием хромовой смесью в присутствии Ag_2SO_4, с проверочными параллельными анализами по Кнопу, причем оба метода давали весьма близкие результаты.

Определение гумуса за период 1936—1938 гг. было сделано пять раз: в 1936 г. — в августе, в 1937 г.—в июле и сентябре, в 1938 г. — в начале и конце июля.

Благодаря чрезвычайно малому расхождению результатов по пяти срокам определения, мы сочли возможным считать эти данные отдельными вариантами и обработать их с применением вариационного метода статистики.

Полученные результаты этой обработки приведены в табл. 18.

ТАБЛИЦА 18

Содержание гумуса в почвах на опытных делянках с различными видами мелиораций (в % от веса почвы)

№ делянки	Культура	Глубина в см	$M \pm m$	Число вариантов	σ	P	V
540	Пшеница в 1936—1937 гг. Свекла в 1938 г.	0—10	2.47 ± 0.03	5	0.07	1.2	2.8
		10—20	2.42 ± 0.04	5	0.10	1.7	3.9
		20—30	2.18 ± 0.03	5	0.06	1.3	2.5
546	Культуры те же	0—10	2.36 ± 0.04	5	0.10	1.7	4.0
		10—20	2.28 ± 0.03	5	0.06	1.3	2.5
704	Культуры те же	0—10	2.53 ± 0.07	5	0.14	2.7	5.7
		10—20	2.41 ± 0.03	5	0.06	1.2	2.5
706	Культуры те же	0—10	2.39 ± 0.05	4	0.10	2.10	4.0
		10—20	2.35 ± 0.06	5	0.13	2.5	5.3
		20—30	2.12 ± 0.05	5	0.11	2.3	5.1
731	Люцерна в смеси с житняком	0—10	2.25 ± 0.03	5	0.07	1.3	3.3
		10—20	2.23 ± 0.03	5	0.07	1.3	2.9
		20—30	2.16 ± 0.05	5	0.04	2.3	4.6

Данные табл. 18 показывают большую однородность полученных количеств гумуса на опытных делянках по мелиорации солонцов — степень варирования V не превышает 5%, т. е. значительно ниже величин, полученных для целинных солонцов стационара перед закладкой опытов (Сердобольский, 1937), что указывает на известную нивеллировку почв в отношении содержания гумуса (в пределах, конечно, одной почвенной разновидности) при окультуривании солонцов. Далее, те же данные указывают на достаточную точность определений, так как показатель точности P не превышает 2.5%.

Обращаясь к содержанию гумуса по отдельным делянкам, мы должны констатировать, что больших различий в цифрах не наблюдается. Если воспользоваться таблицей Стьюдента для установления величин, выходящих за пределы одного вариационного ряда, то можно говорить лишь о заметном уменьшении гумуса в горизонте 20—30 см по сравнению с верхними.

Что же касается влияния гипсования и промывок, то оно совершенно не заметно; также не выделяются по содержанию гумуса почвы, находящиеся под люцерной в смеси с житняком.

Ряд дополнительных определений содержания гумуса, проведенных нами в 1938 г., под травами и под пшеницей также дает однообразный ряд

ТАБЛИЦА 19

Содержание гумуса под травами (в % от веса почвы)

№ делянки	Культура	Глубина в см	% гумуса в почве	№ делянки	Культура	Глубина в см	% гумуса в почве
743	Житняк	0—10	2.22	605	Люцерна	0—10	2.42
		10—20	2.22			10—20	2.44
		20—30	2.20			20—30	2.10
				731	Люцерна с житняком	0—10	2.25
						10—20	2.23
						20—30	2.16

ТАБЛИ

Запасы гумуса в целинном солонце и мелиорируе

Содержание гумуса	Целина			Делянка 540		Делянка 546	
	0—10 см	10—20 см	20—30 см	0—10 см	10—20 см	0—10 см	10—20 см
% гумуса в почве .	2.62	2.36	1.93	2.49	2.46	2.36	2.22
Объемный вес[1] . . .	1.29	1.34	1.44	1.30	1.30	1.13	1.11
Запас гумуса в ц/га	845	791	695	809	800	768	615
		1636			1609		1383

цифр, свидетельствующий об отсутствии существенных изменений в количестве его под различными культурами. В качестве примера приводим данные по трем делянкам (табл. 19) — гипсованная с житняком (№ 743), с люцерной (№ 605) и с люцерной + житняк (№ 731).

Исходя из того, что содержание гумуса не отражает полностью его истинных запасов, мы произвели расчет количества гумуса на объем почвы и на гектар; результаты приведены в табл. 20.

Оказывается, наибольший запас гумуса (расчет на слой 0—20 см) содержится в целинной почве; наиболее близкой к ней является делянка 540 негипсованная, по непромытому фону, т. е. наиболее близкая из мелиорируемых делянок по условиям к целине, находящаяся под пшеницей в течение 1936 и 1937 гг., а в 1938 г. — под свеклой. На всех остальных делянках обнаружено некоторое уменьшение запасов гумуса по сравнению с целиной.

Цифры убыли являются, повидимому, несколько преувеличенными вследствие того, что при вспашке целины на глубину 25 см масса более гумусированного верхнего горизонта попала вниз и при последующих обработках могла остаться за пределами учетного слоя 0—20 см. Справедливость такого предположения до некоторой степени подтверждается данными содержания гумуса в слое 20—30 см на делянках 704, 706 и 743 (табл. 20).

Таким образом, в процессе окультуривания солонцов в органическом веществе почвы произошли следующие изменения:

1. Качественный состав гумуса изменился в сторону большей устойчивости и большего содержания гуминовой кислоты. По этим признакам органическое вещество исследуемых почв начинает приближаться к гумусу каштановых солонцеватых почв.

Как уже отмечалось, характер изменений в качественном составе гумуса одинаков на делянках с различными мелиорирующими средствами и вызывается, повидимому, в первую очередь вспашкой перемешиванием горизонтов A_1 с солонцовым горизонтом B_1, что одно уже приводит к частичному перераспределению обменных катионов в новой почвенной массе.

2. Количество гумуса на делянках с различными мелиорирующими средствами варирует весьма незначительно. Отмечена некоторая убыль общего запаса гумуса в обработанной и орошаемой почве.

3. Одновременно с этим происходит накопление свежего органического вещества в виде корневых масс. Особенно интенсивен процесс под травами — житняком и люцерной и под травосмесями.

Каким же путем пойдет разложение стерни и корневой массы при распашке трав в условиях орошения Заволжья? Пойдет ли разложение замедленно

[1] Данные для объемных весов получены от Е. И. Кочериной.

ЦА 20

мых почвах Малоузенского солонцового стационара

Делянка 704			Делянка 706			Делянка 743		
0—10 см	10—20 см	20—30 см	0—10 см	10—20 см	20—30 см	0—10 см	10—20 см	20—30 см
2.48	2.32	2.12	2.30	2.22	2.18	2.22	2.22	2.20
1.29	1.15	1.40	1.20	1.28	1.40	1.33	1.18	1.29
800	668	742	690	710	763	737	655	710
	1468			1400			1392	

с образованием промежуточных продуктов (гумусовых веществ) и действие накопившейся органической массы продлится в течение некоторого более или менее длительного срока, или же накопившаяся органическая масса будет быстро минерализоваться, обогащая почву питательными для растений веществами?

Решение этих вопросов имеет первоочередную важность, ибо ими в значительной степени определяется срок пребывания трав в травопольном севообороте.

Осенью 1938 г. травы на Малоузенском солонцовом стационаре были запаханы, и наблюдения за их разложением ведутся в настоящее время; однако ряд наблюдений по данному вопросу уже дает нам право говорить, что в условиях орошаемого земледелия Заволжья органическое вещество может интенсивно минерализоваться. Так, мы уже видели, что огромная масса органических остатков на целине, исчисляемая примерно в 200 ц/га, минерализуется значительно за 3 года культуры, ибо гумус на опытных делянках не увеличивается по сравнению с целиной. Опыты, поставленные нами на темнокаштановых почвах Ершовского стационара, подтверждают это положение.

В августе 1936 г. на малые делянки размером 2×1 м нами было внесено органическое вещество в виде хорошо измельченного люцернового сена и навоза.

Пахотный слой 0—20 см каждой делянки вынимался на брезент, и на нем производилось перемешивание органического вещества с почвой, после чего последняя переносилась вновь на делянку.

Навоз был внесен из расчета 1.4% C, люцерновое сено 0.6% к весу почвы. Мы намеренно внесли большие количества органического вещества с той целью, чтобы с большей очевидностью иметь суждение о его превращениях в почве. Опыт был поставлен на двух фонах — контрольной почве и почве с искусственно внесенным Na (в виде NaCl) из расчета на замещение 3 м-экв. Ca на Na. Дальнейшие наблюдения (лето 1937 г.) обнаруживали явную солонцеватость этих делянок — комковатость, уплотненность, увеличение количества органического вещества в водной вытяжке. В течение лета 1937 г. делянки поливались три раза с рыхлением корочки после каждого полива. К середине августа 1937 г. органическое вещество настолько сильно разложилось, что делянки по внешнему виду почти не отличались от обыкновенных культурно-орошаемых почв.

Для анализов на гумус в августе 1937 г. были взяты образцы почв, средние из четырех образцов, просеяны через сито с отверстиями в 1 мм. Как обычно, в них были тщательно отобраны неразложившиеся органические остатки, после чего почва просеивалась через сито с отверстиями в 0.25 мм. Результаты определений гумуса приведены в табл. 21.

ТАБЛИЦА 21

Количество С гумуса в почвах опытных делянок с внесением органического вещества

(Ершовский стационар)

Содержание С гумуса	Контрольные делянки			Делянки с искусственно созданной солонцеватостью		
	Контроль	Люцерновое сено	Навоз	Контроль	Люцерновое сено	Навоз
% С гумуса в первоначальной почве	2.10	2.10	2.20	2.10	2.18	2.21
Внесено С орг. вещества	—	0.60	1.60	—	0.60	1.60
Всего в почве С	2.10	2.70	3.80	2.10	2.78	3.81
% С гумуса через год	2.17	2.21	2.35	2.18	2.07	2.35

Из данных, приведенных в табл. 21, мы видим, что разложение внесенного органического вещества прошло без заметного влияния на количество гумуса, ибо прибавки его ничтожны; например, при внесении 1.6% С в виде навоза прибавка в углероде гумуса через год всего 0.15%,—иными словами, только около 10% С перешло в гумифицированное состояние.

Если учесть, что и неразложившейся массы люцернового сена и навоза на делянках осталось незначительное количество по сравнению с первоначально внесенным, то совершенно ясно, что процессы минерализации органического вещества в исследуемых почвах в условиях орошения протекали необычайно интенсивно. Нужно, правда, оговориться, что в этом опыте были созданы оптимальные условия для разложения органического вещества — орошение, сопровождаемое рыхлением почвы.

Отмечаем еще, что слабая солонцеватость почвы не является в этих условиях ограничивающим фактором для разложения органического вещества в почве, ибо на делянках с искусственно созданной слабой солонцеватостью процесс минерализации протекал так же интенсивно, как и на контрольных. Подобные же результаты мы получили и в лабораторных опытах, исследуя влияние обменных Ca и Na на энергию разложения органического вещества в почве.

Исходя из всех приведенных данных, можно предполагать, что и при распашке трав распад корневой массы в орошаемых условиях также пойдет весьма интенсивно, обогащая почву питательными веществами, в первую очередь минеральным азотом, а также, повидимому, углекислотой. Однако трудно предполагать, чтобы положительный эффект от трав в этих случаях был бы многолетним (больше 2—3 лет).

РЕЗЮМЕ

Проведено исследование количества и качества органического вещества в почвах солонцового комплекса каштановой зоны в Заволжье. Качественный состав гумуса в солонцах отличен от такового в каштановых и темноцветных почвах: в первых значительно меньше группы веществ, объединяемых в понятия: гуминовая кислота и гумин-лигнин, чем в последних (т. е. чем в каштановых и западинных почвах). Мероприятия по окультуриванию солонцов (глубокая обработка, гипсование, унавоживание, травосеяние) на фоне орошения приводят к изменению состава обменных оснований почвы и, как следствие этого, к трансформации органического вещества, что проявляется в преобладании группы гуминовых кислот в составе гумуса мелиорированных почв.

Что касается количества гумифицированного вещества (собственно гумуса), то оно в продолжение 2—3 лет опытов с травами и пшеницей существенно не изменяется ни в сторону уменьшения, ни в сторону увеличения.

Количественный учет растительной массы, поступающей в почву в виде стерни и корневых систем, показал, что эта масса в условиях орошения (судя по данным для обработанной целины) минерализуется достаточно интенсивно и, повидимому, является мощным источником прежде всего питательных для растений веществ, включая сюда особенно углекислоту.

Проведенные исследования еще не коснулись вопроса о скорости и характере разложения растительных остатков многолетних трав и их смесей в условиях орошения в виду того, что эта стадия опытов только (с осени 1938 г.) начинает осуществляться.

Дальнейшие исследования и опыты предполагается направить в сторону разработки биологических и других процессов управления трансформацией органических веществ в почвах при мелиорации с целью большего закрепления гумифицированных веществ (структурообразователей) в культурных почвах и регулирования хода снабжения культурных растений питательными веществами.

ЛИТЕРАТУРА

Антипов-Каратаев И. Н. и Филиппова В. Н. Химическая характеристика основных качественных разностей участка. Работы Малоузенского солонцового стационара. Тр. Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937.

Антипов-Каратаев И. Н. и Антипова-Каратаева Т. Ф. Физико-химические свойства почв в зависимости от состава и соотношения обменных катионов. Коллоидный журн., т. I, вып. 3 и 4, 1935.

Гедройц К. К. Подвижность почвенных соединений и влияние на нее кальция. Тр. Носовск. с.-х. опытн. ст., вып. 43, 1926.

Иванова Е. Н. Генезис и эволюция засоленных почв. Монография. (Рукопись.) Гл. «Процессы рассоления», 1936.

Ковда В. А. Солончаки и солонцы. Изд. Ак. Наук СССР, 1937.

Кононова М. М. Влияние обменных оснований на процессы разложения органического вещества в почве. Тр. Почв. инст., т. XIV, 1937.

Кочерина Е. И. Морфологические признаки каштановых солонцеватых почв участка. Работы Малоузенского солонцового стационара. Тр. Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937.

Лазарев А. А. и Кононова М. М. Характеристика органических веществ в темнокаштановых почвах. Тр. Комиссии по ирригации, вып. 10, 1937.

Розов Л. П. Мелиоративное почвоведение. Сельхозгиз, 1936.

Сердобольский И. П. Варирование химических свойств компонентов солонцового комплекса почв. Работы Малоузенского солонцового стационара. Тр. Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937.

Слезкин Ю. Этюды о гумусе. 1900.

Тюрин И. В. Органическое вещество почв. 1937.

Тюрин И. В. Из результатов по изучению состава гумуса в почвах СССР. Проблемы советского почвоведения, сб. 11 (печатается).

Nikitinsky I. I. Ueber die Zersetzung der Huminsäure durch physikalisch-chemische Agentien und durch Microorganismen. Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik, Bd. 37, 1902.

Reinitzer F. Ueber die Eignung der Huminsubstanzen zur Ernährung von Pilzen. Botanische Zeitung, Bd. 58, 1900.

M. M. KONONOVA

THE ORGANIC MATTER OF THE TRANSVOLGIAN SOLONETS SOILS, ITS CHARACTER AND THE CHANGES BROUGHT INTO IT BY RECLAMATION AND IRRIGATION

Summary

A quantitative and qualitative investigation was made of the organic matter from the soils belonging to the solonets complex of the Transvolgian chestnut soil zone. The composition of the solonets humus is not the same as that of humus from chestnut and dark coloured soils: the groups of substances classified as humic acid and humin-lignin are far less in amount in the organic matter of solonetses than in that of chestnut soils and of the dark coloured soils in depressions (zapadina). Measures used for the purpose of making solonetses fit for agricultural use (deep ploughing, applying gypsum or yard manure, sowing grasses), in conditions of irrigation bring about a change into the composition of the exchangeable bases of the soil, and thus lead to a transformation of the organic matter where the humic acid group begins to predominate.

The amount of humified matter (of humus proper) did not show any marked change during the two or three years of experiments with grass and wheat.

When the vegetative mass entering into the soil in the form of stems of plants and of their root system was determined quantitatively, it appeared that under conditions of irrigation, and judging by the data obtained on cultivated virgin land, this mass undergoes an intense process of mineralisation and seems to be a powerful source of supply of nutritive substance for the plants, particularly of carbonic acid.

The investigations did not as yet deal with the problem of the prate and character of decomposition of the vegetative remains of different perennial grasses grown separately or mixed together under conditions of irrigation. The experiments were just entering this phase in the fall of 1938.

Further investigations and experiments will be directed towards an elaboration of biological and other methods of controlling processes of transformation of organic substances of the reclaimed soil in order to attain greater fixation of the humified matter (as soil structure forming agent) in cultivated soils, as well as better regulation of the supply of agricultural plants with nutritive substances.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

1940. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXIV

В. Г. ЗОЛЬНИКОВ

ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ СОЛОНЦОВ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

(Безенчукская опытная станция)

I. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЫ УЧАСТКА

Излагаются результаты трехлетних опытов по химической мелиорации солонцов в Куйбышевской обл. Опыты были поставлены в 1933 г. (осенью) на так называемом Гудковском участке Безенчукской опытной станции, расположенном в 12 км на юг от ст. Безенчук на древней террасе р. Волги.

Почва опыта — глубокий призматический солонец, развитый среди обыкновенных черноземов.

Общая характеристика призматического солонца. Вскипание с глубины 45 см, выделение карбонатов с 52 см, начало выделения сульфатов с 96 см.

A_1 0—17 см. — Уплотненный пористый суглинок серого цвета, выламывается глыбами, с трудом распадающимися от надавливания на бесструктурную массу.

A_2 17—20 см. — Характерный белесый осолоделый горизонт, представленный уплотненной смесью пепельно-серого цвета, выламывается плоскими призмами, легко распадающимися по горизонтальным плоскостям на непрочные пластинчатые отдельности.

B_1 20—45 см. — Сильно уплотненный темнокоричневый тяжелый суглинок, вертикальные трещины; по трещинам выламываются прочные призмы с глянцем на изломе.

B_2 45—96 см. — Сильно уплотненный серовато-бурый средний суглинок, с большим количеством пятен карбонатов в виде белоглазки, выламывается призмами.

Глубже 96 см. — Буровато-желтоватый суглинок, уплотнен, пористый с прожилками сульфатов. На глубине около 2—2.5 м желтовато-буроватый суглинок подстилается слоистыми песками.

Глубина грунтовых вод на участке около 20 м.

Ниже приводятся данные физической и химической характеристики этой почвы (табл. 1—4).

ТАБЛИЦА 1

Механический состав солонца в % на воздушно-сухую почву (метод двойного отмучивания)

Горизонт	Глубина в см	Размер фракции			
		1—0.25 мм	0.25—0.05 мм	0.05—0.01 мм	<0.01 мм
A_1	2—12	11.64	22.00	14.98	36.48
A_2	17—20	7.83	27.24	50.10	14.83
B_1	30—40	10.15	21.14	20.90	47.79
B_2	60—70	10.54	24.32	30.43	34.66
C	90—100	7.90	25.80	30.40	35.90

ТАБЛИЦА 2

Физические свойства почвенного профиля солонца

Горизонт	Глубина в см	Объемный вес	Максимальная молекулярная влагоемкость в %	Максимальная гигроскопическая вода в %	Коэффициент внутренней поверхности (по Лебедеву)	Относительная внутренняя поверхность (по Лебедеву)
A_1	0—17	1.45	10.6	5.0	144	90
A_2	17—20	1.45	9.3	Не опр.	133	83
B_1	20—45	1.68	10.8	8.5	182	112
B_2	45—90	1.63	10.0	7.2	164	102
C	90—120	1.61	9.0	7.0	160	100

Таким образом, горизонт A_2 сильно обеднен физической глиной, имеет малую внутреннюю поверхность, благодаря выносу из него вниз и частичному разрушению в нем коллоидов. Менее резко это выражено и для горизонта A_1. Горизонт B_1, наоборот, обогащен физической глиной, благодаря чему в нем сильно возрастают объемный вес, максимальная гигроскопичность и коэффициент внутренней поверхности.

Данные по химической характеристике солонца приведены в табл. 3 и 4.

ТАБЛИЦА 3

Состав водной вытяжки из солонца (в % на сухую почву)

Горизонт	Глубина в см	Гигроскопическая вода	pH	Щелочность: общая в HCO_3'	Щелочность: от бикарбонатов в HCO_3'	Водорастворимый гумус	CaO	MgO	Cl'	SO_4''	Сухой остаток
A_1	2—12	2.22	7.2	0.013	0.009	0.015	0.008	0.006	Нет	Нет	0.070
A_2	17—20	2.37	7.2	0.012	0.011	0.014	0.006	0.004	»	»	0.065
B_1	30—40	4.06	7.4	0.023	0.017	0.018	0.006	0.004	»	»	0.099
	40—50	3.98	7.4	0.044	0.022	0.020	0.008	0.011	»	»	0.278
B_2	70—80	3.75	7.2	0.0245	0.024	0.013	0.025	0.011	0.104	0.066	0.290
C	120—130	3.62	7.1	0.011	0.008	0.008	0.414	—	0.075	0.804	1.442

ТАБЛИЦА 4

Состав обменных катионов в м-экв. на 100 г сухой почвы (натрий определен по универсальному методу Гедройца)

Горизонт	Глубина в см	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}$	Сумма	$Na^{\cdot}$ в % от суммы обменных катионов
A_1	0—18	16.31	6.01	9.00	31.5	28.5
B_1	20—35	16.53	10.15	10.87	37.5	29.0

Содержание гумуса (по Кнону) в горизонте A_1 2.51%, в горизонте B_1 1.05%.

Согласно данным анализа водной вытяжки и состава обменных катионов, изучаемый нами разрез является типичным солонцом. Залегание легкорастворимых солей в глубоких горизонтах, отсутствие связи почвенного профиля с грунтовыми водами и резкая выраженность осолоделого горизонта A_2 указывают на энергичный процесс рассоления его,— иначе говоря, данный солонец может быть аналогизирован с одной из последних стадий солонцового почвообразовательного процесса.

Глубокое залегание уровня грунтовых вод в настоящее время исключает возможность связи последних с почвой и едва ли была эта связь в далеком прошлом, так как изучаемые почвы залегают в области развития древней гидрологической сети. Возможно, что генезис этих солонцов не был связан с постоянными грунтовыми водами и их солевыми растворами, и образование их обязано наличию на глубине около 2 м подстилающих почву супесчаных пород, которые, являясь границей раздела различных физических сред (суглинок и супесь), обусловливают во влажные годы образование верховодки, обогащенной в той или иной степени солями — продуктами выветривания пород — и являющейся источником временного периодического засоления почвенного профиля.

II. УСЛОВИЯ ОПЫТА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Известно, что неблагоприятные агрономические свойства солонцов зависят от наличия в поглощающем комплексе почвы значительного количества обменного натрия, поэтому все наши мероприятия были направлены на изменение состава обменных оснований в солонце с заменой обменного натрия на обменный кальций. Для этой цели были испытаны следующие мелиоративные средства: 1) внесение в почву гипса, 2) гипса + навоза, 3) жженой извести, 4) жженой извести + навоза, 5) серной кислоты + навоза, 6) жженой извести + серной кислоты. Повторность опыта трехкратная. Размер деляпок 50 $см^2$. Все варианты, в том числе и контроль, орошались одинаковой нормой воды и в одно и то же время.

Количество мелиорирующих веществ внесено в некотором избытке против эквивалентного (в слое 0—20 см) количества обменного натрия. Так, гипса было внесено 29 т/га, что превышает на 22% эквивалент натрия. Извести внесено 10.8 т/га, что превышает эквивалент натрия на 39%; 10%-ного раствора серной кислоты 60 $м^3$/га; навоза (слабо разложившегося) 40 т/га. Гипс, известь и навоз были внесены 6/XI 1933 г. и запаханы под плуг, серная кислота внесена 28/IV 1934 г. 12/V 1934 г. был произведен посев яровой твердой пшеницы. 12/VI 1934 г. был произведен первый полив из расчета 1000 $м^3$/га в стадию трубкования пшеницы, 19/VII— второй полив из расчета 1000 $м^3$/га в стадию начала налива пшеницы и, наконец, осенью 1934 г. третий полив 600 $м^3$/га перед взметом зяби, которая поднималась на глубину 20 см. Весной 1935 г. был посеян овес с подсевом люцерны и произведены поливы: 4/VI 1000 $м^3$/га (в стадию кущения овса), 4/VII 1000 $м^3$/га (в стадию колошения) и после снятия овса 1000 $м^3$/га для отрастания люцерны. В 1936 г. было произведено два полива люцерны по 1000 $м^3$/га.

В течение 1934—1936 гг. проводился периодический контроль над изменением химических свойств солонца под влиянием внесенных мелиорирующих веществ и орошения. Образцы брались в 1934 и 1935 гг. с каждой деляпки с трехкратной повторностью, перемешивались вместе, и из смешанного образца проводились определения в двухкратной повторности, а в 1936 г. образцы брались с шестикратной повторностью, перемешивались по три в две пробы, и в каждой пробе произведены определения отдельно.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Изменения в составе обменных катионов солонца в результате мелиорации

В табл. 5 сведены данные исследований состава обменных катионов в 1934—1936 гг.

Из данных табл. 5 видно, что на всех вариантах сумма обменных катионов, определенная в 1936 г., заметно меньше, чем таковая по определению в 1935 г., что, повидимому, связано не столько с действием мелиорирующих веществ, сколько с различием методики определения обменных катионов. В 1935 г. вытеснение обменных катионов производилось 0.05 N раствором HCl, а в 1936 г. 0.5 N раствором CH_3COONH_4. Известно, что метод соляной кислоты дает более высокую сумму обменных катионов по сравнению с методом CH_3COONH_4, что подтверждается также данными для исходного, не подвергавшегося мелиорации солонца.

Из данных табл. 5 далее видно, что за 4 года орошения и 3 года действия мелиорирующих веществ злостный солонец на лучших вариантах мелиорации (гипсованных и известкованных) перешел, если иметь в виду пахотный горизонт, в слабо солонцеватую почву, а если иметь в виду горизонт B_1, — в сильно солонцеватую стадию.

Значительно уменьшилась солонцеватость и на вариантах с внесением кислоты с навозом и жженой извести.

Таким образом, за 3 года действия мелиорирующих веществ и 4 года орошения получено значительное изменение состава обменных катионов солонца в сторону уменьшения в нем обменного натрия и возрастания содержания обменного кальция. За это время реакция взаимодействия между мелиорирующими веществами и почвой не дошла до конца. На гипсованных деляпках в слое 0—20 см найдено SO_4 0.2674%, в слое 20—37 см — следы. В переводе SO_4 на гипс получаем количество последнего около 14 т/га,— иными словами, около 50% от внесенного количества. Таким образом, при общем количестве воды (включая сюда и осадки) около 8500 м³/га за 3 года прореагировало с почвой приблизительно около 14 т гипса на гектар. Отсюда можно вычислить к. п. д. воды в отношении гипса. Если принять растворимость гипса примерно в 2 г/л, то в 8500 м³ будем иметь 2×8.5=17 т. Практически при этих условиях прореагировало 14 т, следовательно

$$\text{к. п. д. воды} = \frac{14}{17} \cdot 100 = 82.4\%,$$

т. е. достигает весьма большой величины. Здесь не учтены величины испарения воды, которые достигают, конечно, больших значений. Такой высокий эффект взаимодействия гипса с почвой следует объяснить наличием интенсивной обменной реакции между Ca гипса и Na почвы в условиях статического состояния почвенной влаги.

Надо полагать, что дальнейшее мелиорирующее действие оставшегося гипса и жженой извести будет проявляться в большей степени в горизонте B_1.

Одновременно с сильным уменьшением количества обменного натрия в солонце дисперсность его заметно уменьшается. А. Г. Курганский (1937) своими лабораторными опытами показал, что наибольший к. п. д. гипса на солонец достигается при малых дозах его внесения.

Повидимому, нет необходимости применять дозу гипса более высокую, чем это нужно для вытеснения обменного натрия из заданного слоя почвы. Может быть нет необходимости вносить и полную дозу по эквиваленту обменного натрия? Около 5% обменного натрия от емкости поглощения может считаться не имеющим вредного действия на физико-химические свойства почвы. Однако вопрос о дозировках мелиорирующих веществ для солонцов

ТАБЛИЦА 5

Изменение состава обменных катионов в солонце за 3 года мелиорации

Горизонт	Годы исследований	Обменные катионы в м-экв. на 100 г почвы				Na' в % от суммы катионов
		Ca''	Mg''	Na'	Сумма	
1. Исходный солонец (неорошаемый)						
A (0—17 см)	1934	Не опр.		9.13	28.79	31.70
	1935	16.31	6.01	9.13	33.91	29.20
	1936	15.50	5.07	9.13	32.28	30.70
B_1 (22—37 см)	1934	Не опр.		10.87	38.65	28.12
	1935	16.53	10.15	10.87	38.20	29.00
	1936	15.73	8.06	10.87	35.91	31.50
2. Исходный солонец (орошаемый контроль)						
A	1934	Не опр.		6.74	28.79	23.41
	1935	15.33	4.40	5.19	28.72	20.80
	1936	14.53	3.40	3.36	25.09	15.80
B_1	1934	Не опр.		8.09	38.65	20.93
	1935	16.34	11.25	7.60	36.79	21.60
	1936	15.36	8.16	5.56	31.24	18.80
3. Навоз + H_2SO_4						
A	1934	Не опр.		5.91	28.87	20.47
	1935	11.64	2.75	3.38	26.56	19.20
	1936	11.24	3.20	2.21	24.40	13.30
B_1	1934	Не опр.		11.21	38.65	29.00
	1935	16.05	11.90	6.23	35.91	18.20
	1936	16.00	9.37	5.25	32.06	17.10
4. Гипс						
A	1934	Не опр.		5.91	28.54	20.71
	1935	18.50	3.33	3.23	27.36	12.80
	1936	18.07	2.86	1.70	25.13	7.50
B_1	1934	Не опр.		10.96	37.94	28.88
	1935	16.38	12.25	6.67	36.55	19.00
	1936	16.60	9.44	5.00	32.39	16.10
5. Жженая известь						
A	1934	Не опр.		5.91	30.37	19.46
	1935	18.25	3.66	4.27	27.16	16.30
	1936	18.25	3.05	2.20	24.30	9.40
B_1	1934	Не опр.		9.70	37.93	25.57
	1935	16.40	11.58	7.25	36.98	20.00
	1936	16.03	9.49	5.34	32.21	17.30
6. Гипс + навоз						
A	1934	Не опр.		4.23	28.86	14.66
	1935	18.70	2.83	3.00	27.13	12.20
	1936	18.00	2.30	1.70	24.56	7.70
B_1	1934	Не опр.		7.83	37.81	20.70
	1935	17.00	11.75	6.59	36.54	18.60
	1936	16.60	9.40	5.24	32.83	16.80

Продолжение табл. 5

Горизонт	Годы исследований	Обменные катионы в м-экв. на 100 г почвы				Na' в % от суммы катионов
		Ca''	Mg''	Na'	Сумма	
	7. Жженая известь + навоз					
A	1934	Не опр.		5.04	29.94	16.83
	1935	18.55	3.65	4.24	27.64	16.00
	1936	18.37	3.35	2.18	25.02	9.10
B_1	1934	Не опр.		9.39	38.61	24.32
	1935	17.00	11.41	7.20	36.72	20.20
	1936	16.14	9.42	5.45	32.16	17.70
	8. Жженая известь + H_2SO_4					
A	1934	Не опр.		4.15	28.91	14.35
	1935	14.70	3.91	3.85	26.70	17.10
	1936	14.50	3.38	1.68	25.06	8.60
B_1	1934	Не опр.		9.09	37.94	23.95
	1935	16.05	11.58	6.18	36.49	18.20
	1936	15.34	9.54	5.06	31.66	16.90

является до сих пор не вполне разрешенным, хотя он имеет большое хозяйственное значение и требует немедленного разрешения.

2. Динамика водорастворимых и подвижных веществ в почвах опытных делянок

Из приведенных в табл. 6 данных видно, что только в случае кислования в почве заметно понижается pH. И это изменение не успевает выровняться до конца в течение 3 лет после внесения серной кислоты.

ТАБЛИЦА 6

Изменение pH почвы под влиянием мелиорации

Горизонт	1934 г.				1936 г.
	16/V	10/VII	21/VII	27/VIII	Осенью
	Контроль орошаемый				
A	7.0	7.3	7.4	7.0	6.5
B_1	6.9	7.4	7.4	7.3	6.5
B_2	—	—	—	—	7.2
C	—	—	—	—	7.2
	Навоз + серная кислота				
A	6.2	5.4	5.5	5.2	5.9
B_1	7.2	7.3	7.0	7.2	6.2
B_2	—	—	—	—	7.3
C	—	—	—	—	7.3
	Гипс				
A	6.8	7.0	7.0	7.0	6.2
B_1	7.4	7.4	7.4	7.0	6.5
B_2	—	—	—	—	7.4
C	—	—	—	—	7.3

Продолжение табл. 6

Горизонт	1934 г.				1936 г.
	16/V	10/VII	21/VII	27/VIII	Осенью
	Жженая известь				
A	6.9	7.3	7.3	7.2	7.2
B_1	7.2	7.4	7.4	7.2	7.2
B_2	—	—	—	—	7.4
C	—	—	—	—	7.4
	Навоз + жженая известь				
A	7.2	7.4	7.4	7.2	—
B_1	7.2	7.4	7.4	7.5	—

В согласии с этими данными находятся величины общей щелочности водной вытяжки, полученные в те же сроки анализа (табл. 7).

ТАБЛИЦА 7

Изменение общей щелочности водных вытяжек из почвы опыта (в %)

Горизонт	1934 г.				1936 г.
	16/V	10/VII	21/VII	27/VIII	Осенью
	Контроль орошаемый				
A	0.013	0.020	0.045	0.021	0.011
B_1	0.015	0.034	Не опр.	0.037	0.012
B_2	—	—	—	—	0.052
C	—	—	—	—	0.036
	Серная кислота + навоз				
A	0.007	0.004	0.009	0.004	0.006
B_1	0.015	0.033	0.021	0.029	0.012
B_2	—	—	—	—	0.057
C	—	—	—	—	0.052
	Гипс				
A	0.012	0.017	0.014	0.014	0.008
B_1	0.028	0.048	0.038	0.029	0.012
B_2	—	—	—	—	0.049
C	—	—	—	—	0.036
	Жженая известь				
A	0.015	0.042	0.068	0.032	0.031
B_1	Не опр.	0.036	0.053	0.036	0.020
B_2	—	—	—	—	0.066
C	—	—	—	—	0.041
	Жженая известь + навоз				
A	0.026	0.040	0.049	0.035	—
B_1	0.020	0.095	0.054	0.051	—

Из литературы известно, что гипсование солонцов ведет к нарушению процессов минерализации азота почвы. Поэтому являются интересными данные определения нитратов в почвах опытных делянок, с одной стороны, и степени интенсивности процессов нитрификации в тех же почвах в искусственных оптимальных условиях, с другой (табл. 8).

ТАБЛИЦА 8

Режим нитратов в почвах делянок и нитрификационная способность по Немецу (N_2O_5 в мг на кг почвы)

Горизонт	Режим нитратов в поле в 1934 г.				Нитрификационная способность	
	16/V	10/VII	21/VII	27/VIII	1935 г.	1936 г.
Контроль орошаемый						
A	93.4	26.3	13.8	15.25	140.2	60.0
B_1	89.2	10.5	Следы	Следы	Не опр.	Следы
Серная кислота + навоз						
A	78.5	68.1	65.6	32.5	20.6	40.0
B_1	129.5	33.9	20.0	14.1	Не опр.	Следы
Гипс						
A	128.4	10.4	Следы	16.8	165.9	60.0
B_1	113.3	12.0	»	23.00	Не опр.	Следы
Жженая известь						
A	62.7	33.0	Следы	23.1	144.8	53.0
B_1	83.5	25.3	19.0	Следы	Не опр.	Следы
Жженая известь + навоз						
A	77.7	12.5	Следы	30.0	209.2	77.4
B_1	66.6	10.5	»	Следы	Не опр.	Следы
Гипс + навоз						
A	Не определялось				201.6	82.4
B_1	Не определялось					Следы
Жженая известь + кислота						
A	Не определялось				113.4	60.0
B_1	Не определялось					Следы

Из приведенных в табл. 8 данных видно, что примененные нами химические мелиорации значительного снижения в накоплении в почвах нитратов не производят. На фоне гипса с навозом и извести с навозом эти процессы достигают значительного напряжения.

Таким образом, благоприятный азотный режим почв для растений в результате гипсования и известкования мало подавляется.

Аналогичные данные получены также для подвижных соединений фосфора. В табл. 9 приведены количества P_2O_5, полученные при определении методом Арренуса.

ТАБЛИЦА 9

Содержание P_2O_5 в мг на кг почвы

Вариант	Горизонт	1935 г.	1936 г.	Вариант	Горизонт	1935 г.	1936 г.
Контроль орошаемый	A	93.5	60.0	Гипс + навоз	A	136.7	60.0
	B_1	Не опр.	30.0		B_1	Не опр.	22.5
Кислота + навоз	A	123.1	75.0	Жженая известь + навоз	A	78.4	52.5
	B_1	Не опр.	22.5		B_1	Не опр.	30.0
Гипс	A	51.6	52.5	Жженая известь + кислота	A	92.8	67.5
	B_1	Не опр.	22.5		B_1	Не опр.	22.5
Жженая известь	A	62.1	52.5	Исходный солонец (неорошаемый)	A	76.5	76.5
	B_1	Не опр.	30.0				

В приведенных данных некоторое (незначительное) понижение растворимости фосфатов найдено лишь на гипсованных и известкованных делянках, что является понятным из элементарных химических представлений.

Сравнивая данные нитрификационной способности и количества P_2O_5 по вариантам, мы видим, что кислование сильно понизило нитрификационную способность почвы и повысило подвижность фосфорной кислоты. Понижение нитрификационной способности обусловлено ухудшением условий для нитрифицирующих организмов в связи с уменьшением pH и возрастанием степени ненасыщенности почвы. Повышение же количества лимонорастворимых фосфатов связано с переводом в раствор серной кислотой труднорастворимых фосфатов кальция и, может быть, с вытеснением в раствор адсорбированных фосфатов сульфат-ионами.

Для 1935 г. характерно увеличение нитрификационной способности и количества лимонорастворимых фосфатов по вариантам гипс + навоз и известь + навоз по сравнению с другими вариантами, тогда как для 1936 г. это увеличение незначительно, что, повидимому, связано с прямым действием навоза на увеличение подвижных питательных веществ почвы в процессе его разложения.

Выделение большого количества CO_2 при разложении навоза должно увеличивать подвижность фосфатов почвы. Вообще углекислота имеет очень большое значение в почвенных процессах. Так, F. B. Smith (1937) своими экспериментальными исследованиями показал, что в почве, обработанной водой, насыщенной CO_2 и просто газообразной CO_2, заметным образом изменяется pH и сильно повышается подвижность фосфатов почвы, а также фосфорита, внесенного даже по известкованному фону. В этом же направлении проведены работы другими исследователями, получившими аналогичный результат (Mc George, 1936, и др.).

Из советских работ по этому вопросу необходимо отметить исследования Ф. Ю. Гельцер (1930). Ею установлено, что повышение концентрации углекислоты в почвенном воздухе сероземов приводит в некоторых случаях к увеличению растворимости фосфатов. На этом основании ею рекомендуется широкое применение на орошаемых землях органических удобрений.

На основании работ цитированных авторов и наших исследований нужно рекомендовать широкое применение органических удобрений (навоз и сидераты) при мелиорации солонцов при указанных ранее нами условиях.

Из тех же данных видно, что нитрификационная способность солонца и подвижность фосфатов, по данным определения 1936 г., значительно снизились по сравнению с 1935 г. Это можно объяснить, с одной стороны, значительным уменьшением солонцеватости почвы, с другой, тем, что определения 1936 г. произведены в почве из-под люцерны, которая также сни-

75—1

жает подвижность питательных веществ почвы и сильно истощает ее в отношении подвижных питательных веществ, одновременно обогащая ее органическими веществами.

3. Изменение физических свойств почв опытных делянок

В табл. 10 и 11 приведены данные определения некоторых физических свойств наших почв.

ТАБЛИЦА 10

Коэффициент набухания в почвах опытных делянок в 1934 г. (в %)

Горизонт	10/VII	21/VII	27/VIII	Горизонт	10/VII	21/VII	27/VIII
	Контроль орошаемый				Гипс		
A	Не опр.	35.0	21.3	A	13.2	13.0	16.4
B_1	37.0	37.0	25.5	B_1	56.0	56.3	48.7
					Жженая известь		
				A	33.3	39.1	24.7
				B_1	36.2	39.9	34.4
	Серная кислота + навоз				Жженая известь + навоз		
A	6.9	18.4	24.0	A	25.6	13.0	24.0
B_1	54.4	49.2	30.0	B_1	60.8	64.0	56.0

ТАБЛИЦА 11

Изменение структуры почв в результате мелиораций (анализы 1935 г.)

Вариант	Горизонт	Количество частиц < 0.002 мм в почве, обработанной HCl, а затем Na_2CO_3, в % (a_1)	Количество частиц < 0.002 мм в почве без химической обработки, в % (a_2)	Коэффициент структурности $\frac{(a_1 - a_2)\cdot 100}{a_1}$	Коэффициент фильтрации в см³/мин.[1]
Контроль орошаемый	A	7.67	1.73	72.3	0.40
	B_1	18.10	1.93	89.3	—
Кислота + навоз	A	8.19	1.79	78.1	0.45
	B_1	17.90	1.58	91.1	—
Гипс	A	8.35	1.36	83.8	1.07
Жженая известь	A	7.82	1.70	86.3	0.96
	B_1	17.58	2.18	85.8	—
Гипс + навоз	A	7.90	1.13	85.9	1.16
	B_1	17.63	1.58	91.0	—
Жженая известь + навоз	A	7.94	1.62	80.6	0.94
	B_1	16.68	2.84	84.8	—

Сравнивая данные табл. 10 с данными табл. 5, мы видим между ними согласованность. Так, наибольший коэффициент фильтрации наблюдается у солонца гипсованного, одновременно этот же вариант имеет наименьшее количество поглощенного натрия, благодаря чему и поглощающий комплекс имеет наименьшую дисперсность. Варианты с известью обладают несколько

[1] Коэффициент фильтрации определен в почве, доведенной до воздушно-сухого состояния и просеянной через сито 1 мм на аппарате Оствальда.

меньшим коэффициентом фильтрации; одновременно с этим они меньше и рассолонцованы по сравнению с гипсованным солонцом. Очень низкий коэффициент фильтрации наблюдается на кислованном солонце, что, повидимому, связано с большей ненасыщенностью поглощающего комплекса солонца этого варианта.

Коэффициент структурности показывает почти ту же картину, что и коэффициент фильтрации. Исключение составляют варианты с известью, имевшие во втором горизонте меньшую структурность, чем на контроле в этом же горизонте, что, вероятно, связано с повышенной щелочностью и повышенным pH известкованных делянок, благодаря чему почвенные коллоиды имеют больший электрокинетический заряд, а следовательно, более стабилизированы в дисперсионной среде.

4. Урожайные данные за 1934 и 1935 гг.

Приводим урожайные данные с опытных делянок (табл. 12).

ТАБЛИЦА 12

Урожай зерна яровой твердой пшеницы и овса с различных вариантов мелиорированного солонца при орошении

Вариант	Урожай зерна в ц/га	Прибавка урожая в ц/га	Прибавка урожая в %	Урожай зерна в ц/га	Прибавка урожая в ц/га	Прибавка урожая в %
	Урожай яровой пшеницы в 1934 г. (первый год действия мелиорирующих веществ)			Урожай овса в 1935 г. (второй год действия мелиорирующих веществ)		
Контроль орошаемый	3.14	—	—	24.7	—	—
Кислота + навоз	0	— 3.14	— 100	28.5	3.8	15.9
Гипс	5.33	2.15	69.7	25.9	1.2	4.8
Жженая известь	7.22	4.08	129	36.0	11.3	49.8
Гипс + навоз	10.43	7.29	232	30.8	6.1	24.3
Жженая известь + навоз	10.53	7.39	235	30.0	5.3	23.0
Жженая известь + кислота	0	— 3.14	— 100	22.6	— 2.1	— 9.0

Из табл. 12 видно, что по данным 1934 г. лучшими вариантами оказались гипс с навозом и жженая известь с навозом, а по данным 1935 г. — известь, гипс с навозом и жженая известь с навозом. Отсутствие урожая по кислованным вариантам в 1934 г., повидимому, надо связать с резким понижением pH почвы этих вариантов, при котором всходы и произрастание пшеницы были невозможны.

Вообще же надо отметить, что урожай в 1934 г. и на лучших вариантах был сравнительно низким, что мы связываем с несвоевременным поливом пшеницы [1]. Более высокий урожай 1935 г. связан с лучшими условиями орошения овса и с меньшей требовательностью последнего к условиям произрастания.

Далее, надо отметить тот недостаток опыта, что он проводился без применения минеральных удобрений, которые вне сомнения значительно повысили бы урожай культур.

Урожай люцерны в 1936 г. не был учтен вследствие значительной гибели последней от сельскохозяйственных вредителей.

[1] Первый полив был дан в стадию трубкования пшеницы, когда растения за предыдущий период были уже сильно угнетены.

РЕЗЮМЕ

Опыты по мелиорации солонцов проводились в Куйбышевской обл. (Безенчукская опытная станция) в 1933—1936 гг.

Результаты химической мелиорации солонцов при орошении с испытанием: 1) серной кислоты+навоз, 2) гипса, 3) жженой извести, 4) гипса+навоз, 5) жженой извести+навоз и 6) жженой извести+серная кислота, привели к следующим выводам:

1. Химическая мелиорация солонца при орошении протекает сравнительно быстро — за 3 года действия мелиорирующих веществ почва из разряда злостного солонца перешла в среднесолонцеватую.

2. Из испытанных веществ первое место по мелиорирующему действию занимают гипс и известь, а для первого года действия мелиорирующих веществ гипс с навозом и известь с навозом. Навоз ускоряет мелиорирующее действие гипса и жженой извести, в особенности последней.

3. Мелиорирующее действие навоза при совместном внесении его с известью связано с выделением большого количества углекислоты при разложении навоза.

4. Кислота также производит энергичное рассолонцевание солонца, но при этом создается сильная ненасыщенность поглощающего комплекса почвы солонца основаниями и в связи с этим происходит ухудшение физических и химических свойств почвы.

5. При одном орошении, без применения химических мелиораций, также происходит рассолонцевание солонца, но при этом, как и при кислковании, имеет место обеднение поглощающего комплекса почвы основаниями (Ca, Mg, Na), что в конечном итоге приводит к ухудшению физических и химических свойств почвы и ее производительной способности.

6. После химической мелиорации происходит некоторое ухудшение питательного режима — несколько ослабляются нитрификационная способность и подвижность фосфорной кислоты.

7. Для солонцов последних стадий формирования (не содовых) в качестве мелиорирующих веществ можно, таким образом, рекомендовать гипс и жженую известь. Последней надо отдать предпочтение, как продукту более дешевому и более концентрированному.

8. Для ускорения действия указанных мелиорирующих веществ их надо вносить в комбинации с навозом или другими органическими удобрениями в высоких дозах.

9. Дозы мелиорирующих веществ не должны применяться более того количества, которое необходимо для рассолонцевания солонца в заданном слое [1]. Возможно даже некоторое уменьшение ее.

10. На карбонатных солонцах (с большим количеством $CaCO_3$) в качестве мелиорирующего вещества, повидимому, можно применять систематическое (ряд лет) внесение органических удобрений (навоз, сидераты и др.), так как испытанное нами внесение навоза по известкованному солонцу близко должно напоминать собой унавоживание карбонатного солонца.

ЛИТЕРАТУРА

Антипов-Каратаев И. Н. Труды Комиссии по ирригации, вып. 1, 1933.

Антипов-Каратаев И. Н., Вишняков А. П. и Сочеванов В. Р. Труды Ленинградского отделения ВИУА, вып. 23, 1933.

Антипов-Каратаев И. Н. Итоги научно-исследовательской работы ЛОВИУА 1932—1933 гг. Изд. ЛОВИУА, вып. 24, 1934.

Антипов-Каратаев И.Н., Антипова-Каратаева Т. Ф. и Ясиновский А. Н. Коллоидный журнал, вып. 3 и 4, 1935.

[1] Заданный слой, повидимому, не должен превышать 40 см, так как глубже лежащие слои обычно менее солонцеваты и часто карбонатны.

Антипов-Каратаев И. Н. Труды Майской сессии Ак. Наук СССР. Почвоведение и агрохимия, М, 1936.

Антипов-Каратаев И. Н. и Седлецкий И. Д. Почвоведение, № 6, 1937.

Аристова З. И. и Рабинерсон А. Н. Труды ЛОВИУА, вып. 38, 1935.

Гедройц К. К. Труды Носовской опытной с.-х. станции, вып. 44, 1926.

Гедройц К. К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация. 1928.

Гельцер Ф. Ю. Труды Ак-Каванской опытной станции, вып. 10, 1930.

Зольников В. Г. Итоги работ Безенчукской опытной станции за 32 года. Куйбышевское изд., 1937.

Зольников В. Г. Динамика воздушного режима и водорастворимых веществ почв при орошении. (Рукопись.)

Ковда В. А. Труды Майской сессии Ак. Наук СССР 1935 г. Почвоведение и агрохимия, М. 1936.

Курганский А. Г. и Яковлева В. Б. Химизация социалистического земледелия, № 6, 1937.

Маландин Г. А. Сборник научно-исследовательских работ Пермского с.-х. института, 1934.

Могульский С. К. и Карачевская Г. И. Бюллетень № 1, вып. 26, Сталингр. обл. опытной станции полевод. Сталинград, 1937.

McGeorge W. T., Buchner T. F., Breazeale J. F. Информационный бюллетень. Обзор иностранной литературы по хлопку, № 5 (54), Ташкент, 1936.

Орловский Н. В. Агротехническая оценка и мелиорация солонцов и солонцеватых почв. Алма-Ата, 1934.

Орловский Н. В. Химизация социалистического земледелия, № 6, 1937.

Охотин В. З. и Смирнова О. Ф. Почвоведение, № 2, 1934.

Прасолов Л. И. Природа, № 4, 1934.

Ратнер Е. И. Труды Майской сессии Ак. Наук СССР. Почвоведение и агрохимия, М. 1936.

Розов Л. П. Почвоведение, № 2, 1934.

Усов Н. И. Ученые записки Саратовского университета, т. XII, вып. 2, 1934.

Ярусов С. С. и Дмитриенко О. Н. Труды ВИУА по физико-химии почв, вып. II, 1935.

Ярусов С. С. Труды ВИУА по физико-химии почв, II, 1935.

Smith F. B., Brown P. E., Millar H. C. a. Bodily H. Z. Soil Science, № 2, 1937.

V. G. ZOLNIKOV

RECLAMATION OF SOLONETSES OF THE CHERNOZEM ZONE BY CHEMICAL MEANS IN CONDITIONS OF IRRIGATION

In the years 1933 to 1936 experiments with solonets land reclamation were carried out in the Kuybyshew region (Bezenchuk Experimental Station).

The experiments of the reclamation of irrigated solonets soils with: (1) sulphuric acid plus manure; (2) gypsum; (3) burnt lime; (4) gypsum plus manure; (5) burnt lime plus manure; and (6) burnt lime plus sulphuric acid, have yielded the following results:

1. An irrigated solonets may be reclaimed by chemical means in a comparatively short period: three years action of reclaiming substances has transformed a bad solonets into a medium solonetsous soil.

2. Of all reclaiming substances gypsum and lime produced the best effect; within the first year the best results were obtained by the use of gypsum with manure and of lime with manure. Manure increases the rate of the reclaiming action of gypsum and of burnt lime, especially of the latter.

3. The action of manure when applied together with lime is partly due to the great amount of carbonic acid educed during the decomposition of manure.

4. Sulphuric acid causes also an intense desolonetsization of solonetses, but at the same time a great shortage of saturation of the absorbing complex with bases in the solonets is leading to a lowering of the physical and chemical soil properties.

5. The desolonetsization of the solonets occurs also under the action of irrigation alone, without chemical reclamation. But this process, just as that

of acidifying, calls forth an impoverishment of the absorbing complex in bases (Ca, Mg, Na) which finally leads to a physical and chemical deterioration of the soil and of its productivity.

6. The nutritive properties of the soil are somewhat lowered after chemical reclamation and its nitrifying capacity and the mobility of phosphoric acid is lessened.

7. Thus, gypsum and burnt lime can be recommended as reclaiming substances for soils in the last stage of solonets formation (without sodium carbonate i. e. not black alkali land). Burnt lime should be preferred as a less expensive and more concentrated product.

8. These reclaiming substances should be given together with high doses of manure or other organic fertilizer in order to render their action more rapid.

9. No more reclaiming matter than the dose required for the desolonetsization of the solonetsous layer [1] should be applied. Even smaller doses can be used.

10. Organic fertilizers (manure, siderates) systematically applied during several successive years can be used as reclaiming substances on carbonatic solonets with a high $CaCO_3$ content.

---

[1] This layer does not seem to exceed 40 centimeters in depth, as the deeper layers are usually less solonetsous and are often carbonatic.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

1940. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXIV

Г. М. ПОНОМАРЕВ и И. Д. СЕДЛЕЦКИЙ

О ГЕНЕЗИСЕ ПОЧВ ЧЕРНОЗЕМНОГО И СОЛОНЦОВОГО РЯДОВ В ЧЕРНИГОВСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1. Введение

В 1936 г. планом работ Черниговской областной сельскохозяйственной опытной станции предусматривалась тема по исследованию генезиса черноземных, солонцовых и осолоделых почв Черниговщины для целей разработки на этой основе мероприятий по мелиорации почв. Учитывая важность поставленной темы, дирекция Станции предложила физико-химическому сектору Почвенного института Академии Наук СССР принять участие в ее разработке. Считая, что поставленная тема не может быть полностью освещена без специального исследования химического и минералогического состава почв и их коллоидов, физико-химический сектор взял на себя выполнение наиболее сложной части работы, а именно проведение специальных коллоидохимических и рентгеноскопических исследований по программе, предложенной руководителем сектора И. Н. Антиповым-Каратаевым и под его непосредственным руководством.

Основной частью своих исследований мы считали изучение коллоидов почв. Как известно, состав почвенных коллоидов весьма сложен, сюда могут входить самые разнообразные соединения: простые и сложные силикаты, кремнекислота, гидраты окисей железа, алюминия и марганца, различные органические вещества.

В южной части Черниговской обл. почвенный покров представлен, главным образом, следующими почвенными разновидностями: 1) выщелоченными черноземами, 2) солонцеватыми черноземами, 3) осолоделыми черноземами и 4) солонцами-солончаками (преимущественно содовыми).

Для первого этапа работы были детально исследованы по одному типичному разрезу из следующих главнейших разновидностей почв: 1) выщелоченного чернозема, 2) осолоделого чернозема и 3) солонца-солончака.

В дальнейшем предполагается более детальное изучение всего комплекса почв южной части области.

Изучению качественного и количественного состава коллоидных фракций почв посвящена значительная литература, главным образом американская.

Американские исследователи при изучении почвенных коллоидов широко пользуются методами химических исследований, причем основное значение ими придается в составе коллоидов молекулярным отношениям:

$$\frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}, \quad \frac{SiO_2}{Al_2O_3} \text{ и др.}$$

Броун и Байерс (Brown a. Byers) отмечают, что за последние 15 лет преобладающим является воззрение о том, что коллоиды представляют собой

продукты гидролиза первичных минералов; иначе говоря, взгляды американских почвоведов построены на принципах, которые еще в 1906 г. были обоснованы К. Д. Глинкой.

К. К. Гедройц (1926), И. Н. Антипов-Каратаев и А. А. Роде (1936, 1937), давая обзор литературных материалов по изучению состава коллоидных фракций почв, приходят к заключению, что, несмотря на относительное углубление наших знаний о составе коллоидного комплекса почв, достигнутые химическими методами в этом направлении успехи оказываются ограниченными, и дальнейшее уточнение состава коллоидного комплекса, его динамики может быть получено только применением комплекса физических и химических методов. Из физических методов наиболее перспективным должно быть применение к анализу рентгеновских и катодных лучей.

Рентгеноскопические методы исследования к почвенным коллоидам впервые, как известно, применили Гендрикс и Фрай (1930). Этими исследованиями установлена кристаллическая структура большой части коллоидной фракции почв. Рентгеноскопические методы исследования позволяют довольно полно устанавливать минералогический состав почвенных коллоидов.

Появившиеся в последнее время работы И. Н. Антипова-Каратаева, И. Д. Седлецкого, А. А. Роде и др. показывают, что почвенные коллоиды сложены, главным образом, вторичными глинистыми минералами группы монтмориллонита (монтмориллонит, байделит, нонтронит), каолина и др.

Этими данными уже намечены существующие различия в составе коллоидных минералов при различных типах почвообразования.

И. Д. Седлецкий далее развил эти закономерности и выдвинул гипотезу о том, что минералы почвенных коллоидов являются, главным образом, продуктами почвообразования и их состав зависит в основном от характера почвенных процессов и от предшествующих стадий этих процессов. Такие минералы, как монтмориллонит, байделит и др., являются главными компонентами коллоидов солонцов, тогда как в подзолистых почвах преобладают минералы группы каолина. Отсюда был сделан вывод о том, что монтмориллонит, байделит и другие минералы составляют щелочную группу минералов и образуются в щелочной стадии почвообразования, главным образом, в условиях генезиса солонцов. Минералы группы каолина: каолин, накрит, диккит, галлуазит, пирофиллит и др., составляют группу кислых минералов, образующихся преимущественно в условиях генезиса подзолистых почв.

И. Н. Антипов-Каратаев и И. Д. Седлецкий (1937) установили монтмориллонитово-серицитовый состав коллоидов солонцов. Л. И. Прасолов, И. Н. Антипов-Каратаев и И. Д. Седлецкий нашли, что коллоиды темнокаштановых почв имеют также монтмориллонитово-серицитовый состав минералов.

В дальнейшем было показано (Седлецкий, 1938) на солонцах Заволжья, что образование коллоидных минералов солонцов идет параллельно с развитием процесса солонцеобразования. Эти данные согласуются с идеей Глинки о том, что каждой почве должен соответствовать свой состав специфических соединений (минералов).

Известно, что при монтмориллонитовом составе почвенных коллоидов адсорбционная способность почв значительно выше, чем при каолинитовом.

Антипов-Каратаев и Шлюнц показали зависимость величины усвояемого калия от содержания в коллоидах почв мусковита, серицита и других калийных минералов.

Таким образом, исследование качественного и количественного состава почвенных коллоидов может вскрыть основные черты почвообразовательных процессов, мало этого, оно может дать вместе с другими материалами существенные представления о производственных свойствах исследуемых почв.

Своей задачей мы и поставили получение детального материала для характеристики с физико-химических позиций главнейших почв Черниговской лесостепи: солонцов, солодей и выщелоченных черноземов.

Относительно генезиса почв района Черниговской станции К. К. Гедройц еще в 1923 г. писал: «Генезис этих почв еще мало выяснен и требует со стороны Станции дальнейшего, более детального изучения. Весьма вероятно, что почвы эти иного происхождения, что они представляют собой деградированные солонцеватые почвы». Позднее К. К. Гедройц уже более определенно пишет: «Одной из существенных особенностей почв средней части лесостепи Украины в генетическом отношении приходится, на основании всей совокупности данных, считать их бывшую некогда солонцеватость» (1926). Таким образом, К. К. Гедройц считает, что современные несолонцеватые почвы района Черниговской станции произошли из солонцеватых почв путем их деградации.

Согласно воззрениям К. К. Гедройца и последующих исследователей, почвы, в поглощающем комплексе которых содержится обменный натрий, как известно, носят название солонцеватых и солонцовых почв, при значительном (>20% от суммы оснований) содержании обменного натрия — солонцов.

Большинство почвоведов, вслед за Гедройцем, полагает, что солонцовый процесс вызывает разложение тонкодисперсных силикатов почвы на конечные их продукты, которые легко могут вымываться в нижележащие горизонты, причем освобождающийся аморфный кремнезем в той или иной части выпадает в месте освобождения из алюмосиликатов и остается в верхнем горизонте.

При дальнейшем переходе солонцовой стадии в стадию осолодения процесс разрушения тонкодисперсной фракции почв происходит еще более энергично, еще больше накапливается в верхнем горизонте аморфной SiO_2; происходит полное нарушение соотношения между минеральной и гуматной частями почвы.

Благодаря последним работам почвоведов, главным образом почвоведов-физикохимиков, к настоящему времени схема солонцовых процессов представляется несколько иной. Так, И. Н. Антипов-Каратаев считает, что солонцовый процесс не является таким радикальным в смысле разложения минеральной массы почвы, как представлялся он до сих пор. И. Н. Антипов-Каратаев проблему солонцеобразования ставит в связь с повышением лиофильности или гидрофильности почвенной системы под влиянием обменного натрия, т. е. как проблему коллоиднохимического взаимодействия между дисперсионной средой и дисперсной фазой. Под влиянием изменения состава обменных катионов происходит изменение условий и характера взаимодействия двух фаз системы, в частности изменение категории связанной воды.

Вода, мобилизованная коллоидной системой, согласно современным представлениям, подразделяется на следующие категории: 1) химически связанную воду и 2) физически связанную воду. Последняя в свою очередь подразделяется на: а) адсорбционную воду, б) связанную воду, молекулы которой ориентированы вокруг адсорбционного слоя, и в) осмотическую воду.

Толщина слоя рыхло связанной воды в коллоидных системах может изменяться под влиянием изменения состава обменных оснований, характера и концентрации электролитов и пр. Чем толще слой связанной воды, тем расклинивающее ее действие в отношении аггрегатов больше, и последние (аггрегаты) должны распадаться на первичные частицы.

При процессах, направленных к стабилизации систем, И. Н. Антипов-Каратаев различает три рода явлений: пептизацию, диспергирование и расстворение. Под пептизацией понимается расчленение аггрегатов на первичные частицы, под диспергированием — дробление первичной массивной

частички на более мелкие, растворение же — процесс перехода всей частицы или части ее ядра в молекулярный раствор.

Наиболее благоприятные условия для пептизации почвенных аггрегатов осуществляются при предельных степенях гидратации системы, насыщенной, главным образом, одновалентными катионами, например натрием.

По представлениям того же автора, в солонцовом процессе преобладающим является пептизационный процесс и отчасти диспергационный, при высоких степенях солонцеватости нарастает и частичное растворение.

Изложенные в дальнейшем результаты исследований почв солонцового ряда рассматриваются нами с коллоиднохимической точки зрения.

2. Естественноисторические условия района исследований

Район деятельности Черниговской станции распространяется на среднюю часть Черниговской лесостепи, на область Днепровско-Деснинских террас, или на так называемую Приднепровскую впадину. Последняя представляет собой обширную пониженную равнину с постепенным падением на запад от Украинских высот и Полтавского плато к долине р. Днепра.

В образовании первоначального рельефа Приднепровской впадины решающее влияние оказали ледник и Днепр с его притоками. Процессы отложения лёсса и эрозионно-аккумулятивные явления завершили его дальнейшее формирование.

Геоморфология Североукраинского бассейна в последние годы нередко трактуется преимущественно как описание и объяснение формирования его современной поверхности; главным образом, путем денудации и образования террас в течение четвертичного периода.

Историю долинного и террасового ландшафта Украины впервые попытался установить И. Ф. Леваковский. Он указал на наличие трех террасовых уровней в некоторых местах днепровского левобережья и в частности в южной части Черниговской обл.

Существенное дополнение и топографическое уточнение в геоморфологическую концепцию Леваковского внес своими работами А. В. Гуров. По данным Гурова, местность Североукраинского бассейна (в пределах б. Полтавской губ.) не понижается равномерно, а падает несколькими слабо покатыми террасами, отделенными одна от другой заметными уступами.

Если придерживаться схемы Гурова, то на территории южной части Черниговской лесостепи можно выделить следующие геоморфологические элементы: 1) заливную, или поемную террасу р. Днепра, 2) среднюю террасу и 3) возвышенное плато. Позднее Д. Соболев, подводя итоги многолетних исследований ряда авторов о четвертичных террасах Североукраинского бассейна, выделяет следующие террасы: 1) пойму, или луговую террасу, 2) среднюю террасу и 3) главную, или верхнюю террасу.

По данным Гурова и других авторов, северо-восточная часть области представляет собой возвышенное плато (с высотами от 150 до 200 м), пересеченное глубокими речными долинами, балками и оврагами, сообщающими местности холмистый характер.

Третья терраса по устройству поверхности представляет собой обширную равнину, прорезаемую в различных направлениях реками, заключенными большей частью в болотистых аллювиальных долинах, окаймленных плоскими берегами, незаметно сливающимися с окружающей степью. Абсолютные высоты местности колеблются здесь от 100 до 136 м.

Некоторыми геологами отмечается, что местами среди третьей террасы сохраняются более или менее значительно уцелевшие от размыва клочки коренного плато. К такому уцелевшему острову относится довольно большая площадь. Это так называемое «Носовское плато», абсолютные высоты которого колеблются от 130 до 142 м. Оно ограничено с севера болотистой низиной.

Территории Черниговской станции и ее опорного пункта расположены в северной части Носовского плато, вернее, на переходе от плато к третьей террасе. Последняя в отношении рельефа весьма однообразна на всем своем протяжении. Это типичная равнина, на поверхности которой всюду разбросаны обширные слабые понижения, западины, блюдца и воронки. Отсутствие балок и ложбин ведет к тому, что выпадающие осадки, особенно весенние воды после снеготаяния, собираются в понижениях и надолго задерживаются на поверхности почвы.

Верхняя толща Приднепровской впадины сложена, главным образом, послетретичными отложениями. Появление последних связано с ледниковой эпохой, когда с севера двигались большие ледяные массивы — ледники. Оледенение это было связано с увлажнением климата, почему наступлению его предшествовало время значительного усиления деятельности воды.

Ледниковые отложения Г. Ф. Мирчинк делит на три фазы: на отложения наступления, стационарного стояния и отступления ледника. Наступление ледника сопровождалось образованием впереди ледника значительного количества песков. Далее, в следующий период наибольшего развития ледниковых явлений, образовалась морена. Наконец, отступление ледника, вызванное постепенным иссушением климата, сопровождалось сравнительно слабым развитием эрозионной и аккумулятивной деятельности воды, когда отложились покровные образования.

Морена во время оледенения была отложена почти на всей территории Приднепровской впадины, и если в настоящее время мы ее во многих местах не находим, то это обязано позднейшим процессам размыва.

В южной части Черниговской обл. развиты два типа морены, регионально приуроченные к области верхней террасы Днепра.

Первый тип морены, широко распространенный на высокой террасе и Носовском плато, — довольно плотная, сверху красноватая, глубже желто-бурая и желтовато-серая валунная супесь с мелкими валунчиками северных пород. Подстилающие морену слои представлены однородными по составу суглинками. На территориях плато морена по морфологии близка к морене высокой террасы. Она представляется желто-бурой массивной валунной супесью мощностью больше 11 м.

Между мореной и верхней толщей лёсса многими авторами отмечается присутствие погребенной почвы, близкой по физическим свойствам к верхним лёссам.

Смена почвенных типов в вертикальном направлении от морены к вышележащему лёссу дала возможность некоторым исследователям установить следы полного цикла изменений климата от полярного до степного.

А. И. Москвитин отмечает, что из сотни мест, где обнажениями вскрыты слои между верхним лёссом и мореной, в 10 случаях им обнаружены были погребенные почвы, причем он даже различает их по типам, а именно: внизу залегает подзол, вверху — рендзина, в средине же — черноземы (а в рисс-вюрмских долинах найден даже столбчатый солонец).

Первые наблюдения над погребенными черноземами были сделаны еще в 70-х годах прошлого столетия проф. Феофилактовым близ г. Лубны. В 1892 г. П. Я. Армашевский опубликовал результаты анализов семи образцов гумусового лёсса и установил, что этот лёсс залегает между мореной и верхним лёссом. На нахождение в Черниговской обл. погребенных почв указывали и почвоведы В. В. Геммерлинг, А. М. Порубиновский, Крокос и др.

Таким образом, начало эпохи, следовавшей за ледниковым периодом, было временем сравнительно влажного климата, когда образовалась ныне ископаемая почва. После этого климат все время становился суше и теплее, наступает время образования лёсса.

3. Материнские породы

Материнскими породами почв в описываемом нами районе является лёсс. «В смысле типичности лёсс Носовского плато (по описанию Саваренского) несколько уступает более южному и восточному лёссу, хотя и удовлетворяет обычным предъявленным к лёссу требованиям» (1929, стр. 19). Он палево-или серовато-желтоватого цвета, по механическому составу довольно однородный, с характерным для лёсса преобладанием частиц тонкопесчаной пыли (фракция с диаметром частиц 0.05—0.01 мм), количество которых достигает 60—75%. По данным минералогического анализа, эта фракция содержит до 80% неокатанных угловатых зерен и осколков прозрачного кварца. Карбонаты в породе распределены равномерно и иногда образуют тонкие жилки, наподобие мицелия.

Лёсс представляет собой породу средней связанности, довольно пористую, способную при высыхании раскалываться на призматические или столбчатые отдельности. Верхние слои лёсса часто бывают перемешаны с почвой от действия копающих животных.

Многими авторами отмечается, что лёсс Приднепровской впадины в большинстве случаев сопровождается явными признаками оглеения на той или другой глубине, что связано с характером подстилающих пород и отсюда уровнем грунтовых вод. Оглеение особенно резко выражено в микрорельефных понижениях.

В таких местах вся толща лёсса оказывается сильно увлажненной и характеризуется явными признаками раскислительных процессов и оглеения. Оглеенный лёсс по своим морфологическим признакам резко отличается от типичного лёсса. Он имеет зеленовато-серую окраску, на фоне которой резко выделяются полосы и пятна ржаво-бурого цвета и черные марганцовые пунктации.

Лёсс коренного плато, по описанию Москвитина, очень типичен: он имеет палевый или серовато-палевый цвет, является однородным и обладает столбчатыми отдельностями, пронизан бесчисленными порами, в верхних слоях непосредственно под почвенным профилем он почти всюду перемешан землероями с черноземом. На глубине 1.5—2 м и ниже лёсс окрашен в слегка буроватый цвет и местами содержит ортштейновые зерна, содержащие соединения марганца. Лёссы Носовского плато отличаются более легким механическим составом.

В табл. 1 приведены сравнительные данные механического состава лёссовых пород описываемого района.

Из приведенных данных видно, что наиболее легкой породой является лёсс района Черниговской станции (разр. 173), где количество песка достигает 37.8%, тогда как в лёссе коренного плато (разр. 49) содержание песчаных частиц не превышает 18% и еще меньше их в разрезе 1. Максимум илистых и коллоидных частиц содержится в разрезе 1 (18%), минимум — в разрезе 173 (12%). Из этой же таблицы видно, что наши данные механического состава вполне совпадают с данными проф. Махова и данными б. Почвенной лаборатории Черниговского губернского земства, полученными для лёссов соседних районов. Расхождение с нашими материалами показывают данные Ф. П. Саваренского.

Таким образом, лёссы нашего района относятся к песчано-пылеватым суглинкам.

4. Минералогический состав лёссовых пород

Известно, что разные минералы обладают различной сопротивляемостью по отношению к факторам выветривания. При химическом выветривании породы могут обогащаться одними минералами и обедняться другими, и,

ТАБЛИЦА 1

Механический состав материнских пород (в %)

№ разреза	Глубина в см	1—0.25 мм	0.25—0.05 мм	Всего песка	0.05—0.02 мм	0.02—0.005 мм	0.005—0.002 мм	Всего пыли	0.002—0.0002 мм	< 0.0002 мм	Всего < 0.002 мм
Данные наших анализов (Пептизация NaOH после удаления карбонатов и обменных оснований)											
1	190—200	0.50	9.59	10.09	60.78	8.82	2.58	71.18	3.81	14.27	18.08
	100—110	0.39	19.61	20.00	48.72	21.10	3.01	63.83	1.23	14.94	16.17
	210—220	2.93	15.45	18.33	51.84	13.80	2.15	67.30	1.53	12.79	14.32
49	150—155	1.99	16.41	18.40	48.15	17.07	15.56	—	—	—	—
		1.08	14.11	15.19	50.39	16.81	18.45	—	—	—	—
173	115—125	0.70	22.89	23.59	42.44	16.40	1.65	60.49	3.96	11.94	15.91
	190—200	6.15	31.69	37.84	39.56	10.29	0.23	50.08	2.41	9.66	12.07
	—	0.05	5.42	5.47	57.44	21.28	1.44	80.16	—	—	13.67 По методу Гедройца
	—	1.20	24.97	26.17	48.57	25.26	—	—	—	—	По методу Сабанина
Данные других авторов						0.01—0.005 мм	< 0.005 мм				< 0.001 мм
						17.07	15.56	—	—	—	—
						16.81	18.45	—	—	—	—
						21.28	1.44	80.16	—	—	13.67 По методу Гедройца
						< 0.01 мм					
						25.26	—	—	—	—	По методу Сабанина

наконец, могут возникать и новые минералы. Наиболее твердые минералы, как кварц и полевые шпаты, преобладают всегда среди крупных фракций и, наоборот, наиболее мягкие минералы претерпевают наиболее сильное дробление и поэтому преобладают в тонких фракциях (слюда). Таким образом, соотношение между размерами частиц и их химическим составом в конечном счете зависит от свойств входящих в породу минералов.

Имеющиеся в литературе материалы по изучению минералогического состава почвообразующих пород крайне скудны. Немногие данные по определению минералогического состава лёссов Черниговской и Полтавской областей впервые мы встречаем в работах Армашевского, Гурова, Чирвинского. Но эти авторы ограничились недостаточной теперь одной качественной характеристикой минералов, входящих в состав исследованных ими лёссов.

В последнее время для решения вопроса о генезисе четвертичных отложений некоторые геологи, а также и почвоведы начинают широко пользоваться количественными минералогическими анализами (М. П. Казаков, 1935; И. Н. Антипов-Каратаев, 1936—1937).

М. П. Казаковым исследовались образцы украинского лёсса района Полтавы. Автор находит, что породообразующим материалом южного лёсса является преимущественно кварц, а остальные минералы составляют незначительный процент. По данным этого автора, частицы размером 0.5—0.25 мм примерно на 60% представлены прозрачным кварцем, остальная часть фракции состоит из песчано-известковых и известковых шаровидных стяжений и трубочек.

Фракция 0.25—0.05 мм в основной массе также представлена на 90% зернами бесцветного кварца, реже с налетами окислов железа и углекислого кальция. Темные пироксены и роговые обманки составляют около 5%. Зерна полевого шпата встречаются редко; также очень редко встречаются выветрелые зерна магматических пород, листочки мусковита, призмы турмалина и зерна бурого железняка. Фракция 0.05—0.01 мм характерна большим содержанием мусковита, почти полным отсутствием остатков магматических пород и малым количеством полевых шпатов. Для лёссовых образований различных частей Украины подробные минералогические данные мы находим в Трудах Комиссии по изучению четвертичного периода (1938). В этой работе дается минералогический состав двух фракций: 0.25—0.05 и 0.05—0.01 мм с разделением каждой на «тяжелую» и «легкую» подфракции.

В состав легких минералов входят кварц, полевые шпаты (ортоклаз, микроклин, альбит), слюды, глауконит.

Среди частиц 0.25—0.05 мм подсчитанное количество зерен кварца составляло 75.3%, количество зерен полевого шпата 23% (от всей минеральной массы). В составе фракции 0.05—0.01 мм количество кварца уменьшается иногда до 50%, и, наоборот, значительно увеличивается количество полевых шпатов, до 50%. Слюд в образцах лёсса оказалось очень мало. Состав тяжелой фракции, несмотря на незначительное ее количество (от 0.26 до 3.92% в составе фракции 0.25—0.05 мм и от 0.12 до 0.92% для частиц 0.05—0.01 мм), оказался более разнообразным.

В составе тяжелых минералов обнаружены непрозрачные минералы (в частности, магнетит, бурый железняк, пирит) — до 40—64%, гранат 5—19%, циркон 6—20%, рутил 6—17%, эпидот 2—16% и роговая обманка. Эти же тяжелые минералы были обнаружены Чирвинским в валунных суглинках Черниговщины.

Исходя из последних данных, некоторые авторы полагают, что главным исходным материалом для образования лёсса были те же породы, из которых формировались моренные. Это и служит основанием для обозначения их как «гляциальных», в отличие от лёссов других районов СССР — Средней Азии, Кузбасса и т. д., где развиты лёссы «экстрагляциальные» (И. П. Герасимов и М. М. Шукевич, 1939).

Теперь перейдем к рассмотрению наших данных минералогического состава лёсса высокой террасы и Носовского коренного плато (табл. 2).

Для минералогического анализа нами разделялись отмучиванием по Сабанину образцы породы, подготовленные пептизацией при помощи NaOH после удаления карбонатов и обменных оснований на фракции 0.25—0.02 и 0.02—0.002 мм.

Минералогический анализ выполнен А. Н. Петровской под руководством проф. Е. В. Рожковой.

Как тяжелая, так и легкая фракции изучались иммерзионным методом, с подсчетом зерен отдельных минеральных компонентов. Подсчитывалось как в тяжелой, так и в легкой части по 1000 зерен, и на основании этих подсчетов вычислялось процентное содержание каждого минерала.

Пользуясь весовыми соотношениями отдельных фракций, было вычислено процентное содержание отдельных минералов в породе (и почвенных образцах).

Из приведенных в табл. 2 данных явствует, что кварц является главной составной частью фракции легких минералов, — его количество достигает 65—70% в составе частиц 0.25—0.02 мм и 10—14% в составе частиц 0.02—0.002 мм; всего же кварца в почве от 75 до 80% (сюда не входит фракция $< 2\ \mu$).

Количество полевых шпатов незначительно — от 0.50 до 0.86%. Необходимо отметить, что при анализе среди хорошо видимых зерен кварца и полевых шпатов присутствовали в том или ином количестве аггрегаты из

ТАБЛИЦА 2

Минералогический состав фракций $> 2\ \mu$ лёссовых пород Черниговщины (среднее для 3 образцов) (в %)

Минералы	От фракции		От всей породы		
	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	Всего в почве
Кварц	96—99	93—99	65—70	10—14	75—80
Полевые шпаты	0.8—1.1	0.40—0.80	0.42—0.74	0.08—0.12	0.50—0.86
Слюды	ед.	ед.	—	—	—
Карбонаты	1.80—2.30	2.20—6.20	1.26—1.54	0.25—0.95	1.50—2.00
Циркон	14—18	3—6	0.06—0.10	0.01—0.007	0.07—0.11
Турмалин	0.10—1.50	0.6—1.00	0.001—0.009	0.001—0.003	0.002—0.012
Рутил	4—5	2.50—4.50	0.017—0.026	0.004—0.015	0.021—0.070
Гранат	10—13	3.50—4.80	0.042—0.081	0.008—0.010	0.050—0.015
Эпидот	2.0—2.5	2.30—2.80	0.007—0.013	0.004—0.008	0.011—0.021
Цоизит	0.40—0.80	1.50—2.80	0.002—0.005	0.004—0.005	0.005—0.010
Ставролит	ед.	—	—	—	—
Кианит	0.20—0.40	ед.—0.40	0.002—0.003	—	0.002—0.003
Силлиманит	—	—	—	—	—
Апатит	0.40—0.60	—	0.002	—	0.002
Роговая обманка	10—21	36—28	0.040—0.150	0.060—0.114	0.080—0.18
Ильменит	41—50	—	0.154—0.270	—	0.154—0.270
Окислы железа	1.90—2.80	42—44[1]	0.006—0.020	0.070—0.139[1]	—

глинистых частиц, видимость которых была резко затушевана. Возможно, что часть из этих аггрегатов может принадлежать сильно выветрившимся полевым шпатам.

Состав тяжелой фракции, несмотря на незначительное ее количество, оказался более разнообразным. В составе тяжелых минералов количест-

[1] Во фракции 0.02—0.002 мм окислы железа даются вместе с ильменитом.

венно преобладают ильменит, роговая обманка, циркон, гранат, рутил, эпидот и окислы железа.

Намечается следующая закономерность: с уменьшением размера частиц отчетливо уменьшается содержание кварца и увеличивается количество карбонатов; в группе тяжелых минералов повышается содержание эпидота, цоизита и роговой обманки.

Устанавливаемая закономерность в количественном распределении минералов по отдельным фракциям в конечном счете зависит от свойств самих минералов в смысле их стойкости к физическим и химическим воздействиям при процессах выветривания.

Почти полное отсутствие слюд как среди легких, так и тяжелых минералов крупных фракций указывает на то, что они претерпели сильное дробление и под действием агентов химического воздействия либо разложились вовсе, либо превратились во вторичные минералы серицитовой группы.

Роговая обманка, эпидот и цоизит являются достаточно устойчивыми минералами.

Таким образом, минералогический состав лёссовых пород дает основания считать эти лёссы кварцево-известковыми. По мере движения на юг минералогический состав лёссовых отложений резко начинает меняться, повышается содержание полевых шпатов и слюд до 18—20%; состав и количество тяжелых минералов остается почти неизменным. Причину этой дифференциации лёссов И. П. Герасимов и М. М. Шукевич (1939) видят в условиях стока вод и аккумуляции наносов в древней долине Днепра, выше и ниже порогов.

ТАБ

Химический состав грун

№ п.п.	Почва или порода	Глубина воды в м	Плотный остаток: сухой	Плотный остаток: прокаленный	Щелочность: общая	Щелочность: от нормальных карбонатов	Щелочность: от щелочных бикарбонатов
1	Содовый солончак	1.5—2	0.72	—	0.722 / 11.8	0.177 / 5.9	—
2	Засоляющаяся луговая почва	1.5—2	0.31	—	0.303 / 4.9	0.051 / 1.7	—
3	Выщелоченный и осолоделый черноземы	2.5	0.39	0.28	0.423 / 6.99	—	0.053 / 0.9
4	То же	40	0.38	0.26	0.400 / 6.56	—	—
5	Нижний лёсс	19	0.36	0.30	0.373 / 6.11	—	0.129 / 2.1
6	Погребенные почвы	10—12	3.166	2.802	0.470 / 7.70	—	0.063 / 1.00
7	То же	7	2.916	2.033	0.698 / 11.4	—	0.040 / 0.70
8	Морена	7	0.346	0.228	0.342 / 5.60	—	0.229 / 3.7
9	Солонцы	2—3	2.012	1.402	0.822 / 13.5	—	0.244 / 4.00

Сопоставляя наши данные с данными минералогического состава для моренных отложений Черниговской обл. (В. Н. Чирвинский, 1914), мы, как и другие авторы, считаем источником для образования лёссовых отложений описываемого района моренные и водно-ледниковые отложения гляциальной области. Что касается вопроса об изменении минералогического состава материнской породы под влиянием процессов почвообразования, то мы его коснемся при рассмотрении минералогического состава самих почв.

Химический состав лёссов — материнских пород наших почв — точно так же будет рассмотрен одновременно с соответствующими данными для почвенных горизонтов.

5. Грунтовые воды

В силу неоднородности геологического и геоморфологического строения южной части Черниговской обл. глубина и характер залегания грунтовых вод подвержены значительным колебаниям в пределах этой территории.

Грунтовые воды третьей террасы и Носовского плато, благодаря малой расчлененности местности и почти полному отсутствию стока, залегают на незначительной глубине. Этот водоносный горизонт (верховодка) приурочен к верхней толще лёссовидных суглинков и не отличается ни мощностью, ни постоянством дебита. Уровень его, в зависимости от количества выпадающих осадков, а также времени года, подвержен колебаниям.

Второй горизонт грунтовых вод лежит значительно глубже первого и обладает большей мощностью и постоянством дебита, как горизонт, имеющий более обширную область питания.

ЛИЦА 3

товых вод в г/л / м-экв.

Cl′	SO_4''	Ca˙˙	Mg˙˙	Na˙	Источник (авторы)
0.040 / 1.1	0.031 / 0.6	0.012 / 0.60	0.048 / 4.0	0.20 / 8.9	Иванова Е. Н., 1939
0.016 / 0.5	0.025 / 0.5	0.010 / 0.5	0.044 / 3.6	0.05 / 2.3	То же
Нет	Нет	0.055 / 2.75	0.040 / 3.30	— / 1.49 по разн.	Саваренский Ф. П., 1924
—	—	0.08 / 4.0	0.030 / 2.50	—	То же
0.002 / 9.06	0.006 / 0.15	0.028 / 1.4	Не опр.	—	Москвитин А. И., 1933
0.174 / 5.00	0.020 / 0.50	Не опр.	» »	—	То же
0.176 / 5.00	0.017 / 0.42	» »	» »	—	»
Следы	Следы	0.043 / 2.15	» »	—	»
0.162 / 4.60	0.016 / 0.40	0.054 / 2.70	» »	—	»

Гораздо реже верховодка встречается на коренном плато, где уровень ее в этих случаях опускается до значительной глубины. Грунтовые воды других горизонтов здесь опускаются еще ниже.

Хорошими по качеству являются воды нижних горизонтов, залегающие в нижнем ярусе лёсса и в древнеречных ложах. Чрезвычайно сильно минерализованной оказывается вода в случае ее залегания непосредственно над горизонтами погребенных миндельрисских (по Москвитину, 1933, стр. 274). почв или же в них самих.

В табл. 3 приводятся данные химического анализа грунтовых вод, заимствованные нами из работ Ф. П. Саваренского (1924), А. И. Москвитина (1933) и Е. Н. Ивановой (1939).

Из табл. 3 видно:

1. Вода в участке опорного пункта с небольшой глубины под рассоляющимся содовым солончаком характеризуется значительным содержанием соды и небольшим количеством хлоридов и сульфатов (не больше 1.7 м-экв./л против 11.8 м-экв. общей щелочности).

2. Вода с того же участка под засоляющейся луговой почвой также содержит соду, но уже в меньшем количестве (общая щелочность не более 5 м-экв.)

Водорастворимые соли состоят, главным образом, из бикарбонатов Ca и Mg и очень мало Na.

3. Вода из нижнего лёсса показывает содержание минеральных веществ в пределах допустимой нормы, и на плато многие колодцы для питьевой воды доведены до этой нормы.

4. Вода из горизонтов погребенной почвы достаточно минерализована. В состав водорастворимых солей входят, главным образом, хлориды и отчасти бикарбонаты, повидимому, натрия.

5. Воды из горизонтов морены минерализованы слабо.

6. Верховодка в лёссе или в аллювии верхней террасы достаточно минерализована, преобладают, повидимому, соли натрия и кальция.

Воды описываемого района по их химическому составу можно объединить в четыре группы.

Первая группа с наиболее высокой минерализацией и присутствием в составе солей нормальных карбонатов приурочена, главным образом, к пониженным частям высокой террасы. Эти воды иногда близко подступают к поверхности и вызывают вторичное (содовое) засоление почв. Обогащение этих вод нормальными карбонатами обязано чисто почвенным процессам.

Вторая группа вод, также с высокой минерализацией, приурочена, главным образом, к погребенным почвам. По составу и количеству солей эти воды близки к водам первой группы. В современных условиях их влияние на почвообразовательные процессы почти исключено. Правда, не исключена возможность передвижения их (при боковом токе) в пониженные части рельефа и влияния здесь на почвообразование.

Третья группа вод минерализована слабо, влияние на засоление почв должно быть ничтожно.

Четвертая группа — пресные воды глубоких горизонтов.

II. О ПОЧВАХ

1. Литературные данные

Первые, далеко не полные сведения о почвах Черниговской обл. мы встречаем в материалах по оценке земельных угодий, принадлежащих б. Черниговской губернской земской управе, и несколько позже такие же сведения собраны в материалах к оценке земель б. Полтавской губ., составленных под руководством проф. Докучаева (1892); эти данные вошли в его книгу «Русский чернозем».

В. В. Докучаев пересек маршрутами территорию б. Черниговской губ. и установил в районе Нежина — Бобровицы преобладание довольно темных супесчаных черноземов мощностью 45—90 см. Кроме того, им указывается на распространение в этом районе солонцовых почв. Начиная с 1903 г., в течение ряда лет почвенный покров б. Черниговской губ. изучался специальными экспедициями губернского земства.

Этими исследованиями охвачены были б. Остерский, Нежинский, Гордянский, Конотопский, Глуховский и ряд других уездов, в результате чего были даны предварительные почвенные очерки и карты.

На основании этих материалов почвы территории б. Черниговской губ. сведены к следующим основным типам: 1) черноземы, 2) лесные земли, 3) подзолистые почвы и 4) солонцы и солончаки.

Эта классификационная схема строилась, главным образом, на основе только полевых материалов, вследствие этого в ней допущен ряд неточностей.

Более глубоким изучением отдельных почвенных типов и их разновидностей на территории современной Черниговской обл., до момента организации опытной станции, почти никто из исследователей не занимался.

Изучение почвенного покрова Черниговской областной сельскохозяйственной опытной станции впервые было произведено в 1915 г. Ф. П. Саваренским. По мнению Ф. П. Саваренского, «основной фон почвенного покрова опытного поля составляет чернозем; в нем вкраплены по западинам темноцветные, но оподзоленные в глубоких своих горизонтах «почвы западин».

По данным Саваренского, содержание гумуса в черноземах составляет от 3.2 до 3.5%. При этом содержание гумуса с глубиной постепенно падает, но на глубине около 2 м обнаруживается еще 0.5% гумуса.

На основании морфологических данных и данных валовых анализов, Саваренский носовские черноземы относит «если не к явно деградированным, то слабо деградированным или выщелоченным».

Работа Саваренского, в виду ее территориальной ограниченности, полного представления о почвах, даже черноземного типа, распространенных в районе станций, не дает, в частности не вскрывает их генетической связи с солонцеватыми разновидностями и солонцами, которые имеют значительное распространение в этом районе.

Характер почвообразования для Носовского плато с достаточной полнотой освещен в ряде работ акад. К. К. Гедройца.

Основываясь на данных глубокого изучения физико-химических свойств этих почв, К. К. Гедройц неоднократно отмечал, что носовские почвы, несомненно, должны быть отнесены к почвам черноземного типа почвообразования. Кроме того, им высказано предположение о существовании тесной генетической связи между несолонцеватыми черноземными почвами и солонцами: «Раз в окрестностях Макеевки имеются в настоящее время солонцы и солонцеватые почвы разной степени солонцеватости и раз в настоящее время констатируется естественный процесс их рассолонцевания, в конечном итоге которого должны получаться несолонцеватые почвы, то и нынешние несолонцеватые черноземы Макеевки прошли через стадию солонцеватости, но или степень этой бывшей солонцеватости была у них ниже, чем она была в то же время у нынешних солонцеватых почв, или условия промывания были там лучше, чем у почв, оставшихся и ныне солонцеватыми» (Гедройц, 1928).

Однако прямых объективных признаков о происхождении несолонцеватых почв Приднепровской впадины путем их рассолонцевания К. К. Гедройцем не дано, и допущения его построены лишь на косвенных признаках, какова географическая связь этих почв с солонцами, бедность их органическим веществом и т. п.

Причины засоления почв Приднепровской впадины К. К. Гедройц свя-

зывает с переносом легкорастворимых солей с соседних, более повышенных (западной и восточной) частей территории, образовавшихся в результате процессов выветривания, причем последние процессы и явились источником солей, вызвавших засоление почв Приднепровской впадины. Допущения К. К. Гедройца о бывшей когда-то солонцеватости почв Приднепровской впадины некоторыми почвоведами оспариваются. Так, проф. Махов (1930) на основании своих морфологических наблюдений над лёссами под посовскими черноземами приходит к выводу, что лёсс до глубины 2 м сохраняет habitus неметаморфизованной породы и не имеет каких бы то ни было следов древнего увлажнения грунтовыми водами, что принуждает его высказаться против гипотезы К. К. Гедройца о происхождении несолонцеватых черноземов из засоленных и солонцеватых разновидностей почв.

Доводы проф. Махова, по нашему мнению, не опровергают высказанного предположения К. К. Гедройца. Но существенным упущением в гипотезе К. К. Гедройца о причинах засоления почв Приднепровской впадины является полное отсутствие связи этой гипотезы с вопросами гидрогеологии страны. В истории Приднепровской впадины были моменты, когда грунтовые воды были обогащены растворимыми солями и уровень их стоял близко от поверхности. В этот период почвы речных террас безусловно подвергались засолению — образовывались солончаки. В дальнейшем при опускании грунтовых вод начинались процессы вымывания легкорастворимых солей; и солончаки могли переходить в солонцы.

Процессы деградации карбонатных солонцов могли итти в двух различных направлениях, а именно: либо через стадию осолодения, либо через стадию одернения солонцов, причем последний процесс приводит к образованию из солонцов нормальных почв. Эти предположения согласуются с предположениями специалистов-четвертичников. С. С. Соболев (1929) считает, что в южной части Черниговщины имело место вторичное засоление почв (1-я реградация солончаков), и в настоящее время наблюдается уже третье засоление почв (2-я реградация солончаков).

В последнее время, начиная с 1926 г., наиболее детальное изучение почв Приднепровской впадины было произведено рядом исследователей, главным образом украинскими почвоведами: И. И. Канивцем, Н. Д. Васько, В. И. Самбуровым, Д. Г. Виленским и др.

В вопросе генезиса почв левобережья Днепра И. И. Канивец в основном придерживается точки зрения, развитой акад. Гедройцем. В. И. Самбуров выделяет эти почвы в особый ряд солонцеватых и осолоделых почв, подразделяя их на слабо, средне и сильно солонцеватые, слабо, средне и сильно осолоделые черноземы.

2. Морфологические признаки исследованных почв

Для изучения генезиса почв южной части Черниговской обл. работниками опытной станции были выделены следующие почвенные разновидности: выщелоченный чернозем, осолоделый чернозем и корково-глыбистый солонец-солончак.

Выщелоченный чернозем является наиболее характерной почвенной разновидностью юго-восточной части области. Эта часть области, как уже отмечалось выше, представляет собой обширное плато коренного берега с довольно сильным расчленением поверхности. В зависимости от условий залегания здесь встречаются черноземы с различной степенью выщелоченности.

В кратких чертах остановимся на описании подробно исследованного средне выщелоченного чернозема.

Залегают эти черноземы на плоских повышениях межбалочных водоразделов. Мощность гумусового горизонта достигает у них 100—120 см; начало вскипания с глубины 70—80 см. Внизу почвенный профиль большей частью сильно перерыт землеройми. Для более полной характеристики приводим морфологическое описание разреза 49.

$A_1$0 — 17 см. — Пахотный, темноватосерый, пылевато-мелкокомковатый, белесые вкрапления.
$A_2$17 — 26 см. — Темноватосерый с седоватостью от обилия белесой присыпки.
A_3 26—40 см. — Темноватосерый, зернистый, пористый; по ходам и отдельностям белесая присыпка.
B_1 40—70 см. — Темноватокоричнево-серый, зернисто-мелкокомковатый, уплотнен, по ходам темная корочка.
B_2 70 — 95 см. — Коричнево-серый, угловато-мелкокомковатый, уплотнен, по ходам темная корочка с карбонатной плесенью.
B_3 95—120 см. — Светлосерый с коричневатым оттенком, встречаются кротовины.
BC 120—190 см. — Палевый, сеть карбонатных трубочек, как и в вышележащем, встречаются следы кротовин.
C 190—220 см. — Палевый с сетью карбонатных трубочек.
Вскипание от HCl с глубины 70 см.

Осолоделые черноземы наибольшим распространением пользуются в юго-западной части области. Развиваются они на широких равнинных пространствах и в слабых понижениях третьей террасы и Носовского плато. Материнскими породами их являются также лёссовидные пылеватые суглинки, но более легкого механического состава. Характерным для этих черноземов является отсутствие в них зернистой структуры, бедность их органическим веществом, появление в подпахотном горизонте слабых признаков слоевато-плитчатой структуры и наличие кремнеземистой присыпки на поверхности отдельностей. Общая мощность гумусовых горизонтов достигает 100—125 см. Начало вскипания варирует в довольно широких пределах: 80—100 см и ниже.

Приводим морфологическое описание разреза 173, заложенного на участке Черниговской станции:

$A_1$0 — 20 см. — Сухой темносерый, со слабым коричневатым оттенком, пылевато-комковатый, рыхлый, несколько опесчаненный, с заметным переходом в A_2.
A_2 20— 32 см. — Свежий темносероватый с буроватым оттенком, рыхлый, пластинчатый, плотнее верхнего. Переход в A_2 постепенный, много кремнеземистой присыпки, которая неравномерно покрывает структурные отдельности.
A_3 32— 49 см. — Свежий темноватосерый, с буроватым оттенком (буроватость выражена сильнее, чем в горизонте A_2), мелкокомковатый, с кремнеземистой присыпкой на гранях отдельностей. Переход в B_1 постепенный.
B_1 49— 72 см. — Свежий темноватобурый, неравномерно окрашен, рыхло-комковатой структуры, плотный с вертикальными ходами червей и еще заметной присыпкой.
B_2 72 — 95 см. — Свежий темноватожелто-бурый, плотнее B_1, комковатый с кремнеземистой присыпкой по ходам червей, вскипает от HCl с глубины 95 см.
B_3 95—125 см. — Свежий, серовато-желтый с затеками гумуса, переходит в подпочву. Плотный с червоточинами и карбонатной плесенью.
BC 125—140 см. — Свежий светложелтовато-палевый лёссовидный суглинок, с гумусовыми пятнами в виде кротовин. Карбонатные вещества и мелкая сеть карбонатных трубочек с кротовинами и едва заметными ржавыми пятнами.

Солонцы и солонцеватые почвы. В южной части Черниговской обл. большим распространением пользуются солонцы, солончаки и солонцеватые почвы на третьей террасе р. Днепра. Поверхность террасы имеет равнинный характер с частыми понижениями. Близость грунтовых вод и частая смена элементов микрорельефа в значительной степени создают особенные условия для почвообразования. Почвенный покров пестрый. Здесь распространены выщелоченные, осолоделые и солонцеватые черноземы, солонцы, солончаки и солоди.

Сильно солонцеватые черноземы залегают на нижних частях пологих склонов и в основании плоских понижений; солонцы и солончаки приуро-

чены к местам с сильно развитым микрорельефом с наличием большого количества блюдцеобразных понижений и слабых повышений, по форме имеющих различные очертания.

Согласно данным Е. И. Бойко (1938) о почвах стационара, блюдца в большинстве случаев заняты солонцевато-осолоделыми почвами, вокруг которых кольцами развиваются луговые карбонатные солончаковые почвы и на слабых повышениях корково-глыбистые солонцы.

Приводим морфологическое описание корково-глыбистого солончаковатого солонца (разр. 1, по Е. И. Бойко).

A_1 0—1.5 см. — Сухая белесоватая корочка с участками дернины.
B_1 1.5—12 см. — Свежий коричнево-черный с глянцем, с трудом разламывающийся на ореховато-призматические отдельности; плотный, много белесоватых пятен.
B_1 12—24 см. — Влажный, несколько светлее предыдущего, ореховатый, плотный, редкие белесоватые пятнышки.
B_2 24—40 см. — Сырой, сизовато-темноватосерый с глянцевитостью, зернисто-мелкоореховатый, вязкий, при высыхании твердеет, часто темные глянцевитые затеки по ходам червей.
B_3 40—70 см. — Мокрый, сизовато-серый с темными и серовато-палевыми пятнами кротовин, зернистый, вязкий, черные глянцевитые затеки по ходам червей.
B_4 70—100 см. — Мокрый, палево-серый с сизовато-серыми и охристыми пятнами, зернисто-мелкоореховатый, по ходам корней черный, глянцевитый налет.
BC 100—181 см. — Мокрый, серовато-палевый с сизоватыми и охристо-бурыми пятнами, по ходам червей черный налет.
C 181—200 см. — Мокрый, сизовато-палевый с охристыми и бурыми пятнами, лёссовидный суглинок.
Вскипание от HCl с поверхности.

Грунтовые воды в этой части опорного пункта стоят близко к поверхности. В зависимости от годового количества выпадающих осадков и времени года уровень их значительно колеблется. Следовательно, процесс развития солонцов и лугово-солончаковых почв протекает в условиях постоянной связи почвенного профиля с грунтовыми водами, в силу чего здесь происходит периодически то обогащение верхних горизонтов этих почв солями натрия (табл. 3), то затем вновь рассоление.

ТАБ

Данные анализа водных вытяжек валового

№ разреза	Почва	Глубина в см	pH	Валовое содержание гумуса в %	CO_2 в %	Водорастворимый гумус в %	Щелочность: Общая в %	Щелочность: От нормальных карбонатов в %
1	Корково-глыбистый солонец-солончак	0—0.5	10.30	0.83	0.92	0.014	0.366	0.013
		0.5—10	10.40	3.08	3.43	0.059	0.478	0.085
		24—34	9.25	1.54	7.60	0.049	0.235	0.007
		60—70	9.14	1.17	6.35	Не опр.	0.094	Нет
		190—200	8.80	0.65	4.08	» »	0.064	»
49	Выщелоченный чернозем	0—15	7.18	3.58	Нет	0.017	0.012	»
		30—40	7.50	3.08	»	0.017	0.019	»
		50—60	7.96	2.42	»	0.017	0.020	»
		100—110	8.46	1.63	4.60	0.017	0.054	»
		210—220	8.65	0.59	3.75	0.009	0.048	»
173	Осолоделый чернозем	0—5	6.02	3.51	Нет	0.023	0.009	»
		35—45	7.31	2.71	»	0.019	0.019	»
		55—65	7.40	2.74	»	0.019	0.022	»
		115—125	8.50	2.17	3.40	0.019	0.050	»
		190—200	8.65	0.59	4.93	0.017	0.047	»

Одной из существенных особенностей комплексных участков является то, что здесь в пределах небольших участков можно наблюдать пространственную смену процессов засоления, рассоления, осолодения и глубокого выщелачивания. Такая смена почв в пределах небольшого комплексного участка объясняется уровнем стояния грунтовых вод, рельефом местности, величиной и характером испарения воды с поверхности отдельных микрорельефных элементов. Значительная часть талых весенних вод сбегает в западины, заполняет их и надолго остается на поверхности этих западин. Вследствие этого повышается уровень грунтовых вод на площадках, соприкасающихся с этими блюдцами. В одних частях комплекса происходит опреснение грунтовых вод и рассоление грунтов, в других, наоборот, засоление. В последних случаях играет большую роль во вторичном засолении почв испаряющая поверхность бугорков и слабых возвышений. Почвы самих блюдец обычно выщелочены на большую глубину. Они имеют ясные признаки осолодения, однако в некоторых случаях замечается слабое вскипание от HCl с поверхности на 5—8 см. Последнее обстоятельство указывает на то, что обогащение верхнего горизонта карбонатами происходит, повидимому, за счет приноса этих солей с более высоких окружающих мест.

В местах, более удаленных от блюдцеобразных понижений, грунтовые воды залегают значительно глубже и, повидимому, являются менее засоленными, вследствие этого здесь солонцовый комплекс сменяется через слабо солонцеватые почвы нормальными и выщелоченными черноземами.

Выщелоченные черноземы обычно несут признаки осолодения в виде кремнеземистой присыпки и пластинчатого сложения верхних горизонтов; ниже гумусового горизонта до глубины 120 см обычно залегает горизонт выщелоченной подпочвы, коричневато-желтой окраски и рыхло-комковатой структуры; почвы вскипают с глубины 120—130 см.

3. Водорастворимые вещества, гумус и карбонаты

Переходим к данным исследования химических свойств наших почв. Водорастворимые вещества определялись из водных вытяжек, приго-

ЛИЦА 4

гумуса и CO_2 (анализы Г. М. Пономарева)

В %					В м-экв. на 100 г							
Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	HCO_3'	Cl'	SO_4''	Сумма анионов	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}$	Сумма катионов
0.016	0.017	0.041	0.004	0.099	6.00	0.44	0.35	6.79	2.05	0.33	4.31	6.69
—	0.016	0.039	0.003	0.175	7.83	—	0.33	8.16	1.95	0.19	7.61	9.75
0.004	0.012	0.015	0.007	0.069	3.87	0.11	0.25	4.23	0.88	0.38	3.00	4.26
0.006	0.006	0.013	0.005	0.025	1.54	0.17	0.13	1.84	0.65	0.41	1.10	2.16
0.011	0.004	0.013	0.005	0.008	1.05	0.31	0.09	1.45	0.65	0.41	0.35	1.41
0.009	0.008	0.007	0.003	—	0.20	0.26	0.16	0.62	0.35	0.25	—	0.60
0.003	0.002	0.006	0.001	—	0.31	0.08	0.04	0.42	0.30	0.08	—	0.38
0.002	0.007	0.006	0.002	—	0.32	0.06	0.14	0.52	0.30	0.16	—	0.42
0.002	0.016	0.021	0.004	—	0.90	0.06	0.34	1.30	1.05	0.32	—	1.37
0.002	0.016	0.021	0.003	—	0.80	0.06	0.34	1.20	1.05	0.25	—	1.30
0.017	0.008	0.012	0.002	—	0.15	0.50	0.16	0.81	0.60	0.17	—	0.77
0.004	0.008	0.010	0.002	—	0.31	0.12	0.16	0.60	0.50	0.17	—	0.67
0.004	0.006	0.012	0.002	—	0.36	0.11	0.13	0.60	0.60	0.17	—	0.77
0.002	0.014	0.016	0.002	—	0.82	0.06	0.30	1.18	0.80	0.17	—	0.97
0.006	0.014	0.019	0.002	—	0.77	0.17	0.30	1.24	0.95	0.17	—	0.12

товленных при отношении навески почвы к объему воды 1 : 5 и двухчасовым взбалтыванием на Schüttel-аппарате. Валовой гумус и CO_2 карбонатов определялись в приборе Кнопа (табл. 4).

Данные содержания водорастворимых веществ, валового гумуса и CO_2, сведенные в табл. 4, прежде всего указывают на бедность почв органическим веществом и на сильную выщелоченность черноземов. По количеству и характеру распределения гумуса выщелоченный и осолоделый черноземы почти не отличаются друг от друга. Валовое содержание гумуса в верхних горизонтах этих черноземов не превышает 3.5%, падение его с глубиной идет весьма постепенно, и на глубине 2 м обнаруживается еще 0.59%. Отсюда совершенно очевидна интенсивность разложения органических остатков в этих почвах и наличие частичного вымывания гумусовых веществ из верхних горизонтов в нижележащие.

По общему запасу гумуса в верхних горизонтах обе разновидности черноземов можно отнести к бедным черноземам. Количество гумуса в верхнем горизонте корково-глыбистого солонца достигает лишь 3% (за исключением верхней корочки толщиной 0.5 см), характер распределения его по профилю тот же, что и у черноземов, с той лишь разницей, что с глубины 10 см происходит более резкий скачок; ниже падение становится постепенным. Количество карбонатов в черноземах на глубине 100—120 см, по CO_2, не превышает 3.5—4.5%. Иное мы видим в солонце; здесь уже в солонцовом горизонте наблюдается наличие карбонатов. Максимум их содержится на глубине 24—34 см, затем идет постепенное падение к материнской породе, где количество их приближается к содержанию в материнской породе черноземных почв.

Данные анализа водорастворимых солей солонца-солончака (фиг. 1) приводят к следующим заключениям: 1) хлориды и сульфаты присутствуют в очень малых количествах; 2) состав водорастворимых солей преимущественно из бикарбонатов и карбонатов натрия, скопляющихся близ поверхности почвы по солончаковому типу; 3) источником карбонатного засоления являются грунтовые воды, на что указывают отсутствие или незначительное количество хлоридов и сульфатов, высокая щелочность в верхних горизонтах и резкое падение ее в подсолонцовом горизонте (см. разр. 1); 4) накопление соды в поверхностном горизонте в количестве до 0.1—0.2% заставляет допустить привнос ее и с окружающей местности, занятой засоленными почвами. Реакция среды (по pH) в верхнем горизонте сильнощелочная, в нижних щелочная, что характерно для содовых солонцов-солончаков.

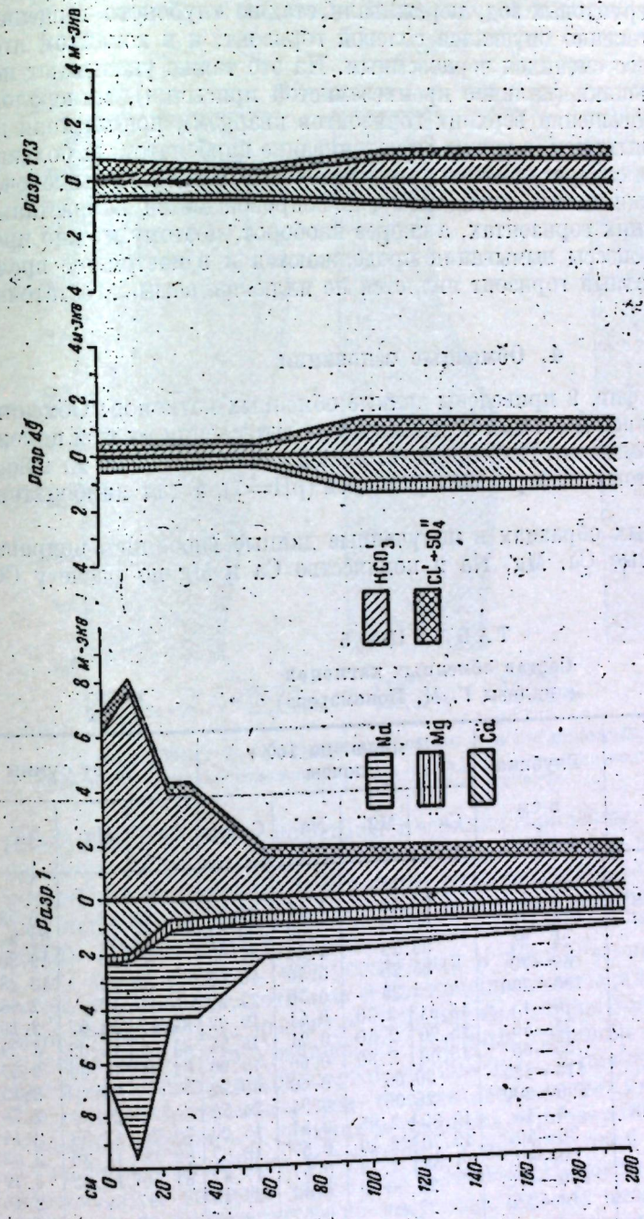
Данные анализа водорастворимых веществ в разрезах 173 и 49 не показывают существенного различия между выщелоченным и осолоделым черноземами. Хлориды и сульфаты здесь присутствуют еще в меньших количествах. Общая щелочность в верхних горизонтах до глубины 50—60 см достигает 0.02%, что дает основание говорить об участии солонцового процесса и процесса осолодения.

Резкое повышение общей щелочности в нижней части почвенного профиля, повидимому, связано с присутствием бикарбонатов и карбонатов натрия (см. анализ грунтовых вод, обр. 3, табл. 3).

Реакция среды (по pH) в верхнем горизонте выщелоченного чернозема нейтральная, в нижних — щелочная (до 8.5); в осолоделом черноземе актуальная кислотность в верхнем горизонте уже сдвигается в слабокислую область (pH=6), книзу она переходит в слабощелочную, а с глубины 100 см она того же порядка, что и в выщелоченном черноземе.

Величина pH выше 8, как известно, является предельной для щелочности, обусловливаемой углекислым кальцием в водном растворе, поэтому увеличение концентрации OH' в нижних горизонтах описываемых черноземов есть следствие присутствия здесь углесолей натрия, на что также указывают величины общей щелочности водных вытяжек.

Сопоставляя приведенные данные табл. 4 между собой, мы находим, с одной стороны, резкие различия в почвенной толще солонца и черноземных почв, с другой, аналогичные результаты для материнских пород всего ряда почв. Из этого следует, что со значительной долей вероятности мы можем предполагать о полной генетической связи не только материнских пород, но и о былой связи самих почв.



Фиг. 1. Солевые профили исследованных почв
Разрез 1 — содовый солонец-солончак; разрез 49 — выщелоченный чернозем; разрез 173 — осолоделый чернозем

Современный характер засоления и рассоления почв в условиях описываемого района зависит, главным образом, от местных причин, где почвообразовательные процессы в сильной степени регулируются глубиной

залегания грунтовых вод и характером залегания почв на местности. Естественно, что описываемый солонец-солончак и в настоящее время постепенно испытывает на себе влияние грунтовых вод, в силу чего почвообразовательный процесс здесь идет по солонцово-солончаковому типу.

Солонцы и солонцеватые почвы, развитые в тех условиях, где происходило опускание грунтовых вод, переживали стадию глубокого выщелачивания; здесь постепенно опускался солевой горизонт, и в конечном итоге солонцовый процесс сменился черноземным. На это также указывают морфологические признаки (наличие кремнеземистой присыпки), минералогический состав (обогащение верхних горизонтов кварцем), пониженная щелочность водных вытяжек, а также выщелачивание карбонатов на большую глубину. При этом следует отметить, что увеличение мощности выщелоченной от $CaCO_3$ толщи почвы, повидимому, не сопровождается возрастанием карбонатов в нижних горизонтах, а скорее наоборот, поэтому можно предположить, что процессы вымывания продолжаются и в настоящее время, и поэтому карбонатный горизонт является не иллювиальным, а остаточно-карбонатным.

4. Обменные основания

В табл. 5 и на фиг. 2 приведены данные обменных катионов. Обменные катионы определялись весовыми методами после вытеснения их при помощи раствора ацетата-аммония. Последний готовился для вытеснения из некарбонатных горизонтов с нейтральной реакцией (pH=7), а для карбонатных с pH=4.5.

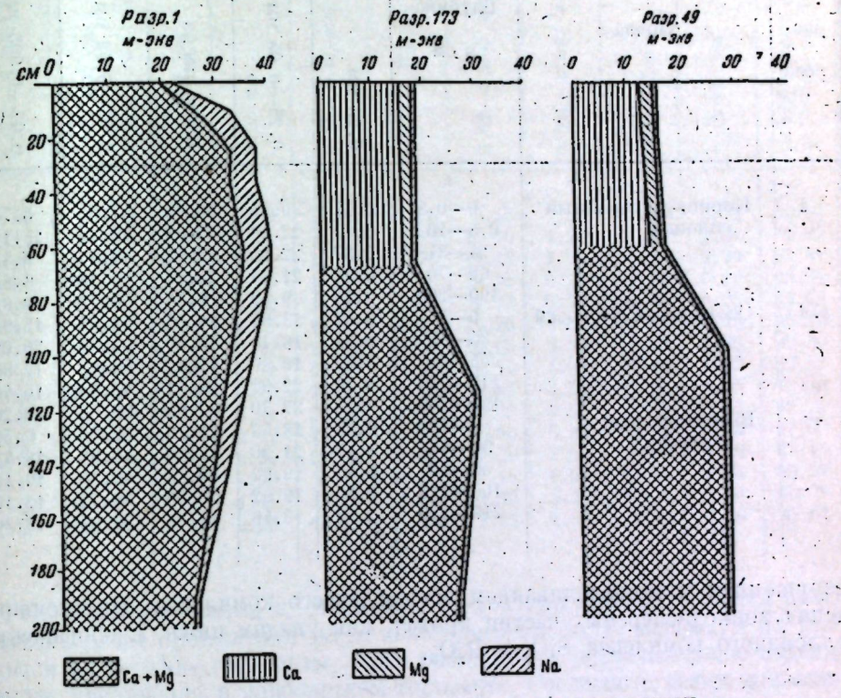
При карбонатных образцах в полученные данные вносились поправки на водорастворимые Ca, Mg, Na и количество Ca и Mg по расчету CO_2 карбонатов.

ТАБЛИЦА 5

Состав обменных катионов
(анализы Г. М. Пономарева)

№ разреза	Почва	Глубина в см	В м-экв. на 100 г почвы				В % от суммы		
			Ca··	Mg··	Na·	Сумма	Ca··	Mg··	Na·
1	Корково-глыбистый солонец-солончак	0—0.5	20.43		1.44	21.87	93.42		6.58
		0.5—10	26.18		7.53	33.71	77.66		22.34
		24—34	33.29		4.67	37.96	87.70		12.30
		60—70	35.25		5.40	40.65	86.72		13.28
		190—200	25.35		0.75	26.20	97.12		2.88
173	Осолоделый чернозем	0—15	16.01	2.60	0.41	19.02	84.17	13.67	2.16
		35—45	15.70	2.60	0.24	18.54	84.69	14.02	1.29
		55—65	15.60	2.80	0.66	19.06	81.84	14.69	3.47
		115—125	30.06		0.66	30.72	97.85		2.15
		190—200	26.00		0.74	26.74	97.24		2.76
49	Выщелоченный чернозем	0—15	12.87	2.85	0.51	15.23	79.28	17.58	3.14
		30—40	13.70	2.40	0.57	16.67	82.18	14.39	3.43
		60—80	14.58	2.72	0.57	17.87	81.59	15.22	3.19
		100—110	28.50		0.63	29.13	97.84		2.16
		210—220	27.80		0.67	28.47	97.65		2.35

Из табл. 5 видно, что в солонце почвообразовательный процесс связан с повышением количества обменных катионов в солонцовом горизонте; максимум их содержится на глубине 34—70 см. В наиболее интенсивно выраженном солонцовом горизонте количество обменного натрия превышает 20% от суммы обменных катионов; в материнской породе количество обменного натрия приближается к количеству его в материнской породе черноземных почв. Первоисточником обменного натрия нужно считать бикарбонаты и карбонаты Na грунтовых вод, что вполне согласуется с данными анализа последних, взятых с опорного участка. Сумма обменных катионов в осолоделом черноземе несколько выше таковой в выщелоченном черноземе.



Фиг. 2. Обменные основания в исследованных почвах
Разрез 1 — содовый солонец-солончак; разрез 49 — выщелоченный чернозем; разрез 173 — осолоделый чернозем

Наибольшую разницу показывают верхние горизонты, где в первом случае мы имеем 19 м-экв., во втором 15 м-экв., в общем же количество обменных катионов в наших черноземах много ниже обычного содержания в нормальных черноземах. Это вполне понятно: содержание коллоидных частиц в наших почвах незначительно.

Из табл. 5 видно, что осолоделый и выщелоченный черноземы имеют то же соотношение катионов в поглощенном состоянии, что и нормальные черноземы. Однако развитие нормальных черноземов обычно сопровождается некоторым увеличением обменных катионов в почвенных горизонтах против материнской породы на 20—30%, в наших же черноземах наблюдается обратная картина. Отсюда следует, что уменьшение количества обменных катионов в верхних горизонтах черноземов должно быть связано с бывшими процессами разрушения в той или иной степени коллоидного комплекса и выносом обменных катионов. Процессы распада силикатов, повидимому, протекают и по настоящее время, иначе утраченная тонкодисперсная часть компенсировалась бы новообразованиями, хотя бы гуматной частью, чего на самом деле мы не обнаруживаем.

Таким образом, мы допускаем, что описываемые черноземы прошли стадию деградации не только до полного выщелачивания легко- и среднерастворимых солей, но что одновременно с этим процесс сопровождался

ТАБ
Механический и микро
(анализы

№ раз-реза	Почва	Глубина в см	Механический состав						Микроаггрегатный состав							Коэффициент струк-турности по Фагелеру
			0.25 мм	0.25—0.05 мм	Всего песка	0.05—0.02 мм	0.02—0.005 мм	0.005—0.002 мм	Всего пыли	0.002—0.0002 мм	0.0002 мм >	Всего < 0.002 мм	0.25 мм	0.25—0.05 мм	0.05—0.02 мм	0.02—0.005 мм	0.005—0.002 мм	Всего > 0.002 мм	< 0.002 мм	
1	Корково-глыбистый солонец	0—0.5	0.44	30.85	30.99	57.54	5.77	1.84	65.15	0.58	3.36	3.84	2.76	37.84	45.90	9.55	1.23	97.28	2.72	30.96
		0.5—10	0.40	22.48	22.88	49.30	15.10	5.57	69.97	2.11	5.03	7.13	1.45	33.95	26.90	16.10	1.40	97.98	2.02	71.67
		24—34	0.37	22.25	22.62	49.33	9.12	4.19	62.64	5.06	9.68	14.74	1.14	15.56	68.70	12.15	1.55	99.10	0.90	93.89
		60—70	0.38	21.34	22.22	48.33	6.87	3.87	59.07	5.50	11.71	17.20	1.00	17.95	45.25	28.25	5.75	99.20	0.80	95.34
		190—200	0.15	9.59	9.74	60.78	8.82	2.58	72.18	3.81	14.27	18.08	0.32	16.43	47.05	28.75	6.20	99.75	0.25	98.62
173 —	Осолоделый чернозем	0—5	0.52	13.54	14.06	51.81	15.92	3.35	71.80	6.64	7.45	14.14	1.28	12.92	48.70	19.70	6.00	98.60	1.40	90.80
		35—45	0.34	18.16	18.50	44.33	20.05	1.43	65.81	5.63	10.04	15.69	2.49	25.81	52.60	16.05	2.00	98.95	1.05	93.30
		55—65	0.52	18.80	19.32	46.65	17.85	2.67	67.17	3.91	9.60	13.51	5.71	22.89	52.15	16.55	1.37	99.98	1.02	92.52
		115—125	0.70	22.91	23.61	42.44	16.46	1.65	60.49	3.96	11.94	15.90	2.49	27.26	52.80	12.85	3.55	98.95	1.05	93.40
		190—200	0.15	37.70	37.85	39.56	10.29	0.23	50.08	2.41	9.66	12.07	6.84	34.51	41.15	10.65	4.50	99.65	0.35	96.29
49	Выщелоченный чернозем	0—15	0.53	18.58	21.73	57.06	6.50	1.96	65.52	7.03	9.34	16.37	2.62	27.99	47.70	17.40	3.80	99.50	0.50	97.00
		30—40	0.47	21.30	17.80	44.58	18.43	3.98	63.01	5.31	9.91	15.22	2.26	33.04	44.45	17.20	2.00	99.00	1.00	93.43
		50—60	0.47	19.92	20.38	42.39	19.10	3.01	64.50	1.12	13.99	15.11	1.88	24.42	54.70	15.15	1.00	98.05	1.95	93.04
		100—110	0.39	19.62	20.00	48.72	12.10	3.01	63.83	1.22	14.94	16.16	1.15	19.75	54.80	16.50	5.06	97.30	2.30	85.78
		210—220	2.93	15.46	18.38	51.84	13.30	2.15	67.29	1.53	12.79	14.32	2.93	15.57	64.10	12.25	4.65	99.50	0.50	96.01

разрушением и выщелачиванием поглощающего комплекса. Интенсивный распад тонкодисперсных частиц привел, как увидим ниже, к обогащению коллоидного комплекса SiO_2 и R_2O_3.

5. Механический и микроаггрегатный состав почв

Обзор табл. 6 указывает на более или менее однородный характер механического состава описываемых почв. Характерным для них является высокое содержание пылеватых частиц, малое количество илистых частиц и почти полное отсутствие частиц > 0.25 мм. Характерно для лёссовых отложений и почв на них явное преобладание крупнопылеватых частиц и общая равномерность в содержании и сочетании отдельных фракций (по почвенному профилю).

Преобладающей является фракция крупной пыли (0.05—0.02 мм), содержание которой достигает в среднем 44—50%, доходя в отдельных горизонтах до 60% (см. разр. 1). Количество песка в разрезе 49 постоянно, в разрезах 1 и 173 по разным горизонтам наблюдаются колебания от 9 до 30 и от 13 до 37%. Содержание илистой фракции (<0.002 мм) обнаруживает довольно резкие колебания в профиле корково-глыбистого солонца и большее постоянство в профилях выщелоченного и осолоделого черноземов. Верхний горизонт солонца, как показывает табл. 6, в значительной степени обеднен иловатой частью (3.94—7%) и обогащен песком; с глубиной количество илистых частиц увеличивается, достигая максимума (18%) в нижнем горизонте. Такое распределение илистых частиц в профиле солонца свидетельствует об интенсивном вымывании их из верхних горизонтов в нижние. Параллельно с этим процессом происходит (иногда доминирует) диспергирование частиц под влиянием обменного патрия in situ.

ЛИЦА 6
аггрегатный состав (в %)
Г. М. Пономарева)

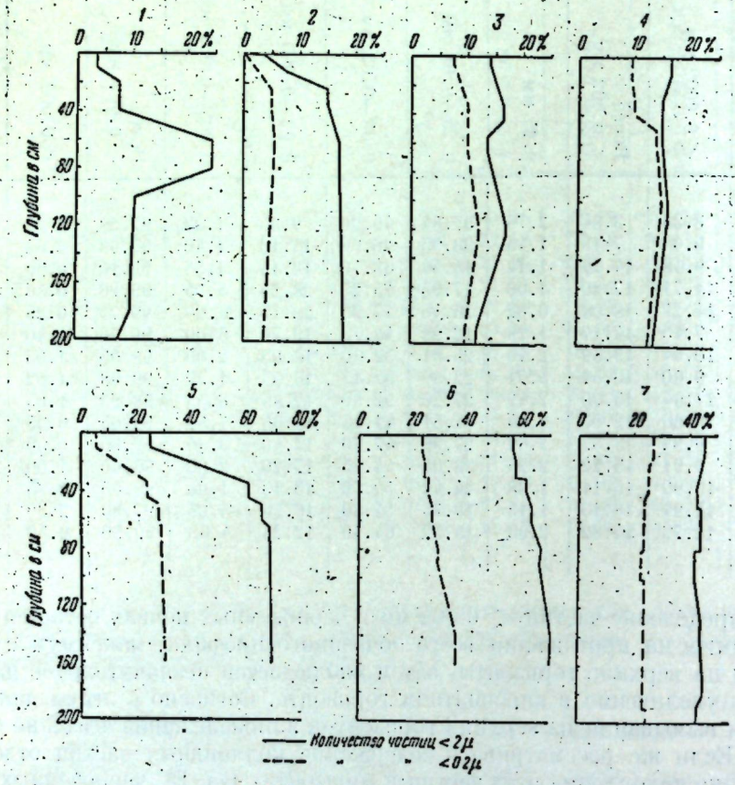
Распределение частиц < 0.002 мм в черноземных почвах остается почти неизменным на протяжении всего почвенного профиля, максимум их приходится на верхние горизонты, затем наблюдается незначительное падение и вновь увеличение в карбонатном горизонте. Согласно с этими данными, явления вымывания из верхних горизонтов в нижележащие здесь не происходят. Если же рассматривать содержание коллоидных частиц отдельно, то явление накопления этих частиц в горизонтах В и ВС черноземных почв обнаруживается довольно резко. Максимум коллоидов содержится в нижней части горизонта В и в горизонте ВС; в материнской породе количество их вновь убывает.

Интересным является тот факт, что в одних случаях, как в солонцах, мы наблюдаем уменьшение в верхних горизонтах не только количества коллоидных частиц (<0.0002 мм), но и соседних с ними илистых частиц (0.002—0.0002 мм), в других (в черноземах) имеет место обратная картина.

Известно, что наиболее активными по интенсивности почвообразовательных процессов являются солонцовая стадия и стадия осолодения, тесно друг с другом связанные. Наиболее резкое обеднение верхних горизонтов тонкодисперсными частицами наблюдается в солонцах, претерпевающих стадию осолодения. Так, по данным И. Н. Антипова-Каратаева и его сотрудников (1937), осолодевающий солонец в верхнем (осолодевающем) горизонте содержит частиц <0.001 мм 14.3%, в столбчатом горизонте количество их возрастает до 47%, ниже количество их резко падает и скоро выравнивается с количеством, содержащимся в материнской породе (фиг. 5).

Еще резче это явление наблюдается в солодях. По данным Н. И. Усова (1939), в верхнем горизонте солоди Прикаспийской низменности количество частиц < 0.001 мм равно 3.55%, на глубине 20—40 см 7.20%, а на глубине 60—80 см количество их возрастает до 25%, т. е. увеличивается на 76%

по сравнению с верхним горизонтом; ниже 80 см опять намечается резкое падение (фиг. 3). Совершенно иная картина наблюдается в несолонцеватых темнокаштановых почвах. На фиг. 3 видно, что гранулометрический состав в результате почвообразовательного процесса почти не изменился. Здесь, наоборот, намечается некоторое обогащение верхнего горизонта частицами <0.0002 мм за счет органического вещества.



Фиг. 3. Распределение илистых и коллоидных частиц в профиле различных почв

1 — солодь (Каспийская низменность, по Н. И. Усову); *2* — солонец-солончак разр. 1 (Черниговская обл.); *3* — осолоделый чернозем разр. 173 (Черниговская обл.); *4* — выщелоченный чернозем разр. 49 (Черниговская обл.); *5* — деградированный чернозем (по Новикову); *6* — южный чернозем (по Новикову); *7* — темнокаштановая почва (по Антипову-Каратаеву)

Из приведенных схем распределения илистых и коллоидных частиц по почвенным профилям различных почв (фиг. 5) видно, что наибольший распад и вынос илистых частиц происходит при процессе осолодения и солонцовом процессе, также резко выражены эти процессы в деградированном, выщелоченном и осолоделом черноземах.

Отсюда следует, что в почвах степного типа почвообразования вымывание и передвижение тонкодисперсных частиц из верхних горизонтов в нижележащие и одновременно образование резко выраженного иллювиального горизонта в отношении тонкодисперсных частиц происходит в тех случаях, когда почвы претерпевают или претерпевали раньше солонцовый процесс и процесс осолодения.

В наших почвах (в осолоделом и выщелоченном черноземах) ход кривых распределения по профилю коллоидных частиц в основном напоминает таковой солонца и солодей; что касается распределения суммы частиц

<0.002 мм, то кривые приближаются к нормальным темнокаштановым и черноземным почвам.

Отсюда мы делаем вывод, что на более ранних стадиях почвообразования в наших черноземных почвах могли иметь место процессы осолонцевания и осолодения.

Об этом же свидетельствуют, как увидим ниже, данные химических исследований и в особенности рентгенографических. При помощи последних обнаружены почвенные коллоидные минералы, отвечающие солонцовому процессу и процессу осолодения.

Микроагрегатный анализ. В профиле солончака-солонца наиболее дисперсными оказались верхние горизонты, где коэффициент структурности падает до 30—70%. В нижележащих горизонтах коэффициент структурности резко возрастает, достигая максимума на глубине 70 см и ниже. Микроагрегаты в верхней части профиля представлены фракциями 0.25—0.05 и 0.05—0.02 мм, ниже 35 см фракция 0.25—0.05 мм значительно уменьшается за счет увеличения более мелкой фракции (0.02—0.005 мм).

В осолоделом черноземе коэффициент структурности в верхнем горизонте достигает 90%, постепенно увеличиваясь книзу до 96%. Максимум аггрегатных частиц этого чернозема падает на частицы 0.05—0.02 мм, количество которых по всему профилю более или менее постоянно. Примерно такая же картина наблюдается и для выщелоченного чернозема.

6. Влияние почвообразовательного процесса на минералогический состав почв

В табл. 7—9 приведены данные минералогического состава фракций >2 μ. Из таблиц видно, что первичные минералы представлены угловатыми или слабо окатанными зернами кварца, кристаллами полевого шпата; из тяжелых минералов в значительном количестве встречены ильменит (0.30%), роговая обманка (0.1—0.2%), меньше — циркон (0.04—0.12%), рутил (0.03—0.2%), гранат (0.03—0.09%) и еще меньше — турмалин, эпидот, цоизит и каинит. Что касается слюд, то они представлены единичными экземплярами.

Из вторичных образований присутствует гидроокись железа, количество которой вместе с ильменитом достигает 0.32%.

Характерным для всех исследованных почв является накопление кварца в верхней части профиля, количество его достигает в солонце 89%, в черноземах 83—84%. Особенно резко это выражено в корково-глыбистом солонце, где разница в содержании кварца в горизонтах B_1 и C достигает 10%.

В солонце максимум содержания зерен полевого шпата наблюдается в горизонте B_1 (1.61%). В профиле же выщелоченного чернозема количество зерен полевого шпата возрастает с глубиной постепенно; в осолоделом черноземе распределение полевых шпатов по профилю более или менее постоянно.

Отсюда следует, что относительное превышение полевых шпатов в солонцовом горизонте указывает на то, что солонцовый процесс не так интенсивен в смысле разложения минералов по сравнению, например, с подзолообразовательным процессом.

Увеличение количества кварца в крупных фракциях солонцового горизонта вполне подтверждает высказанный И. Н. Антиповым-Каратаевым взгляд о наличии процессов диспергирования in situ, что приводит к освобождению зерен кварца на месте.

Почти полное отсутствие слюд указывает на то, что они претерпели процессы сильного дробления, ибо еще в стадии переноса материала ледниками

ТАБЛИЦА 7

Минералогический состав корково-глыбистого солонца (разр. 1) в % $\frac{\text{от фракции}}{\text{от всей почвы}}$

(анализы выполнены А. Н. Петровской)

Минералы	Гориз. 0—0.5 см		Гориз. 0.5—10 см		Гориз. 24—34 см		Гориз. 60—70 см		Гориз. 190—200 см	
	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм
Кварц	99.30 / 87.47	99.10 / 7.54	96.80 / 69.38	97.50 / 20.16	97.70 / 70.00	97.20 / 12.93	97.60 / 67.99	95.30 / 10.23	97.40 / 68.54	97.10 / 11.07
Полевые шпаты	0.70 / 0.61	0.20 / 0.01	2.20 / 1.57	0.20 / 0.04	0.80 / 0.57	0.60 / 0.08	0.90 / 0.63	0.20 / 0.02	0.80 / 0.56	0.70 / 0.08
Слюды в легкой фракции	—	—	—	—	—	—	—	—	ед.	—
Карбонаты в легкой фракции	—	0.70 / 0.05	1.00 / 0.70	2.3 / 0.958	1.50 / 1.07	2.20 / 0.29	1.50 / 1.04	4.50 / 0.48	1.80 / 1.26	2.20 / 0.25
Циркон	11.60 / 0.035	5.20 / 0.006	14.30 / 0.073	6.10 / 0.015	16.90 / 0.081	5.20 / 0.011	11.30 / 0.050	4.80 / 0.007	16.10 / 0.105	4.00 / 0.007
Турмалин	0.30 / 0.009	0.60 / 0.001	0.70 / 0.004	0.90 / 0.002	1.00 / 0.005	0.30 / 0.001	1.20 / 0.005	0.40 / 0.001	0.10 / 0.001	0.60 / 0.001
Рутил	9.30 / 0.028	3.60 / 0.044	8.60 / 0.044	3.20 / 0.008	3.30 / 0.016	2.50 / 0.004	3.70 / 0.016	2.80 / 0.004	4.30 / 0.028	3.30 / 0.001
Гранат	10.50 / 0.031	4.10 / 0.004	12.00 / 0.071	5.30 / 0.013	10.00 / 0.048	1.50 / 0.003	14.20 / 0.062	2.10 / 0.003	12.60 / 0.082	3.50 / 0.006
Эпидот	5.40 / 0.016	3.50 / 0.004	1.70 / 0.009	2.90 / 0.007	1.60 / 0.008	2.50 / 0.005	1.00 / 0.004	3.20 / 0.004	2.00 / 0.013	3.80 / 0.006
Цоизит	0.60 / 0.002	4.00 / 0.004	1.00 / 0.005	3.80 / 0.010	1.70 / 0.009	2.00 / 0.004	1.00 / 0.004	2.70 / 0.004	0.80 / 0.005	2.90 / 0.005
Ставролит	—	—	—	—	0.10 / 0.001	—	0.40 / 0.002	—	—	—
Каинит	1.60 / 0.005	0.30 / 0.0003	—	д.	0.70 / 0.003	ед.	0.60 / 0.003	—	0.40 / 0.003	0.40 / 0.001
Силлиманит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сфен	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Апатит	—	0.20 / 0.002	0.30 / 0.0015	0.10 / 0.0002	0.20 / 0.0004	0.10 / 0.0004	0.10 / 0.0004	0.10 / 0.0001	ед.	—
Роговая обманка	27.00 / 0.081	44.00 / 0.048	19.30 / 0.097	37.20 / 0.094	48.10 / 0.101	23.70 / 0.104	23.70 / 0.104	44.10 / 0.006	10.60 / 0.069	38.40 / 0.067
Ильменит	31.70 / 0.095	—	34.00 / 0.173	—	—	39.00 / 0.171	39.00 / 0.171	—	50.7 / 0.329	—
Пирит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Окислы железа	—	34.50 / 0.038	8.10 / 0.041	40.50 / 0.128	1.40 / 0.006	39.70 / 0.054	1.40 / 0.006	39.70 / 0.054	2.40 / 0.016	43.1 / 0.073
Карбонаты в тяжелой фракции	2.00 / 0.006	—	—	—	1.60 / 0.007	—	—	—	—	—
Слюды в тяжелой фракции	—	—	—	—	0.80 / 0.0035	—	—	—	—	—

ТАБЛИЦА 8

Минералогический состав осолоделого чернозема (разр. 173) в % $\frac{\text{от фракции}}{\text{от всей почвы}}$

(анализы выполнены А. Н. Петровской)

Минералы	Гориз. 0—5 см		Гориз. 3—45 см		Гориз. 55—65 см		Гориз. 115—125 см		Гориз 190—200 см	
	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм
Кварц	99.4 / 65.7	99.3 / 14.1	98.9 / 61.8	99.8 / 21.4	98.9 / 64.7	99.8 / 20.5	96.8 / 63.24	98.7 / 17.81	99.1 / 70.60	99.9 / 10.31
Полевые шпаты	0.60 / 0.39	0.70 / 0.13	1.10 / 0.68	0.20 / 0.040	1.10 / 0.72	0.20 / 0.04	1.20 / 0.78	1.30 / 0.02	0.90 / 0.42	0.10 / 0.010
Слюды	—	—	—	ед.	—	ед.	0.30 / 0.19	—	—	—
Карбонаты	—	—	—	—	—	—	1.70 / 1.11	—	—	—
Циркон	12.40 / 0.055	2.20 / 0.006	12.30 / 0.038	2.30 / 0.009	16.10 / 0.093	2.70 / 0.010	13.80 / 0.066	3.10 / 0.004	18.10 / 0.059	2.80 / 0.005
Турмалин	1.30 / 0.008	1.10 / 0.003	1.10 / 0.003	1.10 / 0.004	1.10 / 0.006	0.50 / 0.002	0.80 / 0.004	0.90 / 0.001	1.50 / 0.005	0.60 / 0.001
Рутил	10.50 / 0.046	2.70 / 0.007	5.40 / 0.016	2.80 / 0.011	5.90 / 0.034	2.40 / 0.009	5.20 / 0.025	2.90 / 0.004	5.20 / 0.017	2.50 / 0.004
Гранат	10.90 / 0.048	4.90 / 0.013	8.60 / 0.026	5.70 / 0.022	11.20 / 0.065	3.70 / 0.014	11.70 / 0.056	3.80 / 0.005	12.90 / 0.042	4.80 / 0.008
Эпидот	4.80 / 0.021	2.00 / 0.005	2.60 / 0.008	2.10 / 0.008	1.00 / 0.006	2.10 / 0.008	0.20 / 0.001	2.20 / 0.003	2.10 / 0.007	2.30 / 0.004
Цоизит	3.30 / 0.015	1.80 / 0.005	2.10 / 0.006	1.50 / 0.006	0.80 / 0.005	2.90 / 0.011	1.40 / 0.007	3.10 / 0.004	0.80 / 0.003	2.80 / 0.005
Ставролит	0.20 / 0.001	—	ед.	—	—	—	0.10 / 0.005	—	ед.	—
Каинит	1.40 / 0.006	ед.	ед.	—	0.60 / 0.004	ед.	0.30 / 0.001	ед.	0.20 / 0.001	ед.
Силлиманит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сфен	ед.	—	ед.	—	0.10 / 0.001	ед.	—	—	—	—
Апатит	—	—	»	—	—	—	—	—	0.60 / 0.0019	—
Роговая обманка	18.30 / 0.081	37.80 / 0.101	25.00 / 0.076	34.20 / 0.132	17.40 / 0.010	42.30 / 0.161	24.10 / 0.116	38.50 / 0.050	9.40 / 0.031	41.50 / 0.070
Ильменит	29.40 / 0.130	—	36.10 / 0.110	—	43.80 / 0.025	—	15.60 / 0.075	—	47.30 / 0.155	—
Пирит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Окислы железа	7.50 / 0.033	47.50 / 0.127	6.80 / 0.021	49.30 / 0.191	2.00 / 0.012	44.40 / 0.169	26.80 / 0.125	45.50 / 0.059	1.90 / 0.006	42.70 / 0.072

и в дальнейшем под действием агентов физического и химического выветривания и почвообразования могли разлагаться дальше и исчезнуть из состава микроскопических фракций.

Количественное однообразие в минералогическом составе группы тяжелых минералов, не только в пределах отдельного почвенного профиля, но

ТАБЛИЦА 9

Минералогический состав выщелоченного чернозема (разр. 49) в % $\frac{\text{от фракции}}{\text{от всей почвы}}$

(анализы выполнены А. Н. Петровской)

Минералы	Гориз. 0—15 см		Гориз. 30—40 см		Гориз. 50—60 см		Гориз. 100—110 см		Гориз. 210—220 см	
	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм
Кварц	93.70	99.70	99.0	98.80	99.30	99.00	98.10	97.00	96.60	93.0
	74.65	8.44	61.27	22.23	61.86	21.89	67.03	14.64	65.01	14.36
Полевые шпаты	0.70	1.60	1.00	0.70	0.70	0.70	1.90	0.50	1.10	0.80
	0.22	0.08	0.61	0.15	0.44	0.15	1.29	0.07	0.74	0.12
Слюды	ед.	—	—	—	—	0.30	—	—	ед.	—
						0.06				
Карбонаты	—	—	—	—	—	—	—	2.50	2.30	6.20
								0.37	1.54	0.95
Циркон	12.60	5.30	11.50	5.70	13.60	5.00	15.90	6.00	14.70	6.00
	0.048	0.072	0.029	0.026	0.042	0.024	0.0826	0.014	0.094	0.019
Турмалин	1.10	0.90	0.60	0.80	1.40	1.70	1.00	0.30	1.50	1.00
	0.04	0.001	0.001	0.004	0.004	0.008	0.005	0.001	0.009	0.003
Рутил	4.40	3.80	5.20	3.90	4.60	1.30	5.30	4.00	4.20	4.50
	0.014	0.005	0.013	0.018	0.014	0.006	0.027	0.010	0.021	0.014
Гранат	14.20	3.90	13.40	3.80	11.70	1.10	11.60	3.70	10.20	3.50
	0.047	0.005	0.033	0.017	0.036	0.005	0.060	0.009	0.065	0.011
Эпидот	3.30	3.50	1.90	2.10	1.90	ед.	0.90	4.50	2.00	2.50
	0.012	0.005	0.004	0.010	0.006		0.005	0.011	0.013	0.008
Цоизит	1.70	1.10	1.40	1.20	1.50	0.40	1.80	2.30	0.40	1.50
	0.005	0.002	0.003	0.005	0.005	0.002	0.009	0.005	0.002	0.005
Ставролит	—	—	—	—	0.10	—	0.20	—	—	—
					0.001		0.001			
Кианит	0.50	0.30	1.00	ед.	0.60	—	0.40	0.30	0.40	—
	0.002	0.001	0.003		0.001		0.002	0.001	0.003	
Силлиманит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Апатит	—	—	—	—	ед.	1.30	—	—	0.40	—
						0.0062			0.0025	
Роговая обманка	17.70	23.50	14.90	19.50	20.00	14.70	16.0	29.4	21.50	36.5
	0.06	0.003	0.037	0.090	0.062	0.07	0.083	0.070	0.137	0.114
Ильменит	40.90	—	45.70	39.50	41.20	40.1	40.70	—	41.90	—
	0.132		0.119	0.181	0.128	0.195	0.212		0.267	
Окислы железа	3.60	57.70	4.10	23.50	3.20	34.40	6.20	49.10	2.80	44.50
	0.012	0.096	0.010	0.108	0.010	0.168	0.032	0.116	0.018	0.139
Карбонаты	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Слюды	—	—	0.20	—	0.20	—	—	—	—	—
			0.001		0.001					

и для всего комплекса почв, указывает на их большую устойчивость против агентов химического выветривания. Кроме того, преобладание этих минералов в более крупных фракциях связано, повидимому, с тем, что они в процессах физического выветривания подвергались меньшему дроблению, чем, например, слюды.

Заканчивая разбор минералогического состава, можно отметить, что он для всего комплекса описываемых почв более или менее однороден, но количественные соотношения его несколько различны.

Обобщая изложенный материал, можно сказать, что изменение петрографического состава крупных фракций почв выражается, главным образом, в повышении количества кварца и окислов железа вместе с ильменитом в верхних горизонтах всех почв и выносе карбонатов из тех же горизонтов черноземных почв. Такую же закономерность в отношении распределения отдельных минералов по почвенному профилю солонцовых почв Заволжья отмечает в ряде своих работ И. Н. Антипов-Каратаев.

На основании же петрографического анализа крупных фракций детально судить о характере изменения минералогического состава почв в результате процессов почвообразования крайне трудно, ибо величины содержания отдельных, наиболее «индикаторных» минералов лежат в пределах допустимой ошибки анализа. Однако мы не можем отрицать полезности этих анализов в отношении выяснения причин, обусловливающих тот или иной минералогический состав почвообразующих пород, а отсюда для познания их генезиса, возраста, стратиграфии, условия распространения и т. п.

Необходимо из всего этого сделать заключение о том, что наиболее убедительными показателями для познания процессов почвообразования (в настоящее время) должны являться данные минералогических, рентгеноскопических исследований коллоидных минералов параллельно с данными химических исследований.

7. Валовой химический состав почв и выделенных из них коллоидных фракций

Начнем разбор аналитического материала с солонца. Из табл. 10 видно, что в разрезе 1 по отношению к исходной материнской породе (190—200 см) в верхней корочке и в солонцовом горизонте произошли значительные изменения химического состава в процессе образования солонцов: наблюдается значительное накопление SiO_2 (88.5%) и интенсивный вынос всех остальных элементов, за исключением натрия. В солонцовом горизонте количество SiO_2 резко снижается (80.5%), и, наоборот, повышается содержание остальных окислов (кроме K_2O). Ниже происходит уменьшение количества SiO_2 и увеличение содержания других окислов, главным образом CaO и MgO. На глубине 24—34 см валовое количество кремнекислоты падает до 72.6%, количество CaO возрастает до 11% и MgO до 2.57%. Этот горизонт является как бы наиболее претерпевшим изменения, где содержится минимум SiO_2 и максимум CaO, MgO и Na_2O. Пересчеты по Коссовичу ясно указывают на процессы транспортировки полуторных окислов и титана из первых двух горизонтов в нижележащие. Этот процесс для Fe_2O_3 и TiO_2 не идет ниже 30 см, что же касается соединений алюминия, то последние транспортируются до глубины 60 см, но уже в значительно меньшей степени. Ниже 60 см величины этих окислов остаются постоянными.

Большое накопление CaO и MgO на глубине 24—70 см—явление вторичное, возникшее при солончаковом процессе в условиях переменных токов воды. Общую подвижность окислов и их вынос из горизонта 0.5—10 см солонцовой почвы можно представить в следующем виде:

$$CaO > K_2O > MgO > TiO_2 > Al_2O_3 > Fe_2O_3.$$

Большое накопление SiO_2 в верхних горизонтах и незначительное ее растворение в КОН-вытяжке дает повод предполагать о возможности закрепления ее в этих горизонтах в форме зерен остаточного кварца.

В более глубоких горизонтах особого изменения в химизме солонца не наблюдается.

ТАБЛИЦА 10

Валовой состав исследованных почв в %

(анализы Г. М. Пономарева)

№ разреза	Почвы	Глубина в см	Гигроскопическая вода	CO_2	Гумус	Потери от прокаливания	SiO_2	SO_3	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	TiO_2	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Сумма
			В % от безгумусной и бескарбонатной почвы															
1	Корково-глыбистый солонец-солончак	0—0.5	0.70	0.92	0.83	1.43	86.83	0.44	4.55	0.86	0.07	0.04	0.05	2.22	0.43	1.35	1.60	99.87
		0.5—10	2.78	3.43	3.08	6.50	75.38	0.36	6.44	1.92	0.12	0.06	0.08	5.12	1.35	1.04	1.64	99.44
		24—34	2.09	7.60	1.54	8.01	66.01	0.25	7.05	2.24	0.07	0.04	0.06	10.10	2.06	1.26	1.87	99.02
		60—70	2.18	6.35	1.17	7.69	68.93	0.43	7.39	2.24	0.03	0.05	0.06	8.22	1.70	1.47	1.50	99.71
		190—200	1.62	4.08	0.65	6.06	74.20	Нет	7.26	2.07	0.06	0.05	0.07	5.92	0.63	2.28	1.06	99.53
173	Осолоделый чернозем	0—5	2.15	Нет	3.51	6.86	78.44	0.15	7.28	2.14	0.08	0.05	0.07	1.20	0.58	2.76	0.93	100.49
		35—45	2.75	»	2.71	6.84	78.23	0.17	7.87	2.20	0.10	0.06	0.08	1.30	0.51	2.50	0.94	100.92
		55—65	2.24	»	2.74	5.66	79.40	0.18	8.01	2.20	0.07	0.04	0.07	1.18	0.51	2.36	0.63	100.31
		115—125	2.20	3.40	2.17	6.24	75.20	0.15	7.41	1.90	0.06	0.05	0.07	4.42	0.83	2.32	0.56	99.21
		190—200	1.00	4.93	0.59	6.34	76.28	0.14	5.00	1.67	0.04	0.06	0.07	6.04	1.12	2.07	0.51	99.34
49	Выщелоченный чернозем	0—15	2.48	Нет	3.58	4.87	79.49	0.22	7.75	2.42	0.08	0.06	0.06	2.051	1.11	1.06	1.50	100.67
		30—40	2.62	»	3.08	5.29	78.04	0.15	8.48	2.43	0.05	0.07	0.08	1.31	0.47	1.27	1.45	99.09
		50—60	2.78	»	2.42	5.89	78.20	0.13	8.45	2.44	0.08	0.05	0.04	1.11	0.42	2.05	1.25	100.21
		100—110	2.28	4.6	1.63	6.43	73.26	0.19	7.04	2.20	0.08	0.05	0.06	6.40	2.02	2.02	1.15	100.96
		210—220	1.70	3.75	0.59	5.64	76.30	0.18	6.29	1.80	0.06	0.05	0.07	4.62	1.26	2.73	1.56	100.56
			В % от безгумусной и бескарбонатной почвы															
1	Корково-глыбистый солонец-солончак	0—0.5	—	—	—	—	88.47	—	4.64	0.88	0.07	0.04	0.05	2.26	0.44	1.36	1.63	—
		0.5—10	—	—	—	—	80.66	—	6.89	2.05	0.13	0.06	0.08	5.48	1.44	1.41	1.75	—
		24—34	—	—	—	—	72.60	—	7.68	2.44	0.08	0.04	0.06	11.01	2.57	1.37	2.03	—
		60—70	—	—	—	—	74.44	—	7.98	2.42	0.03	0.05	0.06	8.87	1.83	1.59	1.62	—
		190—200	—	—	—	—	79.75	—	8.01	2.22	0.06	0.05	0.04	6.35	0.67	2.45	1.13	—
173	Осолоделый чернозем	0—0.5	—	—	—	—	84.33	—	7.61	2.19	0.08	0.05	0.07	1.18	0.57	2.96	1.10	—
		35—45	—	—	—	—	83.57	—	8.14	2.36	0.11	0.06	0.08	1.40	0.55	2.69	1.01	—
		55—65	—	—	—	—	84.32	—	8.51	2.34	0.07	0.04	0.07	1.25	0.54	2.51	0.67	—
		115—125	—	—	—	—	81.02	—	8.20	2.05	0.06	0.05	0.07	4.77	0.89	2.50	0.62	—
		190—200	—	—	—	—	82.10	—	5.35	1.78	0.04	0.06	0.07	6.49	1.19	2.21	0.64	—
49	Выщелоченный чернозем	0—15	—	—	—	—	82.61	—	8.08	2.52	0.08	0.06	0.06	2.14	1.16	1.10	1.56	—
		30—40	—	—	—	—	81.93	—	8.63	2.56	0.05	0.07	0.08	1.38	0.49	1.34	1.53	—
		50—60	—	—	—	—	83.02	—	8.97	2.59	0.08	0.05	0.04	1.17	0.44	2.17	1.32	—
		100—110	—	—	—	—	77.60	—	7.64	2.36	0.08	0.05	0.06	6.85	2.16	2.16	1.23	—
		210—220	—	—	—	—	80.49	—	6.63	1.90	0.06	0.05	0.07	4.87	1.33	2.88	1.64	—

Приведенные данные показывают, что содовый солонец-солончак уже подвергся некоторому осолонцеванию, в результате чего произошло накопление кварца в верхнем горизонте и одновременно с этим обеднение его полуторными окислами.

Данные валовых анализов осолоделого и выщелоченного черноземов указывают на общее сходство в распределении по почвенному профилю этих черноземов кремнекислоты, полуторных окислов и окислов щелочных земель. Количество SiO_2 (пересчитанное на безгумусную, бескарбонатную и бессульфатную почву) от 84 до 82% в верхнем горизонте и от 82 до 80.5% в нижних; максимум ее содержится (в обоих разрезах) в верхних горизонтах и на глубине 50—60 см. То же самое наблюдается и в распределении полуторных окислов, но колебания эти весьма незначительны (примерно в десятых долях процента). Такое распределение SiO_2 и Fe_2O_3 в черноземах вполне согласуется с данными минералогического состава. Количество CaO и особенно MgO до глубины карбонатного горизонта небольшое, с линии вскипания содержание их значительно возрастает. Некоторое увеличение количества кальция и магния в верхнем горизонте разреза 49, повидимому, связано с биологическим накоплением здесь обоих этих элементов. То же самое можно сказать и в отношении P_2O_5 и калия в разрезе 173.

Полученные результаты пересчета по степени выноса отдельных окислов (табл. 11) указывают на обогащение верхних горизонтов до глубины 120 см полуторными окислами; особенно велико накопление в осолоделом черноземе. Объяснить это, вероятно, можно, с одной стороны, тем, что при процессе осолодения и глубокого выщелачивания вынос полуторных окислов настолько отстает от выноса других окислов, что может вести к кажущемуся накоплению их, а с другой стороны, закрепление их должно происходить в составе вторичных коллоидных минералов (галлоизита, гетита, бемита), что, как увидим ниже, в действительности и наблюдается (табл. 29, 35, 41, 47).

По степени выноса и накопления оснований, описываемые черноземы резко отличаются один от другого. В осолоделом черноземе происходит накопление K_2O и Na_2O в двух верхних горизонтах, в выщелоченном черноземе, наоборот, наблюдается их вынос и особенно резко это выражено для K_2O. В отношении возможности некоторого увеличения K_2O в верхних горизонтах осолоделого чернозема мы уже сделали допущение, что это связано с биологическим накоплением, накопление же Na_2O, очевидно, связано с приносом солей натрия со стороны.

Что касается щелочноземельных оснований, то в обоих случаях мы наблюдаем их вынос до глубины карбонатного горизонта; подвижность MnO и TiO_2 не выражена, что указывает на прочность тех соединений, в которых они находятся. Нужно сказать, что те закономерности для обеих разностей черноземов, которые отчетливо проявляются в механическом и минералогическом составе, в составе водорастворимых веществ, в содержании органического вещества и обменных оснований, указывают на общность хода почвообразования на некоторых стадиях развития этих (солонцовых) почв.

Судя по аналитическим данным, в солонцовом процессе происходило накопление SiO_2 до глубины 60 см и вынос легкорастворимых солей и карбонатов на глубину до 60 см. В какой степени эти почвы подвергались процессу осолодения, по данным валового анализа судить трудно, так как дальнейший путь их развития, повидимому, был длинным и весьма сложным. Накопление в верхних горизонтах железа может являться следствием усиленного увлажнения в условиях лугового процесса почвообразования, и только в дальнейшем эти почвы могли приобретать новые черты, сближающие их по внешним и внутренним признакам с черноземами.

Переходим к рассмотрению данных валового состава коллоидных фракций, представленных в табл. 12. Из сопоставления данных валового состава

ТАБЛИЦА 11

Результаты пересчета по Коссовичу данных валового анализа почв, принимая количество SiO_2 неизменным (в %)

№ разреза	Глубина в см	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	TiO_2	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
1	0—0.5	79.75	5.26	0.99	0.09	0.04	0.05	2.56	0.50	1.41	1.85
	0.5—10	79.75	6.97	2.07	0.13	0.06	0.08	5.54	1.46	1.12	1.77
	24—34	79.75	6.99	2.22	0.73	0.04	0.05	10.02	2.34	1.25	1.84
	60—70	79.75	7.45	2.29	0.03	0.05	0.06	8.28	1.71	1.48	1.51
	190—200	79.75	8.01	2.22	0.06	0.05	0.04	6.35	0.67	2.45	1.13
173	0—5	82.10	7.81	2.25	0.08	0.05	0.07	1.21	0.58	2.74	1.13
	35—45	82.10	8.28	2.38	0.07	0.04	0.07	1.27	0.55	2.55	0.68
	55—65	82.10	8.74	2.40	0.07	0.04	0.07	1.28	0.55	2.58	0.69
	115—125	82.10	8.09	2.02	0.06	0.05	0.07	4.70	0.88	2.46	0.59
	190—200	82.10	5.35	1.78	0.04	0.06	0.07	6.49	1.19	2.21	0.54
49	0—15	80.49	8.29	2.59	0.08	0.06	0.06	2.19	1.19	1.13	1.60
	30—40	80.49	8.77	2.60	0.05	0.07	0.08	1.40	0.50	1.36	1.55
	50—60	80.49	9.25	2.67	0.08	0.05	0.04	1.21	0.45	2.24	1.27
	100—110	80.49	7.36	2.27	0.08	0.05	0.06	6.60	2.08	2.08	1.18
	210—220	80.49	6.63	1.90	0.06	0.05	0.07	4.87	1.33	2.88	1.64
	Вынос отдельных окислов в % от их количества в материнской породе										
1	0—0.5	0.00	—47.99	—64.27	+ 5.16	—27.89	+12.65	—67.92	—40.80	—49.96	+30.02
	0.5—10	0.00	—19.58	— 8.70	+13.17	—	+26.21	—64.78	—35.00	—45.20	+53.03
	24—34	0.00	—12.72	— 0.06	+21.38	—27.18	+36.52	+57.84	+149.19	—49.10	+63.54
	60—70	0.00	— 9.81	+ 1.75	0.00	0.00	+40.01	+30.38	+154.93	—39.67	+33.82
	190—200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
173	0—5	0.00	+38.48	+19.79	+90.64	—18.87	0.00	—82.30	—53.37	+30.37	+78.31
	35—45	0.00	+49.00	+30.25	+170.16	0.00	—12.27	—82.83	—54.60	+19.58	+63.74
	55—65	0.00	+51.12	+28.09	+170.16	—35.10	0.00	—81.25	—53.62	+10.13	+ 2.79
	115—125	0.00	+35.33	+16.70	+51.16	—15.56	0.00	—25.53	—24.21	10.13	0.00
	190—200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	0—15	0.00	+18.50	+29.30	+27.11	11.70	—19.11	—57.25	—15.26	—62.45	— 7.56
	30—40	0.00	+27.66	+32.25	+18.33	+32.57	+ 8.02	—72.12	—62.98	—54.24	— 8.58
	50—60	0.00	+20.68	+31.64	+33.58	— 7.08	—43.86	—76.68	—67.09	—26.49	—29.56
	100—110	0.00	+19.37	+28.71	+28.71	0.00	—16.96	+45.32	+69.19	—22.15	—22.15
	210—220	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ТАБЛИЦА 12

Валовой состав коллоидных фракций (< 0.2 мм) почв разрезов 1, 173 и 49 (в %)
(анализы Г. М. Пономарева)

№ разреза	Глубина в см	Гигроскопическая вода	Гумус	Потеря от прокаливания	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	TiO_2	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$
1	0—0.5	11.64	—	16.69	44.51	22.76	5.41	0.07	0.01	0.01	2.49	6.21	1.53	0.31	—	—
	0.5—10	13.55	—	6.76	51.18	24.37	5.32	0.38	0.03	0.02	3.16	6.04	1.86	0.88	—	—
	24—30	11.79	—	5.04	50.04	26.03	5.73	0.28	0.03	0.02	5.36	5.23	1.61	0.63	—	—
	60—70	11.23	—	2.09	55.95	27.16	5.86	0.24	0.03	0.03	2.26	3.69	1.71	0.98	—	—
	190—200	11.63	—	2.52	54.08	30.12	6.18	0.33	0.03	0.02	1.35	3.11	1.60	0.71	—	—
173	0—5	9.58	7.52	24.87	42.41	23.54	4.92	0.50	0.03	Следы	Нет	1.73	1.68	0.77	—	—
	35—45	10.16	7.52	26.90	40.81	22.76	4.48	0.36	0.04	»	»	1.82	1.79	1.04	—	—
	55—65	12.54	8.31	25.39	40.58	23.69	4.56	0.41	0.03	»	0.45	2.06	2.05	0.78	—	—
	115—125	10.68	4.00	16.61	46.87	25.23	5.74	0.29	0.03	»	0.73	2.04	1.93	0.52	—	—
	190—200	9.20	2.83	14.23	48.74	25.40	5.69	0.29	0.03	0.03	0.82	2.39	1.62	0.76	—	—
49	0—15	10.16	6.71	12.57	48.22	27.69	5.58	0.24	0.04	0.02	0.83	2.29	1.71	0.81	—	—
	30—40	8.71	9.33	19.61	44.74	25.65	4.78	0.36	0.03	0.02	0.38	2.33	1.58	0.52	—	—
	50—60	9.59	6.61	13.94	46.69	27.51	5.63	0.35	0.04	0.03	0.34	2.31	2.30	0.52	—	—
	100—110	9.50	4.01	17.15	44.94	23.47	9.50	0.35	0.03	0.03	0.49	2.16	1.54	0.36	—	—
	210—220	10.36	Не опр.	11.77	49.25	23.28	10.34	0.15	0.03	0.03	0.50	2.81	1.55	0.36	—	—
	В % на безгумусную фракцию															
1	0—0.5	—	—	—	53.41	27.31	6.49	0.08	0.01	0.01	2.99	7.45	1.86	0.37	3.30	2.86
	0.5—10	—	—	—	54.76	26.07	5.69	0.40	0.03	0.02	3.38	6.46	1.99	0.94	3.13	2.76
	24—30	—	—	—	52.54	27.33	6.01	0.29	0.03	0.02	5.53	5.49	1.69	0.66	3.02	2.65
	60—70	—	—	—	57.07	27.70	5.98	0.24	0.03	0.03	2.30	3.76	1.74	0.99	3.51	3.09
	190—200	—	—	—	55.70	31.02	6.36	0.34	0.03	0.02	1.39	3.20	1.65	0.73	3.05	2.70
173	0—5	—	—	—	56.40	31.31	6.54	0.66	0.04	—	—	2.30	2.23	1.02	3.06	2.70
	35—45	—	—	—	55.90	31.18	6.14	0.49	0.05	—	—	2.49	2.46	1.42	3.06	2.71
	55—65	—	—	—	54.37	31.74	6.11	0.55	0.04	—	0.60	2.76	2.74	1.04	2.91	2.61
	115—125	—	—	—	56.24	30.27	6.88	0.39	0.05	—	0.87	2.45	2.31	0.62	3.13	2.63
	190—200	—	—	—	56.53	29.71	6.66	0.34	0.03	0.03	0.96	2.79	1.89	0.89	3.23	2.84
49	0—15	—	—	—	55.07	31.56	6.36	0.27	0.04	0.02	0.95	2.61	1.95	0.92	3.00	2.63
	30—40	—	—	—	55.47	31.80	5.93	0.44	0.04	0.02	0.47	2.89	1.96	0.64	2.97	2.65
	50—60	—	—	—	55.16	31.91	6.53	0.40	0.04	0.03	0.39	2.67	2.64	0.60	2.91	2.73
	100—110	—	—	—	53.92	26.16	10.40	0.42	0.03	0.03	0.59	2.59	1.85	0.43	3.51	2.80
	210—220	—	—	—	56.14	26.53	11.78	0.17	0.03	0.03	0.57	3.20	1.76	0.41	3.60	2.70

первоначальных почв и выделенных из них коллоидных фракций намечается следующее: с уменьшением размера частиц резко падает количество SiO_2, CaO, Na_2O и MnO и, наоборот, резко возрастает количество Al_2O_3, Fe_2O_3, P_2O_5 и MgO; что касается K_2O, то количество его более или менее постоянно. Из табл. 12 видно, что химический состав коллоидных фракций солонца в отдельных генетических горизонтах не вполне одинаков. Так, минимум содержания SiO_2 оказывается в горизонте 24—30 см, максимум — на глубине 60—70 см. В результате этого повышается также и молекулярное отношение $SiO_2 : Al_2O_3$ с 3 в горизонте 24—34 см до 3.5 в горизонте 60—70 см.

Таким образом, накопления SiO_2 в самых верхних горизонтах мы не наблюдаем, наоборот, из верхних горизонтов она перемещается до глубины 10—70 см. Причиной этого является сильно щелочная среда (pH>10), в результате чего происходит частичный гидролиз первичных силикатов и вынос SiO_2 в виде силикатов натрия.

В составе катионов преобладает магний, что является характерным для коллоидных минералов солонцов. Повышенное содержание в верхних горизонтах магния, а также и кальция нужно частично отнести за счет карбонатов, так как последние при подготовке почв для выделения коллоидов разрушены не были. Достаточное содержание калия в составе коллоидной фракции солонца указывает на то, что бо́льшая часть его связана в коллоидных минералах группы серицита и мусковита.

В отличие от солонцов Заволжья, где содержание TiO_2 в коллоидных фракциях достигает 0.5% (Антипов-Каратаев, 1937), в наших солонцах количество его не превышает 0.03%.

Сопоставляя наши данные для солонца Черниговской обл. с данными для солонцов Заволжья, мы находим, что они вполне согласуются с изложенными И. Н. Антиповым-Каратаевым положениями о сущности солонцового процесса (1937).

Химический состав коллоидных фракций черноземов одинаков в верхних горизонтах (до 60 см) обеих почв, в нижних же горизонтах обнаруживается различие. В выщелоченном черноземе с глубины 100 см резко падает количество Al_2O_3 и, наоборот, сильно возрастает содержание Fe_2O_3. Это явление вполне согласуется с данными минералогического состава выщелоченного чернозема, где, как мы видели (табл. 9), происходит резкое повышение содержания окислов железа с глубины 100 см. Рентгеноскопические анализы также указали на присутствие в этой части профиля коллоидного минерала гетита.

Эти данные свидетельствуют о более глубоких процессах изменения почвенной массы, в результате чего происходил не только вынос из верхних горизонтов, но и распад алюмосиликатов на месте.

Молекулярное соотношение $SiO_2 : Al_2O_3$ в верхних горизонтах выщелоченного и осолоделого черноземов почти постоянно и очень близко для обеих почв к 3.0; с глубины карбонатного горизонта намечается некоторое повышение этого коэффициента; нужно считать, что обогащение нижних горизонтов SiO_2 и частичный распад алюмосиликатов, повидимому, обязаны позднейшим стадиям осолодения.

Величина $SiO_2 : R_2O_3$ указывает на преобладание полуторных окислов в составе коллоидов описываемых почв. В пределах одного и того же профиля молекулярное отношение кремнезема к полуторным окислам остается почти неизменным, что дает повод сделать предположение об однородности минералогического состава коллоидных фракций. Однако различие в минералогическом составе коллоидов, как увидим ниже, имеется в выщелоченном и осолоделом черноземах. Появляются минералы, которых нет в солонце и синтез которых характерен для других условий почвообразования (галлоизит, гетит, гидраргилит, сепиолит и др.). Перечисленные минералы, насколько нам известно, отсутствуют в нормальных черноземах и каштановых почвах.

Из сопоставления данных валового анализа коллоидных фракций всех трех описываемых почв отчетливо прослеживается следующее различие:

1) в черноземах количество Al_2O_3 на 4—5% выше, чем в солонце;

2) количество Fe_2O_3 во всех коллоидных образцах примерно одинаково, за исключением нижних горизонтов выщелоченного чернозема, где с глубины 100 см количество Fe_2O_3 увеличивается на 35—40%;

3) в солонце в верхней части профиля (до глубины 70 см) количество MgO выше на 50—60%, чем в черноземных почвах; в материнской породе солонца и выщелоченного чернозема содержание магния одинаково;

4) количество P_2O_5 в черноземах на 30—40% выше, чем в солонцах, точно так же в черноземах больше и калия.

Это различие химического состава коллоидных фракций, как увидим ниже, объясняется различием минералогического состава коллоидных минералов. Повышенное содержание Mg в солонце обусловливается преобладанием в составе коллоидов солонца минералов монтмориллонита и байделита. Повышенное содержание в черноземах полуторных окислов связано с присутствием минералов бемита, гидраргиллита и гетита.

Преобладание в черноземах мусковита и серицита может объяснить повышенное содержание калия.

Таким образом, сопоставление химического состава коллоидных фракций лишний раз подтверждает все высказанные нами взгляды относительно глубоких процессов изменения почвенной массы нынешних черноземных почв при позднейших стадиях почвообразования.

8. Степень осолодения почв

Обычно в осолодевающих солонцеватых почвах и тем более солонцах количество «аморфной» кремнекислоты, извлекаемой 5% KOH, достигает 1—3% и более (Е. Н. Иванова, К. К. Гедройц и др.). Из данных табл. 13 видно, что KOH извлекает относительно небольшое количество SiO_2 и Al_2O_3, но, связывая их в каолин $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, все же можно получить избыток SiO_2 в наших почвах, что можно отнести к свободной «аморфной» SiO_2. Можно было бы допустить, что источником SiO_2 в верхних горизонтах могут быть крупные фракции, в состав которых входит SiO_2, накопленная биологическим путем, но увеличение ее с глубиной безусловно свидетельствует о присутствии «аморфной» SiO_2 и в коллоидном состоянии, т. е. в виде продуктов неорганического происхождения.

Особенно резко выражено накопление «аморфной» SiO_2 в нижних горизонтах осолоделого чернозема, где содержание ее достигает весьма значительной величины (17%). Эти данные вместе с приведенными выше с достаточной убедительностью говорят о том, что эта почва в прошлом пережила стадию резкой солонцеватости и осолодения. Рентгеновский анализ показал, что эта «аморфная» кислота переходит уже в стадию кварца. Интересным является и факт нахождения в горизонте 55—65 см значительного избытка глинозема, что легко объясняется переносом алюминия в виде алюминатов натрия и осаждением гидрата окиси алюминия в этом горизонте благодаря изменению реакции и условий среды.

Рентгеновский анализ обнаружил коллоидный минерал бемит ($Al_2O_3 \cdot H_2O$). Таким образом, произошла позднейшая кристаллизация гидрата окиси алюминия.

Это явление указывает на более глубокое изменение почвенной массы по сравнению с первыми стадиями осолодения, где при процессах, направленных к стабилизации систем, преобладают пептизация и диспергирование, здесь же распад силикатов, повидимому, достигал до реакций раство-

ТАБЛИЦА 13

Данные анализа щелочных вытяжек (в %)

(анализы Г. М. Пономарева)

№ разреза	Почвы	Глубина в см	SiO_2	Al_2O_3	Избыток против формулы $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	
					SiO_2	Al_2O_3
1	Корково-глыбистый солонец-солончак	0—0.5	0.76	0.04	0.62	—
		0.5—10	0.88	0.27	0.44	—
		24—34	0.89	0.10	0.72	—
		60—70	1.07	0.30	0.72	—
		190—200	1.22	0.52	0.66	—
173	Осолоделый чернозем	0—5	1.27	0.76	0.66	—
		35—45	0.75	0.57	0.11	—
		55—65	0.63	3.69	—	3.16
		115—125	19.39	2.39	17.76	—
		190—200	9.40	0.69	3.76	—
49	Выщелоченный чернозем	0—15	1.02	0.50	0.432	—
		30—40	0.69	0.40	0.228	—
		50—60	1.15	0.45	0.623	—
		100—110	1.05	0.51	0.468	—
		210—220	1.22	0.43	0.696	—

рения, Al выносился в молекулярно-дисперсной форме, т. е. в виде алюмината натрия.

Из сопоставления аналитического материала для условно принятых нами материнских пород (горизонт 210—220 см) намечаются некоторые общие закономерности в их минералогическом и химическом составе. Это указывает на то, что сами породы более или менее однородны и в процессах почвообразования резких изменений не претерпевали. Принимая это во внимание, постараемся дать общие выводы изменения химического состава в процессе почвообразования отдельных почвенных разностей.

Внимательное рассмотрение всего аналитического материала позволяет установить наличие существенных колебаний во внутренних признаках описываемых почв. В солонце-солончаке мы наблюдаем отчетливо выраженное накопление соды в верхнем солонцовом горизонте.

Показателем изменения минеральной части почвенного профиля солонца в результате солонцового процесса является изменение гранулометрического состава, связанного с процессами выноса коллоидных фракций из верхних горизонтов в нижележащие. Однако отнести эти изменения только за счет передвижения тонкодисперсных частиц еще недостаточно. Здесь должно иметь место и явление внутреннего in situ выветривания. В силу этого мы наблюдаем увеличение SiO_2 и уменьшение всех окислов, за исключением Na_2O, в солонцовом горизонте.

Из сопоставления данных химического состава почвы и выделенной из нее коллоидной фракции вытекает, что процесс миграции коллоидно-дисперсных веществ в содовых солонцах ограничивается только верхними горизонтами. В осолоделом черноземе (разр. 173) мы наблюдаем отчетливо выраженное изменение химического состава по всей толще почвы, что является не совсем обычным для нормальных черноземных почв. Слабокислая реакция в верхнем горизонте (pH = 6), минимальное содержание водорастворимых солей (на глубине до появления карбонатного горизонта), минимальное содержание обменных оснований, обеднение верхних горизонтов частицами <0.0002 мм — все это указывает на то, что развитие почв данного типа

протекает в условиях, благоприятствующих не только миграции легкорастворимых солей, но и глубокому изменению всего почвенного комплекса. Последнее явление нужно связывать с некогда бывшей солонцеватостью этих почв и дальнейшими процессами деградации до стадии сильного осолодения, что вполне согласуется с данными анализа КОН-вытяжки.

Дальнейшая эволюция этих почв протекала в условиях одернения по типу, близкому к нормальным черноземным почвам, при отсутствии специальных условий для аккумуляции в верхних горизонтах легкорастворимых солей и органического вещества. Что же касается разреза 49, то здесь до некоторой степени повторяется та же картина, что и в разрезе 173, с той лишь разницей, что деградация этих почв до стадии сильного осолодения, повидимому, не доходила.

Все вышеизложенное вполне согласуется с составом коллоидных минералов и характерным их распределением по профилю почв.

9. Состав минералов почвенных коллоидов

Коллоиды почв, долгое время считавшиеся аморфными мутабильными соединениями, теперь представляются нам в виде индивидуально химических соединений (минералов). Минералы почвенных коллоидов (педолиты) являются соединениями, которые образуются в процессе выветривания и почвообразования. Как продукты почвообразования, педолиты, должны отражать разные типы процессов, их направление и изменения. Это должно быть уже хотя бы потому, что в подзолистых почвах господствует кислая среда, практически отсутствуют соли, тогда как в солонцах и солонцеватых почвах имеют место щелочные и нейтральные условия, соли присутствуют. Поведение различных соединений в кислой, щелочной и нейтральной средах будет разное. В верхних горизонтах подзолистых почв наиболее подвижными элементами являются полуторные окислы, щелочные и щелочноземельные основания, тогда как в солонцах, наоборот, бо́льшую подвижность будет испытывать кремнекислота, иногда алюминий. Перегруппировка элементов, в зависимости от условий среды, в определенные атомные структуры дает в результате господства на протяжении длительного времени определенного процесса ряд педолитов.

Состав педолитов поэтому должен в известной степени варировать в различных типах почв. Эту зависимость состава педолитов практически удается наблюдать на конкретных почвах. В предыдущих своих работах Седлецкий (1937—1938) показал, что солонцы имеют следующий состав педолитов: монтмориллонит, байделит, серицит и др. В подзолистых почвах иной состав педолитов: каолинит, накрит, диккит, галлуазит и др. Состав педолитов меняется также и по генетическим горизонтам одной и той же почвы. Однако до установления полной закономерности в характере распределения педолитов в связи с различиями в почвообразовании еще, повидимому, далеко, потому что изучены почвенные коллоиды с недостаточной глубиной и тщательностью и не все типы и разновидности почв подвергнуты рентгенографическим исследованиям. Чрезвычайно интересно было применить этот метод к почвам совершенно оригинального ряда, установленного Гедройцем: солонцы, солонцеватые черноземы, осолоделые черноземы и выщелоченные черноземы.

а) Общая рентгенографическая характеристика коллоидов, выделенных из исследованных почв[1]

Как и следовало ожидать, коллоиды из разных исследованных почв имеют различную рентгенографическую характеристику (табл. 14—16).

[1] Рентгеноскопирование образцов коллоидов и расчеты рентгенограмм произведены Т. П. Костецкой, а расшифровки их принадлежат И. Д. Седлецкому.

ТАБЛИЦА 14

Рентгенографическая характеристика коллоидов выщелоченного чернозема (разр. 49) (в Å)

№ п.п. \ Глубина в см	0—10	30—40	50—60	100—110	210—220	№ п.п. \ Глубина в см	0—10	30—40	50—60	100—110	210—220
1	8.25	8.10	7.85	—	8.20	14	2.65	—	2.62	2.65	2.61
2	4.95	—	—	—	—	15	—	2.55	—	—	2.48
3	—	4.54	4.56	4.56	4.64	16	2.22	2.23	—	—	—
4	4.42	—	—	—	—	17	—	2.01	2.03	—	2.02
5	—	4.06	—	—	4.04	18	1.82	1.83	1.86	—	1.84
6	—	—	3.92	—	—	19	1.76	—	1.73	1.73	—
7	3.69	—	—	—	—	20	1.64	1.67	1.68	—	1.68
8	3.54	3.55	—	—	3.54	21	1.59	—	1.53	1.53	1.51
9	—	—	3.45	3.45	—	22	1.44	1.41	1.42	—	—
10	—	3.37	—	—	3.32	23	1.36	1.34	1.34	1.34	1.37
11	—	—	3.07	—	—	24	—	1.296	1.28	—	1.29
12	—	2.89	—	—	2.94	25	1.25	1.22	—	—	—
13	2.81	—	—	—	—						

ТАБЛИЦА 15

Рентгенографическая характеристика коллоидов содового солонца (разр. 1) (в Å)

№ п.п. \ Глубина в см	0—0.5	0.5—10	24—34	60—70	190—210	№ п.п. \ Глубина в см	0—0.5	0.5—10	24—34	60—70	190—210
1	7.63	6.99	7.70	7.70	7.70	12	2.41	2.49	2.38	2.40	—
2	—	—	4.86	4.85	—	13	—	2.30	2.22	—	—
3	4.34	4.40	4.30	4.23	4.40	14	—	2.16	2.10	2.14	2.12
4	3.99	3.98	—	—	3.95	15	—	1.96	—	1.94	2.02
5	—	3.71	—	3.68	—	16	—	1.82	—	1.78	1.785
6	—	3.57	3.56	—	—	17	1.66	1.72	—	—	1.65
7	—	3.38	—	3.42	—			1.66			
8	3.28	—	—	—	3.31	18	—	1.54	1.58	1.59	—
9	2.93	3.02	—	3.00	—	19	—	1.51	—	1.52	1.52
10	2.77	—	2.76	2.72	2.80	20	—	—	—	—	1.50
11	—	2.61	2.59	2.60	2.54	21	1471	1.46	—	1.47	—

Они различаются количеством, интенсивностью линий, а также характером распределения этих линий.

Коллоиды из горизонта А солонца имеют 36 линий, тогда как коллоиды из того же горизонта А выщелоченного чернозема 25, а коллоиды из горизонта А осолоделого чернозема 19 линий.

По-разному распределяются линии по отдельным генетическим горизонтам. В коллоидах по горизонту А солонцов наиболее сильными являются линии с d : 4.40, 3.38, 1.82, 1.54, 1.38 Å; в коллоидах горизонта 0—10 см выщелоченного чернозема наиболее яркие линии имеют d : 4.95, 2.81 и 1.59 Å.

Все это указывает на различный состав педолитов по почвам в целом и по их отдельным генетическим горизонтам. Генезис педолитов и их состав в основном определяются характером почвообразовательных процессов. Если бы педолиты образовывались независимо от условий и характера почвообразования, тогда мы не имели бы зависимости состава педолитов от

ТАБЛИЦА 16

Рентгенографическая характеристика коллоидов осолоделого чернозема (разр. 173) (в Å)

№ п.п. \ Глубина в см	0—15	35—45	55—65	№ п.п. \ Глубина в см	0—15	35—45	55—65
1	7.76	8.20	8.20	10	—	—	2.34
2а	—	4.50	—	11	2.24	—	—
2б	4.38	—	—	12	2.05	—	—
2в	—	—	4.22	13	—	—	1.90
3	3.75	—	3.86	14	1.80	1.78	—
4	—	3.44	—	15	1.66	1.70	—
5	—	—	3.14	16	1.49	—	1.44
6	—	3.03	—	17	1.37	1.41	—
7	—	2.64	2.65	18	1.28	1.25	1.29
8	2.56	2.50	—	19	1.17	—	—
9	2.42	—	2.43				

типов почв и их отдельных горизонтов. В действительности мы всегда наблюдаем изменение состава педолитов при переходе от одной почвы к другой. Подтверждается предположение Глинки о том, что в почвах должны образовываться специфические соединения, характерные для отдельных почв и их горизонтов. Наша задача, однако, сводится не только к установлению различия этих соединений по типам почв и их генетическим горизонтам, но и к нахождению конкретных компонентов и выяснению степени их индивидуальности.

б) Коллоидные минералы содового солонца-солончака

Коллоидные минералы солонца представлены, главным образом, педолитами группы монтмориллонита, как это можно видеть из сводных данных в табл. 17 и таблицах расшифровки рентгенограмм (табл. 18—22).

ТАБЛИЦА 17

Состав педолитов содового солонца в коллоидной фракции (< 0.2 μ)

Глубина см	Состав педолитов[1]	№№ таблиц расшифровки рентгенограмм
0—0.5	Монтмориллонит	18
0.5—10	Монтмориллонит, мусковит, кварц, керолит	19
24—34	Магниевый байделлит, монтмориллонит (мало)	20
60—70	Керолит, монтмориллонит (мало)	21
190—210	Монтмориллонит	22

По всему профилю преобладающими минералами являются монтмориллонит, байделлит и керолит. Такой состав педолитов содового солонца отнюдь не случайный, но обусловлен характером процессов почвообразования. Согласно ряду исследований, характерным для содовых солонцов является монтмориллонитовый состав педолитов. Именно благодаря наличию сильно

[1] Часть линий на рентгенограммах осталась нерасшифрованной.

щелочных условий идет интенсивный распад неустойчивых минералов и образование новых, стабильных педолитов. В условиях генезиса солонцов и образуется монтмориллонит.

Различие состава педолитов по генетическим горизонтам обусловливается различными условиями, которые варируют в пределах почвенного профиля солонца.

ТАБЛИЦА 18

Расшифровка рентгенограмм. Разрез 1, глубина образца 0—0.5 см, фракция < 0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Монтмориллонит	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Монтмориллонит
1	Очень слабая	7.63	—	7	Сильная	2.41	+
2	Очень сильная	4.34	+	8	Средняя	1.660	+
3	Средняя	3.99	—	9	»	1.471	+
4	»	3.28	+	10	Слабая	1.349	—
5	Слабая	2.93	+	11	Средняя	1.291	+
6	»	2.77	—	12	»	1.238	+

ТАБЛИЦА 19

Расшифровка рентгенограмм. Разрез 1, глубина образца 0.5—10 см, фракция < 0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Монтмориллонит	Мусковит	Кварц	Кероли т
1	Очень слабая	6.99	—	—	—	—
2	Сильная (двойная)	4.40	+	+	—	—
3	Слабая	3.98	—	+	—	—
4	»	3.71	—	+	—	—
5	Средняя	3.57	—	+	—	—
6	Очень сильная	3.38	—	+	+	—
7	Очень слабая (двойная)	3.02	—	—	—	—
8	Средняя	2.61	—	+	—	—
9	Слабая	2.49	—	+	+	+
10	»	2.30	—	+	+	+
11	»	2.16	—	+	+	+
12	»	1.96	2	+	+	—
13	Сильная	1.82	—	+	+	+
14	Средняя (двойная)	1.72	+	+	+	+
15	Сильная	1.54	+	+	+	+
16	Средняя	1.51	+	+	+	+
17	Слабая	1.46	—	+	+	—
18	»	1.41	—	+	+	—
19	Сильная	1.38	—	+	+	+
20	Слабая	1.30	—	+	+	+
21	Средняя	1.26	+	+	+	+
22	Слабая	1.23	—	+	+	+
23	Средняя	1.199	—	+	+	+
24	»	1.19	—	+	+	+
25	Слабая	1.14	—	+	+	+
26	Средняя	1.08	—	+	+	+
27	Слабая	1.04	—	+	+	+
28	»	1.03	—	+	+	+
29	»	1.03	—	+	+	+
30	»	0.987	+	+	+	+
31	»	0.951	—	+	+	+

ТАБЛИЦА 20

Расшифровка рентгенограмм. Разрез 1, глубина 21—34 см, фракция < 0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Байделит	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Байделит
1	Очень слабая	7.70	—	7	Очень слабая	2.38	—
2	Сильная	4.86	+	8	» »	2.22	—
3	Средняя	4.30	—	9	Средняя	2.10	+
4	Слабая	3.56	—	10	Сильная	1.58	+
5	Сильная	2.76	+	11	Средняя	1.36	+
6	Слабая	2.59	+	12	Слабая	1.28	—

ТАБЛИЦА 21

Расшифровка рентгенограмм. Разрез 1, глубина 60—70 см, фракция < 0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Байделит	Кероли т	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Байделит	Кероли т
1	Очень слабая	7.70	—	—	10	Очень слабая	2.14	—	+
2	Сильная	4.85	+	—	11	» »	1.94	—	+
3	Средняя	4.23	—	—	12	Средняя	1.78	+	+
4	Слабая	3.68	—	—	13	Сильная	1 59	—	+
5	»	3.42	—	—	14	Слабая	1.52	—	+
6	»	3.00	—	+	15	»	1.47	—	+
7	Сильная	2.72	+	+	16	Средняя	1.37	+	+
8	Слабая	2.60	—	+	17	Слабая	1.33	—	+
9	Очень слабая	2.40	+	+	18	»	1.25	—	+

ТАБЛИЦА 22

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 1, глубина образца 190—210 см, фракция < 0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Монтмориллонит	Мусковит	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Монтмориллонит	Мусковит
1	Очень слабая	7.70	—	—	9	Очень слабая	1.785	+	—
2	Сильная	4.40	+	+	10	Средняя (различная)	1.65	+	+
3	Средняя	3.95	—	+	11	Сильная	1.52	+	+
4	»	3.31	—	+	12	Очень слабая	1.50	—	+
5	Очень слабая	2.80	+	+	13	Слабая	1.42	+	+
6	Сильная	2.54	+	+	14	»	1.33	+	+
7	Очень слабая	2.12	+	+	15	»	1.20	—	—
8	» »	2.02	+	+					

Высокая щелочность от нормальных карбонатов (0.085%) в горизонте 0.5—10 см и сильно щелочная реакция (pH >10) показывают накопление в этом горизонте соды. Это приводит к интенсивному образованию щелочных педолитов именно в данном горизонте. Здесь мы действительно наблюдаем максимальное содержание монтмориллонита (наибольшая четкость рентгенограмм) и появления на ряду с монтмориллонитом и мусковита.

В более глубоких горизонтах (24—34 и 60—70 см) на первое место выступают такие педолиты, как байделит и керолит. Появление здесь байделита свидетельствует о передвижении кремнекислоты. Мы указывали в своей работе по солонцам Заволжья о том, что байделит образуется в менее щелочных условиях и при перемещении кремнекислоты. Действительно, во всех нижних горизонтах нормальные карбонаты отсутствуют, и реакция становится слабощелочной, главным образом, за счет бикарбонатов кальция и магния. О подвижности и передвижении кремнекислоты в горизонтах 24—34 и 60—70 см свидетельствует и валовой химический анализ коллоидов; содержание SiO_2 в горизонте 24—34 см падает (52.54%) по сравнению с вышележащим горизонтом 0.5—10 см (54.76%).

В горизонте 60—70 см содержание SiO_2 несколько повышается (до 57%), что связано с переносом ее из горизонта 24—34 см. В материнской породе содержание SiO_2 опять выравнивается (55.70%).

Появление снова на глубине 190—210 см монтмориллонита указывает на то, что здесь находится второй максимум щелочности в профиле. Однако это положение не подтверждается данными водной вытяжки и величиной pH. Можно предполагать, что здесь мы имеем дело со вторичными минералами материнской породы — лёсса.

Весьма интересно нахождение в больших количествах коллоидных минералов кварца в горизонте 0.5—10 см, т. е. там, где имеются наиболее щелочные условия.

До сих пор многие солонцы, исследованные нами, не показали присутствия в коллоидах кварца. Кварц мы находим в больших количествах в подзолистых почвах, и это понятно. В кислой среде происходит вынос полуторных окислов в результате разрушения неустойчивых алюмосиликатов. Остающийся гель кремнекислоты со временем кристаллизуется и превращается в кварц. Такой процесс кристаллизации мы наблюдали в лабораторных условиях (1938 г.). Появление вторичного кварца в солонце можно рассматривать как следствие предшествовавшего процесса. Можно сделать и второе предположение о возможности периодической смены солонцового процесса процессом осолодения, что в лесостепных условиях должно осуществляться несомненно. Тогда, понятно, не вынесенная вниз SiO_2 (результат гидролиза Na_2SiO_3 солонцовой стадии) должна кристаллизоваться под влиянием относительно кислых условий во время осолодения.

Описываемый корково-глыбистый солонец подвергался значительному осолодению в прошлом; в то время мог образоваться и кварц. Кислый гидролиз в условиях осолодения приводит к частичному разрушению коллоидов, выносу полуторных окислов и накоплению кремнекислоты. Кварц весьма мало растворим в щелочных условиях, чем и объясняется его длительное сохранение в солонце. Отсутствие кварца в более глубоких горизонтах солонца указывает на то, что процесс осолодения затронул только верхние горизонты. Отсутствие же кварца в самой верхней корочке (0—0.5 см), может быть, говорит о передвижении кремнекислоты во время кислого гидролиза несколько в глубь профиля. Не исключена, однако, возможность и того, что ранее образовавшийся кварц перекристаллизовался из коллоидной фракции в более крупные фракции.

Некоторые подтверждения нарисованной нами картины находим в минералогическом составе более крупных фракций от 2 до 0.2 μ (сводная таблица 23 и таблицы расшифровки рентгенограмм 24—28).

В основном состав минералов фракции 2—0.2 μ повторяет то, что было найдено для фракции < 0.2 μ.

Появление в корочке серицита может быть связано с частичным гидролизом мусковита. Исключительно важным является нахождение гедройцита в горизонте 0.5—10 см. Гедройцит был получен нами в лабораторных условиях (1937 г.), и уже тогда мы указывали, что он может быть найден в солонцовых почвах. Характерной особенностью гедройцита является высокое содержание натрия (3.7%) и калия (7.37%).

ТАБЛИЦА 23

Состав минералов солонца во фракции 2—0.2 μ[1]

Глубина в см	Найденные минералы	№ таблиц расшифровки рентгенограмм
0—0.5	Серицит, монтмориллонит	24
0.5—10	Гедройцит	25
24—34	Керолит, тальк, доломит, кальцит	26
60—70	Керолит, доломит	27
190—210	Керолит, монтмориллонит, тальк, гедройцит, доломит, кальцит	28

ТАБЛИЦА 24

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 1, глубина образца 0—0.5 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Серицит	Монтмориллонит	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Серицит	Монтмориллонит
1	Слабая	6.85	—	—	23	Слабая	1.46	—	—
2	Средняя	4.67	+	—	24	Очень сильная	1.41	—	—
3	»	4.44	—	+	25	Очень слабая	1.39	—	—
4	Слабая	4.18	—	—	26	» »	1.35	—	—
5	»	4.18	—	—	27	Слабая (двойная)	1.32	+	—
6	Средняя	3.75	+	—	28	Средняя	1.28	+	+
7	Очень сильная	3.50	+	—	29	»	1.26	+	—
8	Слабая	3.48	+	—	30	Сильная	1.24	+	+
9	»	3.20	—	—	31	»	1.20	+	—
10	»	2.98	—	+	32	Слабая	1.17	—	—
11	Средняя	2.78	+	+	33	Очень слабая	1.16	—	—
12	»	2.51	+	+	34	Средняя	1.10	+	—
13	Слабая	2.47	+	—	35	Слабая	1.08	—	—
14	Средняя	2.38	+	—	36	Средняя	1.06	+	+
15	»	2.21	+	+	37	»	1.05	—	—
16	»	2.10	+	+	38	»	1.03	—	—
17	Сильная	1.88	+	+	39	Очень слабая	1.01	—	—
18	Слабая	1.76	+	+	40	Слабая	1.00	—	—
19	Средняя	1.72	—	+	41	»	1.900	—	—
20	Сильная	1.59	+	—	42	»	—	—	—
21	Средняя	1.55	—	+	43	»	0.974	+	—
22	Слабая	1.49	+	—					

[1] Часть линий на рентгенограммах осталась нерасшифрованной.

ТАБЛИЦА 25

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 1, глубина образца 0.5—10 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Гидрослюда	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Гидрослюда
1	Средняя	3.54	+	16	Средняя	1.518	+
2	»	3.47	—	17	»	1.484	+
3	Очень сильная	3.26	+	18	Слабая	1.393	+
4	Слабая	3.11	—	19	Сильная	1.356	+
5	Сильная	2.94	+	20	Очень слабая	1.325	+
6	Слабая	2.77	+	21	Слабая	1.273	+
7	Средняя	2.52	+	22	»	1.182	+
8	»	2.42	+	23	»	1.165	+
9	»	2.23	+	24	»	1.140	+
10	»	2.04	+	25	Очень слабая	1.110	+
11	»	1.955	+	26	» »	(1.088)	+
12	» (двойная)	1.840	+	27	» »	1.037	+
13	»	1.786	+	28	» »	1.026	+
14	Слабая	1.639	+	29	» »	0.994	+
15	Очень слабая	1.572	+	30	» »	0.968	+

ТАБЛИЦА 26

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 1, глубина образца 24—34 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Тальк	Керолит	Кальцит	Доломит
1	Очень слабая	7.25	—	—	—	—
2	Средняя (различная)	4.13	—	—	—	+
3	Сильная	3.40	—	—	—	+
4	»	3.03	+	—	—	+
5	Слабая	2.99	+	—	+	—
6	»	2.64	+	—	—	+
7	»	2.45	—	+	+	—
8	Средняя	2.34	—	—	+	+
9	»	2.18	+	+	+	+
10	Очень слабая	2.04	+	—	—	—
11	Средняя	1.92	+	—	—	+
12	»	1.89	+	—	+	+
13	Слабая	1.84	—	+	+	+
14	»	1.69	—	+	—	+
15	»	1.63	+	—	+	—
16	»	1.55	+	—	+	—
17	Средняя	1.52	+	+	+	+
18	Очень слабая	1.48	+	—	+	—
19	Слабая	1.44	+	+	+	+
20	»	1.38	—	—	+	+
21	Очень слабая	1.36		—	—	+
22	» »	1.34	+	—	+	—
23	Слабая	1.30	+	+	+	—
24	»	1.25	—	+	—	+

Продолжение табл. 26

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Тальк	Керолит	Кальцит	Доломит
25	Слабая	1.21	+	—	+	—
26	»	1.18	+	—	+	—
27	»	1.15	+	—	+	—
28	Очень слабая	1.11	+	—	+	—
29	» »	1.08	+	—	+	—
30	» »	1.04	—	—	+	—
31	» »	(1.01)	—	—	+	—
32	» »	0.989	—	—	+	—
33	» »	0.960	—	—	+	—

ТАБЛИЦА 27

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 1, глубина образца 60—70 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Керолит	Доломит
1	Очень слабая	8.40	—	—
2	» »	4.78	+	+
3	» »	4.26	—	+
4	Очень сильная	3.64	—	—
5	» »	3.31	—	+
6	Очень слабая	3.14	—	—
7	» »	2.99	—	+
8	Слабая	2.81	—	+
9	»	2.70	—	+
10	Очень слабая	2.56	—	+
11	Сильная	2.48	+	+
12	Слабая	2.34	—	+
13	Сильная	2.23	—	+
14	Слабая	2.17	+	—
15	Сильная	2.05	—	+
16	»	2.00	—	+
17	Средняя	1.96	+	—
18	Слабая	1.76	—	+
19	»	1.69	+	—
20	»	1.64	—	+
21	Средняя	1.60	+	—
22	Слабая	1.500	—	—
23	»	1.40	+	—
24	»	1.35	—	+
25	»	1.31	—	—
26	»	1.222	+	—
27	»	1.18	—	+
28	»	1.13	—	—
29	Очень слабая	1.11	—	+
30	»	1.07	—	+
31	Слабая			

ТАБЛИЦА 28

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 1, глубина образца 190—210 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (*d*)	Доломит	Керолит	Тальк		Монтмориллонит	Гедройцит
1	Средняя	4.44	—	—	—	—	+	—
2	Слабая	3.77	—	—	—	+	—	—
3	»	3.59	—	—	—	—	—	+
4	Сильная	3.41	—	—	—	—	—	—
5	Слабая	3.24	—	—	—	—	—	—
6	Сильная	3.07	+	—	+	+	+	—
7	Очень слабая	2.94	+	—	—	—	—	+
8	» »	2.82	+	—	+	—	—	—
9	Средняя	2.70	—	—	—	—	—	+
10	»	2.50	+	+	+	+	+	—
11	»	2.28	+	—	+	+	+	—
12	Средняя (двойная)	2.13	+	+	—	+	+	—
13	Слабая	2.01	+	—	+	+	—	—
14	Средняя	1.933	—	—	+	+	—	—
15	»	1.883	—	+	+	+	—	—
16	»	1.836	+	—	—	—	—	—
17	Слабая	1.684	+	+	+	—	+	—
18	»	1.609	+	—	—	—	—	—
19	Средняя	1.550	+	—	+	+	—	—
20	»	1.518	+		+	+	+	—
21	Слабая (двойная)	1.434	+	+	+	+	+	—
22	Сильная	1.381	—	+	+	+	—	—
23	Слабая	1.300	+	+	+	+	—	—
24	»	1.260	—	+	+	+	—	—
25	»	1.226	+	—	+	+	—	—
26	»	1.204	+	—	+	—	—	—
27	»	1.188	+	—	+	+	—	—
28	»	1.157	+	—	+	+	—	—
29	»	1.084	—	—	+	+	—	—
30	»	1.046	—	—	—	+	—	—
31	»	1.01	—	—	—	+	—	—
32	»	0.986	—	—	—	+	—	—
33	»	0.962	—	—	—	+	—	—

Появление гедройцита в горизонте 0.5—10 см станет понятным, если принять во внимание, что здесь отмечается наиболее высокое pH и максимум скопления соды, а также наибольшее содержание обменного натрия. Почему гедройцит концентрируется в более грубых фракциях и отсутствует в истинных коллоидах (<0.2 μ), это, повидимому, надо объяснить большими размерами частичек этого минерала. Наличие ниже 24 см в крупных фракциях доломита и кальцита объясняется карбонатностью нижних горизонтов. Карбонаты при выделении коллоидов не разрушались.

Из изложенного ясно, что состав педолитов солонца (впрочем, как и всякой другой почвы) не является случайным, но тесно связан с генезисом данной почвы и ее историей. Педолиты по профилю и по горизонтам группируются в закономерные парагенетические ассоциации.

в) Коллоидные минералы осолоделого чернозема (разр. 173)

Состав коллоидных минералов осолоделого чернозема представлен в сводной таблице 29 и табл. 30—34.

Действительно, мы видим, что реакция верхнего горизонта 0—15 см является кислой (pH=6.02). Именно этим должно объясняться появление в этом горизонте галлоизита.

ТАБЛИЦА 29

Состав педолитов осолоделого чернозема

Разрез 173, фракция < 0.2 μ[1]

Глубина в см	Найденные минералы	№ таблиц расшифровки рентгенограмм
0—15	Галлоизит	30
35—45	Галлоизит, пирофиллит (?)	31
55—65	Галлоизит (?), бемит	32
100—110	Байделит	33
190—200	» —	34

ТАБЛИЦА 30

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 173, глубина образца 0—15 см, фракция < 0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (*d*)	Галлоизит	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (*d*)	Галлоизит
1	Очень слабая	7.76	+	8	Очень слабая	1.80	+
2	Сильная	4.38	+	9	Средняя	1.66	+
3	»	3.75	+	10	Сильная	1.49	+
4	»	2.56	+	11	Слабая	1.37	+
5	Слабая	2.42	+	12	»	1.28	—
6	Очень слабая	2.24	+	13	Очень слабая	1.17	—
7	» »	2.05	—				

ТАБЛИЦА 31

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 173, глубина образца 35—45 см, фракция < 0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (*d*)	Галлоизит	Пирофиллит (?)	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (*d*)	Галлоизит	Пирофиллит (?)
1	Очень слабая	8.20	—	+	6	Очень слабая	2.50	—	+
2	Средняя	4.50	+	+	7	» »	1.78	+	—
3	Слабая	3.44	—	+	8	Средняя	1.70	+	—
4	Очень слабая	3.03	+	—	9	Слабая	1.41	+	+
5	Средняя	2.64	+	—	10	Очень слабая	1.25	—	+

Фракция 2—0.2 μ, выделенная из осолоделого чернозема, обладает несколько иным составом минералов (табл. 35).

В этой фракции 2—0.2 μ, как это видно из табл. 35, встречается ряд тех минералов, которые мы находили в солонце (табл. 17). Сюда относятся керолит и серицит. Нахождение этих минералов указывает на то, что осолоделый чернозем прошел стадию солонца. На стадии солонца, в условиях щелочной среды, произошло образование ряда минералов: серицита, муско-

[1] Часть линий осталась нерасшифрованной.

ТАБЛИЦА 32

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 173, глубина образца 55—65 см, фракция < 0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Галлоизит	Бемит	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Галлоизит	Бемит
1	Очень слабая	8.20	—	—	7	Слабая	2.34	+	++
2	Очень сильная	4.22	++	—	8	Очень слабая	1.90	++	—
3	Сильная	3.86	+	++	9	» »	1.59	++	—
4	»	3.14	+	++	10	Сильная	1.44	+	++
5	Очень слабая	2.65	—	—	11	Очень слабая	1.29	+	++
6	Сильная	2.43	+	++					

ТАБЛИЦА 33

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 173, глубина образца 115—125 см, фракция < 0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Байделит	Метакварц	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Байделит	Метакварц
1	Сильная	4.40	—	—	6	Сильно средняя	1.500	+	—
2	Слабо сильная	3.32	—	+	7	Слабая	1.37	+	—
3	Средне сильная	2.555	+	—	8	»	1.30	+	—
4	Очень слабая	2.39	+	—	9	Очень слабая	1.229	+	—
5	Слабо размытая	1.67	+	—					

ТАБЛИЦА 34

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 173, глубина образца 190—200 см, фракция < 0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Байделит	Метакварц	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Байделит	Метакварц
1	Сильная	4.42	+	—	6	Средняя	1.495	+	—
2	Средняя	3.33	—	+	7	Очень слабая	1.369	+	—
3	Средняя	2.555	+	—	8	» »	1.29	+	—
4	Оч. оч. слабая	2.42	—	—	9	Оч. оч. слабая	1.242	+	—
5	Слабая размытая	1.67	+	—					

вита, кероли та и др. Наступившее затем рассолонцевание солонца привело к образованию осолоделых черноземных почв.

Процесс осолодения, протекающий в слабокислой и кислой среде, приводит к разрушению педолитов солонца и к образованию новых минералов (галлоизита, кварца), как это видно из табл. 36—40.

ТАБЛИЦА 35

Состав минералов осолоделого чернозема во фракции 2—0.2 μ

Глубина в см	Минералы	№ таблиц расшифровки рентгенограмм
0—15	Серицит, кварц, галлоизит	36
35—45	Кварц, галлоизит, биотит	37
55—65	Галлоизит, кероли т	38
100—110	Гедройцит	39
190—200	Доломит, кальцит	40

ТАБЛИЦА 36

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 173, глубина образца 0—15 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Серицит	Кварц	Галлоизит	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Серицит	Кварц	Галлоизит
1	Очень слабая	7.90	—	—	+	18	Сильная	1.56	—	—	—
2	Сильная	4.60	+	—	—	19	»	1.52	+	—	—
3	»	4.38	—	+	+	20	Слабая	1.48	—	+	—
4	Слабая	4.04	—	—	—	21	»	1.43	+	+	—
5	»	0.95	—	—	—	22	Сильная	1.37	+	+	—
6	Средняя	3.68	—	—	—	23	Слабая	1.31	+	—	+
7	Очень сильная	3.42	+	+	—	24	»	1.27	+	+	+
8	Очень слабая	3.05	—	—	—	25	Средняя	1.21	+	+	—
9	» »	2.85	+	—	—	26	»	1.19	+	+	—
10	Сильная	2.65	+	—	—	27	Слабая	1.17	+	—	—
11	Средняя	2.54	+	+	+	28	Средняя	1.09	+	—	—
12	Слабая	2.35	+	+	—	29	Очень слабая	1.07	—	+	—
13	Средняя	2.18	+	+	—	30	Слабая	1.05	—	+	—
14	»	2.05	+	+	—	31	»	1.02	+	+	—
15	Очень слабая	1.95	+	+	—	32	»	0.993	+	—	—
16	Сильная	1.85	+	+	—	33	»	0.980	+	—	—
17	Средняя	1.69	+	+	+						

Прежде всего этот процесс коснулся наиболее мелкой фракции < 0.2 μ. Значительные изменения произошли, понятно, и в более крупной фракции 2—0.2 μ. Действительно, здесь мы видим появление также новых педолитов: галлоизита, гетита, кварца. На ряду с новыми педолитами в этой более крупной фракции мы находим и такие минералы, как гедройцит, кероли т, серицит, мусковит и др., т. е. те минералы, которые были характерны для солонцовой стадии; это остаточные педолиты.

ТАБЛИЦА 37

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 173, глубина образца 35—45 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Кварц	Галлоизит	Биотит	№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Кварц	Галлоизит	Биотит
1	Очень слабая	7.90	—	—	—	19	Средняя	1.48	—	+	—
2	Сильная	4.38	—	+	—	20	Слабая	1.44	+	—	+
3	»	4.18	+	—	—	21	Очень слабая	1.395	+	—	+
4	Очень слабая	3.88	—	—	—	22	Сильная	1.37	+	—	+
5	Слабая	3.66	—	+	—	23	Слабая	1.30	+	—	+
6	Средняя	3.48	—	—	—	24	»	1.240	+	—	+
7	Очень сильная	3.30	+	—	+	25	»	1.21	+	—	+
8	Очень слабая	2.93	—	—	—	26	Средняя	1.19	+	—	+
9	» »	2.77	—	—	—	27	»	1.17	+	—	+
10	Сильная	2.60	—	+	—	28	Слабая	1.14	+	—	+
11	Средняя	2.42	+	+	—	29	»	1.07	+	—	+
12	Слабая	2.20	+	—	+	30	Очень слабая	1.08	+	—	+
13	»	2.08	+	—	+	31	Слабая	1.043	+	—	+
14	»	1.98	—	+	+	32	»	1.03	+	—	+
15	Очень слабая	1.87	—	+	—	33	»	1.03	+	—	+
16	Сильная	1.79	+	+	+	34		0.985	+	—	+
17	Слабая (двойная)	1.61	+	+	+	35	Очень слабая	0.97	+	—	+
18	Сильная	1.53	+	+	+	36	Слабая	0.96	—	—	—

ТАБЛИЦА 38

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 173, глубина образца 55—65 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Кероли т	Галлоизит	№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Кероли т	Галлоизит
1	Слабая	7.96	—	+	19	Очень слабая	1.48	—	—
2	Средняя	4.96	+	—	20	Сильная	1.42	—	—
3	»	4.38	—	+	21	Слабая	1.38	—	—
4	Очень слабая	4.15	—	—	22	»	1.33	+	—
5	Слабая	3.95	—	—	23	»	1.29	—	—
6	Средняя	3.80	—	+	24	»	1.27	+	—
7	Очень сильная	3.58	—	—	25	Средняя	1.23	—	—
8	Очень слабая	3.18	—	—	26	»	1.21	—	—
9	Средняя	2.70	—	—	27	Очень слабая	1.18	—	—
10	Слабая	2.58	+	+	28	» »	1.125	—	—
11	Очень слабая	2.40	—	+	29	Слабая	1.10	—	—
12	Слабая	2.25	—	+	30	»	1.086	—	—
13	»	2.09	—	+	31	Очень слабая	1.064	—	—
14	Средняя	1.96	—	—	32	» »	1.04	—	—
15	Слабая	1.73	+	—	33	» »	1.02	—	—
16	Средняя	1.64	—	—	34	» »	0.994	—	—
17	Слабая	1.57	+	+	35	» »	0.982	—	—
18	Очень слабая	1.51	—	—					

ТАБЛИЦА 39

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 173, глубина образца 115—122 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Гедроп ит	№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Гедроп ит
1	Оч. слабая (2 пятна)	6.97	+	18	Слабая	1.49	+
2	Слабая	4.35	+	19	Оч. оч. слабая	1.435	+
3	»	4.15	—	20	Средняя	1.362	+
4	Оч. оч. слабая	3.64	+	21	Оч. слабая	1.28	+
5	» » »	3.50	—	22	» »	1.242	+
6	Сильная	3.27	+	23	» »	1.21	+
7	Оч. оч. слабая	3.14	—	24	Слабая	1.185	+
8	» » »	2.96	+	25	»	1.17	+
9	Слабая	2.546	+	26	Очень слабая	1.146	+
10	Очень слабая	2.40	+	27	Слабая	1.075	+
11	» »	2.246	+	28	Оч. оч. слабая	1.058	+
12	» »	2.10	+	29	Слабая	1.04	+
13	» »	1.95	+	30	»	1.03	+
14	Слабо средняя	1.794	+	31	Очень слабая	1.01	+
15	Оч. оч. слабая	1.68	+	32	Слабая	0.983	+
16	Очень слабая	1.65	+	33	Очень слабая	0.972	+
17	Слабая	1.53	+	34	Слабая	0.960	+

ТАБЛИЦА 40

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 173, глубина образца 190—200 см, фракция 2—0.02 μ

№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Кальцит	Доломит	№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Кальцит	Доломит
1	Очень слабая (пятна)	7.11	—	+	20	Очень слабая	1.532	—	+
2	Слабая, окружены сильным фоном	4.38	+	+	21	Очень слабая, размытая	1.502	+	—
3	Слабая, окружены сильным фоном	4.21	—	+	22	Очень слабая	1.427	+	+
4	Очень слабая	3.67	+	+	23	» »	1.41	+	+
5	» »	3.52	—	—	24	Средняя	1.37	+	+
6	Сильная	3.31	—	—	25	Слабая, размытая	1.282	+	+
7	Оч. оч. слабая	3.18	+	+	26	Очень слабая	1.25	+	+
8	Сильная	2.99	+	+	27	» »	1.218	+	+
9	Оч. оч. слабая	2.85	—	—	28	Слабая	1.19	+	+
10	Очень слабая	2.555	+	+	29	»	1.172	+	+
11	» »	2.44	—	+	30	»	1.148	—	—
12	Слабо средняя	2.555	+	+	31	Очень слабая	1.135	—	+
13	Слабая	2.07	+	+	32	Слабая	1.073	—	—
14	Очень слабая	1.97	+	—	33	Очень слабая	1.055	—	—
15	Слабая	1.893	+	—	34	Средняя	1.04	+	—
16	Слабо средняя	1.85	—	+	35	Очень слабая	1.03	+	—
17	» »	1.80	—	+	36	Слабая	1.006	+	—
18	Оч. оч. слабая	1.665	+	—	37	Очень слабая	0.984	+	—
19	Очень слабая	1.59	+	—	38	Оч. оч. слабая	0.970	+	—
					39	Слабо средняя	0.960	+	—

Что события чередовались именно в таком направлении, свидетельствует еще и тот факт, что в самом нижнем горизонте, карбонатном, где продолжают господствовать щелочные условия, мы находим педолиты, характерные для процесса осолодения (галлоизит). Здесь сохраняется гедройцит (горизонт 115—122 см) — минерал солонцовой стадии. В связи с этим возникает очень интересный вопрос о причинах трансформации гедройцита и монтмориллонита в верхних горизонтах. В верхних горизонтах осолоделого чернозема гедройцит и монтмориллонит отсутствуют. Зато присутствует какой-то иной минерал, весьма близкий к монтмориллониту, который ближе определить не удалось (видимо, продукт разрушения монтмориллонита).

Получается такое впечатление, что как будто процесс осолодения солонцов ведет к трансформации или, может быть, даже к полному распаду гедройцита и монтмориллонита. Этот процесс распада гедройцита и монтмориллонита при осолодении ведет, с одной стороны, к выносу полуторных окислов из верхних в более глубокие горизонты, с другой, к накоплению в верхних горизонтах почвы кварца. Параллельно идет, понятно, образование в новых условиях новых алюмосиликатных педолитов (например, галлоизита). В результате такого направления процесса происходит появление в верхних горизонтах кремнеземистой присыпки, обилие которой ясно заметно по профилю и было отмечено при морфологическом описании. Кварца много содержится во фракции 2—0.2 μ, и он совсем отсутствует в более мелкой фракции <0.2 μ. Эти данные указывают на то, что в настоящее время кварц в осолоделом черноземе не образуется, так как он отсутствует в коллоидной фракции <0.2 μ. Присутствие кварца в более крупной фракции 2—0.2 μ свидетельствует о том, что образование его происходило значительно раньше, может быть в начале осолодения. Процесс образования кварца, в связи с осолодением солонцов, можно себе представить в следующем виде. Первые стадии осолодения сопровождались интенсивным распадом педолитов солонца и образованием новых педолитов, при этом шло накопление в верхних горизонтах кремнекислоты в виде аморфного геля. По мере кристаллизации геля кремнекислоты появлялись на первых стадиях очень мелкие зерна кварца. На первой стадии кристаллизации они концентрировались, главным образом, в самой мелкой фракции < 0.2 μ. Но так как условия при осолодении солонца способствовали дальнейшему накоплению и кристаллизации геля кремнекислоты, то с течением времени шел рост зародышевых кристаллов кварца и превращение их в более крупные зерна.

Процесс укрупнения зерен кварца передвигал кварц из мелких фракций в более крупные. В результате длительного существования такого процесса произошло образование и передвижение в более крупные фракции значительных количеств крупнозернистого кварца, который и покрыл структурные отдельности присыпкой. Но такой механизм образования кварца сильно растянулся, начиная от зародышевых зерен кварца и кончая большими зернами кварца, видимых простым глазом. Отсюда понятно, почему мы находим кварц и во фракции 2—0.2 μ. Кварц этой фракции еще не успел перейти в более крупную.[1]

Отсутствие же кварца в самой мелкой коллоидной фракции, <0.2 μ, верхних горизонтов указывает лишь на то, что в настоящее время образование кварца в верхних горизонтах приостановилось. В процессе кристаллизации весь кварц фракции <0.2 μ перешел в более крупную 2—0.2 μ фракцию, где мы его сейчас и находим.

Однако прекращение процесса образования кварца не могло закончиться одновременно по всем горизонтам. Оно закончилось в самых верхних горизонтах, но могло продолжаться в более глубоких слоях почвы, т. е. могло произойти передвижение осолоделого горизонта вниз по профилю в связи

[1] Накопление кварца в крупных фракциях в первую очередь связано с остаточным кварцем. *(Прим. ред.)*

с развитием почв. Действительно, в коллоидной фракции <0.2 μ горизонтов 115—120 и 190—200 см мы находим лишь намеки на содержание кварца в виде двух линий: d=3.33 и 1.37 Å. Эти две линии характерны для кварца начальной стадии его образования из силикагеля, путем его кристаллизации (Седлецкий, 1938). Мы назвали эту промежуточную, неполнокристаллическую форму кварца метакварц. Присутствием в этих горизонтах метакварца объясняется высокая растворимость кремнезема в щелочной вытяжке.

Гедройц показал, что в осолоделых почвах щелочная вытяжка извлекает больше кремнекислоты, чем это связывается по формуле каолинита $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$. Он показал в свое время, что это очень важный отличительный признак осолоделых почв от подзолистых. Объяснение такого явления можно видеть лишь в том, что в осолоделых почвах образование кварца идет очень интенсивно, и большая его часть находится в промежуточных неполнокристаллических формах, легко растворяющихся в щелочной вытяжке.

Щелочные вытяжки верхних горизонтов (до 55 см) осолоделого чернозема показывают небольшой избыток кремнекислоты по сравнению с формулой каолина. Объясняется это тем, что большая часть кварца находится в крупных фракциях. Огромный скачок избытка SiO_2 (17.76%) имеет место в горизонте 115—125 см. И именно здесь наибольшее количество кварца находится в коллоидной фракции <0.2 μ в виде метакварца.

В горизонте 55—65 см, наоборот, имеется избыток гидроокиси алюминия (3.16%), что объясняется нахождением в этом горизонте бемита. Это первый случай нахождения в коллоидах почв минералов свободных гидроокисей алюминия. Ни в одном случае ни в подзолистых почвах, ни в красноземах не был найден бемит. Может оказаться, что присутствие бемита сопровождает процесс осолодения. Появление в крупной фракции доломита и кальцита объясняется карбонатностью нижних горизонтов.

Возможно, что в начальной стадии процесса осолодения солонцов происходит перенос натрия в виде Na_2SiO_3 и $NaAlO_2$, которые, отлагаясь в более глубоких горизонтах, могут дать начало образованию кварца и бемита. Алюминат натрия выпадает раньше, поэтому бемит будет находиться горизонтом выше метакварца. Однако это требует дальнейшего уточнения.

г) Состав педолитов выщелоченного чернозема

Состав педолитов выщелоченного чернозема представляет некоторые особенности по сравнению с солонцом и осолоделым черноземом, как, например, появление вермикулита в горизонте 0—10 см и сепиолита в горизонте 30—40 см. Появление новых педолитов свидетельствует об особенностях этой почвы. Но ряд таких минералов, как керолит и кварц, в более глубоких горизонтах выщелоченного чернозема свидетельствует о некоторых общих чертах этого чернозема с предыдущими почвами. По нашему мнению, наличие керолита указывает на бывшую солонцеватость выщелоченного чернозема.

Керолит, как уже указывалось выше, присутствовал в солонце, причем наибольшее количество керолита встречалось во фракции 2—0.2 μ, что также свидетельствует о более ранних стадиях почвообразования. На это же указывало и нахождение в верхних горизонтах серицита. Присутствие в выщелоченном черноземе галлоизита и особенно кварца в крупной фракции говорит о том, что выщелоченный чернозем переживал также в какой-то степени процесс осолодения. Наконец, появление ряда других педолитов: гетита, гидраргиллита, вермикулита и др., свидетельствует о других процессах, повидимому, более поздних, уже связанных, может быть, с дальнейшим периодом формирования осолоделых черноземов (табл. 41—47).

ТАБЛИЦА 41

Состав недолитов выщелоченного чернозема. Разрез 49, фракция < 0.2 μ[1]

Глубина в см	Найденные минералы	№ таблиц расшифровки рентгенограмм
0—10	Вермикулит	42
30—40	Мусковиты (?), сепиолит	43
50—60	Керолит, гидраргиллит	43
100—110	Керолит, биотит (?)	45
210—220	Керолит, биотит, гетит	46

ТАБЛИЦА 42

Расшифровка рентгенограмм
Разрез 49, глубина образца 0—10 см, фракция < 0.2 μ

№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Вермикулит	№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Вермикулит
1	Слабая	8.25	—	9	Слабая	1.82	
2	Очень сильная	4.95	+	10	»	1.76	
3	Средняя	4.42	+	11	Очень слабая	1.64	
4	Слабая	3.69	—	12	Сильная	1.59	+
5	»	3.54	+	13	Очень слабая	1.44	+
6	Сильная	2.81	+	14	» »	1.36	+
7	Очень слабая	2.65	+	15	» »	1.25	+
8	» »	2.22	+				

ТАБЛИЦА 43

Расшифровка рентгенограмм
Разрез 49, глубина образца 30—40 см, фракция < 0.2 μ

№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Мусковит	Сепиолит	№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Мусковит	Сепиолит
1	Слабая	8.10	—	—	9	Очень слабая	2.01	—	—
2	Сильная	4.54	+	—	10	» »	1.83	—	—
3	Средняя	4.06	—	+	11	Средняя (двойная)	1.67	+	—
4	Очень слабая	3.55	+	—	12	Сильная	1.41	+	+
5	Средняя	3.07	—	+	13	Слабая	1.34	+	+
6	Очень слабая	2.89	+	—	14	»	1.296	—	+
7	Средняя	2.55	+	—	15	Очень слабая	1.22	—	+
8	Слабая	2.23	—	+					

[1] Часть линий осталась нерасшифрованной.

ТАБЛИЦА 44

Расшифровка рентгенограмм
Разрез 49, глубина образца 50—60 см, фракция < 0.2 μ

№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Гидраргиллит	Керолит	№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Гидраргиллит	Керолит
1	Слабая	7.85	—	—	8	Очень слабая	1.86	—	—
2	Очень сильная	4.56	—	+	9	Средняя	1.73	—	+
3	Средняя	3.92	+	—	10	»	1.68	—	+
4	Сильная	3.45	—	+	11	Сильная	1.53	—	+
5	Очень слабая	3.07	+	—	12	Слабая	1.42	—	+
6	Сильная	2.62	—	+	13	Очень слабая	1.34	—	+
7	Очень слабая	2.03	—	+	14	» »	1.28	—	+

ТАБЛИЦА 45

Расшифровка рентгенограмм
Разрез 49, глубина образца 100—110 см, фракция < 0.2 μ

№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Керолит	Биотит	№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Керолит	Биотит
1	Слабая	4.56	—	+	4	Очень слабая	1.73	+	—
2	Средняя	3.45	—	+	5	Средняя	1.53	+	+
3	»	2.65	—	+	6	Очень слабая	1.34	+	—

ТАБЛИЦА 46

Расшифровка рентгенограмм
Разрез 49, глубина образца 210—220 см, фракция < 0.2 μ

№ дебайевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Керолит	Биотит	Гетит
1	Очень слабая	8.20	—	—	+
2	Очень сильная	4.64	+	—	+
3	Средняя	4.04	—	—	+
4	Слабая	3.54	—	—	+
5	Сильная	3.32	—	—	+
6	Слабая	2.94	+	+	+
7	Сильная	2.00	+	+	+
8	Средняя	2.48	+	+	+
9	Очень слабая	2.02	+	+	+
10	» »	1.84	+	+	+
11	Средняя	1.68	+	+	+
12	Сильная	1.51	+	+	+
13	Слабая	1.37	+	+	+
14	»	1.29	+	+	+

ТАБЛИЦА 47

Состав педолитов выщелоченного чернозема

Разрез 49, фракция 2—0.2 μ[1]

Глубина в см	Найденные минералы	№ таблиц расшифровки рентгенограмм
0—15	Галлоизит, серицит, накрит	48
30—40	Керолит, бемит	49
50—60	Керолит, кварц, накрит	50
100—110	Керолит, сепиолит, кварц	51
210—220	Керолит, сепиолит, гетит (?), доломит, кальцит	52

Следы прошлых стадий развития выщелоченного чернозема мы находим в виде различных педолитов, характерных для разных стадий почвообразования. По реликтовым педолитам можно нарисовать приблизительную картину генезиса выщелоченного чернозема. Рассоление некогда засоленной территории Приднепровской впадины привело к появлению солонцеватости почвы, о чем свидетельствует нахождение керолита в составе педолитов выщелоченного чернозема. Дальнейшее развитие этой территории привело к рассолонцеванию и осолодению этой почвы. Об осолодении говорит появление в составе педолитов галлоизита и кварца. Здесь интересно проследить характер передвижения кварца.

Кварц присутствует в крупной фракции в горизонте 50—60 см. Ниже и выше этого горизонта его нет. Процесс осолодения, вызвав образование кварца сначала в верхнем горизонте, постепенно захватывал все более глубокие горизонты. Следом за проникновением процесса осолодения в глубь профиля происходило укрупнение кристаллов кварца в верхних горизонтах; в первую очередь от мелкого кварца освободились коллоиды самого верхнего горизонта, а затем более глубокие, в порядке очередности. Сейчас кварц сохранился лишь в нижней части профиля, начиная с 50 см. Значит в верхних горизонтах кварц исчез из коллоидов и перешел в мелкий песок, покрывающий в виде присыпки структурные отдельности. В горизонте 50—60 см кварц исчез лишь во фракции < 0.2 μ, но он сохранился во фракции 2—0.2 μ. В горизонтах 100—110 и 200—210 см кварц отсутствует вообще в коллоидах (табл. 47—52). Следовательно, в этих горизонтах кварц не возникал. Последним горизонтом, где возникал и трансформировался кварц, является горизонт 50—60 см. Галлоизит сопутствует кварцу, и мы видим, что и его ниже нет, следовательно, нижняя граница находится здесь. Появление кварца и галлоизита лимитируется верхней границей карбонатного горизонта. От этой верхней границы и ниже кварца и галлоизита нет ни в коллоидной фракции < 0.2 μ, ни в более крупной фракции. Появление доломита и кальцита в крупной фракции объясняется карбонатностью нижних горизонтов.

Развитие в это время процессов одерновения в верхних горизонтах, через

[1] Часть линий осталась нерасшифрованной.

ТАБЛИЦА 48

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 49, глубина образца 0—15 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Серицит	Галлоизит	Накрит
1	Очень слабая	7.82	—	++	—
2	Очень сильная	4.54	++	—	++
3	Средняя	4.12	—	++	—
4	Слабая	3.58	—	++	++
5	»	3.39	++	++	—
6	Сильная	2.60	++	++	++
7	Очень слабая	2.40	++	++	—
8	Средняя	1.65	++	++	++
9	Сильная	1.51	+	++	—
10	Средняя	1.29	—	++	—
11	Очень слабая	1.16	—	—	—

ТАБЛИЦА 49

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 49, глубина образца 30—40 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Керолит	Бемит	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (d)	Керолит	Бемит
1	Очень слабая	8.27	—	—	17	Слабая	1.39	—	+
2	Средняя (различная)	3.98	—	—	18	»	1.35	—	+
3	Слабая	3.44	—	—	19	Сильная	1.31	+	+
4	»	3.38	—	+	20	Слабая	1.21	—	+
5	Очень сильная	3.14	—	+	21	Средняя	1.16	—	+
6	Слабая	2.99	—	+	22	»	1.14	—	+
7	»	2.83	—	—	23	Слабая	1.11	—	+
8	»	2.67	—	+	24	Очень слабая	1.09	—	+
9	Средняя	2.51	—	+	25	Средняя	0.06	—	+
10	Слабая	2.30	—	+	26	Слабая	1.04	—	+
11	»	2.11	+	—	27	»	1.02	—	+
12	»	1.87	—	+	28	»	1.01	—	+
13	Сильная	1.73	—	—	29	»	0.999	—	+
14	Средняя	1.59	+	—	30	»	0.982	—	+
15	Сильная	1.49	—	—	31	»	0.975	—	+
16	Средняя	1.44	+	+					

поселение травянистой растительности, привело к смене процесса осолодения черноземным процессом. В результате нового процесса произошло накопление гумуса и появление новых педолитов: вермикулита и сепиолита в верхних горизонтах.

ТАБЛИЦА 50

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 49, глубина образца 50—60 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (*d*)	Керолит	Кварц	Накрит	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (*d*)	Керолит	Кварц	Накрит
1	Слабая	8.27	—	—	—	18	Средняя	1.43	+	+	—
2	Сильная (двойная)	4.28	—	+	+	19	Слабая	1.40	—	+	—
3	Слабая (двойная)	3.58	—	—	+	20	Очень сильная	1.36	+	+	—
4	Очень сильная	3.30	—	+	—	21	Слабая	1.32	—	+	—
5	Очень слабая	2.97	—	—	—	22	Средняя	1.27	+	+	—
6	» »	2.85	—	—	—	23	»	1.25	+	+	—
7	Сильная	2.49	—	+	+	24	Слабая	1.22	—	+	—
8	Средняя	2.43	+	—	+	25	Средняя	1.21	—	+	—
9	Средняя (двойная)	2.22	—	+	—	26	Сильная	1.18	—	+	—
10	Средняя	2.12	—	+	—	27	»	1.16	—	+	—
11	»	1.97	—	+	—	28	Средняя	1.14	—	+	—
12	Слабая	1.89	+	—	+	29	Сильная	1.07	—	+	—
13	Сильная	1.79	+	+	+	30	Слабая	1.05	—	+	—
14	Средняя	1.68	—	+	+	31	Очень слабая	1.043	—	+	—
15	»	1.62	—	—	—	32	Средняя	1.03	—	+	—
16	Сильная	1.53	+	+	—	33	»	1.02	—	+	—
17	»	1.47	—	—	+	34	Слабая	0.984	—	+	—
						35	»	0.970	—	+	—
						36	»	0.950	—	+	—

ТАБЛИЦА 51

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 49, глубина образца 100—110 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (*d*)	Керолит	Кварц	Сепиолит	№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (*d*)	Керолит	Кварц	Сепиолит
1	Очень слабая	8.28	—	—	—	20	Слабая	1.52	+	—	+
2	Средняя	4.36	—	+	—	21	»	1.45	+	—	+
3	Очень сильная	3.44	—	+	—	22	Средняя	1.421	—	+	—
4	Слабая	3.21	—	—	+	23	Очень слабая	1.37	—	+	—
5	Очень сильная	3.00	—	—	+	24	Средняя	1.33	—	+	—
6	Очень слабая	2.90	—	—	+	25	Слабая	1.258	+	+	+
7	» »	2.76	—	—	—	26	»	1.23	—	+	+
8	Средняя	2.55	—	—	+	27	»	1.20	—	+	+
9	»	2.49	—	+	—	28	Средняя	1.17	—	+	+
10	Сильная	2.49	+	+	+	29	»	1.14	—	+	+
11	Средняя	2.38	—	+	—	30	Очень слабая	1.094	—	+	—
12	Очень слабая	2.10	—	+	—	31	Слабая	1.06	—	+	—
13	Средняя	2.00	—	+	—	32	Средняя	1.05	—	+	—
14	»	1.94	—	+	+	33	Слабая	1.03	—	+	—
15	»	1.88	+	—	+	34	»	1.01	—	+	—
16	Слабая	1.82	—	+	—	35	»	0.984	—	+	—
17	Средняя	1.71	—	+	+	36	»	0.962	—	+	—
18	»	1.59	—	+	+	37	»	0.945	—	+	—
19	»	1.55	—	—	+						

ТАБЛИЦА 52

Расшифровка рентгенограмм

Разрез 49, глубина образца 210—220 см, фракция 2—0.2 μ

№ дебаевских линий	Интенсивность	Межплоскостное расстояние (*d*)	Доломит	Керолит	Кальцит	Гетит	Сепиолит
1	Слабая	7.01	—	—	—	—	—
2	Средняя	4.02	—	—	—	+	—
3	Очень сильная	3.75	—	—	+	—	—
4	Слабая	3.15	+	—	—	—	—
5	Сильная	3.00	—	—	+	—	+
6	Средняя	2.55	—	+	—	+	+
7	»	2.45	—	—	+	+	+
8	Сильная	2.24	—	—	+	—	+
9	Слабая (двойная)	2.10	—	+	+	+	+
10	Средняя (двойная)	1.96	—	—	+	—	+
11	Средняя	1.89	—	+	—	—	+
12	»	1.86	—	+	+	—	—
13	»	1.80	—	+	—	+	+
14	Слабая	1.685	+	—	—	—	—
15	»	1.64	+	—	—	—	—
16	»	1.57	—	—	+	+	+
17	Средняя	1.52	—	+	+	—	+
18	»	1.48	—	+	+	+	+
19	Очень слабая	1.415	—	—	+	—	+
20	Сильная	1.36	—	+	+	—	+
21	Средняя	1.28	—	—	+	—	+
22	Слабая	1.247	—	+	—	—	+
23	»	1.22	—	—	+	—	+
24	Средняя	1.18	—	—	+	—	+
25	»	1.17	+	—	+	—	—
26	Слабая	1.14	+	—	+	+	—
27	Очень слабая	1.11	+	—	+	—	—
28	Слабая	1.07	+	—	—	—	—
29	Очень слабая	1.06	+	—	—	+	—
30	Слабая	1.04	+	—	—	—	—
31	»	1.03	—	—	+	—	—
32	»	1.01	—	—	—	—	—

д) О генезисе и динамике педолитов в ряду: солонец — осолоделый чернозем — выщелоченный чернозем

Для ясного представления о химическом составе перечисленных выше минералов в табл. 53 приводятся формулы всех минералов, которые были найдены в коллоидах всех трех почв. Как можно видеть из таблицы, группу магнезиальных минералов составляют вермикулит, сепиолит, керолит, Mg-байделлит и отчасти монтмориллонит (последний включает, кроме магния, еще и кальций); мусковит, серицит относятся к калийным алюмосиликатам, гедройцит — к натриевым алюмосиликатам, бемит и гидраргиллит составляют минералы группы свободных окислов и гидроокислов алюминия, а гетит — железа.

Приведенный выше материал рентгенографических исследований дает основание для построения закономерного хода образования и изменения педолитов при процессах почвообразования, характерных для рассмотренных нами почв.

Нахождение кварца в горизонте 0.5—10 см содового солонца свидетельствует о сменах здесь процесса солонцового на осолоделый и обратно. На-

ТАБЛИЦА 53

Химический состав и формулы минералов, найденных в исследованных почвах

Название минералов	Химические формулы
Кварц	SiO_2
Монтмориллонит	$(Ca, Mg)O \cdot Al_2O_3 \cdot 4—5SiO_2 \cdot xH_2O$
Гедройцит	$6(K_2Na_2)O \cdot 5Al_2O_3 \cdot 14SiO_2 \cdot 12H_2O$
Мусковит	$K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$
Серицит	$K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O \cdot H_2O$
Mg-байделит	$MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot xH_2O$
Керолит	$2MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$
Галлоизит	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$
Гетит	$Fe_2O_3 \cdot H_2O$
Гидраргиллит	$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$
Бемит	$Al_2O_3 \cdot H_2O$
Вермикулит	$22MgO \cdot 5Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 \cdot 22SiO_2 \cdot 40H_2O$
Сепиолит	$3(Mg, H_2)O \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O \cdot 4H_2O$
Талькоподобный минерал	$3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O \cdot H_2O$
Доломит	$CaMg(CO_3)_2$
Кальцит	$CaCO_3$
Магнезит	$MgCO_3$

хождение кварца в самой мелкой коллоидной фракции указывает на недавнее осолодение и на его кратковременность. Отсутствие кварца в вышележащем горизонте 0—0.5 см говорит о переходе в более крупную фракцию. Если мы проследим содержание кварца (по данным микроскопического анализа) во фракциях 0.02—0.002 и 0.25—0.02 мм, то увидим постепенное увеличение количества кварца с увеличением размера частиц (табл. 54). Можно предполагать, что в этом явлении известную роль играет и трансформация коллоидного кварца.

ТАБЛИЦА 54

Содержание кварца в различных фракциях почв (в %)

№ разреза	Глубина в см	0.25—0.02 мм	0.02—0.002 мм	2—0.2 μ	< 0.2 μ
1	0—0.5	87.47	7.54	—	—
	0.5—10	69.38	20.16	—	Есть
	24—34	70.00	12.93	—	—
	60—70	67.99	10.23	—	—
	190—200	68.54	11.07	—	—
173	0—5	65.66	14.11	Есть	—
	35—45	61.79	21.44	»	—
	55—65	64.73	20.48	—	—
	115—125	63.24	17.81	—	—
	190—200	70.60	10.31	—	—
49	0—15	74.65	8.44	Нет	Нет
	30—40	61.27	22.23	»	»
	50—60	61.86	21.89	Есть	»
	100—110	67.03	14.64	Нет	»
	210—220	65.01	14.36	»	»

В осолоделых почвах мы находим кварц во фракции 2—0.2 μ, он отсутствует в коллоидной фракции. Здесь процесс осолодения господствует продолжительное время; в последний период он прекратился, так как не застал уже коллоидную фракцию кварца. Почвенные условия способствуют укрупнению кварца. Кварц перешел из коллоидной фракции во фракцию 2—0.2 μ.

В выщелоченном черноземе кварц отсутствует, в коллоидных фракциях верхних двух горизонтов появляется в горизонте 50—60 см во фракции 2—0.2 μ. Это указывает на то, что кварц из фракций коллоидных размеров уже перешел в более крупные фракции, тогда как в горизонте 50—60 см этот процесс осолодения закончился позже. В полном согласии находится рост количества кварца во фракции 0.02—0.002 мм при переходе от разреза 1 к разрезу 49, а также с глубиной почвенного профиля.

Подобно кварцу должны вести себя и другие педолиты. В связи с этим в более крупных фракциях будут находиться педолиты, характерные для предыдущих стадий почвообразования.

Из изложенных выше материалов можно полагать, что монтмориллонит образуется только на солонцовой стадии, галлоизит — на стадии осолодения, вермикулит — на черноземной стадии (табл. 55). Керолит, мусковит и другие педолиты, найденные в крупных фракциях выщелоченного чернозема, относятся к начальным солонцовым стадиям почвообразования. При смене солонцового процесса на процесс осолодения в них возник галлоизит, а при последующей смене процесса осолодения на дерновый процесс появились новые педолиты: вермикулит, сепиолит и др. Таким образом, перед нами вырисовывается динамический процесс образования коллоидов и педолитов почв и их развитие и смена форм в связи с эволюцией почв.

Там, где эта эволюция прошла небольшой путь и где смена процессов почвообразования была иной, мы будем иметь более ровный состав педолитов. Подобную картину мы наблюдаем в Заволжье при остепнении солонцов. Переход сульфатно-хлоридного солонца-солончака через остепненные формы в каштановые почвы не дает резкого изменения состава педолитов. Здесь нет быстрого рассолонцевания и перехода в стадию осолодения (кислого процесса), поэтому в солонцах и каштановых почвах Заволжья и отсутствуют кислые педолиты.

Понятно, нарисованная картина почвенных процессов не является полной, поскольку не весь состав педолитов мы сумели определить. Как уже указывалось ранее, часть линий осталась нерасшифрованной, но все же главнейшие компоненты определены и дают удовлетворительное объяснение многим почвенным явлениям. Главное, они дают возможность нарисовать общую картину почвообразования с большей уверенностью, чем это было возможно до настоящего времени.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В своем исследовании мы имеем дело с основными почвенными типами Днепровской впадины, составляющими ряд:

1) солонцы-солончаки,
2) осолоделые черноземы,
3) выщелоченные черноземы.

Образование солонцов одновременно является началом процесса их осолодения.

Как известно из ряда работ, процессы осолодения сопровождаются уменьшением общей емкости поглощения в осолоделых горизонтах почв; емкость поглощения уменьшается за счет разрушения коллоидов монтмориллонитовой группы. Это положение подтверждается приведенными в статье аналитическими материалами.

ТАБЛИЦА 55

Разделение педолитов по стадиям почвообразования

№ разреза	Глубина в см	Состав педолитов двух фракций	Педолиты, соответствующие солонцовому процессу	Педолиты, соответствующие процессу осолодения	Педолиты, соответствующие выщелоченному черноземy
1	0—0.5	Монтмориллонит	Монтмориллонит	—	—
		Серицит	Серицит	—	—
	0.5—10	Гедройцит	Гедройцит	—	—
		Монтмориллонит	Монтмориллонит	—	—
		Мусковит	Мусковит	—	—
		Керолит	Керолит	—	—
		Кварц	—	Кварц	—
	24—34	Mg-байделит	Mg-байделит	—	—
		Монтмориллонит	Монтмориллонит	—	—
	60—70	Керолит	Керолит	—	—
		Монтмориллонит	Монтмориллонит	—	—
	190—200	Монтмориллонит	Монтмориллонит	—	—
173	0—15	Галлоизит	—	Галлоизит	—
		Серицит	Серицит	—	—
		Керолит	Керолит	—	—
		Кварц	—	Кварц	—
		Гетит	—	Гетит	—
	35—45	Гидромусковит	Мусковит	Гидромусковит	—
	55—65	Бемит	—	Бемит (?)	—
	115—122	Гедройцит	Гедройцит	—	—
		Байделит	Байделит	—	—
		Метакварц	—	Метакварц	—
	140—200	Байделит	Байделит	—	—
		Метакварц	—	Метакварц	—
49	0—10	Вермикулит	—	—	Вермикулит
		Галлоизит	—	Галлоизит	—
		Монтмориллонит	Монтмориллонит	—	—
	30—40	Мусковит	Мусковит.	—	—
		Сепиолит	—	—	—
		Керолит	Керолит	—	Сепиолит
	50—60	Керолит	Керолит	—	—
		Гидраргиллит	—	—	—
		Кварц	—	Кварц	Гидраргиллит
		Гетит	—	Гетит	—
	100—110	Керолит	Керолит	—	—
		Сепиолит	Керолит	—	Сепиолит
	210—220	Керолит	Керолит	—	—
		Гетит	Сепиолит	Гетит	Сепиолит
		Сепиолит	—	—	—

Состав и количество обменных оснований для черноземных почв показывают, что развитие этих почв сопровождалось также уменьшением поглотительной способности верхних горизонтов (до глубины 80—100 см), что обязано прошлым стадиям осолодения. Химический и минералогический состав почв и выделенные из них коллоиды позволяют судить о наличии существенных различий во внутренних признаках этих почв. Современная стадия развития черноземных почв соответствует процессам одернения в условиях местного климата и относительно высокого стояния грунтовых вод.

Пережив в той или иной степени процессы осолодения, основные группы

почв идут, таким образом, по пути одернения, по типу почвообразования, близкому к развитию нормальных черноземных почв.

В силу равнинности рельефа и слабого стока, соли, образующиеся в процессах выветривания, не выносятся целиком из почвенной толщи, а вместе с водами скопляются в относительных понижениях, обогащая, таким образом, отдельные небольшие участки легкорастворимыми солями. В этих условиях почвы западин и слабых понижений периодически могут подвергаться то засолению, то рассолению и даже осолодению, что и наблюдается в настоящее время на участке опорного пункта.

Деградация солонцов и образование в конечном счете черноземных почв не могло не отразиться на минералогическом составе коллоидных фракций описываемых почв. Увеличение кварца в крупных фракциях верхних горизонтов говорит о том, что при распаде отдельных первичных минералов зерна кварца освобождаются на месте. Детальное изучение валового состава коллоидов указывает на преобладание в их составе полуторных окислов.

Эта картина является общей для всех трех исследованных почв, причем в черноземных почвах содержание полуторных окислов выше, чем в солонцах.

Величины $SiO_2 : R_2O_3$ и $SiO_2 : Al_2O_3$ остаются почти неизменными, однако некоторые различия можно подметить по количеству органического вещества, Fe_2O_3, MgO, CaO, Na_2O и частично SiO_2, что отражается на минералогическом составе коллоидных фракций.

Рентгенографические исследования показали наиболее резкое различие в содержании почвенных коллоидных минералов для отдельных почвенных разновидностей.

Можно считать установленным, что коллоиды солонцов в основном состоят из педолитов: монтмориллонита, мусковита, керолита, гедройцита, образование которых происходит в щелочной среде. Состав педолитов осолоделого чернозема характеризуется наличием кислых минералов (галлоизит) среди частиц $< 0.2\ \mu$ и щелочных среди частиц от 2 до 0.2 μ. Такое распределение педолитов вполне отражает процессы почвообразования, происходящие во времени. По нашему мнению, педолиты щелочной среды, как керолит и серицит, указывают на то, что эти почвы прошли стадию солонца; кислые же минералы отражают более поздние стадии почвообразования — деградацию солонцов. Что касается состава педолитов в профиле выщелоченного чернозема, то здесь мы находим общие черты с профилем осолоделого чернозема. Присутствие в выщелоченном черноземе галлоизита, серицита, мусковита и особенно кварца (в крупной фракции) свидетельствует о том, что эти почвы также пережили в какой-то степени стадию солонца и процессы осолодения. Появление гетита, гидраргиллита, вермикулита и др. отражает, повидимому, новые процессы, связанные с содержанием и образованием выщелоченных черноземов.

Таким образом, на основании физико-химических и рентгеноскопических методов исследования мы приходим к следующим общим выводам:

1. Корково-глыбистые солончаковатые солонцы до настоящего момента претерпевают периодическое засоление и рассоление.

2. Осолоделые черноземы в прошлом пережили стадию засоления и последующее сильное осолодение, которое оставило следы в профиле этих почв (накопление свободной SiO_2). Возможно, что эти почвы после осолодения переживали вторичное засоление и рассоление, и уже на более поздних стадиях своего развития почвообразовательный процесс пошел по черноземному типу при отсутствии специальных условий аккумуляции в верхних горизонтах легкорастворимых солей.

3. Выщелоченные черноземы также пережили стадию засоления и рассоления, но степень этих процессов выражалась в более слабой форме

по сравнению с осолоделыми черноземами. Дальнейшая эволюция этих почв в направлении одернения пошла значительно дальше, чем в осолоделых почвах.

4. Отсюда вытекает ряд агромелиоративных следствий: черноземный почвообразовательный процесс, возникший в результате одернения осолоделых солонцов, к настоящему времени не получил своего предельного выражения в форме образования настоящих черноземов. Вследствие этого черноземы Черниговской обл. являются еще довольно бедными по содержанию коллоидов, органической и минеральной частей почвенного поглощающего комплекса, обменных Ca и Mg и в силу этого имеющими плохие физические свойства (слабая структурность), низкое содержание питательных веществ и т. д.

Отсюда следует, что агромероприятия по улучшению осолоделых и выщелоченных черноземных почв Черниговской обл. надо направить на усиление черноземообразовательного процесса. Этого можно достигнуть прежде всего путем внесения извести. Известкование приведет к более энергичному развитию черноземообразования, в результате которого произойдет накопление коллоидов, гумуса, обменных Ca и Mg, улучшение физических свойств почв и их обогащение питательными веществами.

В результате улучшения физических свойств почв повысится эффект минеральных удобрений, о чем у нас имеются данные опытов Носовской станции (см. работы Гедройца).

5. Для улучшения солонцов и солонцеватых почв должны быть проведены следующие мероприятия: 1) регулирование стока надземных (атмосферных) вод, во избежание их застоя, 2) понижение уровня грунтовых вод для предотвращения дальнейшего засоления и для вызова рассоления и 3) применение химических, физических и биологических методов мелиорации.

Применяя химическую мелиорацию для улучшения солонцов, нужно строго руководствоваться изменением соотношения адсорбированных катионов, происходящим при замене натрия кальцием.

Поскольку солонцы являются, главным образом, содовыми, то на ряду с гипсованием необходимо применять и кислование этих почв. Характер и дозы химической мелиорации солонцов устанавливаются после тщательного исследования солевого режима этих почв.

Биологическую мелиорацию, которая в одинаковой мере необходима для солонцов и выщелоченных осолоделых черноземов, можно проводить путем внесения органического вещества и посева многолетних трав.

РЕЗЮМЕ

Исследованы основные типы почв Днепровской впадины: солонец-солончак, осолоделый чернозем, выщелоченный чернозем. Проведены валовые анализы почв и выделенных из них коллоидов, определен состав водных вытяжек, обменных оснований, щелочных вытяжек. Определен механический и микроаггрегатный состав, петрографический состав фракций $<2\ \mu$ и сделан рентгеновский анализ фракций $<2\mu$ и $<0.2\ \mu$. Последние исследования дали весьма интересный материал по составу коллоидных минералов в почвах: открыт ряд новых для почв минералов, каковы: гедройцит, вермикулит, бемит, гетит и др. На основании многочисленных данных авторы приходят к таким выводам в отношении генезиса исследованных почв:

1. Солонцы-солончаки до настоящего времени претерпевают периодическое засоление и рассоление.

2. Осолоделые черноземы пережили стадии засоления, рассоления, солонцового процесса и осолодения, и ныне процесс в них идет по черноземному типу.

3. Выщелоченные черноземы прошли более слабые формы осолодения. В них дерновый процесс прошел значительно дальше, чем в осолоделых почвах.

Авторы дают ряд агротехнических рекомендаций для целей окультуривания исследованных ими почв.

ЛИТЕРАТУРА

Антипов-Каратаев И. Н. Почвоведение, № 9, 1937.
Антипов-Каратаев И. Н., при участии Седлецкого И. Д. Почвоведение, № 6, 1937.
Антипов-Каратаев И. Н. и Роде А. А. Химические и рентгенографические исследования коллоидных фракций некоторых почвенных разностей СССР. Почвенный поглощающий комплекс и вопросы земледелия, Изд. ВАСХНИЛ, 1937.
Антипов-Каратаев И. Н. и др. Труды Комиссии по ирригации, вып. 9 и 10, 1937.
Антипов-Каратаев И. Н. и Седлецкий И. Д. Доклады Ак. Наук, т. 17, № 5, 1937.
Армашевский П. Я. Записки Киевского общ. естествоиспыт., т. VII, вып. 1, 1883.
Архангельский А. Д., Димо Н. А. и др. Предварительный отчет о работах по изучению естественно-исторических условий Черниговского губ. земства, 1913.
Бойко Е. Н. Предварительный агропочвенный очерк южной части Черниговской области. 1938. (Рукопись.)
Вістник Українського Відділу Геологич. Комітету, 1928.
Гедройц К. К. Труды Носовской с.-х. опытной станции, вып. 42 и 10, 1926; вып. 46; 1928; вып. 44, 1926; вып. 38, 1925.
Герасимов И. П. и Шукевич М. М. Проблемы советского почвоведения, сб. 8, 1939.
Гуров А. В. Геологическое описание Полтавской губ., 1888.
Докучаев В. В. Русский чернозем. Сельхозгиз, 1936.
Жолцинский И. П. Предварительный отчет о почвенных исследованиях в Конотопском уезде Черниговской губ., 1914.
Иванова Е. Н. Труды Почвенного института им. Докучаева, вып. 3—4. Изд. Ак. Наук СССР, 1930.
Казаков М. П. Бюллетень Московского общ. испыт. природы, отд. геол., т. XIII, 1935.
Ковда В. А. Солонцы и солончаки. Изд. Ак. Наук СССР, 1937.
Крокос В. И. Записки общ. с. х. южной России, т. 88—89, кн. 1, 1919.
Махов Г. Г. Грунти України, Радянський селянин, 1930.
Махов Г. Г. Материалы обследования почв Украины.
Материалы к оценке земель Полтавской губ. Под общим руководством Докучаева, вып. XII, 1892.
Морозов С. С. Геология Прилукского округа Украины. Гос. научн.-техн. горно-геолого-нефтян. изд., 1938.
Мирчинк Г. Ф. Приложение к журналу № 1, вестник МГА, т. II, 1923.
Мирчинк Г. Ф. Мемуары геолог. отд. общ. люб. естест., антр. и этногр., вып. IV, 1925.
Полынов Б. Б. Почвы Черниговской губ., вып. II, Нежинский у. Изд. Почвен. лабор. Черниговск. губ. земства, 1909.
Роде А. А. Почвоведение, № 2, 1938.
Роде А. А. Труды Почвенного института им. Докучаева, т. VIII, вып. 3, Изд. Ак. Наук СССР, 1933.
Саваренский Ф. П. Труды Носовской с.-х. опытной станции, вып. 32, 1924.
Седлецкий И. Д. Природа, № 1, 1937.
Седлецкий И. Д. Почвенная рентгенография. Изд. Ак. Наук СССР, 1939.
Седлецкий И. Д. Почвоведение, № 6, 1938.
Соболев Д. Вістник Українського Відділу Геологич. Комітету, вып. 2, 1928.
Соболев Д. Почвоведение, № 1, 1938.
Соболев С. С. Почвоведение, № 1—2, 1939.
Чирвинский В. Н. Записки Киевского общ. естествоиспыт., т. XIV, 1914.

G. M. PONOMAREV AND I. D. SEDLETSKY

ON THE GENESIS OF CHERNOZEM AND SOLONETS SOILS IN THE CHERNIGOV FOREST-STEPPE

Summary

The main soil types of the Dnieper River lowlands were studed: solonets-solonchak, solodised chernozem and leached chernozem. The following analyses were performed: total analysis of the soils and of their colloidal parts, determinations of the composition of water extracts, of exchangeable bases and of alcaline extracts. The mechanical and micro-aggregate composition was determined, the petrographic composition of the fractions $>2\mu$ in diameter; the X—ray analysis of particles $>2\mu$ and $>0.2\ \mu$ was made. The last analyses provided very interesting data concerning the character of the colloidal minerals in soils: a series of new minerals never before observed in soils were discovered, such as: gedroizite, vermiculite, bemite, goetite and others. Numerous data enabled the authors the to draw following conclusions concerning the genesis of the investigated soils:

1) Up to the present time the investigated solonets-solonchaks are undergoing periodical salinisation and desalinisation.

2) Solodised chernozems have traversed subsequent stages of salinisation, of desalinisation, of a solonets formation process, and of solodisation; now the soil-forming process in these soils follows the chernozem type.

3) Leached chernozems have undergone less intense solodisation. The sod-forming process has progressed considerably farther in these soils than in the solodised ones.

A series of recommendations is made by the authors for the agricultural utilization of these soils.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

1940. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА. Том. XXIV

Е. А. ЯРИЛОВА

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МИГРАЦИИ МАРГАНЦА В ПОЧВАХ

Сообщение I

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ И ЩЕЛОЧНО-КИСЛОТНЫЕ УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ МАРГАНЦА

I. ВВЕДЕНИЕ

Почва, как известно, представляет собой крайне сложное природное образование, возникающее и развивающееся в результате взаимодействия ряда впервые установленных Докучаевым факторов, из которых каждый изучается такой же, как и почвоведение, особой естественноисторической дисциплиной (геологией, геоморфологией, геохимией, геоботаникой, микробиологией и т. д.). Естественно, что рационально поставленное изучение почвы не может не итти в самом тесном контакте со всеми этими дисциплинами; используя их идеи, методы, факты, почвоведение в свою очередь доставляет такие же нужные им научные данные.

Очень резко эта связь почвоведения с другими науками, в первую очередь с геохимией и биологией, выявляется в выдвинутой в последнее время проблеме изучения микроэлементов, т. е. элементов, встречающихся в малых количествах, имеющей не только большое теоретическое, но и огромное практическое значение. Система почва—растения—животные является важнейшим этапом геохимической миграции элементов, характеризующимся сложнейшими процессами взаимодействия между минеральной природой и организмами. Только комплексное ее исследование, которое, к сожалению, пока еще практикуется в очень редких случаях, может и здесь дать наиболее плодотворные результаты.

Среди микроэлементов марганец принадлежит, несомненно, к числу наиболее интересных как в теоретическом отношении, так и в смысле его значения в практической жизни, в сельском хозяйстве и в промышленности. Чтобы иллюстрировать значение Mn в природе, достаточно указать на роль его в жизни растительных организмов.

Рядом исследователей было показано, что этот элемент выполняет чрезвычайно важные функции в каждом живом организме и является поэтому необходимым для его нормального развития.

Бертран (Bertrand) в 1896 г. установил, повидимому, основную функцию Mn в организмах — его участие в окислительных процессах в клетке. Этот исследователь нашел, что Mn составляет неотъемлемую составную часть окисляющего фермента лакказы и повышение содержания его в этом ферменте сильно увеличивает окисляющую силу фермента.

Ряд авторов — Стоклаза (Stoklasa), Мазэ (Maze), Лев (Loew), Назари (Nazari), МакХарг (McHargue) и др. — указали на участие Mn в про-

цессах образования хлорофилла; при недостатке его растения страдают хлорозом, избыточные же количества марганца вызывают разрушение хлорофилла. С ролью Mn в процессе фотосинтеза связывают и то, что он способствует образованию крахмала и сахара в листьях.

Бертран считает, что положительное действие витаминов обусловливается содержанием в них микроэлементов и в частности Mn.[1] Было также отмечено, что в небольших дозах Mn стимулирует развитие растений, повышает усвоение ими питательных веществ.

Применение соединений Mn в качестве удобрения поставило перед исследователями еще ряд существенных и пока очень мало выясненных вопросов, а именно: антагонизм между марганцем и другими катионами, влияние сопутствующих анионов, pH среды, влияние органического вещества на поступление Mn в растение и пр.

Агрохимическая и физиологическая литература о марганце насчитывает в настоящее время не одну сотню названий. Однако результаты проведенных за последние 30 лет многочисленных вегетационных и полевых опытов с марганцовыми удобрениями оказались все же весьма противоречивыми. Причину этого следует видеть в первую очередь в том, что авторы обычно учитывали лишь прямое действие солей марганца на развитие растений, оставляя без внимания их косвенные влияния и особенно условия среды — той же почвы — в которой проявляет марганец свое действие.

То, что говорит Ферсман (1933) о неизученности микроэлементов почвы вообще, в полной мере относится и к марганцу. В частности, очень мало выяснена роль Mn как катализатора для тех «биохимических процессов, которыми почва насыщена и которые, начиная со сложной бактериальной жизни, кончаются развитием растительного организма».

А между тем в силу своей химической природы (наличия нескольких степеней окисления) роль Mn как катализатора представляется особенно большой; по этому вопросу имеются уже и некоторые экспериментальные данные.

Исследования многих, главным образом американских, авторов указывают, что доступность почвенного Mn для растений определяется не валовым содержанием (которое в большинстве случаев является вполне достаточным для удовлетворения потребности растений в этом элементе), но его формами; ими же определяется и отмеченная выше косвенная роль Mn. Однако большинство этих работ носит характер несистематических и, главным образом, качественных наблюдений и поэтому устанавливает лишь самую общую картину перехода Mn из одних форм в другие при изменении тех или иных условий. В отношении детального познания соединений Mn, в виде которых осуществляется его миграция в зоне выветривания, мало дает еще и геохимическая литература.

В серии намечаемых нами работ мы ставим своей задачей исследование различных форм Mn в почво-грунтах, характера и условий перехода одних его форм в другие, наконец, роли этих форм в жизни растений.

В предыдущей нашей работе (Ярилова, 1936) мы предварительно осветили вопрос о переходе двухвалентного Mn в адсорбционные соединения.

Настоящая работа имеет целью экспериментальное освещение щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий перехода Mn из одних форм в другие в аэробной и анаэробной средах.

Мотивом таких исследований является то, что общие данные почвоведения связывают миграцию Mn прежде всего с этими условиями. Без решения поставленных вопросов дальнейшие исследования могут оказаться «беспочвенными».

В настоящей работе приводится обзор литературы по всей проблеме

[1] В синтетических витаминах, конечно, нет микроэлементов. (*Е. Я.*)

о Mn в почвах в целом в предположении того, что дальнейшие сообщения будут сопровождаться лишь специальными обзорами литературы.

Настоящая работа выполнена в физико-химической лаборатории Почвенного института Академии Наук СССР под руководством И. Н. Антипова-Каратаева и П. А. Крюкова.

II. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные данные по геохимии марганца в зоне выветривания

Акад. В. И. Вернадский в специально посвященной геохимической истории марганца главе своей известной книги «Очерки геохимии» (1934) дал широкую картину миграции этого элемента в различных зонах земной коры.

Марганец образует 0.11% земной коры (Кларк, 1924). Он, с одной стороны, находится в состоянии чрезвычайного рассеяния, например в составе карбонатных пород, с другой же, дает на земной поверхности скопления, достигающие миллионов тонн. Он входит в состав всех живых организмов и природных вод.

В изверженных породах марганец является всегда двухвалентным, и его соединения представляют собой, главным образом, изоморфную примесь в различных силикатах, алюмосиликатах, ферросиликатах, титаносиликатах и др. Гольдшмидт (1933) показал, что последовательность выделения элементов из силикатной магмы при ее кристаллизации находится в зависимости от свойств их атомов и в первую очередь от размеров их эффективного радиуса.[1] Марганец принадлежит к числу тех элементов, атомные радиусы которых мало сходны с обычными размерами кристаллических решеток породообразующих минералов и которые поэтому при фракционной кристаллизации накапливаются в остаточных растворах. Гольдшмидт приводит следующий пример: в оливинах отношение Mn : Fe (с которым Mn связан в породах) составляет 1 : 80, а в позднее выпадающих биотитах это отношение колеблется в пределах от 1 : 30 до 1 : 15. По данным Фогта (Vogt, 1906) в основных породах отношение Mn : Fe равно 1 : 100, в кислых же 1 : 30, а в некоторых случаях еще больше, хотя абсолютное содержание Mn в первых приблизительно в два раза выше, чем во вторых (так как они всегда богаче силикатами железа). Среднее количество Mn в изверженных породах составляет, по Фогту, 0.075%, по Кларку и Вашингтону (Clarke a. Washington, 1924), 0.1247%.

В зоне выветривания, характеризующейся «сложнейшими химическими и физическими взаимоотношениями атмосферы, гидросферы и верхних частей литосферы, исключительным непостоянством определяющих ход реакций факторов, ролью жизненных процессов и процессов технической деятельности человека» (Ферсман, 1935), марганец благодаря легкости, с которой он меняет свою валентность, принадлежит так же, как и железо, к числу наиболее энергично мигрирующих элементов. Основные направления миграции Mn в зоне выветривания рисуются, по Вернадскому, в следующем виде.

В противоположность глубоким зонам земной коры, самыми стойкими и распространенными в этой кислородной зоне являются соединения марганца, в которых он выступает, главным образом, в виде четырехвалентного и в меньшей степени трехвалентного и двухвалентного.[2] Наиболее харак-

[1] Гольдшмидт отмечает следующие отличительные черты металлов семейства железа: а) переменная валентность, б) атомы и ионы являются катализаторами благодаря особенности их строения; в) элементы семейства железа имеют особенно малые расстояния между атомами, и, следовательно, силы связи ионов должны быть особенно велики.

[2] Вернадский предполагает, что в земной коре могут существовать комплексные соединения марганца с высшими степенями его окисления.

терными минералами марганца являются, с одной стороны, пиролюзит, т. е. кристаллическая форма MnO_2 (в умеренно влажных местах), с другой, вады (аморфные) и псиломеланы (часто кристаллические) — гидратные формы двуокиси марганца сложного и изменчивого химического состава (в водной среде и среде, богатой организмами). Эти минералы образуют самые большие скопления марганца — марганцовые осадочные руды — в океанах, морях, пресноводных озерах, болотах.

«Марганец выделяется всюду в связи с источниками и метеорными водами. В почвах и подпочвах местностей, богатых водой, в почвах северных тундр, в почвах песчаных, в черноземах УССР, РСФСР, Румынии и Северной Америки, в болотных почвах наших стран, в латеритовых почвах подтропических стран постоянно находятся миллионы миллионов конкреций вадов, псиломеланов, пиролюзита в состоянии непрерывного создания. Обычно это невидные, мелкие землистые выделения; ими, повидимому, надо объяснить концентрацию марганца в некоторых почвах».

Форма вадозных выделений марганца чрезвычайно разнообразна: большие конкреции, покрывающие десятки тысяч квадратных километров океанического дна, мелкие желваки, тонкие слои на раковинах, корки, пятна, натеки, пленки («загар пустыни» и т. д.).

«Какая сила создает эту концентрацию марганца в поверхностной земной оболочке, которая очищает марганец от других элементов, с которыми он так связан повсюду в других его нахождениях? Это вопрос, на который у нас нет полного ответа. Однако ясно, что в этой концентрации марганца два явления имеют наибольшее значение: живое вещество и природная вода», причем «природная вода термодинамической оболочки, нами изучаемой, всегда полна жизни и все ее химические реакции в значительной, ясно уловимой мере определяются химическими свойствами живого вещества. Ее кислород к тому же всегда биогенный». «Во многих случаях с уверенностью, в других — на основании вполне законной гипотезы — можно считать образование вадов результатом биохимических процессов, например, образование конкреций на дне водных бассейнов и в сырых местностях земной поверхности». Особенно большая роль в этом отношении принадлежит железобактериям: *Crenothrix polyspora*,[1] *Lepothrix ochracca*, *Cladothrix dichtoma*, *Cladothrix fusca* и др., которые, повидимому, «ищут и находят необходимую для жизни их энергию в окислении соединений двухвалетного марганца в марганец трехвалентный», а также и другим, еще менее изученным микроорганизмам, например *Bacterium Manganicum* Бейеринка (Beijerinck), встречающемуся в почвах и обладающему способностью окислять карбонат марганца. До 1% Mn содержат некоторые водоросли, лишайники, грибы. Из высших растений марганцем особенно богаты хвойные, а также некоторые лиственные породы.

«Таким образом живое вещество играет очень большую роль в геохимии марганца, оно совершенно преобразует ее, вызывает создание новых сильно окисленных соединений его».

Ионы Mn^{II} присутствуют во всех природных водах, но обычно в очень малых количествах;[2] вероятно, это также связано с концентрацией Mn живым веществом.

[1] Так, например, Шорлер (Schorler, 1904) нашел в оболочках *Crenothrix* 6—9% окиси железа и 30—60% окиси марганца.

[2] Аналитических данных по содержанию Mn в природных водах чрезвычайно мало. По Томпсону и Вильсону (Thompson a. Wilson, 1935), количество его в морской воде колеблется от 0.2 до $1.8 \cdot 10^{-4}$ м-моля/л; речная, весенняя и ключевая вода содержит обычно следы Mn (0.05—0.22 части MnO на миллион); но в карбонатных водах содержание Mn может доходить до 5—10 частей на миллион (Clarke, 1924).

По данным Твенхофеля (Twenhofel, 1926), содержание Mn в подземных и ключевых водах колеблется от следов до 117.0 частей на миллион, обычно же равно 0.5—5 частям на миллион.

Взаимные отношения различных форм Mn в зоне выветривания образуют, по Вернадскому, следующий вторичный геохимический круговой процесс:

Водный раствор Mn^{II} ⇄ живое вещество

↑↓

Воды и пиролюзиты, богатые Mn^{II} и Mn^{IV}

Как же следует представлять химизм перехода Mn из выветривающихся пород в природные воды? В какой форме происходит передвижение его в составе последних? Под влиянием каких факторов и в виде каких соединений осуществляется его отложение?

Мы еще далеки от того, чтобы иметь возможность дать на эти вопросы сколько-нибудь полный ответ.

Наиболее универсальным и могущественным агентом химического разложения пород является, как известно, природная вода, заключающая растворенную углекислоту; кислые воды, содержащие свободные H_2SO_4, HNO_3 и HCl, имеют, по Кларку, лишь локальное значение. Поэтому авторы обычно указывают, что при выветривании пород марганец, как и железо, переходит в раствор, главным образом в виде бикарбоната[1] и в значительно меньшей степени в виде сульфата. Опыт Сюлливана (Sullivan, 1912) показал, что Mn переходит из породы (порфира) в воду, насыщенную CO_2 и в разбавленную $0.1N$ H_2SO_4, гораздо легче, чем Fe, причем отношение Mn к Fe в растворе в первом случае (5Mn : 1Fe) значительно больше, чем во втором (1Mn : 1Fe).

Роль органического вещества в процессе разложения горных пород еще чрезвычайно мало выяснена, и у исследователей не существует единого мнения по этому вопросу. Сэвэдж (Savage, 1936) обрабатывал образцы сиенита и диабаза различными реагентами (дестиллированной водой, водой, насыщенной CO_2, O_2, водой + торф) и нашел, что первое место занимает вода, насыщенная CO_2, затем наибольшие количества Mn извлекала вода, к которой был прибавлен торф из болота; слабым растворителем Mn, по понятным причинам, оказалась вода, насыщенная кислородом. Растворяющее действие болотной воды этот автор вместе с Энделем (Endell, 1910 и 1911) приписывает, главным образом, свободной углекислоте, образующейся в ней при разложении органического вещества. Несомненно, однако, что органические соединения кислотного характера могут воздействовать на породы и своим водородным ионом. Роль органических веществ проявляется еще в одном направлении. Ряд исследователей показал, что органические вещества принимают большое участие в переносе природными водами продуктов выветривания горных пород. В первую очередь это относится к полуторным окислам, с которыми органические кислоты, в том числе и гуминовая, образуют комплексные и коллоидные соединения. На основании обзора соответствующей литературы, а также экспериментальных данных своих сотрудников, Антипов-Каратаев (1937) приходит к выводу, что именно

Количество Mn^{II} в воде болот и дренажных водах подвержено большим колебаниям. Кларк в воде болот Виргинии находил до 7 мг MnO; в четырех образцах болотной воды, исследованной Робинсоном (Robinson, 1929), — от 0.8 до 7.1 части на миллион, причем содержание Mn увеличивалось с глубиной, что автор связывает с разбавлением растворов на поверхности дождевой водой. Ноттен (Nottin, 1913) в пяти образцах дренажных вод Франции нашел 0.08—0.16 мг MnO на литр. Венсан (Vincent, 1916) же указывает, что дренажные воды полей этой страны содержат не более 0.01 мг MnO. Очень высокое содержание в дренажных водах — до 69 мг MnO на литр — находил Вейльбул (Weilbul, 1907) в Швеции.

По нашим собственным исследованиям, в грунтовых водах террасы р. Малый Узень в Саратовской обл. содержание MnO достигало 5 мг/л (август 1938 г.). В воде плеса реки Mn не был найден.

[1] Имеющиеся в литературе данные по растворимости $MnCO_3$ в воде, насыщенной CO_2, немногочисленны и очень сильно различаются между собой. Так, по Гмелин-Крауту (Gmelin-Kraut, 1913), она равна 0.120 г/л, а по Венсану (Vincent, 1916), 0.0625 г/л при 12°. См. также у Меллора (Mellor, 1932).

этот педогенетический путь является наиболее широко развитым способом перемещения железа, а вероятно, и марганца в окислительной зоне земной коры. В отношении Mn приходится ограничиваться одними предположениями, так как никакого фактического материала еще нет.[1] В единственном опыте Сэвэджа с пропусканием кислорода (в течение 4 час.) через смесь бикарбоната марганца с водной вытяжкой из высушенного торфа, а также через смесь его с болотной водой органическое вещество не препятствовало осаждению большей части марганца (из 4—9 частей на миллион в растворе оставалось 0.15—0.28 части Mn на миллион).

«Различные авторы показали, — писал в 1916 г. Венсан, — что природные воды содержат марганец, но ни один из них не осветил вопроса относительно форм марганца, в виде которых происходит его передвижение этими водами». На основании своих опытов этот исследователь приходит к заключению, что марганец удерживается в них углекислотой в виде существующего только в растворе бикарбоната марганца.

Еще значительно раньше Фрезениус (Fresenius) нашел, что бикарбонат марганца является соединением более устойчивым, чем бикарбонат железа. Сэвэдж показал, что марганец не выпадает из раствора $Mn(HCO_3)_2$ до тех пор, пока этот раствор содержит свободную углекислоту в количестве, достаточном для того, чтобы препятствовать реакции гидролиза, но как только pH раствора достигает определенного (точно не установленного исследователями)[2] значения, происходит расщепление бикарбоната с образованием гидрозакиси марганца.[3] На реакцию: $Mn(HCO_3)_2 + 2H_2O = Mn(OH)_2 + 2H_2CO_3$ указывал еще Тильманс (Tillmans, 1914), также отмечавший различное поведение по отношению к кислороду двухвалентных Mn и Fe.

В виде этой системы из бикарбоната и гидрозакиси марганца, находящейся в растворе в неустойчивом равновесии, происходит, по мнению Сэвэджа, дальнейшее передвижение марганца природными водами при отсутствии доступа воздуха. Попадая в условия окисления, $Mn(OH)_2$ быстро переходит в труднорастворимые гидроокиси Mn^{III} и Mn^{IV}, которые, образуясь, по Беренду (Behrend, 1924), первоначально в форме золей, путешествуют в таком виде до тех пор, пока не разряжаются электролитами и в результате этого переходят в осадок.[4]

«При постепенно возрастающем окислении прежде всего из растворов

[1] И в химической литературе имеются лишь очень скудные данные относительно комплексных соединений Mn с органическими кислотами. Мы можем сослаться лишь на работу Тамма (Tamm, 1910), который исследовал равновесие

$$[Mn(OH)_2] \cdot \frac{[\text{ион оксикислоты}]}{[\text{комплексный ион}]} = K.$$

При обработке суспензии $Mn(OH)_2$ нормальными растворами натровых солей винной, яблочной и лимонной кислот в раствор перешли следующие количества Mn: 0.0068, 0,0042 и 0.016 моля/л. Натровые соли гликолевой и молочной кислот растворяют в тех же условиях ничтожные количества Mn. Дальнейшие опыты показали, что если $Mn(OH)_2$ осаждалась прямо в растворе цитрата Na, в растворе оказывалось приблизительно в девять раз больше Mn, чем в предыдущих опытах. Таким образом, свежеосажденная закись обладает совершенно иной растворимостью, чем та, которая промывалась и сохранялась в течение некоторого времени. При повышении температуры комплексные соединения становятся нестойкими.

[2] Грубые колориметрические измерения pH начала и конца выпадения Mn из раствора $MnCl_2$ при прибавлении к нему NaOH в условиях доступа воздуха были произведены лишь Эткинсом (Atkins, 1923).

[3] По Сэвэджу в природе эти условия создаются при аэрации, вызывающей потерю природными водами свободной углекислоты, затем под влиянием нитевидных бактерий (*thread bacteria*), продукты жизнедеятельности которых обладают щелочной реакцией, а также и в тех случаях, когда природная вода попадает в слои известняка.

[4] Дейсс (Deiss, 1910) также указывал на вероятность того, что осаждению MnO_2 всегда предшествует образование коллоидного раствора.

выделяется железо, затем марганец таким образом, что образуются промышленные месторождения этих обоих элементов. Самые важные месторождения марганца возникли при процессах такого рода; железо и марганец — примеры металлов, которые выделяются в местах высокого окислительного потенциала, тогда как низкий окислительный потенциал вообще способствует растворению. Эта особенность опять-таки основывается на атомных свойствах железа и марганца, так как взаимодействие металлического иона с водой зависит от радиуса и числа зарядов иона» (Гольдшмидт).

«Таким образом, совместным действием изменений концентрации водородных ионов и окислительно-восстановительного потенциала обусловливаются в круговороте элементов в природе многие из самых важных случаев разделения металлов и обогащения, имеющего наибольшее значение для процессов рудообразования» (Гольдшмидт).

По сравнению с окисями и гидроокисями марганца все другие его соединения, могущие возникать в окислительной зоне земной коры, а именно: сульфаты, карбонаты, силикаты, имеют малое распространение.

Если даже искусственно полученные окиси Mn недостаточно еще изучены и среди исследователей существуют разногласия по вопросу об их строении, то в гораздо большей мере это относится к природным окисям и гидроокисям его.

Е. Я. Роде (1937), занимающийся систематическими физико-химическими исследованиями природных марганцовых руд, следующим образом резюмирует накопившиеся в отношении этих соединений данные:

«Из окислов Mn в природе, повидимому, существуют следующие: MnO, Mn_3O_4, Mn_2O_3 и MnO_2. Ряд закиси представлен минералом манганозитом (MnO) и пирохроитом ($MnO \cdot H_2O$). В природных условиях MnO играет роль основания наподобие PbO, MgO и др. Окислы Mn_2O_3 и MnO_2 могут являться также ангидридами и с закисью Mn и другими основными окислами образовывать соли сложного состава, имеющиеся, повидимому, в вадах и псиломелапах.

Таким образом, в одном минерале атомы Mn могут обладать различной валентностью и различными химическими и физическими свойствами. Окиси Mn отвечает минерал манганит ($Mn_2O_3 \cdot H_2O$) и двуокиси — полианит и пиролюзит (MnO_2).

Минерал браунит, хотя и имеет эмпирическую формулу Mn_2O_3, но его считают в настоящее время солеобразным соединением, а именно: марганцовистой солью метамарганцоватистой кислоты $H_2Mn^{IV}O_3$, а также и гаусманит (Mn_3O_4) некоторые считают марганцовистой солью ортомарганцоватистой кислоты $H_4Mn^{IV}O_4$. Таким образом, в брауните и гаусманите могут быть атомы и двухвалентного и четырехвалентного Mn».

Из окисей и гидроокисей марганца наиболее распространенной в зоне окисления, но вместе с тем и наиболее изменчивой и сложной по своему составу, является та минеральная группа, которая носит название вадов и псиломеланов. Исследователями были высказаны самые различные взгляды на их химическую и физико-химическую природу. Приводим некоторые из них.

«Вады — очень сложные смеси гидратов различных кислот, марганцовых, марганцово-марганцовистых и железо-марганцовистых. Многие вады содержат гидраты кислых солей тех же кислот — железные, марганцовые, кальциевые, бариевые и т. д. Они поглощают различные посторонние тела, соединения P, Si, Cu, Ba, Co, K, Li и т. д. Их состав очень изменчив в зависимости от физико-географических и биологических условий среды их образования и нахождения. Марганец в форме вадов очень часто находится в связи с железом. Железо входит в состав вадов и вместе с тем оно химически выделяется в форме гидратов окиси железа (лимониты, гетиты и т. д.)» (Вернадский, 1934).

«Их можно рассматривать 1) или как кислые манганиты Mn, 2) или как механическую смесь различных окислов и гидроокислов Mn и, может быть, его манганитов, 3) или как твердые растворы этих веществ друг в друге и воды в них. Возможно, что в природе встречаются все эти случаи. При этом все же главными компонентами по большей части являются MnO_2, Mn_2O_3 H_2O и H_2O» (Болдырев, 1928).

«Анализы относящихся сюда минералов показывают колебания в таких широких пределах, что попытки получить из них определенную химическую формулу для псиломелана не увенчались успехом. Пытались выразить его состав как смесь определенных соединений, но в настоящее время, после того, как Cornu обратил внимание ученых на гелевую природу псиломеланов, отказались приписывать им какую бы то ни было формулу вообще и считают теперь гелями MnO_2, которые содержат переменное количество адсорбированных ими окислов вышеперечисленных элементов» (Е. Я. Роде, 1937).[1]

Последние авторы правы, указывая, что выяснить истинную причину этих чрезвычайно сложных образований можно лишь при применении на ряду с химическим и минералогическим анализом различных физических и физикохимических методов исследования.

2. Марганец в почвах

Несмотря на ту важную роль, которую Mn играет в жизни всякого растительного организма, этот элемент, благодаря обычно небольшому содержанию его в почвах, сплошь и рядом не определяется при анализах почв. Поэтому в литературе имеются лишь скудные данные относительно распространения Mn в различных материнских породах и почвах Союза; к тому же эти данные и не всегда надежны, особенно в тех случаях, когда они проведены с помощью весового метода (окислением бромом).

Обзор литературного материала о содержании Mn в различных почвах показывает, что количество марганца в почвах колеблется в чрезвычайно широких пределах — от следов до целых процентов от веса сухой почвы.[2] Довольно пеструю картину представляет и распределение Mn по профилю различных почв. На основании столь малочисленных и случайных данных нельзя, конечно, судить об этом распределении с достаточной полнотой, однако некоторые моменты выявляются уже и имеющимися данными вполне отчетливо.

Так, обращает на себя внимание значительная однородность содержания Mn в различных горизонтах почв каштанового и солончаково-солонцового рядов (за исключением почв, подвергающихся процессу осолодения), свидетельствующая о малой подвижности его в этих условиях почвообразования. С другой стороны, данные для подзолистых почв указывают на интенсивную миграцию Mn, в результате которой происходит накопление его в определенных горизонтах.

В ряде случаев наблюдается концентрация Mn в самом верхнем перегнойно-аккумулятивном горизонте.

Мы уже указывали, что некоторые растения, в том числе и высшие, содержат значительные количества Mn: «Бертран считает, что потребность

[1] Адсорбционная способность MnO_2 изучалась рядом исследователей, начиная с ван-Беммелена (van Bemmelen, 1888). Мы не будем давать сводки литературы по этому вопросу, которую можно найти в кратком виде в книге Алексеевского с сотрудниками (1937). Отметим лишь, что адсорбция двуокисью марганца различных солей является сложным процессом, сопровождающимся в ряде случаев химической реакцией (например, для ионов $Mn^{\cdot\cdot}$, $Ag^{\cdot}$, $Ba^{\cdot\cdot}$ и др.) и зависящим от различных условий (способа приготовления MnO_2, pH, температуры, природы аниона и т. д.).

[2] В некоторых тропических почвах оно доходит даже до 15% (Кларк).

в таких элементах, как Mn, является сильнейшим экологическим фактором, определяющим распространение растительных видов на земной поверхности» (Хализев). Эта же мысль, применительно к хвойным, была высказана Бекером и Смитом (Backer a. Smith, 1910), а Круминь (Kruminš, 1931) придерживается того мнения, что оптимальные границы pH различных растений связаны с доступностью для них Mn (и Fe) в этих областях реакции среды.

К сожалению, по непонятным причинам исследователи обычно ограничиваются определением Mn в той или иной части растения, не анализируя его при этом в целом. Тем не менее имеющиеся материалы дают достаточно оснований предполагать, что в верхних почвенных горизонтах марганец накапливается биологическим путем; концентрация его в золе ряда, главным образом, древесных растений превышает (иногда значительно) концентрацию его в почвах (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1

Содержание Mn в некоторых древесных породах и чае

Автор	Растение	Содержание MnO в %	
		от веса золы	на сухое вещество
Вольф (Wolf, 1871)	Бук: древесина	0.72	—
	»	0.56	—
	»	0.54	—
	ветви	0.55	—
	»	0.15	—
	листья	0.58	—
	»	3.43	—
	»	0.85	—
	Дуб: древесина	0.60	—
	листья	8.05	—
	Береза: древесина (15 анал.)	3.07—5.69	—
	»	1.22	—
	листья	2.09	—
	»	1.61	—
	Сосна: древесина (12 анал.)	0.35—2.07	—
	хвоя (6 анал.)	2.00—3.96	—
	»	0.89	—
	Ель: древесина	0.02	—
	»	0.07	—
	хвоя	0.95	—
	древесина (8 анал.)	5.37—10.04	—
	Чай чаквинский (4 обр.)	Свыше 2.25	—
Меликов и Розенблат (1915)	Чай японский: листья	0.488	0.039
Асо (Aso, 1928)	Чай chinensis: листья старые	0.311	0.017
	» молодые	0.150	0.008

Эта аккумулирующая деятельность растительного покрова должна понятно, особенно ясно обнаруживаться при анализе почв с небольшим содержанием Mn. Там же, где почва содержит такие количества Mn, которые не могут быть целиком захвачены растительным покровом, часть его вымывается в более глубокие горизонты почвы.

Материал по черноземным почвам особенно беден, и по нему труднее всего делать какие-либо выводы. Повидимому, распределение Mn в неновых почвах; деградация же приводит к образованию элювиального деградированных разностях сходно с тем, которое наблюдается в каштав отношении Mn горизонта.

Из иностранных работ мы остановимся вкратце на наиболее систематическом исследовании марганца в почвах, проделанном Крумбейном в Латвии (1931). Этот автор попытался найти связь между сильно колеблющимся содержанием Mn в латвийских почвах и влиянием различных факторов (материнской породы, климата, рельефа, возраста почвы, ее обработки). Так как изучавшиеся почвы не представляли собой специально подобранных рядов, где было бы элиминировано влияние всех других факторов, кроме изучаемого, то выводы автора имеют лишь самый общий характер. Наиболее отчетливо сказалось влияние материнской породы. Самым низким содержанием Mn обладали пески (в горячие 20% HCl- или 65% HNO_3-вытяжки перешло от следов до 0.01% MnO) и песчаные почвы (от следов до 0.089% MnO), богаче им оказались суглинки, особенно мергелистые (до 0.1% MnO), и развившиеся на них почвы, и, наконец, наибольшие количества его показали карбонатные породы, особенно доломиты (от 0.042 до 0.117%, а в некоторых случаях еще выше) и гравельные почвы на доломитах (от 0.006 до 0.27% MnO). Кислые торфяные почвы бедны Mn (0.011—0.0115%), торфянистые же почвы пониженных мест, соприкасающиеся с грунтовыми водами, содержат иногда значительно больше Mn (0.0048—0.275% MnO).

В работах, посвященных исследованиям химического состава отдельных механических фракций почв, мы находим некоторые данные и в отношении Mn. Так, Пухнер (Puchner, 1907), изучавший распределение химических элементов в фракциях 0.25—0.01, 0.005—0.0015 и < 0.0015 мм трех баварских почв, указывает, что содержание Mn, так же как и полуторных окислов, увеличивается с уменьшением диаметра частиц.

ТАБЛИЦА 2

Содержание Mn в нескольких почвах США в их механических фракциях по Броуну и Байерсу

(Пересчет на прокаленное вещество произведен Роде)

Почва и горизонт	Размер фракций в μ	MnO
Южный чернозем из осадочной породы Amarillio, пылеватый суглинок, гор. 25—50 см	< 0.1	0.11
	0.1—0.3	0.13
	0.3—1.0	0.17
	1—5	0.22
	5—50	0.05
	Почва	0.09
Степная на лёссе Marshall, пылеватый суглинок, гор. 0—35 см	< 0.1	0.35
	0.1—0.3	0.42
	0.3—1.0	0.41
	1—5	0.27
	5—50	0.03
	Почва	0.05
Подзолистая на карбонатной морене, пылеватый суглинок, гор. 32—60 см (B_2)	< 0.1	0.13
	0.1—0.3	0.18
	0.3—1.0	0.12
	1.5	0.10
	5—50	0.08
	Почва	0.02
Латерит на граните Durham, песчанистый суглинок, гор. 225—251 см (C_3)	< 0.1	0.03
	0.1—0.3	0.03
	0.3—1.0	0.07
	1.5	0.06
	5—50	0.06
	Почва	0.02

Частично такую же закономерность отмечает Глинка (1924) и Белякова (1928).

Данные Броуна и Байерса (Brown a. Byers), которые мы приводим в табл. 2, не показывают этой закономерности, но свидетельствуют о более высоком по сравнению с почвой в целом содержании Mn в мелких ее фракциях.[1]

Наиболее характерной формой концентрации Mn в почвах является, как известно, бобовая руда или ортштейн [2] — округлые темноцветные концентрического слоистого строения желваки различной величины, сходные с образующимися в водной среде конкрециями вадов и псиломеланов.

Литературные данные по химическому составу ортштейнов сводятся к очень небольшому числу неполных валовых анализов и анализов HCl-вытяжек, часто не сопровождающихся даже исследованием самой почвы (табл. 3).

ТАБЛИЦА 3

Содержание MnO и R_2O_3 (в %) в марганцовых конкрециях из подзолистых почв

(литературные данные)

Почва и горизонт	R_2O_3	MnO	Автор
Подзол	11.60	0·11	Helbig
Ортштейн	23.36	4.14	(по Глинке)
Материнская порода	17.57	1.12	
Глинистый подзол Венгрии	25.16	12.93	Глинка (1927)
Глинистый подзол б. Смоленской губ.:			
Гор. A_1	31.94	5.62	—
» A_2	23.73	0.76	Тумин (1909)
» B	25.46	1.57	—
Подзолы черноморских субтропиков:			
Разр. 6 ВК 0—5 см	25.96	1.09	Ковда (1934)
20—25 »	24.60	1.86	То же
Разр. 21 ВК 50—55 »	29.13	3.21	» »
Ортштейновый пласт:			
Бурые включения	26.90	2.27	Ковда (1934)
Фиолетовые включения	40.77	9.19	То же
Слабо подзолистая тяжелосуглинистая почва	23.10	0.12	Быстров (1936)
Сильно подзолистая тяжелосуглинистая почва	24.30	0.28	То же
Сильно подзолистая тяжелосуглинистая почва	27.82	0.64	» »
Сильно подзолистая тяжелосуглинистая почва	30.84	0.29	» »
Подзолистые почвы Иллинойса I	25.3	3.5	Винтерс
II	30.5	2.05	(Winters, 1938)
III	35.0	1.12	

Жолцинский (1908), а позднее Геммерлинг (1922) нашли, что различные по величине ортштейны имеют неодинаковый состав, а именно: с увеличе-

[1] Ниже мы приводим данные Робинсона, где наибольшие количества Mn содержатся в фракции пыли. Этот исследователь брал для анализа образцы из горизонтов почв, содержащих марганцовые конкреции.

[2] В более старой литературе названием ортштейн часто обозначаются железистые прослойки, прожилки и т. д. в нижних горизонтах песчаных, а иногда и супесчаных подзолистых почв, которые теперь обычно называют ортзандом. Эти образования имеют совершенно иное происхождение и иной состав и заключают лишь ничтожные количества Mn.

нием их размеров возрастает содержание марганца и падает содержание полуторных окислов. Для объяснения этих различий в составе конкреций Геммерлинг выдвигает предположение о неодинаковом возрасте их, причем крупные разности, по его мнению, являются образованиями более ранней стадии развития подзолистой почвы, а мелкие — современной. В недавно опубликованной работе Винтерса (Winters, 1938) по исследованию железо-марганцовых конкреций ряда подзолистых почв Иллинойса указывается, такая же закономерность для марганца.

Среди исследователей существуют два основных представления относительно факторов и механизма образования марганцовых конкреций. Мы уже указывали выше, что, по мнению Вернадского, они являются продуктом бактериальной жизнедеятельности; этой же точки зрения придерживается большинство исследователей железо-марганцовых руд (Вернадский, 1938; Самойлов и Титов, 1922).

В связи с этим необходимо указать на опыты Тиля (Thiel, 1925) по осаждению марганца микроорганизмами, выделенными из образцов свежего торфа, суглинистой садовой почвы, богатой марганцем почвы с Гавайских островов, морского ила и др. Автор нашел, что на ряду с железобактериями в осаждении марганца из растворов его органических и неорганических солей принимают участие выделенные из вышеуказанных почв организмы, которые могут быть отнесены к одной из наиболее распространенных групп *Fungi*, носящей название *Oidium*. Марганец осаждается в виде бурых зерен внутри и на оболочках грибных мицеллий, в которых после высушивания их при 100° оказалось 12% Mn.

С другой стороны, ряд авторов (Аарнио, 1915; Набоких, 1911, и др.) выдвигает на первый план коллоидно-химические процессы взаимной коагуляции золей гидратов окисей Fe, Al, Mn, гумуса и SiO_2. Так, например, Набоких пишет: «бобовая руда, несомненно, обязана своим образованием процессам стяжения растворимых соединений к определенным центрам, причем новые слои выпадающих полуторных окислов накладываются на старые, так что каждый желвак с течением времени постепенно увеличивается в своих размерах. Трудно сказать, какую роль в образовании бобовой руды играют микроорганизмы, но отложение в них совместно с Fe и Mn окислов алюминия как будто бы указывает, что мы встречаемся здесь со своеобразным химическим процессом, не имеющим прямой зависимости от так называемых железобактерий».

В связи с этим известный интерес представляют проделанные некоторыми авторами экспериментальные исследования по взаимной коагуляции отрицательно заряженной коллоидной MnO_2 с положительно заряженными золями полуторных окислов.

Behrend (1924) проделал ряд опытов по взаимной коагуляции золей MnO_2 и $Fe(OH)_3$ и пришел к следующим выводам: 1) если один золь находится в большом избытке, то он перезаряжает другой золь; 2) при взаимной коагуляции этих двух золей всегда в первую очередь выпадает основная часть Mn; 3) то же происходит и при действии электролитов на смесь золей даже в тех случаях, когда в них значительно преобладает $Fe(OH)_3$. Вследствие этого в выпавшем геле всегда можно различить отдельные слои с преобладанием то одного, то другого из этих элементов. Природные железо-марганцовые руды, образовавшиеся при выветривании основных пород, содержащих значительно больше Fe, чем Mn (количество первого в них вчетверо больше, чем в кислых породах, а второго лишь вдвое), обычно заключают в основной богатой железом массе отдельные прослойки с высоким содержанием Mn.

Еще раньше Дейсс заметил, что коллоидные $Fe(OH)_3$ и $Al(OH)_3$ оказывают защитное действие на небольшие количества золя MnO_2; если же присутствуют большие количества золя MnO_2, то они коагулируются золем $Fe(OH)_3$. Удлофт (Udluft, 1924) исследовал взаимодействие доломита, бикарбоната кальция, золей $Fe(OH)_3$, MnO_2, глины и гумусового золя, приготовленного по С. Одену из торфа низового болота. Опыт по титрованию золя MnO_2 золем $Fe(OH)_3$ (и наоборот) показал, что в смесях золей, в которых наблюдается взаимная коагуляция, количество $Fe(OH)_3$ в 12—15 раз превышает количество MnO_2. Отсюда автор приходит к выводу, что защитное действие золя MnO_2 на $Fe(OH)_3$ является значительно большим, чем обратное. Оно проявляется по отношению к карбонатам и бикарбонатам, которые вызывают осаждение золя $Fe(OH)_3$, но не оказывают никакого действия на золь MnO_2. Золь гумуса в любых количествах не вызывает осаждения MnO_2, что хорошо объясняется отрицательным знаком заряда того и другого; глина же осаждала MnO_2.

Большой ряд опытов по взаимной коагуляции золей $Fe(OH)_3$, MnO_2, $Al(OH)_3$, SiO_2 и суспензии почвы, насыщенной Na, был произведен Симаковым (1928 и 1929). Данные, полученные им для системы золей $Fe(OH)_3$ и MnO_2, подтвердили результаты исследований других авторов: золи MnO_2 и $Fe(OH)_3$ при определенных отношениях между ними коагулируют нацело, за пределами же этих отношений получается устойчивая смесь золей, которая ведет себя в присутствии электролитов различно, в зависимости от того, какой коллоид находится в избытке. Этот автор нашел также, что золь MnO_2 обладает большей коагулирующей способностью в отношении золя $Al(OH)_3$, чем золя $Fe(OH)_3$.

В отношении всех этих данных, конечно, необходимо заметить, что полученные при определенных лабораторных условиях результаты можно лишь с большой осторожностью переносить на природные процессы, протекающие в условиях значительно более сложных и многообразных.

В литературе существуют также указания на то, что в образовании марганцовых конкреций большая роль принадлежит аккумулятивному каталитическому действию на Mn^{II} коллоидной MnO_2, которая, как показали Тилльманс, Гирш, Хефнер и Громан (Tillmans, Hirsch, Häffner u. Grohman, 1927 и 1928), Цапфе (Zapfe, 1931) и другие авторы, обладает способностью адсорбировать соли Mn, переводя их также в двуокись Mn.

Во всяком случае вопрос относительно генезиса ортштейнов далеко не является разрешенным. С несомненностью установлено пока лишь одно положение: они образуются в почвах кратковременного избыточного увлажнения, где, следовательно, имеет место чередование процессов аэробных и анаэробных (поэтому эти образования могут служить хорошим индикатором подобных условий почвообразования). К таким почвам прежде всего относятся подзолистые, луговые почвы, солоди и др.

В подзолистых почвах ортштейны чаще всего встречаются в горизонтах A_2 и B и реже в горизонтах A_1 (причем в первых они обычно мелки и немногочисленны, во вторых же их количество может доходить до 7.8% от веса массы почвы, а в карликовых подзолах даже до 20—23%). В некоторых «степных подзолах» Набоких (1911) находил их и на очень большой глубине; в ряде почв они отлагаются совместно с известковыми журавчиками. Винтерс (Winters, 1938) обнаружил конкреции почти во всех исследованных (несколько сотен) образцах подзолистых почв, но количество и размеры их сильно варьировали (последние от 10 до 0.05 мм и меньше), а в одной и той же почве убывали с глубиной.

Совсем неизученными являются другие формы выделения Mn в почвах — примазки, пятна, пленки и т. д.

На отложение MnO_2 в почвах указывает ряд авторов (Doherty, 1898; Johnson, 1924; Leeper, 1934; Tresch, 1907).

Более подробные исследования были произведены Робинсоном (Robinson, 1929). Марганцовые конкреции, выделенные им из песчаных фракций нескольких почв, очень интенсивно разлагали перекись водорода;

при нагревании они выделяли кислород, а при обработке соляной кислотой — хлор. Из механических фракций почвы наиболее высокое содержание Mn и наибольшую активность в отношении разложения H_2O_2 обнаружили фракции пыли (silt). Для освещения вопроса о формах марганца в различных механических фракциях в них было произведено определение содержания обменного марганца (путем промывания почвы нормальным раствором NH_4Cl). Полученные данные представлены в табл. 4.

ТАБЛИЦА 4

Валовое содержание MnO и количество обменного Mn в различных механических фракциях почв

(по Робинсону)[1]

Почва	Глубина в см	Фракция	Обменный Mn в пересчете на MnO в %	Валовой Mn в пересчете на MnO в %
Суглинок Blakely	16—24	Песок	0.046	0.21
		Пыль	0.069	1.23
		Коллоиды . . .	0.410	0.54
Песчаный суглинок Greenvill	48—78	Песок	0.042	1.87
		Пыль	0.075	4.93
		Коллоиды . . .	0.330	1.03

Так как петрографическое исследование фракции песка и пыли указало на отсутствие в них силиката и карбоната Mn, то автор приходит к выводу, что большая часть марганца в этих фракциях находится в форме MnO_2.[2] Что касается коллоидной фракции, то отсутствие в ней MnO_2 (о чем свидетельствует очень малая активность ее в отношении разложения H_2O_2) и тот факт, что часть ее марганца является обменным Mn, приводит к заключению, что весь марганец входит в состав основного радикала поглощающего комплекса.

Робинсон нашел, что MnO_2 присутствует только в таких почвах, pH которых не ниже 5.2—5.0. К такому же точно выводу пришел и Крумпиш, указывающий, что содержание активной MnO_2, определенное с помощью бензидина, уменьшается с уменьшением pH и за малыми исключениями практически сходит на-нет при pH ниже 5. Этот автор отмечает, что ни одна из исследовавшихся им болотных почв (с pH от 3.5 до 6.7) не давала бензидиновой реакции. Песчаные почвы давали ее редко, суглинистые и глинистые

[1] К сожалению, автор не указывает методики выделения коллоидов. Если оно производилось с применением больших количеств воды, то вследствие большой подвижности Mn могло произойти существенное изменение в соотношении разных его форм.

[2] Робинсон указывает, что ни один из предложенных для определения MnO_2 в почвах методов (Бунзена, Брюера и Карра с солью Мора + H_2SO_4, пергидрольный и др.) не является пригодным. Исходя из предположения, что вся MnO_2 находится в фракциях песка и пыли и они не заключают других форм Mn, этот автор предлагает два приближенных метода определения MnO_2 в почвах. Присутствие MnO_2 устанавливается с помощью H_2O_2. Затем или производится определение валового Mn, в неколлоидной фракции, или же во всей почве определяется валовой и обменный Mn, и тогда разность между ними дает максимальное количество его в форме MnO_2. Последний способ пригоден лишь в тех случаях, когда содержание коллоидной фракции незначительно, так как не весь Mn этой фракции является обменным.

почвы — всегда, карбонатные почвы — особенно сильную; «бензидинная реакция поверхностной части почв по большей части слабее по сравнению с ближайшими нижележащими горизонтами почвы».

Наибольшее количество работ по Mn в почвах посвящено исследованию подвижности его в почвах, перехода из практически нерастворимых окисных форм в растворимые соединения закиси Mn, из необменного состояния в обменное. Все они являются иллюстрацией того основного значения, которое имеют для миграции Mn реакция почвы и ее окислительно-восстановительные условия.

Мы не будем останавливаться здесь на каждой из этих работ, так как, во-первых, они были рассмотрены нами в другом месте (Ярилова, 1936), а во-вторых, они сводятся, главным образом, лишь к констатации повышения или понижения количества Mn, переходящего в водную или различные кислотные и солевые вытяжки под влиянием того или иного воздействия на почву (известкования, внесения различных удобрений, оводнения, высушивания и т. д.), и очень мало дают для познания существа происходящих при этом процессов и химической природы почвенных соединений Mn.

Мы ограничимся тем, что приведем некоторые данные по водорастворимому Mn. Мани (Mann, 1930) произвел опыт по выращиванию сои в сосудах с почвой, к которой были прибавлены различные количества $CaCO_3$ или $MgCO_3$, и получил результаты, приведенные в табл. 5.

ТАБЛИЦА 5

Содержание Mn в водной вытяжке из почв и в растениях (в частях на миллион)

(по Манну)

pH почвы	Водорастворимый Mn	Mn в растении
4.0	0.65	121.6
4.5	0.35	79.5
5.8	0.03	44.5
6.4	0.01	17.3
7.53	0.01	6.9

Здесь отчетливо проявилась обратная зависимость между pH почвы и количеством Mn, переходящим в водную вытяжку, а также Mn, поступившим в растение.

Такая же зависимость была получена и Рыдалевской (1933), исследовавшей влияние количества азотной кислоты в почве (внесенной искусственно, а также образовавшейся в результате процесса нитрификации) на мобилизацию Ca, Mg и Mn (табл. 6).

ТАБЛИЦА 6

Влияние различных доз искусственно внесенной HNO_3 на мобилизацию Mn в почвах

Почва	pH водной вытяжки	HNO_3 в м-экв.	Водорастворимый MnO в мг на 1 кг почвы
Мощный чернозем	5.90	5.44	—
	5.75	10.88	—
	5.75	21.76	6.78
Слабо деградированный чернозем	5.80	5.44	—
	5.65	10.88	5.45
	5.60	21.76	10.90
Подзолистая почва	5.45	5.44	16.35
	4.60	10.88	31.37
	4.35	21.76	60.25

Келли и МакДжордж (Kelly a. McGeorge, 1913) взбалтывали образцы гавайских почв с водой и определяли количества Mn, перешедшие в водную вытяжку через различные сроки воздействия воды на почву (табл. 7).

ТАБЛИЦА 7

Влияние продолжительности взаимодействия воды и почвы на переход в раствор Mn

(по Келли и МакДжорджу)

№ почвы	Продолжительность взбалтывания	Частей MnO на миллион частей почвы
313	1 час	2.37
	24 часа	2.37
	7 дней	14.1
314	1 час	2.33
	24 часа	4.75
	7 дней	11.9
319	1 час	1.41
	24 часа	4.28
	7 дней	7.07

Таким образом, продолжительность взаимодействия почвы с водой оказывает большое влияние на количество Mn, переходящее в водную вытяжку. Подобные же результаты получил Робинсон, причем он отмечает, что переход Mn в раствор во времени проявляется достаточно заметно лишь в тех случаях, когда почва содержит значительные количества органического вещества, т. е. создаются благоприятные условия для восстановительных реакций.

Увеличение количества водорастворимого Mn в оводненных почвах отмечает также МакКул (McCool, 1934), а из наших исследователей — Кириченко (1934).

Зависимость между окислительно-восстановительными условиями почвы и количеством водорастворимого Mn ясно обнаруживается в опыте Пайпера (Piper, 1931) (табл. 8).

ТАБЛИЦА 8

Влияние различных способов обработки трех образцов австралийских почв на количества Mn, перешедшие в водную вытяжку (по Пайперу) (Вытяжка пропускалась через свечу Шамберлана)

Почва	pH первоначальной почвы	Первоначальное содержание MnO в %	Способ обработки почвы и количество MnO в частях на млн.			
			300 г почвы + 600 мл воды, хранились в течение 3 недель	300 г почвы + 25% декстрозы по весу почвы	Почва оводненная + пропускание воздуха дважды в сутки по 30 мин.	Почва оводненная + декстроза + пропускание воздуха
Легкая темнокоричневая почва, образовавшаяся из вулканического пепла	7.4	0.014	1.75	8.03	0.07	3.51
Тяжелая черная глина, образовавшаяся в условиях избыточного увлажнения	6.9	0.002	0.12	0.47	—	—
Легкая серая почва, образовавшаяся на береговой равнине, очень карбонатная	8.0	0.008	9.28	19.15	4.42	7.07

Здесь очень отчетливо выявилась связь между количеством водорастворимого Mn и интенсивностью микробиологической деятельности. Последняя, несомненно, является основным фактором перехода Mn в растворимую закисную форму в условиях анаэробиоза. Однако характер влияния этого фактора еще неясен. Большинство исследователей склонно считать, что восстановление Mn (и Fe) производится не самими микроорганизмами, а продуктами их жизнедеятельности (H_2, H_2S, различными органическими кислотами и т. п.).[1] Наблюдавшееся некоторыми авторами (Gilligan, 1936; Samuel a. Piper, 1929) повышение усвояемости марганца в почвах с pH < 7 дает основание предполагать, что восстановление Mn может осуществляться и в условиях щелочной реакции, причем в этом случае наиболее вероятным представляется образование органических комплексных его соединений.[2] Вопрос этот, конечно, требует дальнейшего исследования.

Различными исследователями было показано, что ион двухвалентного Mn может на ряду с другими катионами вступать в поглощающий комплекс. Однако легкость, с которой этот элемент меняет свою степень окисления при изменении щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий, делает его чрезвычайно подвижным обменным основанием. Так как эта форма Mn в почвах была нами подробно освещена в предыдущей работе, то здесь мы ограничимся указанием, что обычно почвы содержат ничтожные количества поглощенного Mn и лишь при достаточно кислой их реакции (при pH < 5 по Крумбейну) или при оводнении содержание его может достигать значительных величин (конечно, в тех случаях, когда почва достаточно богата валовым марганцем). Отметим, что методика определения поглощенного Mn (как, впрочем, и всех других форм его в почвах) требует еще разработки. Применение вытеснителей, смещающих реакцию почвы, может послужить источником больших ошибок. Кроме того, восстановлению Mn могут способствовать анаэробные условия, возникающие во время процесса промывания почвы тем или иным раствором; здесь особенно уместным является указание акад. Вернадского относительно необходимости ставить стерильно все опыты по поглощению солей почвами (1938).

III. ЩЕЛОЧНО-КИСЛОТНЫЕ И ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ПЕРЕХОДА ИОНА ДВУХВАЛЕНТНОГО МАРГАНЦА В ДРУГИЕ ФОРМЫ

1. Гидролиз соединений двухвалентного марганца

Исследование процесса гидролиза солей двухвалентного марганца мы производили путем потенциометрического титрования их растворов щелочи. Этот метод, которым широко пользовался Бриттон (1936) для изучения осаждения гидроокисей и основных солей различных металлов и который был также применен и развит Крюковым и Авсеевичем (1933) при исследовании системы феррн-ферро, позволяет, во-первых, устанавливать величины pH, при которых начинается осаждение и, во-вторых, вычислять произведения растворимости той или иной гидроокиси.

[1] Повышение растворимости Mn в оводненных почвах может вызываться, кроме того, происходящим в них разложением почвенных минералов под влиянием повышенного содержания углекислоты в почвенных растворах, на что указывает Робинсон. Этот автор наблюдал, что при выкачивании воздуха из бутыли с водной вытяжкой из этих почв (pH их колебался от 4.5 до 7.2), а также при пропускании через них воздуха вскоре выпадает Fe, а через значительный промежуток времени и часть Mn.

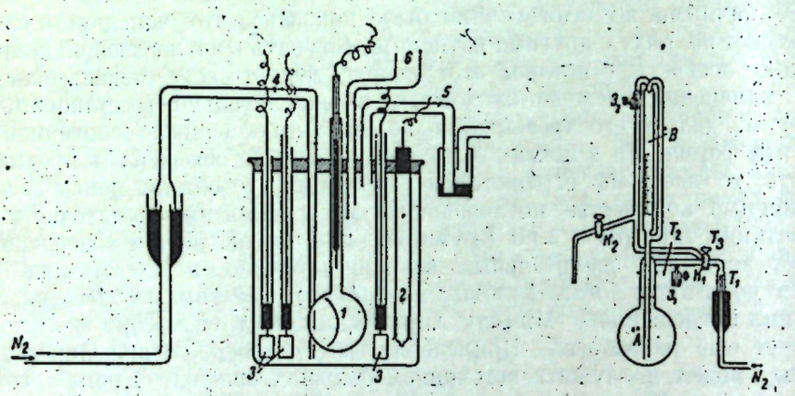
[2] При богатстве почвы диспергирующим ионом Na может происходить также пептизация соединений Mn [опыт Эммерта (Emmert, 1931) с делянками, в которые вносилась сода].

Реактивы и аппаратура

Реактивы, применявшиеся при наших опытах, готовились следующим образом:

0.09394 *M* раствор $MnSO_4$ из перекристаллизованной продажной соли состава $MnSO_4 \cdot 5H_2O$. Концентрация его определялась висмутатным методом (см. Гиллебранд). Для этой цели применялись: 1) продажный висмутат натрия (импортный), 2) $FeSO_4$, приготовленный из насыщенного раствора этой соли посредством осаждения спиртом с последующим промыванием и высушиванием на воздухе; 3) 0.05*N* $KMnO_4$, титр которого устанавливался по щавелевокислому натру и по щавелевой кислоте (от Кальбаума).

0.10625 *M* раствор NaOH по Серенсену. Титр его устанавливался по щавелевой кислоте от Кальбаума с фенолфталеином при нагревании.



Фиг. 1. Сосуд для потенциометрического титрования $MnSO_4$ и бюретка для титрования без доступа воздуха.

Для удаления кислорода из растворов через них продувался азот (из баллона), очищенный от примеси кислорода предварительным пропусканием через кварцевую трубку с медной проволокой, нагретой до 500° в трубчатой электрической печи. Перед каждым опытом образовавшаяся окись меди регенерировалась током водорода.

0.1952 *M* раствор NH_4OH из 25%-ного аммиака разбавлением его прокипяченной дестиллированной водой.

Аппаратура состояла из сосуда для титрования, бюретки для титрования без доступа воздуха и потенциометра конструкции П. А. Крюкова (описание его см. в статье П. А. Крюкова, Тр. Почв. инст. им. Докучаева, т. XX) с присоединенными к нему нормальным элементом Вестона, сухим элементом и стрелочным гальванометром чувствительностью $0.1 \cdot 10^{-6}$ А.

Сосуд для титрования представлял собой толстостенный стаканчик емкостью около 200 мл, плотно закрывающийся эбонитовой крышкой, с отверстиями для стеклянного электрода *1*, насыщенного каломельного электрода конструкции Крюкова (1939) *2*, трех гладких платиновых электродов с поверхностью около 1.5 см² каждый *3*, трубки для подвода азота *4*, соединенной посредством ртутного затвора и цельной стеклянной трубки с кварцевой трубкой, в которой происходит очищение азота, трубки для отвода азота с ртутным затвором *5* и носика бюретки *6* (фиг. 1).

Бюретка для титрования без доступа воздуха является усовершенствованным Крюковым прибором Мюллера и Штейна (Müller u. Stein, 1930). Так как он нигде не описан, приводим здесь его схему (см. правую часть фиг. 1).

В колбу *A* помещается раствор NaOH. Для удаления из него кислорода трубка T_1, в которую поступает очищенный азот, соединяется при помощи крана K_1 с трубкой T_3, кран ртутного затвора 3_2 открывается. Для наполнения бюретки, наоборот, 3_2 открывается, 3_1 закрывается, а T_1 соединяется с T_2; под давлением азота раствор NaOH поднимается по боковой трубке и поступает в верхнюю часть бюретки.

Стеклянный электрод, применявшийся при наших исследованиях, также описан Крюковым (1939). Он готовился из Na-Ca-стекла в виде бульбы с диаметром около 3 см с тонкостенной вогнутой частью. В бульбу наливалась 0.1 *N* HCl и опускался Ag-AgCl-электрод.

Калибрирование стеклянного электрода производилось по пяти буферным растворам с pH от 2.03 до 11.28. Ежедневно он проверялся по двум растворам. Зависимость э. д. с. от pH была линейной с точностью до 1 mV. Потенциалы устанавливались через 3 мин.

Методика работы

В сосуд для титрования наливалось определенное количество раствора $MnSO_4$ и столько прокипяченной дестиллированной воды, чтобы довести общий объем жидкости до 100 мл. Через раствор в течение 1 часа пропускался ток азота, после чего также в токе азота производилось титрование. Потенциал стеклянного электрода, а также обычно и платиновых электродов устанавливался в течение 3—5 мин. Измерения производились через 15 мин. после приливания щелочи.

Результаты

На фиг. 2—4 и в табл. 9 представлены результаты титрования $MnSO_4$ трех различных концентраций.[1] На фигурах по оси абсцисс отложены объемы прибавленной щелочи в мл, по оси ординат — pH и окислительно-восстановительные потенциалы против насыщенного каломельного электрода.

Для сравнения приводим также данные, полученные Бриттоном при титровании $MnCl_2$ (табл. 9).

Приведенные данные показывают, что величина pH начала осаждения $Mn(OH)_2$ зависит от концентрации соли марганца.

Для достижения точек перегиба, соответствующих концу осаждения, требуется 1.93—1.96 эквивалента щелочи вместо 2 эквивалентов (теоретическое количество миллилитров щелочи показано на фигурах пунктирной линией), что Бриттон объясняет образованием основной соли; несколько растянутые перегибы, повидимому, связаны с частичным разложением этого основного сульфата.

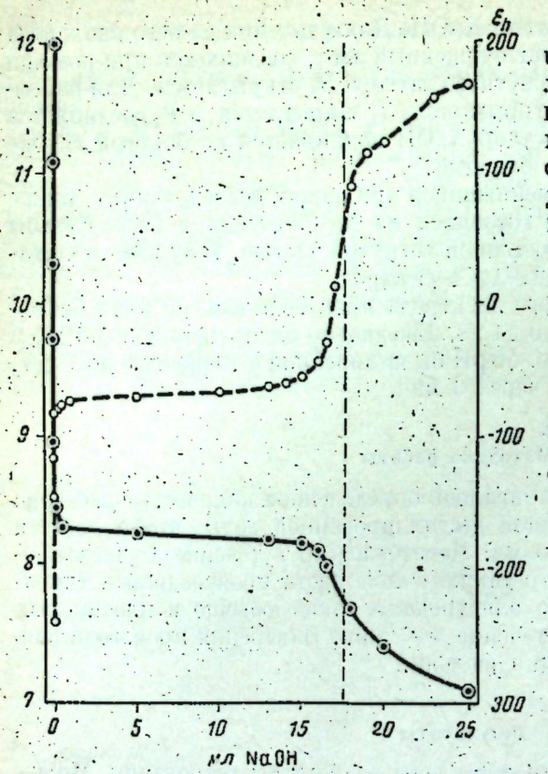
Следует также отметить, что точки перегибов на кривых изменения E_h совпадают с соответствующими точками перегибов на кривых изменения pH.

Кривая титрования раствора $MnSO_4$ гидроокисью аммония отличается от всех остальных отсутствием на ней перегиба, соответствующего концу осаждения гидроокиси марганца. Повидимому, эта аномалия объясняется наличием буферной системы $(NH_4)_2SO_4$ — NH_4OH. Кроме того, здесь может играть роль также образование комплексного катиона Mn с NH_3, на существование которых впервые указал Херц (Herz, 1899) и которые позже были исследованы Петерсом (Peters, 1912) и другими авторами.

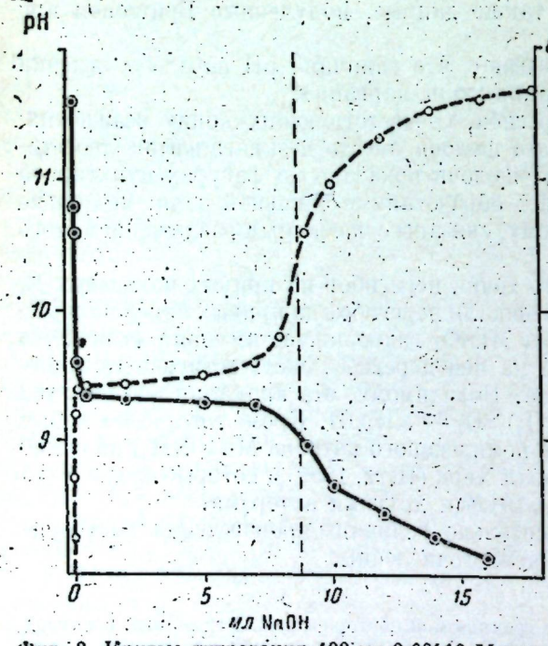
Литературные данные относительно величины произведения растворимости $[Mn^{\cdot\cdot}] \cdot [OH']^2$ крайне немногочисленны.

---

[1] Титрование мы производили с трехкратной повторностью. Стеклянный электрод давал вполне воспроизводимые показания. Сходимость показаний платиновых электродов была в некоторых случаях недостаточно удовлетворительной.



Фиг. 2. Кривые титрования 100 мл. 0.00939 *M* раствора $MnSO_4$ 0.10625 *M* раствором NaOH в атмосфере N_2



Фиг. 3. Кривые титрования 100 мл 0.00469 *M* раствора $MnSO_4$ 0.10625 *M* раствором NaOH в атмосфере N_2.

Закур и Фритцман (Sackur u. Fritzmann, 1909) вычислили эту величину на основании результатов кондуктометрического титрования раствора $MnSO_4$ баритовой водой. Минимум электропроводности соответствует моменту, когда раствор насыщен одновременно $BaSO_4$ и $Mn(OH)_2$. Разность между этой величиной и величиной электропроводности воды, насыщенной $BaSO_4$, дает электропроводность раствора, насыщенного $Mn(OH)_2$. Концентрация насыщения вычислялась по формуле $c = \frac{1000x}{(u+v)}$, причем неизвестная подвижность иона $Mn^{\cdot\cdot}$ принималась равной подвижности иона $Zn^{\cdot\cdot}$. Молекулярная концентрация насыщения оказалась равной $2.15 \cdot 10^{-5}$, а произведение растворимости $L = [Mn^{\cdot\cdot}] \cdot [OH']^2 = 4 \cdot 10^{-14}$.

У Реми (1933), без ссылки на источник, приведена величина $L \approx 1 \cdot 10^{-12}$. Наконец, Бриттон (1936) по точке кривой титрования $MnCl_2$, отвечающей началу осаждения $Mn(OH)_2$, нашел величину $1.3 \cdot 10^{-14}$. Наша проверка расчетов этого автора показала, однако, что они неверны,[1] и пересчет дал $L = 6.6 \cdot 10^{-13}$.

Мы вычисляли произведение растворимости и по величинам pH начала осаждения гидрозакиси Mn и по точкам, лежащим на пологой части кривой (табл. 10).

Нами был также произведен расчет произве-

[1] У Бриттона в произведение растворимости входит не исходная концентрация Mn^{II}, но концентрация, вычисленная по количеству щелочи, прибавленной до начала осаждения $Mn(OH)_2$.

ТАБЛИЦА 9

Осаждение гидрозакиси Mn из растворов его солей различных концентраций

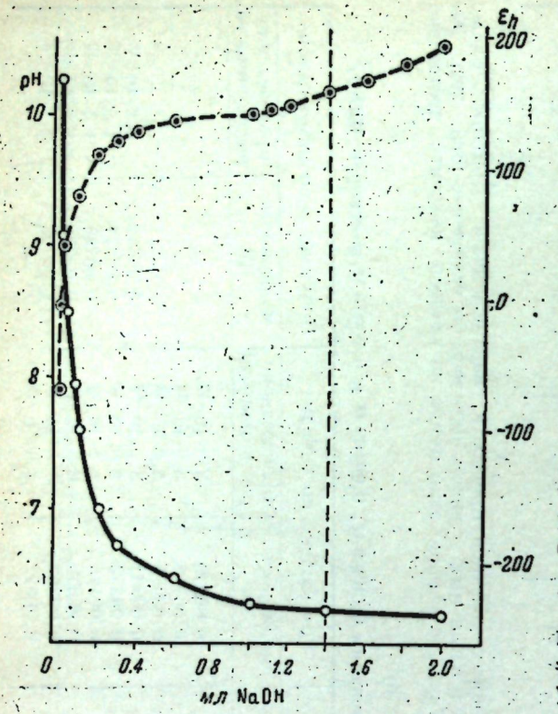
Молярность растворов соли Mn	Количество раствора соли Mn, взятое для титрования, в мл	Щелочь	Нормальность щелочи	pH начала осаждения[1]	Теоретически требуемое для полного осаждения соли число мл NaOH	Число мл NaOH, потребовавшееся для достижения точки перегиба	Число эквивалентов NaOH, потребовавшееся для достижения точки перегиба (вместо теоретического 2.0)
0.00939 *M* $MnSO_4$	100	NaOH	0.10625	9.25	17.7	17.0	1.96
0.00469 *M* $MnSO_4$	100	NaOH	0.10625	9.40	8.7	8.5	1.96
0.00075 *M* $MnSO_4$	100	NaOH	0.10625	9.80	1.4	1.3	1.93
0.024 *M* $MnCl_2$ (Бриттон)	100	NaOH	0.0900	8.85	54.0	52.1	1.93
0.00939 *M* $MnSO_4$	100	NH_4OH	0.1352	9.25	9.6	—	—

[1] Эти величины pH отвечают точкам, пересечения двух прямолинейных участков кривых и, как указывает Бриттон, ближе всего соответствуют той действительной концентрации ионов, при которой в идеальных условиях началось бы осаждение (стр. 292). Мы пытались установить начало осаждения по появлению в растворе конуса Тиндаля. Однако этим путем не удалось получить достаточно точных значений pH.

ТАБЛИЦА 10

Величины произведения растворимости $[Mn^{\cdot\cdot}] \cdot [OH']^2$ по кривым титрования 0.00939 *M*, 0.00469 *M* и 0.00075 *M* растворов $MnSO_4$

t°C	pK_w	pH	$[OH']^{-2}$	Прибавка NaOH в мл	Общий объем в мл	Вычислено по титрам: молярность Mn	Вычислено по титрам: произведение растворимости	Получено экспериментально: молярность Mn	Получено экспериментально: произведение растворимости
12	14.44	9.25	$41.69 \cdot 10^{-12}$	—	100	0.00939	$3.9 \cdot 10^{-13}$	—	—
12	14.44	9.40	$83.17 \cdot 10^{-12}$	—	100	0.00469	$3.9 \cdot 10^{-13}$	—	—
14	14.37	9.80	$7.247 \cdot 10^{-12}$	—	100	0.00075	$2.2 \cdot 10^{-13}$	—	—
12	14.44	9.30	$51.475 \cdot 10^{-12}$	5	105	0.00631	$3.2 \cdot 10^{-13}$	0.00642	$3.2 \cdot 10^{-13}$
12	14.44	9.34	$58.48 \cdot 10^{-12}$	10	110	0.00352	$1.8 \cdot 10^{-13}$	0.00371	$1.9 \cdot 10^{-13}$
12	14.44	9.40	$81.17 \cdot 10^{-12}$	14	114	0.00145	$1.2 \cdot 10^{-13}$	0.00186	$1.4 \cdot 10^{-13}$
12	14.44	9.56	$1.737 \cdot 10^{-10}$	16	116	0.00055	$0.8 \cdot 10^{-13}$	0.00078	$1.3 \cdot 10^{-13}$
12	14.44	9.43	$95.49 \cdot 10^{-12}$	2	102	0.00352	$3.3 \cdot 10^{-13}$	0.00393	$3.4 \cdot 10^{-13}$
12	14.44	9.60	$2.018 \cdot 10^{-10}$	7	107	0.00077	$1.6 \cdot 10^{-13}$	—	—



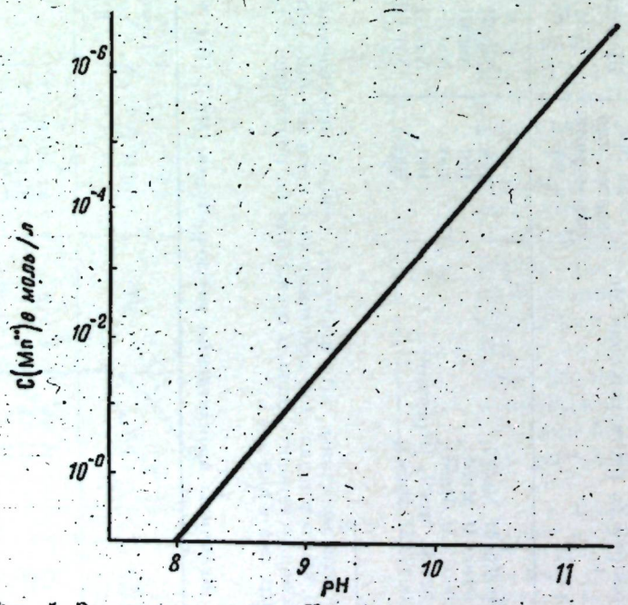
Фиг. 4. Кривые титрования 100 мл 0.00075 *M* раствора $MnSO_4$ 0.10625 *M* раствором NaOH в атмосфере N_2

дения растворимости $Mn(OH)_2$ на основании прямого определения Mn, оставшегося в растворе после прибавления известного количества щелочи. Для этой цели выпавшая гидроокись быстро отфильтровывалась через тигель-пучу № 4, и в определенном объеме фильтрата Mn определялся висмутатным методом. В 150 мл раствора с pH = 9.26 оказалось 0.00134 моля Mn^{II}, отсюда $L = 63.044 \cdot 10^{-12} \cdot 0.0013 = 0.8 \cdot 10^{-13}$.

Зная величину произведения растворимости, можно вычислить максимальную концентрацию иона $Mn^{\cdot\cdot}$ при любых значениях pH по формуле: $[Mn^{\cdot\cdot}] = \frac{S}{K_w}(H^{\cdot})^n$ или в логарифмической форме $p_{[Mn^{\cdot\cdot}]} = PS - npK_w + n\text{pH}$ (для упрощения f_{Me} принимается равным единице).

Если воспользоваться нашими данными и принять, что $[Mn^{\cdot\cdot}] \cdot [OH']^2 = 3.9 \cdot 10^{-13}$, то будем иметь $p_{[Mn^{\cdot\cdot}]} = 12.41 - 2 \cdot 14.44 + n\text{pH} = -16.47 + 2\text{pH}$.

Соответствующие расчеты представлены в графическом виде на фиг. 5.



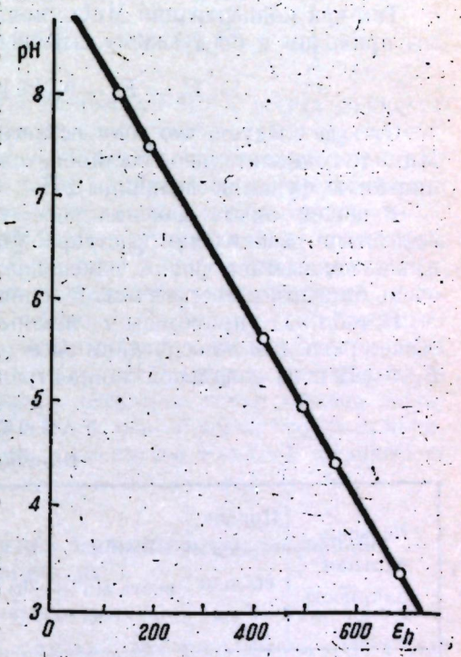
Фиг. 5. Зависимость между pH и максимальной возможной концентрацией ионов $Mn^{\cdot\cdot}$ в растворе

Из этих данных видно, что щелочно-кислотные условия до pH порядка 10—11 практически не ограничивают возможности миграции Mn^{II} в почвогрунтах, если, конечно, одновременно не влияют другие условия среды (образование труднорастворимых соединений и пр.).

2. Зависимость окислительно-восстановительного потенциала от pH в системах, состоящих из соединений марганца различных степеней окисления

Наши исследования этого вопроса носят предварительный ориентировочный характер.

Опыты проводились с $MnO_2 \cdot xH_2O$, полученной восстановлением $KMnO_4$ при помощи SO_2 и с $Mn_2O_3 \cdot xH_2O$ (условно, см. ниже), приготовленной по методу Мейера и Нерлиха (Meyer u. Nerlich, 1921) путем 24-часового пропускания воздуха через раствор, содержащий равные количества $MnCl_2$ и NH_4Cl приблизительно в 5% концентрации и доведенный до щелочной реакции концентрированным NH_3. Оба препарата промывались дестиллированной водой и высушивались при комнатной температуре. Анализ на содержание в них Mn [пирофосфатным методом после растворения их в HCl (Гиллебранд и Лендель, 1937)] и активного кислорода (оксалатным и иодометрическим методами) дал следующие результаты: в $MnO_2 \cdot xH_2O$ на 1 м-моль приходится 0.997 м-моля активного O_2, следовательно, отношение $\frac{\text{акт.}O_2}{Mn}$ очень близко к теоретическому; в $Mn_2O_3 \cdot xH_2O$ на 1 м-моль Mn приходится 0.38 м-моля акт. O_2, т. е. отношение $\frac{\text{акт. }O_2}{Mn}$ значительно отличается от теоретического, поэтому мы лишь условно называем его $Mn_2O_3 \cdot H_2O$.



Фиг. 6. Зависимость окислительно-восстановительного потенциала от pH в системе $MnSO_4$ — $MnO_4 \cdot xH_2O$

Первоначально мы попытались применить к этим исследованиям ту же аппаратуру и методику работы, которой мы пользовались при опытах по гидролизу соединений Mn^{II}. Однако оказалось, что потенциалы устанавливаются только через несколько часов, и поэтому дальнейшие опыты пришлось ставить несколько иначе. 100 мл 0.0313 *M* раствора $MnSO_4$, доведенного с помощью H_2SO_4 до pH = 2.10, помещались в склянки Дрекселя и в каждую из них прибавлялось около 0.05 г одного из указанных выше препаратов; склянки соединялись друг с другом каучуковыми трубочками, и через них в течение часа продувался N_2. Затем к растворам $MnSO_4$ прибавлялись различные количества NaOH, и снова продувался азот в продолжение 6—8 час. После этого растворы давлением азота поочередно переводились в описанный выше сосуд для титрования, и при продувании азота производились измерения потенциалов стеклянного и платинового электродов. Затем растворы снова помещались в склянки, и на следующий день повторялось продувание азота и измерения потенциалов.

Результаты, полученные для системы $Mn^{II} — MnO_2 \cdot xH_2O$, представлены на фиг. 6, где по оси ординат отложены величины pH, а по оси

абсцисс — окислительно-восстановительные потенциалы по отношению к насыщенному каломельному электроду.[1] Мы видим, что точки хорошо укладываются на прямую во всей исследованной нами области pH от 3.3 до 8.0.

Если принять, как указывает Инглис (Inglis, 1903), что окислительно-восстановительный потенциал определяется системой $MnO_2 + 4H^{\cdot} + 2e \rightleftarrows Mn^{\cdot\cdot} + 2H_2O$, то, применяя к ней уравнение Нернста, получим

$$E_h = E_0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[MnO_2][H^{\cdot}]^4}{[Mn^{\cdot\cdot}]}$$

или

$$E_h = E_0 + \frac{RT}{2F} \ln [MnO_2] - \frac{RT}{2F} \ln [Mn^{\cdot\cdot}] + \frac{4RT}{2F} \ln [H^{\cdot}].$$

Так как концентрация MnO_2 является постоянной, то для условий 18° мы приходим к следующему выражению:

$$E_h = E'_0 - 0.029 \lg [Mn^{\cdot\cdot}] - 0.116\ pH.$$

Отсюда следует, что если остается также постоянной и концентрация $Mn^{\cdot\cdot}$, то окислительно-восстановительный потенциал представляет собой линейную функцию величины pH.

В нашем опыте максимальное уменьшение концентрации ионов $Mn^{\cdot\cdot}$ вследствие разбавления раствора $MnSO_4$ щелочью составляло лишь 0.9% и, как показывает фиг. 6, изменение E_h на каждую единицу pH оказалось очень близким к теоретической величине 0.117 V.

В табл. 11 приведены величины E'_0, вычисленные по приведенному выше уравнению на основании экспериментально найденных нами значений E_h и pH и из начальной концентрации $Mn^{\cdot\cdot}$ с учетом разбавления.

ТАБЛИЦА 11

Величины E'_0

Первоначальная молярность	Прибавлено щелочи в мл	Молярность $Mn^{\cdot\cdot}$	$-0.029 \cdot \lg [Mn^{\cdot\cdot}]$	pH	E_h против насыщенного каломельного электрода	E'_0
0.00313	0.1	0.00317	0.0729	3.20	0.694	1.004
	0.3	0.00306	0.0729	3.39	0.686	0.993
	0.6	0.00305	0.0730	4.40	0.557	0.994
	0.9	0.00304	0.0730	4.96	0.487	0.989
	1.2	0.00303	0.0730	5.60	0.414	0.990
	2.0	0.00301	0.0731	7.44	0.131	0.981
	3.0	0.00300	0.0732	8.00	0.122	0.987

Эти величины близки к тем, которые были получены Инглисом с MnO_2, осажденной электролитическим путем на платиновом электроде (табл. 12).

Подобные же величины E_0 для MnO_2, приготовленной электролитическим путем, в растворах $Mn(NO_3)_2$ + разведенная HNO_3 и $MnSO_4$ + разведенная H_2SO_4 нашел и Товер (Tower, 1895). Броун и Либхавский (Brown a. Liebhafsky, 1930) работали с MnO_2, приготовленной путем нагревания $Mn(NO_3)_2$; они измеряли э. д. с. цепи $H_2/HClO_4$ (m), $Mn(ClO_4)_2$ (m_2), MnO_2 при 25° и путем экстраполирования кривой получили величину нормального потенциала, равную 1.236 V. Попов, Риддик и Бекер (Popoff, Riddick

[1] Оба измерения — первое после 6-часового пропускания N_2 и второе через сутки также после 6-часового пропускания — дали одни и те же величины pH и E_h.

ТАБЛИЦА 12

Величины E_0 (по Инглису)

$C_{Mn^{\cdot\cdot}}$ в молях/л	$C_{H^{\cdot}}$ в молях/л	E_h против 0.1 N каломельного электрода	E_0 против 0.1 N каломельного электрода при комнатной температуре
0.01	0.05	0.935	0.992
0.001	0.05	0.958	0.987
0.0001	0.05	0.986	0.986
0.01	0.005	0.821	0.990
0.001	0.005	0.851	0.996
0.0001	0.005	0.874	0.990

a. Becker, 1930) заметили, что электролитическая MnO_2 всегда содержит низшие окиси Mn и потенциалы меняются в зависимости от плотности тока, применявшегося при ее приготовлении. С этой MnO_2 постоянный потенциал достигался через 2 дня, в то время как с MnO_2, приготовленной химическим путем (разложением $Mn(NO_3)_2$ нагреванием), нельзя было получить устойчивых потенциалов даже через 9 дней и при перемешивании, что авторы объясняют поляризацией электродов, которая должна иметь место при реакциях, сопровождающихся изменением содержания кислорода.

С системой $Mn_2O_3 + 6H^{\cdot} + 2e = 2Mn^{\cdot\cdot} + 3H_2O$ мы не получили достаточно отчетливых результатов. Можно было ожидать, что в этом случае $E_h = E_0 - 0.058 \lg (Mn^{\cdot\cdot}) - 0.174$ pH. Однако потенциалы и через 3 дня оказывались неустойчивыми; некоторые точки хорошо ложились на прямую, имеющую тот же наклон к оси абсцисс, что и кривая, полученная с MnO_2. Повидимому, это объясняется сложной химической природой нашего «Mn_2O_3».

3. Окисление соединений марганца молекулярным кислородом (аутоокисдация их[1])

а) Обзор литературы

Еще Филлипс (Phillips) в 1829 г. заметил, что полученная путем осаждения белая гидроокись марганца буреет на воздухе; он нашел, что при этом образуется бурая водная двуокись марганца.

Первые более подробные исследования реакции окисления различных солей Mn^{II} кислородом воздуха были произведены Горге (Gorgeu, 1877—1890). Результаты многочисленных опытов этого автора могут быть вкратце сведены к следующему:

1. Суспензия $Mn(OH)_2$ в присутствии избытка соли Mn переходит под действием воздуха в двухосновный манганит $MnO_2 \cdot 2MnO \cdot xH_2O$. В атмосфере кислорода окисление идет значительно быстрее и связываются несколько большие количества O_2.

2. Манганит при обыкновенной температуре подвергается дальнейшему чрезвычайно медленному окислению. После 12-летнего хранения содержание O_2 в нем отвечало формуле $MnO_2 \cdot MnO$.

3. $Mn(OH)_2$ в присутствии избытка щелочи быстро переходит в манганиты.

[1] Этот термин, как известно, был впервые введен Траубе (Traube) для обозначения того явления, когда вещество уже при обыкновенной температуре окисляется газообразным кислородом, и впоследствии, несмотря на то, что он является мало удачным, прочно вошел в литературу.

4. Нейтральные разбавленные растворы $MnSO_4$, $Mn(NO_3)_3$, $MnCl_2$, ацетата Mn выделяют под действием воздуха быстрее на свету, медленнее в темноте небольшие количества манганита $MnO_2 \cdot MnO \cdot xH_2O$, которые не увеличиваются со временем; из концентрированных растворов осаждаются еще меньшие количества Mn.

5. Природный карбонат Mn — диаллогит, сохранявшийся в течение 3 лет в воде, через которую пропускался воздух, не претерпел никакого изменения. $MnCO_3$, полученный путем осаждения щелочными карбонатами находящейся в избытке соли Mn, аморфный в момент своего образования и перешедший через несколько часов в кристаллическое состояние, не выделял и следов Cl_2 при действии на него HCl после 5-месячного хранения в воде, через которую пропускался воздух. После 10-летнего хранения этого осажденного карбоната $^1/_3$ его оказалась разложенной, и продукт окисления представлял собой манганит $MnO_2 \cdot MnO$; при кипячении карбоната с водой окисление шло дальше до образования соединения, близкого к MnO_2.

Херис-Тот (Héries-Toth, 1896) пришел к выводу, что в щелочной среде кислород воздуха окисляет $Mn(OH)_2$ до соединения состава $MnO \cdot 4MnO_2$. Дальнейшие опыты по аутоксидации соединений Mn^{II} были проделаны Мейером (Meyer) с сотрудниками в связи с обширными исследованиями соединений трехвалентного марганца (1913—1930). Ими было установлено, что ион $Mn^{\cdot\cdot}$, существующий в кислых и нейтральных растворах, не подвергается окислению газообразным кислородом; способностью связывать O_2 обладает лишь недиссоциированный Mn^{II} в виде $Mn(OH)_2$ или комплексных соединений.[1]

В работе Мейера и Нерлиха изучалось влияние характера щелочи, акцепторов и комплексообразователей на состав продукта окисления. В киповский азотометр помещались определенные количества исходных реагентов и при комнатной температуре производилось встряхивание до тех пор, пока еще можно было наблюдать поглощение кислорода. В полученных осадках определялось содержание активного O_2 с помощью $H_2C_2O_4$ и $KMnO_4$. Авторы сами указывают, что опыты не отличались большой точностью, так как, с одной стороны, благодаря медленному течению реакции (при 15° она продолжалась несколько дней), было трудно установить ее конец,[2] с другой, первоначальные растворы уже содержали некоторое количество растворенного кислорода. Число объемов O_2 (1 или 2), связавшихся с определенным количеством Mn, а также цвет осадков (желто-коричневый или темнокоричневый, почти черный) служили критерием образования, в результате окисления соединений двухвалентного марганца, соединений трех- или же четырехвалентного марганца. Расхождения между теоретическими и экспериментальными количествами кислорода (вторые на 6—19% ниже первых) авторы целиком относят за счет указанной выше недостаточной точности опытов.

Осадки, образовавшиеся при прибавлении к 10 мл раствора $MnCl_2$ с 0.00273 моля Mn избыточных количеств 10% NaOH (10 мл, т. е. 0.025 моля), KOH, $Ca(OH)_2$ и $Ba(OH)_2$, поглощали 26—30 мл O_2 (вместо теоретических 32 мл) и, следовательно, состояли из $MnO_2 \cdot xH_2O$.[3] Присутствие Na_2SO_3 и Na_2AsO_3, являющихся обычно хорошими акцепторами при процессах аутоксидации, не изменило результатов опытов. 150 мл прозрачного раствора, содержащего 0.00273 моля Mn в виде $MnCl_2$, 10 мл 10% NH_4OH и 1 г NH_4Cl, связали 14—15 мл O_2, причем вначале раствор окрасился в желтоватый цвет, а затем из него выделился желто-бурый осадок. Отсюда следует, что комплексный $Mn^{II} — NH_3$ катион переходит под действием кислорода в $Mn^{III} — NH_3$ катион, который является неустойчивым и подвергается гидролизу, образуя $Mn(OH)_3$. Совершенно таким же образом ведут себя комплексные манганоцианиды калия и натрия.

Смеси растворов $MnCl_2$ и винной и щавелевой кислот в избытке, остающиеся прозрачными при прибавлении к ним щелочи, энергично связывают O_2 и постепенно выделяют осадок. $MnO_2 \cdot xH_2O$ в случае NaOH (поглощалось 30 мл O_2) и $Mn(OH)_3$ в случае NH_4OH (поглощалось 15 мл O_2).[1] Для объяснения отличия в поведении этих комплексных соединений Mn от описанных выше авторы допускают, что Mn связан в них непрочно, и часть его переходит в $Mn(OH)_2$, которая может находиться или в истинном растворе, или в форме золя.

В более поздней статье Мейера и Гульбинса (Meyer u. Gulbins, 1926) это объяснение признается необоснованным. На этот раз авторы изучали окисление коллоидной $Mn(OH)_2$, полученной в присутствии защитного коллоида — желатины. 1 г $MnCl_2$ (5.1 м-моля Mn) и 2 г желатины растворялись при нагревании в 200 г воды; к охлажденному раствору прибавлялось 8 мл 10% NaOH (т. е. 20 м-молей), и он оставлялся стоять на воздухе до тех пор, пока цвет его не становился темнокоричневым, для чего требовалось несколько дней (табл. 13). После этого производились определения общего содержания Mn осаждением из аммиачного раствора в виде $MnNH_4PO_4$ и активного O_2 иодометрическим методом. Так как отношение, между активным O_2, перечисленным на Mn, и общим Mn оказалось равным 0.58, авторы пришли к заключению, что имеют дело с Mn_2O_3. В осадке, образовавшемся при аутоксидации коллоидной $Mn(OH)_2$ в присутствии NH_4OH, это отношение равно 0.52; следовательно, и в этом случае образовалась Mn_2O_3.

Затем авторами был произведен специальный опыт для более точного установления продолжительности аутоксидации $Mn(OH)_2$.

При еще более длительном окислении не наблюдалось заметного увеличения содержания MnO_2. Отношение активного O_2 (перечисленного на Mn) к общему количеству Mn равно 0.48.

Тильманс (Tillmans), проделавший вместе со своими сотрудниками ряд чрезвычайно обстоятельных физико-химических исследований процесса удаления Mn из питьевой воды, в одной из своих многочисленных работ (1914) указывает, что при тех значениях pH, которыми обладает питьевая вода, т. е. pH = 6.5—8, Mn^{II} является устойчивым в растворе. Окисление его, происходящее лишь при отчетливо щелочной реакции раствора, даже после продолжительного пропускания через него воздуха, не переводит его полностью в MnO_2.

---

[1] Михаэлис (1936) объясняет аналогичное поведение Fe^{II} следующим образом: $Fe^{\cdot\cdot}$-ион для того, чтобы окислиться, должен отдать один электрон. Это затрудняется благодаря наличию положительного заряда $Fe^{\cdot\cdot}$-иона. Если этот заряд нейтрализован вследствие соединения с отрицательным ионом, то тем самым облегчается отщепление электрона.

[2] Отмечая, что при 22—25° аутоксидация шла значительно быстрее и полнее, авторы не приводят соответствующих данных.

[3] Авторы отмечают, что на основании этих исследований нельзя было установить, образуются ли манганиты Ca и Ba.

[1] Наш предварительный опыт по продуванию воздуха без CO_2 в течение 30 час. через смеси 10 мл 0.094 *M* раствора $MnSO_4$ + 10 мл 10% тартрата калия + 100 мл дестиллированной прокипяченной воды с 10 и 20 мл 0.1 *N* NaOH раствора дал следующие результаты.

В первом случае, когда количество прибавленной щелочи было меньше того, которое потребовалось бы для осаждения всего Mn, раствор по мере продувания воздуха приобретал буроватую окраску, но оставался прозрачным; во втором случае, при избытке NaOH, из раствора, вначале прозрачного и окрашенного в интенсивно бурый цвет, через некоторое время выделялся темный осадок, в котором содержание активного O_2 оказалось равным 0.72 м-моля. Повидимому, мы здесь имели дело с тем же комплексным соединением Mn^{II}, которое лежит в основе метода определения Mn Томичека и Кальни (см. ниже).

ТАБЛИЦА 13.

Зависимость аутоокисдации коллоидного раствора $Mn(OH)_2$ от времени. [4 г $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ (22.2 м-моля Mn), растворенные в 50 мл воды, постепенно прибавлялись к раствору 5 г желатины в 300 мл воды + 10 мл 2N NaOH]

(Опыты Мейера и Гульбинса)

Продолжительность в час.	MnO_2 в 100 мл в г	Продолжительность в час.	MnO_2 в 100 мл в г	Продолжительность в час.	MnO_2 в 100 мл в г
3	0.0340 0.0329	27	0.0771 0.0767	51	0.0860 0.0862
22	0.0580 0.0593	45	0.0843 0.0840	69	0.0879 0.0882
				117	0.0912

Орловский (1920) исследовал действие различных окислителей, в том числе и O_2 воздуха, на закисные соли Mn. Методика работы была крайне проста. Раствор соли закиси Mn наливался на большие часовые стекла и слабо подщелачивался при помощи NH_4OH или KOH. Через разные промежутки времени образовавшийся осадок отфильтровывался и в нем определялось содержание активного O_2 с помощью щавелевой кислоты и перманганата. Автор не приводит никаких цифровых данных, ограничиваясь следующими выводами. Процесс окисления усиливается с течением времени, с количеством и силой взятой щелочи. Одни окислители (O_2 воздуха, соли окиси Cu и J_2 при непродолжительном его действии), полностью не окисляя двухвалентного Mn, обнаруживают тенденцию переводить его в трехвалентную форму. Другой ряд окислителей (Br_2, Na_2O_2 и воздух, $K_3[Fe(CN)_6]$, J_2 при длительном его воздействии) переводит Mn^{II} в четырехвалентную форму.

Кошеги (Köszegi, 1931) повторил опыты Грюнхута (Grünhut, 1913) по окислению $Mn(OH)_2$. К 100 мл раствора $MnSO_4$, содержащим 0.0440—0.0220 м-моля Mn, прибавлялось 0.5 мл 33% NaOH (т. е. 5.61 м-моля), и реакционная смесь оставлялась стоять на 5, 10, 20 и 30 дней при ежедневном встряхивании. Затем в осадках определялся активный O_2 щавелевокислым и иодометрическим методами. Оказалось, что увеличение продолжительности взаимодействия осадков с O_2 воздуха (а также прибавление 3—4 капель 30% H_2O_2) не повлияло на их состав. На восстановление 1 моля Mn в осадке расходовалось самое большее 0.85 моля $H_2C_2O_4$ (у Грюнхута на 1 моль Mn осадка, образовавшегося из 0.0512 м-моля Mn^{II}, после 10-минутного стояния при комнатной температуре шло также 0.85 моля, а после 10-минутного кипячения 0.33 моля $H_2C_2O_4$). В другом опыте в осадке, образовавшемся из 1.099 м-моля Mn^{II}, оказалось 0.65 м-моля активного O. На основании своих данных автор делает следующее заключение. Состав продукта окисления $Mn(OH)_2$ находится в зависимости от концентрации исходной соли Mn и других, еще не выясненных факторов. В концентрированных растворах возникает окись или гидроокись Mn, хотя и близкая по составу Mn_2O_3 или $Mn(OH)_3$, но представляющая собой более окисленное соединение; в сильно разбавленных растворах окисление идет значительно дальше и образуется гидроокись, близкая к $MnO_2 \cdot H_2O$ (которая, однако, не доходит до этой стадии даже после длительного стояния на воздухе).

Недавно (в 1935 и 1936 гг.) были опубликованы работы Льевена и Эрмана (Liévin et Herman) по определению скорости аутоокисдации гидроокиси железа, марганца и кобальта.[1] Свои опыты авторы производили в специально сконструированном ими приборе, состоящем из реакционного сосуда и соединенной с ним при помощи каучуковой трубки газовой бюретки (более подробного описания и рисунка его авторы, к сожалению, не приводят). $Mn(OH)_2$ получалась в самом реакционном сосуде, в который наливалось 20 мл раствора KOH различной концентрации и помещалась тонкостенная стеклянная ампулка[2] с 5 мл раствора сульфата Fe, Mn или Co. Прибору с помощью мотора сообщалось 640 качаний в минуту, температура была 10° и поддерживалась с точностью до 0.1°. Давление кислорода в бюретке сохранялось постоянным. Авторы производили четыре отсчета в минуту. Полученные ими кривые зависимости количества поглощенного O_2 от времени [$m = f(t)$] в работах не приводятся. В первой серии опытов щелочь находилась в избытке по отношению к $MnSO_4$. Осадки, образовавшиеся при прибавлении 5 м-молей Mn к 20 и 55.4 м-молям KOH связали через 1 мин. 42 и 32 мг O_2, а через 10 мин. 57.5 и 60 мг O_2. Поглощение останавливалось на 66 мг O_2, и даже после нескольких часов нельзя было заметить его увеличения. Таким образом, окисление идет дальше образования Mn_2O_3 (которой соответствует поглощение 40 мг O_2), но не доходит до стадии MnO_2 (80 мг O_2). Кривая окисления слагается из двух прямолинейных отрезков, соединенных между собой криволинейным участком; первый отрезок соответствует быстрому окислению со скоростью V_1, второй — медленному со скоростью V_2. При увеличении концентрации щелочи V_1 уменьшается, а V_2 слегка увеличивается, но первая фаза продолжается дольше, и кривые пересекаются. Последнее обстоятельство заставляет предполагать, что механизм реакции не является простым.

Иные результаты получились при избытке соли Mn.

После быстрого поглощения O_2, продолжающегося около минуты, реакция идет медленно и пропорционально времени до тех пор, пока осажденная часть марганца не будет переведена в Mn_2O_3.

Наш обзор литературы показывает, что процесс окисления соединений марганца газообразным кислородом отличается большой сложностью и зависит от ряда факторов, как то: концентрации и соотношения количеств исходных реагентов, щелочности раствора, температуры и др.

Поэтому при изучении этого процесса необходим самый тщательный учет всех условий протекания реакции.

К сожалению, обычно методическая сторона исследования (на которую мы обращали особое внимание) не находит достаточно полного освещения. Это обстоятельство затрудняет сопоставление данных, полученных различными исследователями (так как часто невозможно судить о том, насколько были элиминированы все другие факторы, кроме изучаемого), и служит источником бесплодных споров относительно состава продукта окисления.

---

[1] Еще значительно раньше Юст (Just, 1908) пытался проследить скорость окисления солей Mn^{II}, но натолкнулся на ту трудность, «что не было выполнено условие, чтобы продукты первичного окисления или очень быстро исчезали бы, или же выделялись, или накапливались в растворе в практически неизмененном виде. Поэтому скорость по мере протекания реакции изменялась под влиянием не только изменения концентрации исходных веществ, но и концентрации неизвестных продуктов реакции, которые не поддавались учету».

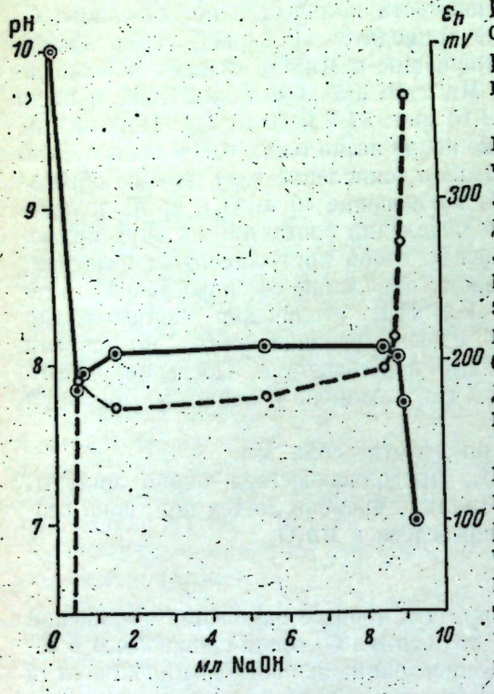
Как мы увидим, Льевен и Эрман также не смогли дать кинетической обработки результатов своих исследований.

[2] Авторы отмечают, что хотя определение начального момента реакции при такой методике могло быть не всегда точным, кривые показали удовлетворительную воспроизводимость.

б) Изменение величины pH и окислительно-восстановительного потенциала при процессе окисления $Mn(OH)_2$

(Экспериментальные исследования)

Для исследования этого вопроса мы воспользовались методом потенциометрического титрования соли марганца щелочью в атмосфере кислорода. Реактивы, сосуд для титрования и методика работы были теми же, что и при опытах по гидролизу соединений Mn (см. выше). Через реакционную смесь с помощью водоструйного нагнетательного насоса продувался воздух, лишенный CO_2, предварительным пропусканием его через 50% раствор KOH и несколько колонок с натронной известью, а в некоторых случаях продажный кислород из баллона.



Фиг. 7. Кривые титрования 150 мл 0.00313 *M* раствора $MnSO_4$ 0.10625 *M* раствором NaOH в атмосфере O_2(t=15°). (Измерения производились через 1.5 часа после приливания щелочи)

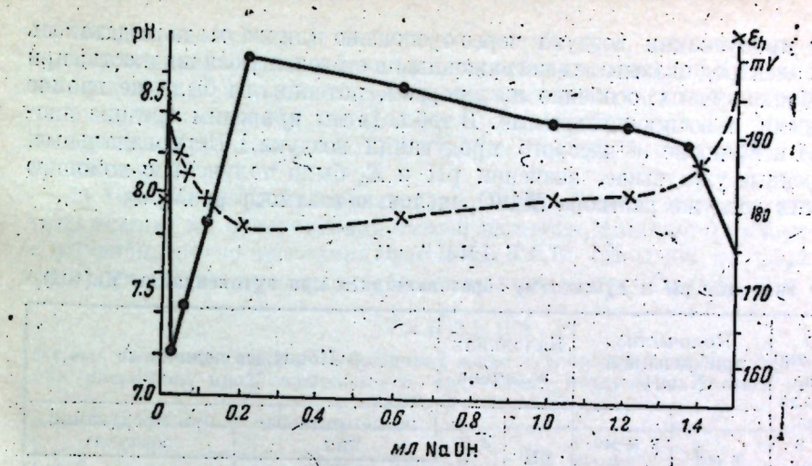
Ряд произведенных нами титрований показал, что с момента начала окисления потенциалы стеклянного и платиновых электродов достигали устойчивых значений лишь через несколько часов после каждого приливания щелочи.[1] Поэтому получить в течение дня полную кривую титрования можно было лишь производя отсчеты, не дожидаясь полного установления потенциалов.

На фиг. 7 и 8 представлены две из полученных нами кривых титрования для тех случаев, когда измерения потенциалов производились через 1—1.5 часа после прибавления NaOH, т. е. тогда, когда потенциалы электродов смещались уже сравнительно медленно.[2] Точки перегибов на кривых изменения E_h совпадают с соответствующими точками на кривых изменений pH, но прямой зависимости между E_h и pH, понятно, не существует. Форма этих кривых отличается от формы кривых, полученных при титровании в атмосфере азота, наличием на них максимума. Для того чтобы подробнее исследовать начальную часть кривой, мы проделали несколько неполных титрований с определением pH и E_h через различные промежутки времени. Оказалось, что максимум проявляется тем отчетливее, чем больше

[1] Установившиеся потенциалы легко смещались под влиянием изменения скорости продувания воздуха и других, не поддающихся контролю факторов. Это следует объяснить тем, что реакция окисления $Mn(OH)_2$ представляет сложный, протекающий в несколько ступеней необратимый процесс, и хотя в результате его и должна, очевидно, возникать обратимая окислительно-восстановительная система, компоненты ее оказываются мало устойчивыми. В этих случаях, и тем более в атмосфере кислорода или воздуха, платиновые электроды не могут вести себя как достаточно индифферентные (Михаэлис, 1936; Некрасов, 1938).

Следует, однако, отметить, что расхождения между показаниями трех платиновых электродов во всех случаях не превышали 3—4 mV.

[2] Аналогичные кривые были получены нами и при титровании насыщенного раствора $MnCO_3$.

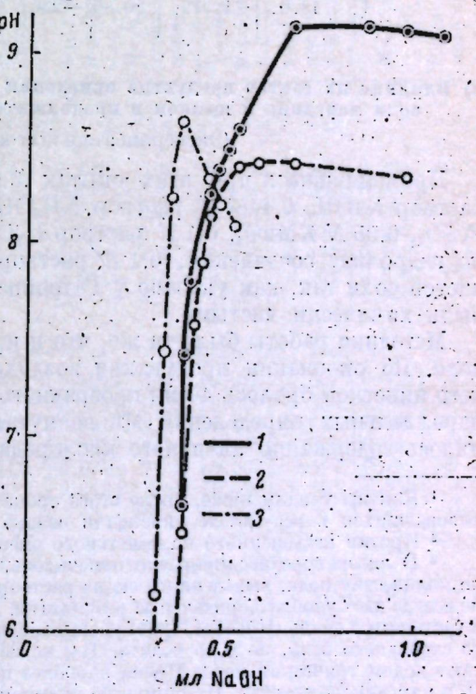


Фиг. 8. Кривые титрования 100 мл 0.00075 *M* раствора $MnSO_4$ 0.10625 *M* раствором NaOH в атмосфере O_2 (t=9°). (Измерения производились через 1 час после приливания щелочи)

тот интервал времени, через который производились измерения потенциалов. Очевидно, он соответствует прибавлению максимального количества NaOH, при котором еще не достигается произведение растворимости $Mn(OH)_2$ и, следовательно, не происходит окисления Mn, сопровождающегося значительным понижением величины pH (фиг. 9).

Для того чтобы определить значения pH и E_h, устанавливающиеся в изучаемых нами системах после окончания (по крайней мере практического) реакции окисления, мы применили методику, сходную с той, которой пользовались при опытах, описанных в предыдущем разделе. В ряд склянок Дрекселя помещались определенные количества раствора $MnSO_4$, и через них в течение часа продувался воздух, лишенный CO_2. Затем в склянки прибавлялись разные количества NaOH и столько прокипяченной дестиллированной воды, чтобы общий объем смесей составил 100 мл, и через них снова продувался воздух в течение различных сроков. Для измерения pH и E_h содержимое каждой склянки поочередно давлением воздуха переводилось в описанный выше сосуд для титрования.

Оказалось, что величины pH и E_h значительно различались между собой в зависимости от того, производились ли измере-



Фиг. 9. Кривые титрования 150 мл 0.00313 *M* раствора $MnSO_4$ 0.10625 *M* раствором NaOH при продувании O_2 и воздуха без CO_2

1 — измерения производились через 10 мин. (продувался воздух без CO_2); *2* — измерения производились через 30 мин. (продувался CO_2 из баллона); *3* — измерения производились через 1 час (продувался воздух без CO_2)

ния при пропускании воздуха через суспензию или же осадкам давалось осесть и электрод оказывался погруженным в отстоявшуюся жидкость; при этом в обоих случаях, особенно же в первом, потенциалы были не вполне устойчивыми и воспроизводимыми. В табл. 14 мы приводим средние значения pH и E_h после 36-часового продувания воздуха.[1] Первоначальные, рассмотренные уже выше, значения pH и E_h были получены с помощью титрования того же раствора $MnSO_4$ щелочью в атмосфере N_2.

ТАБЛИЦА 14

Средние значения pH и E_h систем, образовавшихся при аутоокисдации $Mn(OH)_2$

Количество Mn^{II} во взятом для опыта растворе в м-молях	Количество прибавленной NaOH		Начальная величина		Конечные величины			
					после отстаивания		при продувании воздуха	
	в мл	в м-молях	pH	E_h в mV[2]	pH	E_h в V[2]	pH	E_h в mV[2]
0.94	0.5	0.053	9.24	—170	6.42	295	6.95	232
	1.0	0.106	9.26	—172	6.42	295	6.94	242
	5.0	0.521	9.30	—174	6.45	195	6.92	258
	10.0	1.062	9.34	—176	6.45	296	6.93	260
	14.0	1.487	9.40	—180	6.49	258	6.95	263
	16.0	1.700	9.56	—185	6.78	300	7.04	289
	18.0	1.912	10.80	—230	8.72	170	8.56	231

в) Влияние на состав продуктов окисления соотношения между количествами соли марганца и щелочи и продолжительности продувания воздуха

(Экспериментальные исследования)

Применявшиеся при этих опытах 0.094M раствор $MnSO_4$, 0.10625M раствор NaOH, 0,4487M раствор NH_4OH, висмутат Na, кристаллический $FeSO_4$, 0.05 N $KMnO_4$, 0.1 N раствор $H_2C_2O_4$ были теми же, что и в опытах по гидролизу соединений. 0.1 N раствор $Na_2S_2O_3$ готовился из химически чистой соли так, как указано у Гедройца (1932). Все остальные реактивы были химически чистыми.

Методика работы была та же, что и применявшаяся в предыдущем разделе. По окончании продувания воздуха осадкам давалось осесть, после чего пипеткой бралось 40 мл прозрачного отстоявшегося раствора для двух параллельных определений Mn висмутатным методом. В осадках определялось содержание активного кислорода по Руппу[3] следующим образом.

[1] Как мы увидим ниже, после этого срока количество активного кислорода в образовавшихся в результате окисления осадках практически уже не изменяется.

[2] Против насыщенного каломельного электрода.

[3] В литературе неоднократно отмечалось, что вычисление активного O_2 в MnO_2 по количеству иода, выделенного ею из раствора KJ, подкисленного серной кислотой, не всегда дает удовлетворительные результаты. Причины этого могут быть различными; в частности Хенель (Haehnel, 1909) указывает, что окисление может доходить не только до свободного иода, но и до иодата. Тем не менее Занько и Стефановский (1936) считают иодометрический метод Руппа наиболее подходящим для определения активного O_2 в марганцовых рудах. Принимая во внимание, что и все другие методы определения активного O_2 не свободны от недостатков, мы при своих исследованиях также пользовались этим методом, контролируя его по временам оксалатным методом. Наши определения показали, что при точном соблюдении всех условий реакции результаты получаются вполне воспроизводимыми.

В самое последнее время, когда наша работа была уже закончена, появилась статья Мюллера (Müller, 1938) относительно методики определения Mn и активного O_2 в высших окисях марганца. На основании своих исследований автор приходит к выводу, что лучшим методом определения активного O_2 является как раз иодометрический метод (титрование 0.1N раствором тиосульфата натрия в токе CO_2 иода, выделившегося при прибавлении HCl к смеси окиси Mn и KJ).

Во избежание потерь J_2 в каучуковые трубочки, соединявшие склянки, вдвигались стеклянные палочки и в склянки вносились 1 г KJ, 1 г Na_2HPO_4 и 20 мл 25% H_2SO_4; они встряхивались и помещались в темное место. По окончании разложения осадков (для этого требовалось 10—15 мин.) производилось титрование 0.1 N раствором $Na_2S_2O_3$ с крахмалом в качестве индикатора.

1) Окисление Mn^{II} в присутствии NaOH. В табл. 15 приведены результаты опытов по аутоокисдации смесей раствора $MnSO_4$ (с 0.94 м-моля Mn^{II} с различными количествами раствора NaOH (от 0.053 до 1.912 м-моля) при трех сроках продувания воздуха, лишенного CO_2 (12, 36 и 60 час.),

ТАБЛИЦА 15

Опыты по окислению Mn^{II} в щелочной среде кислородом воздуха, лишенного CO_2) при различной продолжительности продувания воздуха и разных количествах NaOH (t = 11—13°)

Количество Mn^{II} во взятом для опыта растворе в м-молях	Количество прибавленного NaOH		Анализ раствора (20 мл)			Анализ осадка		Mn^{II}, оставшийся в растворе после продувания воздуха, в м-молях	Mn в осадке в м-молях	Количество м-молей активного O_2, приходящееся на 1 м-моль Mn в осадке
	в мл	в м-молях	Прибавлено $FeSO_4$ в г	$KMnO_4$, израсходованный на обратное титрование, мл (Среднее из 2 определений)	Mn^{II} в растворе в м-молях	$Na_2S_2O_3$, израсходованный на титрование, в мл	Активный O_2 в м-молях			
Воздух продувался в течение 12 час.										
0.94	0.5	0.053	0.4000	10.1	0.181	0.35	0.017	0.905	0.035	0.48
	1.0	0.106	0.4000	10.5	0.177	0.55	0.028	0.884	0.056	0.50
	5.0	0.531	0.3000	8.0	0.131	2.8	0.138	0.656	0.284	0.49
	10.0	1.062	0.3000	13.1	0.075	5.55	0.274	0.376	0.564	0.49
	14.0	1.487	0.2000	10.1	0.034	7.1	0.350	0.171	0.769	0.46
	16.0	1.700	0.1000	5.4	0.013	7.8	0.385	0.065	0.875	0.44
	18.0	1.912	—	—	—	9.7	0.478	—	0.940	0.51
Воздух продувался в течение 36 час.										
0.94	0.5	0.053	0.4000	10.05	0.182	0.3	0.015	0.909	0.031	0.48
	1.0	0.106	0.3000	3.9	0.177	0.55	0.028	0.884	0.086	0.49
	5.0	0.531	0.3000	8.0	0.131	2.8	0.138	0.656	0.284	0.49
	10.0	1.062	0.3000	13.1	0.075	5.6	0.280	0.376	0.564	0.50
	14.0	1.487	0.3000	10.1	0.034	7.45	0.373	0.171	0.769	0.49
	16.0	1.700	0.3000	18.2	0.013	8.55	0.430	0.065	0.875	0.49
	18.0	1.912	—	—	—	10.2	0.510	—	0.940	0.54
Воздух продувался в течение 60 час.										
0.94	0.5	0.053	0.4000	10.1	0.181	0.35	0.017	0.905	0.035	0.48
	1.0	0.106	0.3000	4.1	0.175	0.55	0.028	0.876	0.064	0.44
	5.0	0.531	0.3000	8.05	0.131	2.8	0.138	0.656	0.284	0.49
	10.0	1.062	0.3000	13.1	0.075	5.55	0.274	0.376	0.564	0.49
	14.0	1.487	0.3000	10.1	0.034	7.45	0.373	0.171	0.769	0.49
	16.0	1.700	0.1000	5.45	0.013	8.50	0.430	0.065	0.875	0.49
	18.0	1.912	—	—	—	10.65	0.530	—	0.940	0.56

Мы видим, что во всех случаях, когда количество прибавленной щелочи было недостаточным для того, чтобы перевести весь Mn в $Mn(OH)_2$, отношение $\frac{\text{акт. } O_2 \text{ в осадке в м-молях}}{Mn \text{ в осадке в м-молях}}$ не превышает 0.50 после 12-часового пропускания воздуха и не меняется с увеличением продолжительности продувания до 36 и 60 час. Наоборот, при избытке щелочи это отношение больше, чем 0.50, и медленно возрастает с увеличением времени продувания воздуха. Различие наблюдается также и в цвете продуктов окисления: в последней скляпке осадок был несколько темнее и имел более плотную консистенцию, чем во всех остальных.

Вторая серия опытов была поставлена с целью выяснить влияние различных избыточных количеств NaOH на аутоксидацию $Mn(OH)_2$ при разных сроках продувания воздуха без CO_2 (табл. 16 и фиг. 10).

ТАБЛИЦА 16

Опыты по окислению Mn^{II} в щелочной среде кислородом воздуха, лишенного CO_2, при избыточных количествах NaOH и различных сроках продувания воздуха (t = 11—13°)

Количество Mn во взятом для опыта объеме раствора $MnSO_4$ в м-молях	Количество м-молей NaOH, приходящееся на 1 м-моль Mn^{II}	Продолжительность продувания воздуха в час.	Количество м-молей активного O_2, приходящееся на 1 м-моль Mn в осадке
1.45	2.05	6	0.30
	2.05	12	0.50
	2.05	36	0.52
	2.05	60	—
	2.56	6	0.59
	2.56	12	0.62
	2.56	36	0.65
	2.56	60	0.66
1.16	2.79	7	0.59
	2.79	36	0.75
	2.79	80	0.75
	4.65	7	0.65
	4.65	36	0.75
	4.65	80	0.76

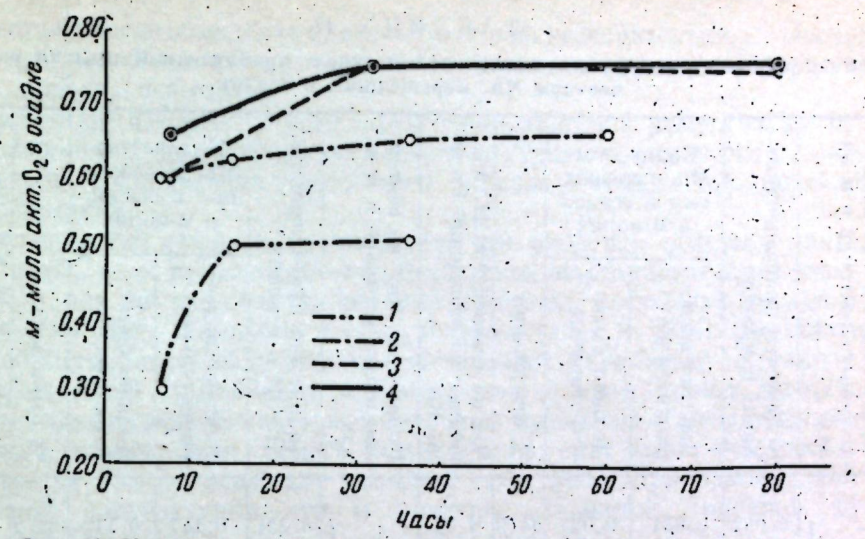
Полученные данные показывают следующее:

1. Содержание активного O_2 в продукте окисления при одном и том же количестве щелочи возрастает сперва очень быстро, а затем все медленнее, так что соответствующая кривая асимптотически приближается к линии, параллельной оси абсцисс. В нашем опыте количество активного O_2 в осадках практически не изменялось после 36-часового продувания воздуха.

2. Количество кислорода, связываемое гидрозакисью марганца, возрастает с увеличением количества NaOH, но до определенного предела. Повышение отношения NaOH : Mn с 2.79 до 4.65 не сказалось на содержании активного O_2 в осадке после 36-часового, а также и 80-часового продувания воздуха.

3. Максимальное количество активного O_2, приходящееся на 1 м-моль Mn в продукте окисления, оказалось равным 0.75 м-моля, и таким образом в осадке отношение Mn:O приближалось к 4:7.

2) Окисление Mn^{II} в присутствии NH_4OH. Табл. 17 показывает, что не только при недостатке NH_4OH для полного осаждения Mn, но даже и при очень большом избытке этой щелочи после 36-часового пропускания воздуха



Фиг. 10. Кривые зависимости между временем продувания воздуха без CO_2 и количеством O_2 в осадке, образовавшемся при окислении $Mn(OH)_2$ при избытке NaOH

1 — на 1 м-моль Mn 2.05 м-молей NaOH
2 » 1 » Mn 2.56 » NaOH
3 » 1 » Mn 2.79 » NaOH
4 » 1 » Mn 4.65 » NaOH

на 1 м-моль Mn в осадке приходится 0.41—0.43 м-моля активного O_2, т. е. еще меньше, чем при недостатке NaOH в предыдущем опыте. Цвет осадков — первое время оранжево-бурый, постепенно переходит в светлобурый.

ТАБЛИЦА 17

Опыт по окислению Mn^{II} в щелочной среде кислородом воздуха, лишенного CO_2, при различных количествах NH_4OH и пропускании воздуха в течение 36 час. (t = 11 — 13°)

Количество Mn^{II} во взятом для опыта растворе $MnSO_4$ в м-молях	Количество прибавлен. NH_4OH		Анализ раствора				Анализ осадка				
	в мл	в м-молях	Количество мл, взятых для анализа	Прибавлено $FeSO_4$ в г[1]	$KMnO_4$, израсходованный на обратное титрование, в мл	Mn^{II} во взятом для анализа растворе в м-молях	$Na_2S_2O_3$, израсходованный на титрование, в мл	Активный O_2 в м-молях	Mn^{II}, оставшийся в растворе после продувания воздуха, в м-молях	Mn в осадке в м-молях	Количество активного O_2 в м-молях, приходящееся на 1 м-моль Mn в осадке
2.132	0.5	0.224	10	0.5000	15.4	0.397	1.45	0.073	1.985	0.147	0.50
	1.0	0.449	10	0.6000	23.2	0.371	2.55	0.128	1.857	0.275	0.47
	2.0	0.898	10	0.3000	5.4	0.162	4.4	0.220	1.618	0.514	0.43
	4.3	1.952	20	0.3000	0.15	0.224	8.9	0.445	1.120	1.102	0.44
	5.0	2.244	20	0.4000	9.4	0.191	10.05	0.500	0.957	1.175	0.43
	8.7	3.904	20	0.2000	10.9	0.027	16.85	0.843	0.135	1.997	0.42
	25	1.220	—	—	—	—	17.45	0.872	—	2.132	0.41
	50	2.440	—	—	—	—	18.3	0.915	—	2.132	0.43

[1] На титрование 0.1000 г $FeSO_4$ идет 6.6 мл $KMnO_4$.

ТАБЛИЦА 18

Эквивалентные соотношения между количеством прибавленной щелочи и количеством Mn, перешедшим в осадок

Количество Mn^{II} во взятом для опыта растворе в м-молях	Количество прибавленного NaOH в м-молях	Количество Mn, перешедшее в осадок в м-молях: Найдено экспериментально	Должно быть теоретически	% отклонения	Число м-молей NaOH, пошедшее на осаждение 1 м-моля Mn	Количество Mn^{II} во взятом для опыта растворе в м-молях	Количество прибавленного NH_4OH в м-молях	Количество Mn, перешедшее в осадок в м-молях: Найдено экспериментально	Должно быть теоретически	% отклонения	Число м-молей NH_4OH, пошедшее на осаждение 1 Mn м-моля
0.94	0.052	0.031	0.027	14.9	1.71	2.132	0.224	0.147	0.112	31.2	1.52
	0.106	0.056	0.053	5.7	1.89		0.449	0.275	0.225	22.2	1.63
	0.531	0.284	0.266	6.7	1.87		0.898	0.514	0.449	14.5	1.76
	1.062	0.564	0.531	6.2	1.88		1.952	1.012	0.976	3.7	1.93
	1.487	0.769	0.744	3.4	1.93		2.244	1.175	1.122	4.7	1.91
	1.170	0.875	0.850	2.9	1.94		3.904	1.997	1.952	2.3	1.95

В табл. 18 приведены данные относительно эквивалентности между количествами NaOH и NH_4OH, прибавленными к растворам $MnSO_4$, и количеством Mn, перешедшим в осадок при наших опытах по окислению Mn^{II}. Мы видим, что число миллимолей щелочи, пошедшее на осаждение 1 м-моля Mn тем ближе к 2, чем меньше Mn остается в растворе (так, для NaOH это число равно только 1.71 в том случае, когда прибавлено 2.8% от количества, необходимого для осаждения всего Mn, и 1.94, когда прибавлено 90.4%; для NH_4OH соответственно 1.52, когда прибавлено 5.2%, и 1.95, когда прибавлено 91.5%). Таким образом, чем полнее осаждение, тем меньше основной соли содержит образующийся осадок.

Подведем краткие итоги литературному обзору и нашим опытам по окислению соединений Mn молекулярным кислородом.

Наибольшее число работ посвящено изучению аутоксидации $Mn(OH)_2$, однако и механизм и продукты этого процесса остаются еще не выясненными.

Все проделанные различными авторами при разных условиях опыты устанавливают, что аутоксидация $Mn(OH)_2$ не доходит до образования окиси, отвечающей формуле MnO_2. Продукт окисления содержит тем больше активного O_2, чем больше избыток едкой щелочи в исходной системе; но даже в опыте Кошеги, где количество NaOH в 100 раз превышало количество соли Mn, содержание активного O_2, приходящееся на 1 моль Mn в осадке, составляло не больше 0.85 м-моля. Наоборот, при избытке соли Mn содержание кислорода в продукте окисления не превышает того, которое соответствует формуле.

Таким образом, состав осадков, образующихся при окислении $Mn(OH)_2$, определяется щелочностью раствора; на это указывает также и Дюбуа (Dubois, 1936).[1] В случае применения аммиака для осаждения Mn величина

[1] Этот исследователь вслед за Карно (Carnot, 1889) и Горге (Gorgeu, 1890) применил в качестве окислителя H_2O_2 и пришел к тем же результатам, какие были получены другими исследователями с кислородом и воздухом.

При обработке раствора $MnSO_4$ аммиаком в количестве от $^1/_4$ до трехкратного по сравнению с тем, которое теоретически осадило бы весь Mn, а также при прибавлении KOH в количестве, недостаточном для полного осаждения Mn, образовался чер-

pH системы после осаждения изменяется весьма незначительно, и, очевидно, поэтому при избытке этого основания окисление доходит до тех же пределов, что и при его недостатке.

Отсутствие методов прямого определения марганца разной валентности не позволяет с достаточной уверенностью судить о химической природе продуктов, возникающих в результате окисления соединений двухвалентного марганца.

Большинство авторов рассматривает эти продукты или как манганоманганиты, т. е. производные гипотетической марганцоватистой кислоты H_2MnO_3, или же как водную двуокись марганца, связавшую то или иное количество Mn^{II}. Тильманс с сотрудниками (1927 и 1928), проделавшие ряд обстоятельных исследований поглощения двуокисью марганца его закисных солей, установили, что этот процесс представляет адсорбцию, сопровождающуюся, благодаря проявлению адсорбентом своих кислотных функций, параллельно идущей хемосорбцией; при этом оказалось, что количества Mn, поглощенные единицей веса MnO_2 при одной и той же конечной концентрации его в растворе, являются линейной функцией pH.

С другой стороны, как мы видели выше, Мейер, в зависимости от содержания активного O_2 в продукте окисления, принимает его то за водную двуокись Mn, то за гидроокись Mn^{III}.

Для того чтобы получить указания относительно валентности Mn в осадках, образовавшихся при наших опытах, мы попытались установить содержание в них двухвалентного Mn (по общему содержанию Mn и количеству активного O_2 можно было рассчитать и содержание Mn^{III} и Mn^{IV}). С этой целью мы воспользовались тем методом извлечения Mn^{II}, который предлагают применять при рациональном анализе марганцовых руд Занько и Стефановский (см. раздел IV). Осадки, полученные при аутоксидации 0.94 м-моля Mn^{II} в присутствии избытка NaOH и NH_4OH, обрабатывались 100 мл смеси 10% NH_4Cl и 3% NH_4OH в одном случае на холоду (в течение ночи), в другом — на кипящей водяной бане (30 мин.). В первом случае в фильтрат перешли следы Mn, во втором 0.014—0.017 м-моля, т. е. 1.5—1.8% от общего содержания Mn. Принимая во внимание количество активного O_2 в этих осадках (табл. 16 и 18), следует притти к заключению, что они состоят, главным образом, из соединений трехвалентного Mn; содержание в них четырехвалентного марганца тем выше, чем больше избыток щелочи в системе. Об этом же, как мы указывали выше (см. сноску на стр. 346), свидетельствуют и данные рентгенографических исследований Дюбуа.

Понятно, что эти наши данные являются лишь предварительными. Для более точного установления форм Mn в различных окисях и гидроокисях его необходима прежде всего разработка методов определения Mn различных степеней окисления при их совместном присутствии. Некоторые шаги в этом направлении уже делаются; мы рассматриваем их в следующей работе.

ный осадок, состоявший во всех случаях из $Mn_2O_3 \cdot H_2O$ и обладавший, как показал рентгеновский анализ, хорошей кристаллической структурой. При применении избытка щелочи получались окиси, состав которых колебался между $MnO_{1.54}$ и $MnO_{1.80}$, удерживающие заметные количества щелочи и обнаруживающие неясно кристаллическую структуру. Так как рентгенограммы их содержали некоторые полосы MnO_2, то автор предполагает, что они представляют собой смеси MnO_2 и Mn_2O_3.

Аналогия между окисляющим действием молекулярного O_2 и H_2O_2 служит поводом в пользу теории аутоксидации Траубе (см. работу Шилова, 1905), которая, по словам акад. Баха, и в настоящее время сохраняет всю свою силу для сопряженных окислительно-восстановительных реакций, протекающих за счет элементов воды, тем более, что Энглер и Вейссберг (Engler u. Weissberg, 1904) экспериментально установили образование H_2O_2 при окислении $Mn(OH)_2$.

IV. ВЫВОДЫ

1. Обзор геохимической и почвенной литературы по миграции Mn в природе показывает далеко недостаточную изученность этой проблемы. Остается еще очень мало выясненным основной вопрос о формах Mn в почве, которыми определяются как степень доступности этого элемента растениям, так и другие его функции в почве (роль Mn как катализатора и пр.).

2. Исследования ряда авторов свидетельствуют о том, что важнейшими факторами миграции Mn, как и других элементов с переменной валентностью, являются щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия. Однако даже в химической литературе имеются лишь весьма немногочисленные и противоречивые данные относительно влияния этих условий на переход одних форм Mn в другие. Поэтому целью настоящей работы — первой в намеченной нами серии исследований по миграции Mn в почвах — было освещение этих вопросов прежде всего в лабораторных условиях и при работе с химически чистыми солями Mn.

3. Исследование гидролиза и щелочно-кислотных условий окисления соединений Mn методом потенциометрического титрования его соли щелочью в анаэробных (атмосфера азота) и аэробных (атмосфера кислорода или воздуха) условиях с регистрацией pH и окислительно-восстановительного потенциала дало следующие результаты:

а) Определено pH начала выпадения $Mn(OH)_2$ и ее произведение растворимости. Полученные данные показывают, что одни щелочно-кислотные условия не могут являться фактором, ограничивающим миграцию Mn в почво-грунтах.

б) Установлено, что в системе соль Mn — $MnO_2 \cdot xH_2O$ величина окислительно-восстановительного потенциала является линейной функцией pH (исследовалась область от pH 3.2 до 8.0), причем изменение E_h на единицу pH оказалось очень близким к вычисленному теоретически, исходя из реакции $MnO_2 + 4H^+ + 2e \rightleftarrows Mn^{++} + 2H_2O$.

Система соль Mn^{II} — $Mn_2O_3 \cdot xH_2O$ (приготовленная по Мейеру) этой зависимости не давала.

в) Показания стеклянного и платиновых электродов при титровании в атмосфере кислорода оказывались различными в зависимости от того, производились ли измерения при пропускании O_2 или воздуха или же электроды были погружены в отстоявшуюся жидкость (в первом случае потенциалы были несколько более отрицательными); несмотря на недостаточную воспроизводимость величин pH и *Eh*, наблюдалось совпадение точек перегиба на соответствующих кривых.

4. Продукты окисления молекулярным кислородом различных соединений Mn, в первую очередь $Mn(OH)_2$, изучались многими авторами; однако несовершенная методика исследования, а также недостаточно полный контроль условий протекания этих сложных реакций со стороны большинства исследователей привели их к противоречивым результатам. За неимением методики определения Mn различных степеней окисления нам также пришлось ограничиться, главным образом, косвенными методами исследования (определение активного O_2).

Результаты наших опытов и литературные данные устанавливают следующее:

а) Содержание активного O_2 в продукте окисления соединений Mn^{II} тем выше, чем больше щелочность среды, но даже при большом избытке щелочи окисление не доходит до образования окиси, отвечающей формуле MnO_2. При избытке соли Mn отношение $\frac{\text{акт. } O_2}{Mn}$ в образующихся осадках не превышает 0.50.

б) Кривая зависимости количества активного O_2 в продукте окисления от продолжительности окисления вначале круто поднимается (в течение 1 мин.), а затем асимптотически приближается к линии, параллельной оси абсцисс, по которой отложено время.

в) Отношение количества прибавленной щелочи к Mn, перешедшему в осадок, меньше эквивалентного и тем ближе к теоретической величине, чем меньше остается в растворе неосажденного Mn.

г) Количество Mn^{III} в продуктах окисления, определенное методом, предложенным Занько и Стефановским, является незначительным. На основании определения в них содержания активного O_2 следует заключить, что они состоят, главным образом, из соединений Mn^{III}; количество Mn^{IV} в них возрастает по мере увеличения щелочности растворов.

5. Расшифровка сложной химической природы различных как искусственно полученных, так и природных окисей и гидроокисей возможна лишь при применении к исследованию их на ряду с химическими, различных физических и физико-химических методов анализа. Прежде всего необходима разработка методов прямого определения Mn разной валентности. В этом отношении особого внимания заслуживают предложенные некоторыми авторами методы титрования соединений Mn в присутствии различных комплексообразователей, позволяющие проводить окисление или восстановление Mn по отдельным ступеням, соответствующим переходу его из одной степени окисления в другую.

Нами в свое время была исследована (см. Труды Почв. инст. им. Докучаева, т. XX, 1939) применимость к анализу почв одного из этих методов, а именно потенциометрического метода определения Mn^{II} путем последовательного окисления его до Mn^{III} и Mn^{IV} феррицианидов калия в присутствии винной кислоты и глицерина в сильно щелочной среде, предложенного Томичеком и Кельни. При этом выяснилось, что такое титрование является одновременно методом определения закисного Fe.

РЕЗЮМЕ

В связи с задачей исследования судьбы отдельных элементов при почвообразовании изучены гидролиз и щелочно-кислотные условия окисления соединений марганца методом потенциометрического титрования его соли щелочью в анаэробных (атмосфера азота) и аэробных (атмосфера кислорода или воздуха) условиях с регистрацией pH и окислительно-восстановительного потенциала. Результаты следующие:

1. Одни щелочно-кислотные условия могут являться фактором, ограничивающим миграцию Mn в почво-грунтах.

2. В системе соль Mn — $MnO_2 \cdot xH_2O$ величина окислительно-восстановительного потенциала является функцией pH, причем изменение E_h на единицу pH оказалось очень близким к вычисленному теоретически, исходя из реакции $MnO_2 + 4H^+ + 2e \rightleftarrows Mn^{++} + 2H_2O$.

3. Содержание активного кислорода в продукте окисления соединений Mn^{II} тем выше, чем больше щелочность среды. Но даже при большом избытке щелочи окисление не доходит до образования окиси, отвечающей формуле MnO_2.

ЛИТЕРАТУРА

Аарнио В. Почвоведение, № 2—3, 1915, стр. 1—50 и 1—24.

Алексеевский Е. В. Активная двуокись марганца. Л. 1937.

Антипов-Каратаев И. Н. Тр. Конф. по генезису руд. Геолог. ассоц. Ак. Наук СССР, 1937, стр. 93.

Антипов-Каратаев И. Н., Саввинов И. И., Филиппова В. Н., Кочерина Е. И., Пиуновский Б. А., Сердобольский И. П., Соловьев В. А. Тр. Комиссии по ирригации, вып. 9, 1937.

Антипов-Каратаев И. Н. и Филиппова В. Н. Тр. Комиссии по ирригации, сб. 10, 1937.
Бах А. Н. Успехи химии, т. III, вып. 2, 1934.
Белякова Л. П. Состав почвенных суспензий различной степени дисперсности в почвах степного солонцового и подзолистого типов. Сборник памяти К. Д. Глинки, изд. Ак. Наук СССР, Л. 1928, стр. 91—182.
Болдырев А. К. Курс описательной минералогии. Вып. 2, 1928, стр. 116—117.
Бриттон Х. Т. С. Водородные ионы. ОНТИ, 1936.
Быстров С. В. Труды Почвенного института им. Докучаева, т. XIII, изд. Ак. Наук СССР. М.—Л. 1936, стр. 185—212.
Вернадский В. И. Очерки геохимии. Изд. IV. 1934.
Вернадский В. И. Доклады Ак. Наук СССР, т. XXI, № 3, 1938.
Гедройц К. К. Химический анализ почвы. Изд. 3-е, М.—Л. 1932.
Геммерлинг В. В. Русский почвовед, № 4—5, М. 1922, стр. 20—27.
Гиллебранд В. Ф. и Лендель Г. Э. Практическое руководство по неорганическому анализу. Перевод с английского, изд. 2-е, М. 1937.
Глинка К. Д. Дисперсные системы в почве. Л. 1924.
Глинка К. Д. Почвоведение. Изд. 3-е, М. 1927.
Гольдшмидт В. М. Сборник «Основные идеи геохимии», вып. 1, 1933.
Грабовская О. А. и Роде А. А. Труды Почвенного института им. Докучаева, т. X. вып. 1, изд. Ак. Наук СССР, Л. 1934.
Докучаев В. В. Русский чернозем. ОГИЗ. М.—Л. 1936.
Жолцинский И. П. Журнал опытной агрономии, год IX, 1908, стр. 154.
Заньков А. М. и Стефановский В. Ф. Потенциометрическое определение Mn в железных сплавах. Домез, № 8, 1933.
Заньков А. М. и Стефановский В. Ф. Журнал общей химии, т. 4 (66), 1934, стр. 404.
Заньков А. М. и Стефановский В. Ф. Журнал прикладной химии, т. 3, вып. 12, 1936, стр. 2192.
Захаров С. А. Почвы опытных станций и совхозов Чаи-Грузии. Тифлис. 1929.
Иллиминская В. Т. Проблемы советского почвоведения, вып. 1, изд. Ак. Наук СССР, 1936, стр. 149—165.
Кириченко В. А. Труды Всес. Центр. ст. рисового хозяйства, вып. IV, 1934, стр. 26—35.
Ковда В. А. К географии подзолистой стадии почвообразования. Изд. Ак. Наук СССР, Л. 1934.
Ковда В. А. Солончаки и солонцы. Изд. Ак. Наук СССР, М.—Л. 1937.
Кольтгоф И. М. Объемный анализ, т. II, 1932, стр. 423.
Коссович П. С. Труды с.-х. химической лаборатории в С.-Петербурге, вып. V, 1907, стр. 13, 127.
Крюков П. А. Труды Почвенного института им. Докучаева, т. 20, изд. Ак. Наук СССР, 1939.
Крюков П. А. и Авсеевич Г. П. Труды ЛОВИУАА, вып. 17, 1933.
Меликов П. Г. и Розенблат М. Журнал опытной агрономии, т. 16, кн. 3, 1915, стр. 213—216.
Михаэлис Л. Окислительно-восстановительные потенциалы и их физиологическое значение. Изд. 2-е, перевод с немецкого, ОНТИ, М. 1936.
Набоких А. Сельское хозяйство и лесоводство, т. CCXXXV, февраль 1911, стр. 488—514.
Некрасов Н. И. Журнал физической химии, т. XI, вып. 1, 1938.
Орловский С. Т. Журнал Русского физико-химического общества, т. XI, ч. химич., вып. 7, 1920.
Павлов Е. Ф. Известия Горского с.-х. института, т. II, вып. 2, 1933.
Прасолов Л. И., Антипов-Каратаев И. Н. и Филиппова В. Н. К изучению природы советских субтропиков. Почвы Сочинской станции. Изд. ВАСХНИЛ, Л. 1934.
Ремезов Н. П. Труды НИУ, вып. 30, М. 1925.
Реми Г. Учебник неорганической химии. 1933.
Роде А. А. Подзолообразовательный процесс. Изд. Ак. Наук СССР, М.—Л. 1937.
Роде А. А. Почвоведение, № 2, 1938, стр. 181.
Роде Е. Я. Физико-химическое изучение марганцовых минералов и руд. Изд. СОПС Ак. Наук СССР, 1937.
Рыдалевская М. Д. Почвоведение, № 3, 1933, стр. 252—261.
Самойлов Я. В. и Титов А. Г. Труды геол. и минер. музея Ак. Наук СССР, 3, 2, 1922.
Симаков В. Н. Государственный институт опытной агрономии. Сообщ. отд. почвов., вып. 3 (нов. сер.), сообщ. 1, 28—60, 1928.
Симаков В. Н. Почвоведение, № 1—2, 1929, стр. 22.
Тумин Г. Материалы для оценки земель Смоленской губернии, т. IV. Дорогобужский у., Смоленск, 1909.

Ферсман А. Е. Геохимия, т. I. Л. 1933.
Шилов, Н. О сопряженных реакциях окисления, М. 1905.
Ярилова Е. А. Проблемы советского почвоведения, сб. 2, 1936.
Ярилова-Е. А. Труды Почв. ин-та им. Докучаева, т. XX, 1939 г.
Abegg. Handbuch der anorganischen Chemie, Bd. IV, 2 Abt., Miolatti Mangan, 1913.
Atkins W. R. G. Trans. of the Faraday Society, v. 18, p. 310, 1923.
Aso K. Festschrift anlässlich des siebzigsten Geburtstages von Julius Stoklasa. Berlin 1928.
Baker R. T. a. Smith H. G. A Research on the pines of Australia. 1910.
Behrend F. Ztschr. f. prakt. Geol., 32 Jahrg., H. 7, S. 81—96 u. 102, 1924.
Bemmelen van J. M. Mitteil. d. Landw. Versuchstationen, Bd. 35, S. 91, 1888.
Bischof H. Lehrbuch d. chem. u. physik. Geol., 2 Aufl., Bd. I, S. 540 (см. Fresenius).
Brower P. H. a. Carr R. H. Soil Sci., v. 23, № 3, 1927.
Brown D. J. a. Liebhafsky H. A. J. Am. Chem. Soc., v. 52, p. 2595, 1930.
Carnot Ad. Compt. rend., t. 107, p. 999, 1889.
Carnot Ad. Compt. rend., t. 107, p. 1150, 1888.
Carnot Ad. Bull. Soc. Chim., t. 1, p. 279, 1889.
Clarke F. W. The data of geochemistry. Washington, 1924.
Clarke F. a. Washington H. The Composition of the Earths Crust, Prof. Pop. Unit. St. Geol. Survey, p. 5, N 127, 1924.
Deiss E. Kolloid. Ztschr., Bd. 6, S. 69, 1910.
Ditz H. Ztschr. anorg. u. allgem. Chem., Bd. 219, S. 113, 1934.
Doherty M. W. Australasian Assoc. Ad. Sci. Rpt., p. 339, 1898.
Dubois P. Ann. Chim., t. 5, p. 411, 1936.
Emmert E. M. Soil Sci., v. 31, № 3, 1931.
Endell K. Jahr. prakt. Chem., 2 Ser., Bd. 82, S. 414, 1910.
Endell K. Neues Jahrb. Miner. Geol. u. Paleont., 31, Beilage—Bd., H. 1, 1911.
Engler C. u. Weissberg J. Kritische Studien über Autoxydation. Braunschweig, 1904.
Franke W. u. Freitag A. Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chem., Bd. 215, S. 105, 1933.
Gilligan G. M. Soil Sci., v. 41, № 3, p. 203, 1936.
Gmelin-Kraut. Handbuch der anorg. Chem., Bd. 3, 2 Abt., Heidelberg 1913.
Gorgeu A. Compt. rend., t. 87, p. 177, 1877.
Gorgeu A. Compt. rend., t. 108, p. 948, 1889.
Gorgeu A. Compt. rend., t. 108, p. 1006, 1889.
Gorgeu A. Bull. Soc. Chim., t. III, p. 606, 1890.
Gorgeu A. Bull. Soc. Chim., t. III, p. 781, 1890.
Grube G. u. Huberich K. Ztschr. f. Elektrochem., Bd. 29, S. 8, 1923.
Grube G. u. Staesche M. Ztschr. f. Elektrochem., Bd. 31, S. 362, 1925.
Grünhut L. Ztschr. f. anal. Chem., Bd. 52, S. 36, 1913.
Hackl Oskar. Ztschr. f. anal. Chemie, Bd. 105, H. 3—4 u. 5—6, 1936.
Hackl Oskar. Jahrb. d. Geol. Bundesanstalt, Wien, Bd. 86, S. 65, 1936.
Haehnel E. Ztschr. f. Elektrochem., Bd. 15, S. 834, 1909.
Heries-Toth E. Adatok a manganitek constitutiójához és a Mangan mérése. Диссертация, Budapest, 1896.
Herman Jean. Compt. rend., t. 202, p. 419, 1936.
Herz W. Ztschr. f. anorg. Chem., Bd. 21, S. 243, 1899.
Hough G. J. Ind. Engng. Chem., v. 7, p. 408, 1935.
Inglis J. K. H. Ztschr. f. Elektrochem., Bd. 9, S. 226, 1903.
Johnson M. O. Hawaii Agr. Exp. Sta., Bul. 52, 1924.
Just G. Ztschr. f. physik. Chem., Bd. 63, S. 385, 1908.
Kelly W. P. a. McGeorge W. T. Hawaii Agr. Exp. Sta., Bul. 30, p. 38, 1913.
Köszegi D. Ztschr. f. anal. Chem., Bd. 86, S. 346, 1931.
Krumins K. I. Latvijas Universitates Raksti. Lauksaimniecibas facultates. Ser. II, 2, S. 61—108, 1931.
Lang R. u. Kurtz. Ztschr. f. anal. Chem., Bd. 81, S. 227, 1930.
Leeper G. W. Nature, v. 134, p. 972, 1934.
Liévin, Omer et Herman Jean. Compt. rend., t. 200, p. 1474, 1935.
McCool M. M. Contrib. Boyce Thompson Inst., v. 6, p. 147, 1934.
McGeorge W. T. Hawaii Agr. Exp. Sta., Bul. 42, 1917.
Mann H. B. Soil Sci., v. 33, N 2, 1930.
Mellor J. W. A comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry. London, 1932.
Meyer J. Ztschr. anorg. Chem., Bd. 81, S. 385, 1913.
Meyer J. u. Nerlich R. Ztschr. anorg. Chem., Bd. 116, S. 117, 1921.
Meyer J. u. Schramm W. Ztschr. anorg. u. allgem. Chem., Bd. 123, S. 56, 1922.

Meyer J. u. Schramm W. Ztschr. anorg. u. allgem. Chem., Bd. 132, S. 226, 1924.
Meyer J. u. Schramm W. Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chem., Bd. 157, S. 190, 1926.
Meyer J. u. Kanters R. Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chem., Bd. 185, S. 177, 1930.
Meyer J. u. Gulbins W. Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chem., Bd. 155, S. 66, 1926.
Meyer J. u. Kanters R. Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chem., Bd. 185, S. 172, 1930.
Müller E. u. Wähle O. Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chem., S. 129, S. 33, 1923.
Müller E. u. Wähle O. Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chem., Bd. 130, S. 63, 1923; Bd. 132, S. 260, 1923.
Müller E. Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chem. Bd. 135, S. 265, 1924.
Müller E. u. Stein W. Ztschr. f. Elektrochem., Bd. 36, H. 4, S. 290, 1930.
Müller J. A. Bull. Soc. chim. France. Mémoires, VIII—IX, t. 5, № 8—9, 1162, 1938.
Nottin P. J. An. Sci. Agr., v. I, p. I, 1913.
Otto H. Mineral u. petrogr. Mitteilungen, Bd. 47, S. 9, 1935.
Peters W. Ztschr. f. anorg. Chem., Bd. 77, S. 137, 1912.
Piper C. S. J. of Agr. Sci., v. 21, № 4, 1931.
Popoff S., Riddick J. A. a. Becker W. W. J. Am. Chem. Soc., v. 52, p. 2595, 1930.
Puchner. Landw. Vers. Sta., Bd. LXVI, S. 463, 1907.
Robinson W. O. Soil Sci., v. 27, p. 335, 1929.
Robinson W. O. Soil Sci., v. 30, № 3, 1930.
Sackur O. u. Fritzman E. Ztschr. f. Elektrochem, Bd. 15, S. 842, 1909.
Samuel a. Piper C. S. Ann. Appl. Biol., v. 16, p. 493, 1929.
Savage W. S. Econom. Geol., v. 31, p. 278, 1936.
Schorler. Cbl. Bakter. Abt. 11, 12, S. 681, 1904.
Skrábal A. Ztschr. f. anorg. Chem., Bd. 42, S. 60, 1904.
Sullivan E. C., Emmons B. W. H. Amer. Inst. Min. Eng. Transact., v. 42, p. 39, 1912.
Tamm Olof. Ztschr. f. physik. Chem., Bd. 74, p. 496, 1910.
Thiel G. A. Econom. Geol. v. 20, № 4, p. 301, 1925.
Thompson T. G. a. Wilson T. L. J. Am. Chem. Soc., v. 57, p. 233, 1935.
Tillmans J. J. Gasbel. u. Wasservers., Bd. 57, S. 713, 1914.
Tillmans J., Hirsch P. u. Haffner F. Cas- und Wasserfach, Bd. 70, S. 25, 1927.
Tillmans J., Hirsch P. u. Grohmann H. Das Gas- und Wasserfach, Bd. 71, S. 481, 1928.
Tomicek O. a. Kalny J. J. Am. Chem. Soc., v. 57, p. 1209, 1935.
Tower. Ztschr. phys. Chem., Bd. 18, S. 17, 1895.
Trosch. J. Chem. Soc., v. 82, p. 567, 1907.
Twenhofel. Treatise on Sedimentation. 406. Baltimore (1926).
Ubbelohde A. R. J. P. J. chem. Soc. (London), p. 1605, 1935.
Udluft H. Kolloid-Ztschr., Bd. 34, S. 233, 1924.
Udluft H. Zur Entstehung der Eisen- und Manganerze des Oberen Zechsteins im Spessart und Odenwald. Diss. Frankfurt, 1924.
Vincent V. Compt. rend. t. 162, p. 259, 1916.
Vogt I. H. L. Ztschr. prakt. Geol., S. 217, 1906.
Weilbull M. Ztschr. f. Unters. Nahr- u. Genussmittel, Bd. 14, S. 403, 1907.
Winters E. Soil Sci., v. 46, № 1, p. 33, 1938.
Wolff E. Aschenanalysen, t. I—II, Berlin, 1871.
Zapffe C. Econom. Geol., v. 26, № 8, p. 799, 1931.

E. A. YARILOVA

STUDIES ON THE MIGRATION OF MANGANESE IN SOILS

First report

OXIDATION-REDUCTION AND ALCALINE-ACID CONDITIONS UNDER WHICH MANGANESE COMPOUNDS OCCUR IN SOILS

Summary

In connection with the study of the behaviour of separate elements under conditions of soil-forming processes, the following investigations were made: the hydrolysis of manganese compounds, and the conditions of alcalinity

and of acidity under which these compounds undergo oxidation were studied. The method used was the potentiometric titration of a manganese salt against alcali in anaerobic (nitrogenous atmosphere) as well as under aerobic (oxigenous or air atmosphere) conditions, with registration of the pH and of the oxidation-reduction potential. The following results were obtained:

1) The reaction of the medium (alcaline or acid) alone can constitute a limiting factor for the migration of manganese in soils.

2) In the system: Mn salt — $MnO_2 \cdot xH_2O$, the value of the oxidation-reduction potential is a function of pH; the change of E_h by a unit of pH was found to be very close to the value computed theoretically from the following reaction:

$$MnO_2 + 4H^{\cdot} + 2e \rightleftarrows Mn^{\cdot\cdot} + 2H_2O$$

3) The content of active oxygen in the product of oxidation of Mn^{II} compounds is proportional to the degree of alcalinity of the medium. However, even if the excess of alcali is great, the oxidation process does not go as far as the formation of an oxide corresponding to the formula of MnO_2.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

1940. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXIV

Светлой памяти дорогого учителя
акад. Василия Робертовича Вильямса
посвящает свой труд автор

П. И. САВВИНОВ

КУЛЬТУРА КОРМОВЫХ ТРАВ НА СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВАХ РЕЧНЫХ ДОЛИН ЗАВОЛЖЬЯ ПРИ ОРОШЕНИИ

(Из работ Малоузенского солонцового стационара 1936—1939 гг.)

Сообщение 1

I. ЗАДАЧИ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время к решению проблемы коренной мелиорации солонцовых почв Заволжья привлекается более или менее полный комплекс всех агротехнически доступных способов воздействия на почву. Этот комплекс условно можно разделить на три группы методов или приемов воздействия: механические, физико-химические и биологические.

К первой группе относятся различные приемы глубокой и сверхглубокой обработок почв, а также плантажа почв (В. А. Ковда, 1938) с целью вовлечения в пахотный слой нижних уплотненных горизонтов этих почв, горизонтов, богатых коллоидными частицами, а иногда содержащих также заметные количества гипса и карбонатов.

Как показал пятилетний опыт работы Малоузенского солонцового стационара, эти приемы дают хорошие результаты, но полное перемешивание сильно различающихся по своим физическим, химическим и биологическим свойствам горизонтов солонцовой почвы достигается обычной плужной обработкой лишь через очень длительный срок. Установлено, что даже через 5 лет ежегодной обработки солонцов (после распашки целины) мы еще не достигли полного и тесного перемешивания горизонтов А и $B_1 + B_2$, перемешивания настолько полного, чтобы в современном пахотном слое нельзя было различить, что этот слой состоит из смеси солонцовых горизонтов А и В. Даже через 5 лет, несмотря на то, что на солонцах уже было получено три урожая пшеницы и один урожай сахарной свеклы, в образце почвы из пахотного слоя легко можно найти более рыхлые белесые пятна, комочки и глыбки пылеватого механического состава из горизонта А солонца и более плотные коричневато-бурые глинистые пятна, комочки и глыбки из горизонтов B_1 и B_2 этой почвы.

Поэтому в данную же группу методов воздействия должен быть отнесен прием, еще не нашедший, но который, по нашему мнению, должен найти очень широкое применение, — предварительного фрезерования целинных солонцовых почв на различную глубину при их вовлечении в культуру при орошении. Этим мы достигнем наиболее быстрого и полного перемешивания верхнего, обычно пылеватого, обедненного коллоидами горизонта А солонцов с нижележащими тяжелоглинистыми горизонтами B_1 — B_2 и, может быть, ВС этих почв, без чего невозможно рациональное применение других агротехнических приемов воздействия — биологических и физико-химических.

С первого взгляда может показаться парадоксальным и противоречивым фрезеровать, т. е. распылять и обесструктурить почву, и без того мало-

структурную или даже бесструктурную. Но противоречие это только кажущееся. По современному научному пониманию культурной пашни, пахотный слой почвы должен быть гомогенным и прочноструктурным (Вильямс, 1938). Столбчатый солонец имеет гетерогенные, резко различающиеся горизонты А и В. Чтобы направить эту почву по иному пути почвообразования — черноземному, — необходимо предварительно полностью распылить и самым тесным образом перемешать эти гетерогенные горизонты А и В с тем, чтобы последующими или одновременно применяемыми другими агротехническими средствами (гипсование, культура трав и т. д.) создать мощный, гомогенный, прочноструктурный пахотный слой. В условиях орошения, где вода находится в наших руках, полное распыление почвы не представляет опасности для урожая и, может быть, лишь на некоторое время вызовет небольшой дополнительный расход поливной воды и удобрений. Фрезерование солонцов тем самым допустимо и необходимо, с этой точки зрения, лишь в течение 2—3 лет, а в некоторых случаях может быть даже и 1 года, т. е. при первоначальном подъеме целины, после чего солонцовые почвы могут и должны обрабатываться обычными приемами культурной вспашки.

При некоторых условиях, как показывает опыт Венгрии, солонцовые почвы даже только одной хорошей глубокой обработкой в течение ряда лет могут быть переведены в разряд обычных слабо солонцеватых почв. Поэтому указанные методы воздействия носят еще название методов самомелиорации почв.

Ко второй группе методов относится воздействие на коллоиды почвы различными химическими агентами, применяемыми в виде минеральных, органоминеральных, прямых и косвенных удобрений (гипс, сера, гуммофоска, навоз, компосты, мел, известь, хлорирование и т. д.), а также изменение коллоидов почвы посредством более или менее сильного термического воздействия, путем обжига почв (Ковда, 1938), термического пара (Буданов, 1937) и т. п.

И, наконец, к третьей группе — биологических приемов воздействия — надо отнести культуру различных многолетних трав и травосмесей, которая оказывает весьма разностороннее влияние на физические, химические и биологические свойства почвы. Особенно сильно это влияние проявляется при сочетании этих приемов с химизацией и механизацией. Не останавливаясь здесь на всех деталях воздействия культуры многолетних трав на почвы, укажем лишь, что превращение малоплодородных солонцовых почв в почвы культурные, высокоплодородные, по нашему мнению, целиком вытекающее из учения акад. В. Р. Вильямса, не может быть быстро и рационально произведено как в условиях орошения, так и сухого земледелия без перехода на правильные травопольные севообороты.

Только культурой многолетних трав в виде злаково-бобовых травосмесей на фоне механизации и химизации орошаемого социалистического земледелия Заволжья могут быть решены основные задачи мелиорации солонцов. Эти задачи кратко, как известно, сводятся к следующему: замене поглощенных ионов натрия в коллоидах и перегное солонцовых почв на ионы кальция, накоплению в почве нового запаса перегноя, а вместе с ним и запаса питательных веществ, и, наконец, приданию почве прочной комковато-зернистой структуры, как основному условию плодородия почвы (Вильямс, 1938). В решении всех этих задач культура многолетних трав бесспорно имеет ведущее значение. На важное значение растений в самомелиорации и улучшении солонцов неоднократно указывал также акад. К. К. Гедройц (1928).

Поэтому с самого начала организации Малоузенского солонцового стационара вопросам культуры многолетних трав на солонцах и изучению

процессов многостороннего воздействия многолетних трав на почву было уделено должное внимание.

С 1936 г., по инициативе автора настоящей статьи, при горячей поддержке и непрерывной консультации акад. В. Р. Вильямса, в программу работ стационара были поставлены и изучались три следующих, взаимно дополняющих друг друга вопроса:

1. Подбор наилучших с агрономической и почвенно-мелиоративной точки зрения многолетних кормовых трав из рода злаков и бобовых, хорошо произрастающих на орошаемых солонцовых почвах Заволжья, с его неблагоприятными, суровыми климатическими условиями.

2. Изыскание наилучших в кормовом и почвенно-мелиоративном отношении многолетних злаково-бобовых травосмесей и выяснение важнейших вопросов их агротехники на солонцовых и комплексных почвах в условиях орошения.

3. Изучение распределения корневых систем различных многолетних трав и травосмесей в солонцовой почве и исследование процесса воздействия этих систем на структуру почвы как при жизни растений, так и после вспашки дернины.

Все эти весьма важные в агрономическом и почвенно-мелиоративном отношении вопросы для солонцовых почв Заволжья в условиях орошения, а также и для других районов СССР с солонцовыми почвами до сих пор очень слабо изучены. И это вполне понятно, так как разрешить проблему мелиорации и освоения солонцовых почв может только социалистическое земледелие с его наиболее передовой агротехникой, механизацией и химизацией. На практический путь проблема освоения солонцов была поставлена лишь в последние годы, в связи с более общей народнохозяйственной проблемой ирригации Заволжья и борьбы с засухой.

Разработка этих вопросов в комплексе с другими агрономическими, физическими, химическими, гидрологическими и биохимическими исследованиями, проводившимися на стационаре, должны, в конечном итоге, дать социалистическому земледелию ту систему агротехнических мероприятий, которая позволит наиболее быстро и рентабельно осваивать «бесплодные», «бросовые», солонцовые почвы Заволжья и переводить их в разряд культурных, высокоплодородных орошаемых земель. С другой стороны, эта система должна дать все необходимые указания по дальнейшему правильному использованию этих вновь освоенных и мелиорированных, исправленных земель, т. е. должна предусмотреть все мероприятия, предупреждающие возможность появления на этих землях так называемого вторичного засоления, и мероприятия, непрерывно поддерживающие и повышающие их плодородие.

В настоящем сообщении мы коснемся только первого, поставленного выше вопроса, который на основании четырехлетнего изучения (1936—1939 гг.) можно считать в первом приближении достаточно выясненным.

Самый вопрос о том, какие многолетние травы могут успешно произрастать на орошаемых столбчатых солонцах Заволжья, невольно возникает при ближайшем ознакомлении с работами по многолетним травам двух сельскохозяйственных опытных станций Заволжья — Краснокутской и Костычевской, а также с работами по культуре многолетних трав на солонцовых почвах других районов СССР.

Из исследований старейшей в Заволжье Краснокутской станции, ведущей работу на неорошаемых каштановых почвах сыртов Заволжья, можно прежде всего установить, что «климатические и почвенные условия Новоузенского уезда (т. е. большей части всего района Заволжья, запроектированного к ирригации.—*Н. С.*) в общем довольно неблагоприятны для культуры обычно распространенных кормовых трав» (Константинов, 1918). Именно поэтому Краснокутская станция, начиная с работ В. С. Богдана

в начале 900-х годов, ввела впервые в культуру ряд новых видов и сортов многолетних трав, отобранных методами селекции из местной дикорастущей флоры. Сюда относятся житняки, ширококолосый и узкоколосый, желтая люцерна и другие травы, получившие в настоящее время мировую известность.

С другой стороны, работы по травам, проведенные на Костычевской (Валуевской) станции в условиях орошения, дали также ряд важных, но в некотором отношении неблагоприятных для орошаемого земледелия Заволжья выводов. По работе Ю. Дробышевского (1928) эти выводы сводятся к следующему:

«1. Наиболее урожайной из испытывавшихся трав в условиях правильного орошения является люцерна французская. Клевер и эспарцет не выносят малоснежных довольно суровых зим и выпадают.

2. Все кормовые травы из семейства злаковых при орошении значительно уступают по своим урожаям люцерне. В культуре орошаемых земель только житняк дает хорошие результаты при условии возделывания его без орошения.

3. Из испытывавшихся травосмесей наиболее урожайной является смесь люцерны с житняком. Урожаи травосмесей ниже урожаев чистой люцерны, но несколько выше злаков в чистом посеве. В травосмесях при орошении люцерна всегда вытесняет злаки».

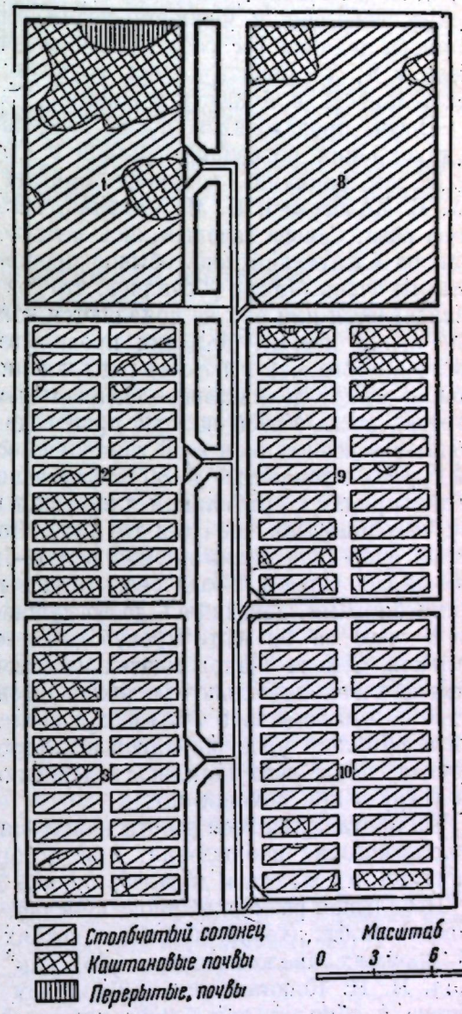
Ясно, что эти выводы ориентировали орошаемое земледелие Заволжья на культуру не злаково-бобовых травосмесей, как это требует травопольная система земледелия, а на культуру чистой люцерны, что и пропагандировалось устно и письменно рядом других специалистов, работающих по вопросам орошаемого земледелия Заволжья (М. М. Данилевич, С. А. Делинкайтис, 1935, и др.). Такая ориентировка нам представлялась не совсем верной и односторонней. Этим путем — культурой чистой люцерны — уже с очень давних времен шло орошаемое земледелие Средней Азии, и он лишь частично оправдал возлагаемые на него надежды.

На культурно-поливных сероземах этих районов СССР люцерна прекрасно развивается, дает 4—5 укосов в год, значительно улучшает физические свойства почвы и является хорошим предшественником для хлопка. Но все же благоприятное воздействие многолетних злаково-бобовых травосмесей на физические свойства почвы значительно сильнее воздействия посевов чистой люцерны, и потому последние агрономические работы в Средней Азии призывают к необходимости разработки именно злаково-бобовых травосмесей для хлопковых севооборотов (Гельцер, 1934; Голодковский, 1936, и др.).

Нам представлялось, что для орошаемых почв Заволжья в целом и особенно для почв солонцеватых и солонцовых нет необходимости повторять опыт Средней Азии и что здесь с самого начала необходимо изыскать высокоурожайные злаково-бобовые травосмеси. Для этого надо прежде всего знать, какие виды и сорта главнейших многолетних рыхлокустовых злаков и многолетних бобовых способны произрастать на солонцовых почвах при орошении. Без решения этих вопросов проблема мелиорации солонцов не может быть поставлена на правильный научно обоснованный почвенно-агрономический путь. В последнее время важность задачи разработки злаково-бобовых травосмесей для орошаемого земледелия будущего района ирригации Заволжья начинает осознаваться все более и более широкими кругами научной общественности, как это показывают материалы совещания по кормовым травам от 7—12/I 1938 г. во Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина (Константинов, 1939; Косарев, 1939).

Работа Западносибирской опытной станции показала, что даже без орошения «культура трав на солонце возможна, но требуется соответствующий подбор их» (А. Константинова, 1933).

Поэтому с весны 1936 г. на стационаре было приступлено к организации специального питомника многолетних трав на солонцовых и комплексных почвах в условиях орошения. На участке, детально обследованном в почвенном отношении в предыдущем году, была проведена вспашка целины на глубину 18—20 см и разбита соответствующая оросительная сеть для поливов способом затопления по чекам. На каждом чеке разбивалось 10—20 мелких делянок площадью по 4—18 м², после чего на каждый чек снова составлялся почвенный план масштабом 1 : 100. Такая детальная почвенная съемка вызывалась сильной комплексностью почвенного покрова и необходимостью иметь для возможности сравнительной оценки урожайности отдельных трав точную почвенную характеристику каждой мелкой опытной парцеллы, выраженную в процентном соотношении слагающих ее почвенных компонентов.[1] Часть почвенного плана питомника стационара и разбивка делянок на чеках представлены на фиг. 1.



Фиг. 1. Часть почвенного плана питомника кормовых трав Малоузенского солонцового стационара (чеки 1, 2, 3, 8, 9 и 10)

Составлено И. И. Саввиновым, Б. А. Пиуновским и Е. И. Кочериной

Детальная химическая характеристика почв участка Малоузенского солонцового стационара приведена в работе И. Н. Антипова-Каратаева и В. Н. Филипповой (1937), варирование химических свойств компонентов солонцового комплекса почв — в работе И. П. Сердобольского (1937), физические свойства почв и варирование этих свойств у компонентов солонцового комплекса — в работе Н. И. Саввинова и Е. И. Кочериной (1937). Поэтому здесь мы всех этих вопросов касаться не будем. Остановимся лишь кратко на вопросах применяемой нами агротехники.

Так как нам представлялось необходимым выяснить отношение различных кормовых трав к солонцовым почвам, как таковым, то все нижеизлагаемые опыты были проведены на немелиорированных столбчатых

[1] В дальнейшем во всех таблицах эти компоненты обозначаются следующими буквенными индексами: с — остаточно-солончаковатый столбчатый солонец, к — солонцеватая светлокаштановая почва, п — перерытые землероями почвы (сурчины или байбаковины) с выносом на поверхность материнской породы. Числа после букв обозначают процент участия данной почвы на площади делянки.

солонцах и комплексных почвах. Лишь в целях усиления роста трав в 1937 г. перед первым поливом на все делянки с травами были внесены поверхностно суперфосфат и сернокислый аммоний в количестве 45 кг P_2O_5 и 24 кг N на гектар. Эти удобрения в таком количестве не могут быть, конечно, отнесены к мелиорирующим веществам. В виду незначительного размера делянок все работы, т. е. посев, прополка, укосы, уборка на семена и т. д., производились вручную, что гарантировало необходимую тщательность и точность в работе.

Посев производился после разделки делянки железными граблями и проведения бороздок глубиной в 1.5—2 см маркером с междурядьями в 12 см нормами, рекомендованными Всесоюзным институтом кормов (А. В. Колосова и Н. М. Сиренко, 1935), увеличенными примерно в полтора раза. Семена заделывались затылком грабель. После посева в тот же или на следующий день обычно производился послепосевной полив, так как мы очень быстро убедились, что без полива появление всходов сильно затягивается или они не появляются вовсе, несмотря иногда на очень ранние сроки посева. Делянки пропалывались от сорняков, что особенно часто требовалось в первые годы жизни трав, путем выдергивания, а дорожки между делянками — специальными чистиками, изготовленными из отрезка косы. Укосы на сено производились косой с последующим немедленным взвешиванием всей тщательно собранной зеленой массы на почтовых весах с точностью до 50 г. Взвешенная трава расстилалась на участке целины рядом с питомником для сушки в течение 2—3—4 дней, после чего она взвешивалась еще один-два раза. После укоса, как правило, производился очередной полив нормой в 900—1200 м³/га. Уборка на семена производилась серпом. Трава связывалась в снопы, которые (с соответствующими бирками) доводились до воздушно-сухого состояния, взвешивались, после чего на брезенте производился обмолот при помощи деревянных вальков. Семена злаков тщательно отвевались от мякины на ветру, протирались и окончательно отделялись на ситах, после чего они взвешивались, а также взвешивалась оставшаяся после обмолота солома. Бобы люцерны после обмолота просушивались некоторое время на воздухе в особых мешочках, после чего толклись в деревянных ступах, и семена отделялись на ветру и при помощи сит.

На протяжении всей работы каждую пятидневку производились краткие фенологические наблюдения, при которых отмечались стадия развития растений, их высота и давалась оценка делянок.

Небольшой размер делянок, конечно, не позволяет нам говорить о производственных, хозяйственных урожаях испытанных нами трав, а лишь об урожаях биологических, ибо, как совершенно правильно отмечает акад. П. Н. Константинов (1939), «чем меньше делянка, чем тщательнее уборка и обмолот, тем ближе учтенный урожай к биологическому, тем больше разница между ним и производственным урожаем». Но для решения поставленного нами выше первого вопроса нам казалось достаточным иметь сравнительные биологические урожаи возможно большего числа многолетних злаков и бобовых за ряд лет. Поэтому мы не применяли в данной работе даже метода повторности делянок, ибо это потребовало бы значительно больших затрат времени, труда и средств, чем мы располагали. К тому же часто те незначительные по весу количества семян трав (5—10 г), которые удавалось достать в разных местах, не позволяли увеличивать ни размер делянок, ни вводить их повторность. Всего за 4 года под наблюдением находилось следующее количество опытных делянок с кормовыми травами:

В 1936 г.	226	В 1938 г.	331
В 1937 г.	356	В 1939 г.	237

Большая часть первоначальных образцов семян трав была получена нами от следующих учреждений: Всесоюзного института кормов, Сибирского научно-исследовательского института зернового хозяйства, Краснокутской селекционной сельскохозяйственной опытной станции и Центральной контрольно-семенной лаборатории НКЗ СССР. В дальнейшем в таблицах и тексте мы будем соответственно сокращенно называть их: ВИК, Сибниизхоз, КОС и НКЗ. Семена некоторых однолетних кормовых и зернобобовых культур были получены от Камышинской зерновой опытной станции.

Существенную помощь автору во всех работах на питомнике оказали следующие научные сотрудники Почвенного института АН: в 1936 г. — Б. А. Пиуновский, в 1937 г. — Е. И. Кочерина, в 1938 и 1939 гг. — Н. А. Панкова, а также на протяжении всех лет — колхозник с. Александкино В. В. Юталов, которым автор приносит здесь сердечную товарищескую благодарность.

II. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 1936—1939 гг. В РАЙОНЕ РАБОТЫ

Прежде чем перейти к изложению полученных материалов, необходимо кратко остановиться на климатических или, вернее, погодных условиях района стационара за годы работы, ибо эти условия, несмотря на орошение, наложили существенный отпечаток на урожайность семян ряда многолетних и однолетних кормовых трав.

Как известно, климат рассматриваемой части Нижнего Заволжья отличается сравнительно резкой континентальностью и сильными отклонениями в отдельные годы всех метеорологических показателей от средних многолетних норм. Именно такими, уклоняющимися от средней многолетней нормы, из рассматриваемых годов надо считать три года — 1937, 1938 и 1939. Если даже принять показатели 1936 г. за показатели «среднего» года (хотя, вернее, его надо считать годом сухим), то тогда 1937 г. надо считать годом «влажным», а годы 1938 и особенно 1939 — годами резко засушливыми. Это видно хотя бы из распределения по этим годам атмосферных осадков, выпавших на стационаре за некоторые месяцы вегетационного периода, и сопоставления их со средними многолетними данными трех ближайших метеорологических станций — Ершовской, Краснокутской (опытная станция) и Малоузенской, между которыми находится стационар (И. К. Тихомиров и З. А. Рязанцева, 1939). Эти данные приведены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

Количество атмосферных осадков, выпавших на Малоузенском солонцовом стационаре за некоторые месяцы 1936 — 1939 гг., по сравнению со средними многолетними за те же месяцы ближайших метстанций (в мм)

Метстанции	V	VI	VII	VIII	IX	X	Сумма осадков за VI—VIII
Ершов (24 года)	34	24	27	24	28	32	75
М. Узень (40 лет)	23	31	37	24	26	29	92
Краснокутская (19 лет)	31	28	43	31	30	32	102
Среднее	29	28	36	26	28	31	90
Малоузенский солонцовый стационар:							
1936 г.	Нет свед.	1.5	41.3	14.7	32.5	46.5	58
1937 г.	»	106.6	15.5	72.2	1.5	2.5	194
1938 г.	15.6	8.1	0.2	29.9	0.0	12.3	38
1939 г.	10.2	20.1	8.7	1.0	32.3	Нет свед.	30

За 3 летних месяца (июнь — август) в 1936 г. выпало 58 мм осадков, в 1937 г. — 194 мм, в 1938 г. — 38 мм и в 1939 г. — лишь 30 мм, при средней многолетней за эти месяцы в 90 мм. Практически можно считать, что агрономически полезных атмосферных осадков с мая по октябрь в 1938 и в 1939 гг. не было, так как дожди выпадали лишь в незначительных количествах, промачивали почву всего на 2—3 см, и эта влага в тот же день или на следующий день бесследно испарялась.

Отсутствие полезных осадков резко сказалось на абсолютной и относительной влажности воздуха и его температуре. Мы не будем здесь на этом детально останавливаться, ибо это изложено в статье Р. Э. Кригера (см. настоящий сборник).

Ничтожное количество снега, выпавшего зимой 1937/38 и 1938/39 гг. на глубоко просохшую почву, приводило к незначительному поверхностному стоку в бассейн р. Малый Узень. Вследствие этого весной 1938 г. и особенно весной 1939 г. в плесе р. Малый Узень, являющемся водохранилищем стационара, воды накопилось очень мало и ее в эти годы нехватало для нормальных поливов всех опытных делянок стационара. Летом 1938 г. не были произведены осенние влагозарядки, а летом 1939 г. все поливы были прекращены в середине июля, что не позволило получить даже второго укоса с посевов кормовых трав, убранных на семена. С другой стороны, малоснежные холодные зимы привели к частичному или полному вымерзанию ряда трав. Так, например, зимой 1938/39 г. целиком погибли от вымерзания все клевера разного возраста.

Лето 1938 г. и особенно 1939 г. отличалось большим количеством суховеев и пыльных бурь. Летом 1939 г. почти не проходило ни одного дня, чтобы не было сильного ветра, вздымающего или огромные тучи, или крутящиеся смерчи пыли. По подсчетам А. А. Зайцева в 1939 г. на стационаре было отмечено следующее количество суховеев, т. е. дней с сильным ветром и с относительной влажностью воздуха ниже 30% (по Колесникову) или ниже 24% (по Гидрометуправлению), при средней температуре воздуха выше 30°:

	V	VI	VII	VIII	IX
Количество дней с относительной влажностью ниже 30%	13	10	22	26	12
То же ниже 24%	4	5	13	20	9
Количество дней с температурой выше 30°	6	17	17	7	1

Из работы Е. Г. Петрова и Е. Г. Мининой (1939) известно, что растения при низкой относительной влажности воздуха, даже в отсутствии сухого горячего ветра, и при постоянно поддерживаемой высокой влажности почвы не способны дать высокого урожая. В наших же условиях, при сравнительно редких поливах и при наличии частых горячих ветров — суховеев, в фазу цветения и налива в 1939 г. растения, конечно, не могли дать нормального урожая, что действительно и наблюдалось в отношении всех трав, давших в 1939 г. лишь незначительный урожай семян.

III. МНОГОЛЕТНИЕ ЗЛАКИ

1. Житняк ширококолосый [*Agropyrum cristatum* (L.) Beauv.]

Высеянный 14/VI-1936 г. с послепосевным поливом житняк дал хорошие всходы к 25/VI. До конца вегетационного периода при трех поливах на всех делянках наблюдалось, главным образом, кущение, и, как редкое исключение (на дел. 2/14 с гибридной формой), встречались колосья. Высота растений ко времени укоса всюду была 10—15 см, реже 20 см и лишь на делянках 18/14 и 20/14 доходила до 30 см.

В 1937 г., на второй год жизни, при трех поливах (первый полив запоздал и был дан только после первого укоса) житняк дал три укоса. Третий укос

ТАБЛИЦА 2

Урожай сена житняка ширококолосого [*Agropyrum cristatum* (L.) Beauv.] и гибридного за 3 года жизни (при чистом посеве) в ц/га

№ делянки	Почва делянки	№ семенного образца по каталогу высевавшего учреждения	Происхождение семян	1936 г.	1937 г.				1938 г.	Всего за 2 года после года посева
				1-й укос 30/IX	1-й укос 1/VI	2-й укос 22/VII	3-й укос 19/X	Всего за год	1-й укос 17/VI	
15/14	с-100	*A. cr.* 63/69 КОС	Краснокутск. оп. ст.	8.4	35.8	43.8	11.5	91.1	37.5	128.6
19/14	То же	» » 5/5 КОС	То же	4.8	32.0	35.0	13.5	80.5	33.8	114.3
12/14	»	» » 941 ВИК	Шипово, ГСФ	1.9	47.5	24.8	10.0	82.3	33.8	116.1
16/14	»	» » 91/92 КОС	Краснокутск. оп. ст.	3.8	34.0	35.0	7.4	76.4	31.3	107.7
17/14	»	» » 52/56 КОС	То же	4.9	29.0	35.0	10.8	74.8	31.2	106.0
14/14	»	» » 6/6 КОС	»	3.5	35.5	33.8	6.1	75.4	31.3	106.7
20/14	»	» » 79/87 КОС	»	4.5	29.3	36.3	7.6	73.2	30.0	103.2
			Среднее	4.5	34.7	34.8	9.6	79.1	32.7	111.8
18/14	к-65, с-35	*A. cr.* 4-я линия КОС	Краснокутск. оп. ст.	9.9	42.0	45.0	6.4	93.4	38.8	132.2
2/14	с-100	*A. cr.* — *d.* 573/643 КОС	То же	4.4	76.3	17.1	10.5	103.9	45.0	148.9
19/13	с-90, к-10	То же	»	1.8	42.5	14.8	23.9	81.2	63.8	145.0
3/14	с-60, к-40	*A. cr.* — *d.* 111/120 КОС	»	2.9	47.5	19.1	11.3	77.9	41.3	119.2

Примечание. В 1937 г. укосы трех последних делянок (гибридных форм житняка) производились в сроки: 1-й укос 26/VI и 2-й 13/VIII.

был произведен в целях сохранения делянок от потравы скотом. Два первые укоса произведены в стадии колошения. Средняя высота кустов к этому периоду достигала 50—55 см, снижаясь у отдельных сортов до 40—45 см и повышаясь у других сортов до 60—65 см. Ко второму и третьему укосам наблюдалось значительное поражение растений ржавчиной.

В 1938 г. в виду очень засушливого лета и недостатка воды в плесе р. Малый Узень произведен лишь один укос в стадии созревания семян. Второй укос с одним поливом был очень низок и не учитывался.

Урожаи сена за 3 года жизни житняка ширококолосого приведены в табл. 2.

Приведенные данные, а также фенологические наблюдения показывают, что житняк ширококолосый со второго года жизни способен на столбчатых солонцах при их нормальном орошении давать два укоса сена в лето по 30—35 ц/га каждый. Необходимо только производить укосы в стадии выколашивания или в самом начале стадии цветения, как это неоднократно указывал в своих работах акад. В. Р. Вильямс (1938).

Гибридные формы житняка ширококолосого с узкоколосым несколько урожайнее чистых форм ширококолосого. На каштановых почвах урожай житняка ширококолосого на 20—30% выше, чем на столбчатом солонце.

В 1939 г. все делянки житняка были оставлены на семена. Но этот год в климатическом отношении был весьма неблагоприятен. Полное отсутствие агрономически полезных дождей в течение всего вегетационного периода, ежедневно высокая температура и сухость воздуха, частые суховей в стадиях колошения, цветения и созревания обусловили очень низкий для условий орошения урожай семян, несмотря на два своевременных полива. Урожаи семян и соломы после обмолота с тех же делянок в порядке их расположения в предыдущей таблице приведены в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3

Урожай семян и сена житняка ширококолосого и гибридного на 4-й год жизни (при чистом посеве) в ц/га

№ делянки	Почва делянки	№ образца	Уборка 18/VII	
			семян	сена
15/14	с-100	*A. cr.* 63/69 КОС	1.23	20.0
19/14	То же	» » 5/5 КОС	0.48	21.3
12/14	»	» » 941 ВИК	4.13	25.0
16/14	»	» » 91/92 КОС	2.48	20.0
17/14	»	» » 52/56 КОС	1.20	17.5
14/14	»	» » 6/6 КОС	3.53	17.5
20/14	»	» » 79/87 КОС	1.25	16.3
		Среднее	2.04	19.7
18/14	к-65, с-35	*A. cr.* 4-я линия КОС	2.53	20.0
2/14	с-100	*A. cr.—d.* 573/643 КОС	5.58	42.5
19/13	с-90, к-10	То же	1.53	33.8
3/14	с-60, к-40	*A. cr.—d.* 111/120 КОС	4.10	25.0

Второго укоса, после сбора семян, в виду отсутствия поливов получено не было.

Приведенные данные показывают, что даже в климатически неблагоприятный год ширококолосый житняк способен давать на солонцах урожай семян порядка 200 кг/га и сена (соломы) после обмолота 20 ц/га. Гибридные формы и в отношении семенной продукции стоят несколько выше чистых форм.

В более благоприятные годы житняк ширококолосый способен давать на солонцах в нормальных условиях орошения 600—800 кг семян с гектара.

Напомним для сравнения, что в условиях неорошаемого земледелия на каштановых почвах Краснокутской станции житняк ширококолосый дает в хозяйственных условиях в лучшие годы урожай семян порядка 180—200 кг/га, в средние годы (1937) 100—120 кг/га и в неблагоприятные годы (1938—1939) только 40—50 кг/га.

Поэтому житняк ширококолосый безусловно должен найти широкое применение в культуре на орошаемых солонцовых почвах района ирригации Заволжья. Недостатком этого житняка в условиях орошения надо считать его склонность к поражению ржавчиной.

2. Житняк узкоколосый [*Agropyrum desertorum* (Fisch.) Schult.]

Высевался в 1936 г. одновременно с житняком ширококолосым на том же чеке 14. Поэтому все условия поливов и агротехники у обоих житняков были одинаковыми. В первый год жизни житняк узкоколосый по развитию не отличался от ширококолосого. Здесь также на всех делянках в первый год наблюдалось лишь кущение, и лишь на делянке 1/14 (с гибридной формой) наблюдались редкие колосья. Высота растений ко времени уборки (30/IX) составляла 10—15 см и реже 20 см и лишь на делянках 1/14 и 5/14 составляла 30 см.

Первый укос на второй год жизни был произведен в конце стадии цветения, т. е. на 25 дней позднее, чем у житняка ширококолосого, и потому урожай сена этого укоса очень высок. Второй укос произведен 13/VIII в стадии колошения и третий укос 19/X.

В стадиях колошения и цветения высота кустов житняка узкоколосого на 10—15 см больше, чем у ширококолосого, и достигает 55—65 см, часто доходя до 70 см.

В засушливый 1938 г. был произведен лишь один укос. Урожаи сена за 3 года жизни приведены в табл. 4.

Как видно из данных табл. 3 и их сравнения с данными табл. 1, в условиях орошения житняк узкоколосый в среднем на 12—15% урожайнее житняка ширококолосого. Кроме того, он значительно устойчивее против заболевания ржавчиной. За 3 года жизни мы не наблюдали у него поражения этой болезнью.

По семенной продукции узкоколосый житняк также стоит значительно выше ширококолосого. Урожаи семян в 1939 г. и сена (соломы) после обмолота иллюстрируются табл. 5.

Несмотря на неблагоприятный для семенной продукции год, в среднем урожай семян житняка узкоколосого на солонцовых почвах достигал 550 кг/га, с колебаниями от 368 до 980 кг/га. Надо полагать, что в благоприятные годы эта культура должна давать на солонцах при орошении и надлежащем уходе не менее 10—12 ц семян с гектара, или же два укоса сена по 40—45 ц/га каждый.

Это выдвигает житняк узкоколосый на одно из первых мест для культуры как в чистом виде, так и в травосмесях на солонцовых почвах Заволжья при их орошении.

3. Пырей нежный, или американский [*Agropyrum tenerum* Vasey] и пырей средний. [*A. intermedium* (Host) Beauv.-*A. glaucum* R. et Sch.]

Эти две весьма ценные в кормовом отношении культуры до сих пор не имеют распространения в хозяйствах Нижнего Заволжья. Между тем про-

ТАБЛИЦА 4

Урожай сена житняка узкоколосого [*Agropyrum desertorum* (Fisch.)-Schult.] и гибридного за 3 года жизни (при чистом посеве) в ц/га

№ делянки	Почва делянки	№ образца	Происхождение семян	1936 г.	1937 г.				1938 г.	Всего за 2 года после года посева
				1-й укос 30/IX	1-й укос 26/VI	2-й укос 13/VIII	3-й укос 19/X	Всего за год	1-й укос 17/VI	
9/14	с-100	*A. d.* 894 ВИК	Краснокутск. оп. ст.	4.1	56.3	25.4	17.3	100.0	51.0	151.0
7/14	То же	» » 405/445 КОС	То же	5.2	61.3	21.0	13.0	95.3	50.0	145.3
5/14	»	» » 251/282 КОС	»	4.8	61.3	20.5	13.1	94.9	40.0	134.9
4/14	»	» » 309 КОС	»	3.4	55.0	21.9	6.8	83.7	37.5	121.2
8/14	»	» » 515/585 КОС	»	4.1	65.0	13.5	6.5	85.0	33.8	118.8
			Среднее	4.3	59.8	20.5	11.3	91.8	42.5	134.2
6/14	с-90, к-10	*A. d.* 594/664 КОС	Краснокутск. оп. ст.	4.5	67.5	16.4	6.5	90.4	43.8	134.2
10/14	с-85, к-15	» » 520/590 КОС	То же	5.2	71.3	13.5	7.9	92.7	57.5	150.2
20/13	с-80, к-20	*A. d.*—*cr.* 568/655 КОС	»	2.7	55.0	22.1	19.1	96.2	46.3	142.5
1/14	к-85, с-15	» » » 136/145 КОС	»	10.3	57.5	24.4	11.1	93.0	46.3	139.3
4/6	к-100	*A. d.* 894 ВИК	»	18.1	74.4	15.1	50.1	139.6	77.1	216.7

Примечание. В 1937 г. 1-й укос делянки 4/6 был произведен 1/VII.

ТАБЛИЦА 5

Урожай семян и сена житняка узкоколосого и гибридного на 4-й год жизни (при чистом посеве) в ц/га

№ делянки	Почва делянки	№ образца	Уборка 18/VII	
			семян	сена
9/14	с-100	*A. d.* 894 ВИК	3.83	33.8
7/14	То же	» » 405/445 КОС	9.80	35.0
5/14	»	» » 251/282 КОС	3.68	27.5
4/14	»	» » 309 КОС	6.33	33.8
8/14	»	» » 515/585 КОС	4.25	41.3
		Среднее	5.58	34.3
6/14	с-90, к-10	*A. d.* 594/664 КОС	4.38	32.5
10/14	с-85, к-15	» » 520/590 КОС	4.25	22.5
20/13	с-80, к-20	*A. d.*—*cr.* 568/655 КОС	1.85	33.8
1/14	к-85, с-15	» » » 136/145 КОС	5.50	41.3
4/6	к-100	*A. d.* 894 ВИК	2.03	16.3

веденные нами четырехлетние наблюдения показывают, что оба эти вида пырея заслуживают внимания, как вполне пригодные для культуры их на орошаемых почвах Заволжья — с его суровыми климатическими условиями.

Случайно полученные от НКЗ два образца семян пырея американского и пырея среднего, оба происхождением из Сибири, были высеяны на двух делянках 14/VI 1936 г. Кроме того, 21/VI тот же американский пырей был высеян дополнительно на делянке 20/5. Через 11—12 дней на всех трех делянках появились дружные всходы, начавшие в дальнейшем энергично вегетировать. На делянках, засеянных 14/VI, начало колошения наступило у американского пырея 11/VIII, т. е. через 58 дней со дня посева, и у пырея среднего 18/VIII, т. е. через 65 дней со дня посева. Поливы этим делянкам были даны 3/VII, 26/VII и 14/VIII.

Ко времени укоса (2/X) высота растения американского пырея в стадии цветения и частичного созревания достигала 35—40 см, а пырея среднего 45—50 см.

В 1937 г. посевы этих обеих культур были настолько хорошо развиты, что было решено первый их укос оставить на семена. На всех трех делянках за этот вегетационный период было произведено четыре полива. 14/VII была произведена уборка на семена; урожай семян и сена (соломы) был высокий, а после двух последующих поливов был получен еще один укос сена, хотя несравненно более низкий, чем первый, но все же достаточно оправдывающий затраченный на него труд.

Высота растений в стадии уборки семян достигала у пырея американского 65—75 см, а у пырея среднего 70—80 см.

На третий год жизни (1938 г.) при четырех поливах было получено два укоса сена, составляющих в сумме значительно бо́льшую продукцию, чем у житняков ширококолосого и узкоколосого.

В 1939 г., в связи с недостатком воды, все рассматриваемые делянки были оставлены на семена. Но вследствие неблагоприятных климатических условий весны и лета урожаи семян были очень низкими по сравнению с урожаем 1937 г.

Вычисленные урожаи семян и сена пырея американского и пырея среднего за 4 года жизни приведены в табл. 6 (стр. 369).

Приведенные данные ясно показывают, что по способности переносить суровые климатические условия Заволжья пырей американский и пырей средний не уступают местным аборигенам — житняку ширококолосому и узкоколосому, а по урожайности значительно превосходят их.

При одновременном высеве с житняками пырей уже в первый год жизни дают продукцию, в четыре-пять раз превышающую продукцию житняков, т. е. эти культуры более скороспелы. При сравнении средних урожаев сена за первые 3 года жизни получается, что американский пырей на 140% урожайнее житняка ширококолосого и на 100% урожайнее житняка узкоколосого; пырей средний на 59% урожайнее житняка ширококолосого и на 32% урожайнее житняка узкоколосого.

По семенной продукции, как показывают приведенные наблюдения, американский пырей способен давать на столбчатых солонцах при их орошении в нормальные в климатическом отношении годы до 1900—2000 кг семян с гектара, а пырей средний — до 1200—1500 кг/га.

Уже по наблюдениям 1936 г. можно было ожидать, что оба эти рассматриваемые вида пырея должны дать хорошие результаты при их культуре на солонцах. Поэтому весной 1937 г. (13/V) были засеяны еще две делянки Омским стандартным сортом американского пырея (№ 2060), полученным от Сибнииихоза. Семян пырея среднего для нового посева мы, к сожалению, не имели.

Первые 2 года (1937—1938) с этих делянок было получено по два укоса сена, а на третий год (1939) получен урожай семян. Урожайные данные приведены в табл. 7.

Результаты этого опыта не столь поразительны, как предыдущего, но все же из него видно, что по продукции сена и семян американский пырей значительно превосходит житняки.

Для получения количества семян, достаточного для постановки опытов по изучению травосмесей, 19/VIII 1937 г. американский пырей № 513 НКЗ (с делянки 20/5, убранной на семена при первом укосе 1937 г. — см. табл. 6) был посеян на делянке площадью 116 м² (чек 1).

Почвенный покров делянки состоит на 62% из столбчатого солонца, на 33% из каштановой солонцеватой почвы и на 5% из перерытой почвы (сурчины). Делянка, вскопанная лопатой на глубину 18—20 см, разделывалась железными граблями; маркером проводились бороздки через 30 см, и пырей высевался в бороздки из расчета 10.5 кг/га, с последующей заделкой граблями. Перед посевом были даны удобрения в виде сульфата аммония и суперфосфата из расчета 30 кг N и 45 кг P_2O_5 на гектар.

Благодаря выпавшим дождям и пасмурной погоде всходы были очень хорошие и дружные. Полив был произведен 3/IX по всходам. Взошедший и несколько раскустившийся пырей хорошо перезимовал, несмотря на малоснежную зиму и сильные морозы. Весной американский пырей трогается в рост раньше всех других многолетних злаков, как показали наши наблюдения весной 1938 г.

10/VI 1938 г. был произведен первый укос на сено в стадии выбрасывания метелки. Он дал 27.7 ц сена с гектара. После укоса в течение лета было произведено два полива, и 15/VIII был произведен второй укос на семена, который дал 296 кг семян с гектара и 24.5 ц сена (соломы). После второго укоса на делянку было внесено поверхностно 2 кг калийной селитры, что составляет 172 кг/га, и через несколько дней был произведен полив.

Весной 1939 г. пырей тронулся в рост раньше всех других злаков, и при осмотре его 20/IV уже представлял сплошной зеленый ковер. Первый укос пырея был оставлен на семена, но в период цветения и налива зерна сильная засуха и суховеи, несмотря на три полива, сильно снизили урожай и семян и сена. Высота растений к моменту уборки, произведенной 19/VII,

ТАБЛИЦА 6

Урожаи сена и семян пырея нежного, или американского (*Agropyrum tenerum* Vasey), и пырея среднего (*A. intermedium* P. B. = *A. glaucum* R. et. Sch.) за 4 года жизни (при чистом посеве) в ц/га

№ делянки	Почва делянки	№ образца	1936 г.	1937 г.				1938 г.			1939 г.	
			1-й укос 2/X	1-й укос 14/VII		2-й укос 25/IX	Всего сена за год	1-й укос 14/VI	2-й укос 28/IX	Всего сена за год	Всего за 2 года после посева	1-я уборка 17/VII
				семян	сена							семян / сена
16/13	с-85, к-15	*A. t.* 513 НКЗ	22.3	18.20	148.8	26.5	175.3	43.8	32.5	76.3	251.6	3.32 / 32.5
20/5	к-60, с-40	То же	24.6	20.90	160.0	27.6	187.6	57.1	14.3	71.4	259.0	2.69 / 33.8
15/13	с-80, к-20	*A. int.* НКЗ (без №)	12.9	11.20	88.8	22.9	111.7	43.8	15.0	58.8	170.5	3.30 / 35.0

ТАБЛИЦА 7

Урожаи сена и семян пырея американского (*Agropyrum tenerum* Vasey) за 3 года жизни (при чистом посеве) в ц/га

№ делянки	Почва делянки	№ образца	1937 г.			1938 г.		1939 г.	
			1-й укос 9/VIII	2-й укос 16/X.	Всего сена за год	1-й укос 13/VI	2-й укос 20/IX.	Всего сена за год	Уборка 17/VII: семян / сена
6/5	с-100	*A. t.* 2060 Сиб.	22.9	20.0	42.9	70.0	28.6	98.6	4.34 / 30.0
8/5	к-80, с-20	То же	39.3	12.9	52.2	48.6	15.7	64.3	2.83 / 20.0

достигала 80—90 см (фиг. 2), колосья были очень крупные, но большинство их оказалось пустыми. Учет урожая дал на гектар: чистых семян 439 кг и сена (соломы) 46.3 ц. Поливов после первого укоса не производилось из-за отсутствия оросительной воды, и потому второго укоса не было.

Приведенные наблюдения над американским и средним пыреями показывают, что обе культуры можно с успехом вводить в травопольные севообороты на орошаемых солонцовых почвах Заволжья. С весны 1939 г. оба пырея применялись в опытах по изучению травосмесей из многолетнего злака с синей и желтой люцернами и другими многолетними бобовыми.



Фиг. 2. Общий вид травостоя пырея американского к первому укосу на второй год его жизни (июль 1939 г.) на чеке 1. (Фото А. А. Зайцева)

4. Костер безостый [*Bromus inermis* Leyss.]

Этот корневищевый злак, хотя и дает сено, по качеству стоящее несколько ниже, чем сено вышерассмотренных рыхлокустовых злаков, все же заслуживает внимания как культура, весьма выносливая и приспособленная к суровым климатическим условиям Заволжья и мирящаяся с почвами низкого агрономического достоинства. Особенно интересно было испытать на столбчатых солонцах при орошении культуру так называемого мочковатокорневищевого или короткокорневищевого костра безостого № 3694, выведенного Краснокутской станцией. Кроме того, в испытание был введен обычный костер безостый, полученный от КОС под № 880, происхождением из Башкирской АССР.

Посеянные 14/VII (чеки 12 и 13) и 21/VI (чек 5) 1936 г., с последующим послепосевным поливом, костры хорошо взошли, обильно раскустились и к осени, при трех поливах, достигли высоты 25—35 см. Некоторые кусты уже в первый год дали отдельные цветущие метелки.

Весной и летом 1937 г. костры настолько хорошо развились, что было решено первый укос оставить на семена. Мощные кусты костра к моменту спелости семян при двух поливах имели высоту 75—80 см и дали обильный урожай семян и сена (соломы). После первого укоса на семена было проведено еще два полива, и к осени получен второй укос сена. В 1938 г. при четырех поливах было получено два укоса сена. Урожаи сена и семян костра безостого иллюстрируются табл. 8.

Как видно из данных табл. 8, урожаи костра безостого на солонцовых почвах значительно выше урожаев житняка ширококолосого и узкоколосого и приближаются к урожаям пырея американского.

Костер короткокорневищевый селекции Краснокутской станции дает на солонцовых почвах урожай более высокий, чем обычный костер корневищевый. Кроме того, обычный костер безостый, как показали наблюдения за 3 года, уже на второй год культуры, благодаря длинным корневищам, расползается с засеянных делянок во все стороны, засеянные рядки его ликвидируются и сливаются друг с другом, чего не наблюдается у костра короткокорневищевого. У этого последнего ряды посева сохраняются в течение 4 лет, и выходов вегетирующих корневищ за пределы делянок не наблюдаются, что безусловно указывает на преимущество этого сорта перед обычным костром безостым.

Для размножения семян костра безостого короткокорневищевого осенью 1937 г. (19/VIII) он был высеян на делянке площадью 135 м². Почвенный покров этой делянки состоял на 91% из столбчатых солонцов и на 9% из каштановой почвы. Норма высева была принята 13.5 кг/га при междурядьях 30 см. Рядки проводились ручным планетом. Заделка семян — ручная, под грабли.

Благодаря выпавшим дождям костер взошел без полива, и первый полив был произведен 13/IX по всходам.

В 1938 г. при четырех поливах костер дал два укоса сена. Первый укос в стадии выбрасывания метелки был произведен 10/VI и дал 15.4 ц сена с гектара. Второй укос был произведен 20/IX, также в стадии выбрасывания метелки, причем высота облиственной части кустов костра достигал 25—30 см, а высота метелок 60—75 см. Количество сена при втором укосе составляло 23.6 ц/га. 10/X на делянку было внесено поверхностно 2 кг калийной селитры, что составляет 148 кг/га.

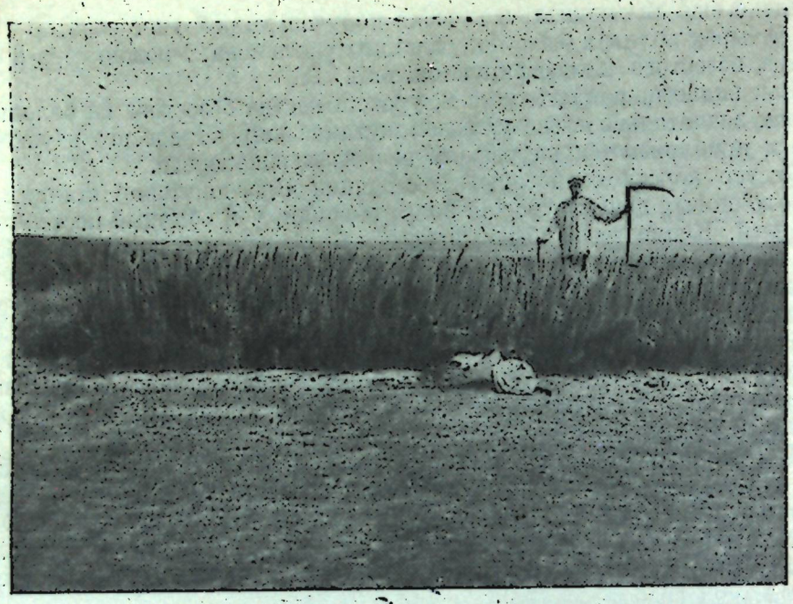
В 1939 г., т. е. на второй год жизни костра, он был оставлен на семена. Но в виду уже отмеченных выше неблагоприятных климатических условий семенная продукция была очень низкой, несмотря на очень обильное количество цветущих метелок. Высота растений ко времени созревания достигала 70—80 см, при высоте облиственной части 35—40 см (фиг. 3).

Уборка на семена была произведена 7/VII и дала 233 кг чистых семян с гектара и 30.0 ц сена (соломы). Второго укоса в 1939 г. в виду отсутствия воды для поливов не производилось, так как отрастания костра без поливов не было.

Приведенные наблюдения над костром безостым указывают на полную возможность введения его в посев как в чистом виде, так и в травосмесях в травопольные севообороты орошаемых хозяйств Заволжья на солонцовых почвах. Особенно ценным для этих целей может служить сорт мочковатокорневищевого или короткокорневищевого костра безостого, выведенного Краснокутской станцией.

Из других многолетних и однолетних костров на питомнике были испытаны в 1936 г. следующие виды:

1) *Bromus commutatus* № 770 ВИК (Армения);
2) *B. commutatus* № 26 ВИК (Узбекистан);
3) *B. japonicus* Thbg. (*B. patulus* Mert. et Koch.) № 7 ВИК (Азербайджан);
4) *B. madritensis* L. № 11 ВИК (Азербайджан);
5) *B. oxyodon* № 27 ВИК (Узбекистан);
6) *B. variegatus* МВ № 738 ВИК (Армения);
7) *B. fibrosus* Hack. (*B. riparia* Rehm.) № 506 ВИК (Армения).



Фиг. 3. Общий вид травостоя костра безостого № 3694 селекции Краснокутской оп. станции к первому укосу на второй год его жизни (июль 1939 г.) на чеке 8. (Фото А. А. Зайцева).

В год посева все однолетние формы из перечисленных костров дают ничтожную продукцию сена. Многолетние же формы, давая в год посева также низкую продукцию, целиком вымерзают в первую же зиму. Поэтому дальнейшие опыты с этими кострами были прекращены.

5. Овсяница луговая (*Festuca pratensis* Hud s.)

Мы имели лишь два образца доброкачественных семян этой ценной травы и потому располагаем в настоящее время лишь незначительным сравнительным материалом. Но тем не менее имеющиеся результаты позволяют утверждать, что культура овсяницы луговой на орошаемых столбчатых солонцах Заволжья может иметь широкое применение.

Высеянная 14/VI 1936 г. с послепосевным поливом овсяница луговая дала всходы через 8—10 дней на каштановых почвах и через 12—15 дней на столбчатом солонце. Далее, в течение вегетационного периода продолжалось интенсивное кущение, и в конце августа (27/VIII) у некоторых кустов отмечено начало фазы цветения. Но, как правило, в год посева у большинства кустов цветения не наблюдалось. Высота травостоя ко времени укоса (2/X) составляла в среднем 20 см при высоте цветущих метелок 30 см. Облиственность кустов хорошая и средняя.

На второй год культуры высота травостоя в стадии цветения составляла 20—25 см при высоте цветущих метелок 50—60 см. Облиственность средняя.

Индивидуальное развитие кустов хорошее, что указывает на высокую солевыносливость этой культуры.

На третий год, несмотря на резко засушливые условия лета, урожай сена увеличился по сравнению с предыдущим годом, как это можно видеть из табл. 9, где приводятся урожаи сена этой овсяницы за 3 года.

Средний урожай за 2 года, без года посева, составляет для двух сортов овсяницы луговой (одной дикорастущей и одной культурной) 104 ц/га на столбчатом солонце и 135 ц/га на каштановой почве. Но без сомнения можно

ТАБЛИЦА 8

Урожаи сена и семян костра безостого (*Bromus inermis* Leyss.) за 3 года жизни (при чистом посеве) в ц/га

№ делянки	Почва делянки	№ образца	1936 г.	1937 г.			1938 г.			Всего сена за 2 года после года посева
			1-й укос 2/X	Укос на семена		2-й укос 25/IX	Всего сена за год	1-й укос 13/VI	2-й укос 20/IX	Всего сена за год	
				семян	сена						
20/12	с-100	*Br. in.* 880 НКЗ	10.1	—	75.0	30.0	105.0	46.3	22.5	68.8	173.8
1/13	с-85, к-15	» » 3694 КОС	10.8	12.5	69.3	39.8	109.1	41.3	33.8	75.1	184.2
2/5	к-100	» » 880 НКЗ	18.3	18.6	85.7	37.1	128.8	47.1	27.1	74.2	203.0
10/5	к-75, с-25	» » 3694 КОС	19.7	12.7	107.3	47.3	154.6	38.6	28.6	67.2	221.8

ТАБЛИЦА 9

Урожаи сена овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Hud s.) за 3 года жизни (при чистом посеве) в ц/га

№ делянки	Почва делянки	№ образца	Происхождение семян	1936 г.	1937 г.			1938 г.		Всего за 2 года после года посева
				1-й укос 2/X	1-й укос 24/VII	2-й укос 19/X	Всего за год	1-й укос	2-й укос	Всего за год	
6/13	с-100	*F. pr.* 328 НКЗ	Омская обл.	5.8	18.8	22.9	41.7	22.5	30.0	52.5	94.2
5/13	То же	» » дикораст. 331 НКЗ	То же	5.3	27.0	24.0	51.0	27.5	35.0	62.5	113.5
			Среднее	5.6	22.9	23.5	46.9	25.0	32.5	57.5	103.9
18/5	к-90, с-10	*F. pr.* 328 НКЗ	Омская обл.	6.3	35.6	34.3	69.9	54.3	20.0	74.3	144.2
16/5	к-100	» » дикораст. 331 НКЗ	То же	2.0	22.9	41.1	64.0	32.9	30.0	62.9	126.2
			Среднее	4.2	29.3	37.7	67.0	43.6	25.0	68.6	135.2

считать, что при высеве большего количества образцов семян разного происхождения можно найти расы, которые дадут гораздо большие урожаи сена. Поэтому мы полагаем, что овсяница луговая должна найти значительное применение в качестве культуры на столбчатых солонцах Заволжья при их орошении.

К сожалению, доброкачественных семян овсяницы красной (*Festuca rubra* L.) и овсяницы высокой (*F. gigantea* L.), которые необходимо испытать на солонцах, мы не имели. Высеянные в 1936 и 1937 гг. семена этих злаков всходов не дали.

6. Другие многолетние злаки

В табл. 10 мы приводим урожайные данные для ряда других испытанных многолетних злаков, которые по тем или иным причинам не могут быть пока рекомендованы для культуры их на солонцах Заволжья в условиях орошения. Одни из них, как, например, райграсы французский, английский и итальянский, не выносят бесснежных морозных зим Заволжья, другие дают высокую продукцию, но низкого качества и, наконец, третьи дают низкую продукцию, т. е. оказываются неприспособленными к засоленным почвам и к высоким температурам воздуха и почвы в течение вегетационного периода, хотя и хорошо переносят зиму. Здесь мы лишь очень кратко рассмотрим эти злаки и те причины, по которым они пока не могут быть рекомендованы.

Райграс французский [*Arrhenatherum elatior* (L.) M o e t. et K.]

Имевшиеся в нашем распоряжении три образца семян этой ценной в кормовом отношении культуры из Ленинградской области, Азово-Черноморья и БССР не дали ожидаемых результатов, так как в первую же зиму после посева подверглись частичному вымерзанию. В первый год от вымерзания выпало до 50—60% кустов, а во вторую зиму значительная часть оставшихся кустов снова вымерзла, так что на третий год травостой настолько сильно изреживался, что нечего было косить. Индивидуальное развитие кустов и их облиственность в течение вегетационного периода хорошие. Высота травостоя в период цветения составляла 25—35 см при высоте метелок 65—80 см. Это указывает на хорошую приспособленность данной культуры к засолению почвы и к летним высоким температурам. Надо полагать, что семена этой культуры из Средней Азии, где французский райграс имеет некоторое распространение и где также часто бывают бесснежные зимы с сильными морозами, дадут более благоприятные результаты.

Райграс английский (*Lolium perenne* L.)

Высеваемый в 1936 и 1937 гг. семенами из Ленинградской обл. этот высокоценимый многолетний злак вымерзал нацело в первую же зиму. В год посева он дает всходы через 11—12 дней, хорошо кустится и к осени имеет хорошо развитые, густо облиственные кусты высотой 25—30 см. Некоторые из них дают единичные выколашивающиеся стебли. Урожай в год посева 27—28 ц/га.

Райграс итальянский (*Lolium italicum* A. Br.)

В нашем распоряжении имелся лишь один образец доброкачественных семян этой культуры из Ленинградской обл. Так же как и английский райграс, эта культура дает в год посева хорошо развитые и густо облиственные кусты, но зимой вымерзает целиком. Так же как и в отношении предыдущей культуры, здесь необходима селекционная работа по выведению морозостойких сортов. В отношении солевыносливости и приспособленности к высоким температурам вегетационного периода оба эти райграса должны расцениваться высоко.

Тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.)

Отличается очень медленным темпом появления всходов, которые наблюдаются лишь через 20—25 и даже 30 дней после посева. Это, может быть, объясняется слишком глубокой заделкой семян (около 2 см), которую мы производили, пользуясь маркером и граблями. При более же мелкой заделке (0.5—1.0 см) семена также прорастают медленно вследствие быстрого высыхания этого слоя после полива. На третий-четвертый день после полива поверхность пашни уже на 1—2 см высыхает почти до воздушно-сухого состояния.

В год посева, к осени, тимофеевка дает слабые кустики, высотой до 10—15 и иногда до 20 см, которые или не дают укоса или дают очень малый укос сена порядка 10—15 ц/га. На второй-год урожай сена за два укоса достигают 30—50 ц/га. Высота облиственной части травостоя во время цветения растений достигает 15—20 см при высоте цветущих колосовидных метелок 35—40 см. Индивидуальное развитие кустов и их облиственность — слабая или средняя, что указывает на слабую приспособленность этой культуры к засоленным почвам и к климатическим условиям вегетационного периода. Перезимовывает тимофеевка хорошо, и мы не отмечали ее значительной гибели от морозов. Урожай за 2 года культуры, после года посева, составляет 70—80 ц/га (табл. 10), т. е. значительно ниже, чем выделенных нами выше шести культур.

Доброкачественных семян тимофеевки степной (*Phleum boehmeri* W i b.) мы не имели. Высеянные в 1936 г. одновременно и рядом с тимофеевкой луговой три образца семян степной тимофеевки, полученных от ВИК (№ 545, 584 и 689), всходов не дали.

Лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.)

Этот ранний рыхлокустовый злак интересовал нас как один из могущих быть ценных компонентов сложных травосмесей на солонцах. Интерес к нему возрос еще более, когда выяснилось (В. П. Ногтев, 1938), что все пойменные природные и культурные посевные расы лисохвоста имеют клубеньки, аналогичные клубенькам бобовых, и таким образом этот злак мог бы служить азотонакопителем в почве.

Два образца семян лисохвоста лугового из Омской и Курской областей, высеянные 14/VI 1936 г. с послепосевным поливом, дали редкие всходы к 11/VII, т. е. почти через месяц. Но с течением времени появлялись новые всходы, и к осени делянки имели значительное число слабых, невыколосившихся кустиков высотой 10—15 см. Укоса в год посева не было. Пересидевших кустиков высотой 10—15 см. Укоса в год посева не было. Перезимовал лисохвост хорошо и на второй год дал два укоса. В виду разной изреженности делянок урожай одной из них, состоящей на 100% из столбчатого солонца, составлял за год около 20 ц/га, а другой, состоящей на 70% из солонца и на 30% из каштановой почвы, 48 ц/га. Но на следующий год (третий) урожаи этих делянок почти выровнялись (40—45 ц/га).

В фазу цветения лисохвост дает на солонцах хорошо развитые кусты средней облиственности, с высотой облиственной части 20—25 см и высотой цветущих колосьев 45—60 см.

Надо полагать, что при подборе надлежащих рас лисохвоста эта культура может иметь применение как ценный компонент в сложных луговых травосмесях на орошаемых солонцах Заволжья.

Мятлик луговой (*Poa pratensis* L.)

По Пайперу (1930), этот злак по распространенности посевов в США стоит на втором месте после тимофеевки, что автор объясняет приспособленностью его к климату с чередованием суровых зим и летнего зноя. Указывая, что мятлик лучше развивается в областях с умеренным климатом,

ТАБЛИЦА 10

Урожай сена некоторых многолетних злаков за 2—3 года жизни на столбчатом солонце и комплексных почвах (при чистом посеве) в ц/га

№ делянки	Почва делянки	№ образца	Происхождение семян	Время посева	1936 г.	1937 г.			1938 г.			Всего сена за 2 года после года посева
					1-й укос	1-й укос	2-й укос	Всего за год	1-й укос	2-й укос	Всего за год	
1. Райграс французский (*Arrhenatherum elatior* L.)												
13/6	с-100	*A. el.* 31 ВИК	Ленинградск. обл.	20/VI 1936 г.	24.3	14.4	20.0	34.4	Укосов не дал			—
6/29	То же	» » 32 ВИК	Ав.-Черном.	17/VI 1937 г.	—	8.6	6.7	15.3	6.7	Не было	6.7	—
8/29	с-60, к-40	» » 28 ВИК	БССР	То же	—	12.2	8.6	20.8	11.1	То же	11.1	—
2. Райграс английский (*Lolium perenne* L.)												
17/6	с-65, к-5	*L. p.* 806 ВИК	Ленинградск. обл.	20/VI 1936 г.	27.9				Вымерз зимой 1936/37 г.			
2/29	с-70, к-30	» » 809 ВИК	»	17/VI 1937 г.	—	—	27.2	27.2	Вымерз зимой 1937/38 г.			
3. Райграс итальянский (*Lolium italicum* A. Br.)												
18/6	с-100	*L. it.* 809 ВИК	Ленинградск. обл.	20/VI 1936 г.	22.9				Вымерз зимой 1936/37 г.			
4. Тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.)												
26/6	с-55, к-45	*P. pr.* 329 НКЗ	Омская обл.	20/VI 1936 г.	Не было	14.3	17.1	31.4	28.6	22.9	51.5	82.9
3/12	с-85, к-15	» » 726 ВИК	Армения	14/VI 1936 г.	То же	19.6	10.9	30.5	22.5	18.8	41.3	71.8
24/6	с-100	» » 923 ВИК	Ивановск. обл.	24/VI 1937 г.	»	—	13.0	13.0	15.7	25.7	41.4	—
23/6	к-60, с-40	» » 270 ВИК	Ленинградск. обл.	То же	—	—	15.7	15.7	25.7	30.0	55.7	—
5. Лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.)												
2/12	с-100	*A. pr.* 330 НКЗ	Омская обл.	14/VI 1936 г.	Не было	12.1	7.8	19.9	15.2	25.1	40.3	60.2
1/12	с-70, к-30	» » 428 НКЗ	Курская обл.	То же	То же	20.7	27.5	48.2	20.0	25.0	45.0	93.2

Продолжение табл. 10.

№ делянки	Почва делянки	№ образца	Происхождение семян	Время посева	1936 г.	1937 г.			1938 г.			Всего сена за 2 года после года посева
					1-й укос	1-й укос	2-й укос	Всего за год	1-й укос	2-й укос	Всего за год	
6. Мятлик луговой (*Poa pratensis* L.)												
19/6	с-100	*P. pr.* 3922 ВИК	—	24/VI 1937 г.	—	—	14.3	14.3	18.6	20.0	38.6	—
1/5	к-100	» » 4143 Сиб.	Зап. Сибирь	13/V 1937 г.	—	—	7.1	7.1	22.9	18.6	41.5	—
7. Ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.)												
16/6	с-100	*D. gl.* дикораст. 733 ВИК	Армения	24/VI 1937 г.	—	—	15.4	15.4	Вымерзла зимой 1937/38 г.			
18/6	То же	» » дикораст. 21 ВИК	То же	То же	—	—	18.6	18.6	То же			
1/33	с-60, к-40	» » колхоза Трудовик	Московск. обл.	22/VI 1937 г.	—	—	19.7	19.7	5.8	Не было	5.8	—
8. Бекмания [*Beckmannia eruciformis* (L.) Host.]												
15/6	с-100	*B. er.* дикораст. 839 ВИК	Воронежская обл.	24/VI 1937 г.	—	—	18.6	18.6	18.6	7.1	25.7	—
17/6	с-65, к-35	» » дикораст. 856 ВИК	Горьковская обл.	То же	—	—	17.1	17.1	18.6	10.0	28.6	—
9. Канареечник тростниковидный (*Phalaris arundinacea* L. = *Digraphis arundinacea* Trin.)												
20/6	с-100	*P. ar.* 17 ВИК	Зап. Сибирь	20/VI 1936 г.	Не было	67.1	32.6	99.7	47.1	27.1	74.2	173.9
21/6	с-75, к-25	» » дикораст. ВИК	Ивановск. обл.	24/VI 1937 г.	—	—	25.7	25.7	30.0	34.3	64.3	—

Продолжение табл. 10

№ делянки	Почва делянки	№ образца	Происхождение семян	Время посева	1936 г.	1937 г.			1938 г.			Всего сена за 2 года косов
					1-й укос	1-й укос	2-й укос	Всего за год	1-й укос	2-й укос	Всего за год	
10. Колосняк (волосенец) (*Elymus giganteus* Vahl., *E. dahuricus* Turcz., *E. salsuginosus* Turcz.)												
10/6	с-100	*E. g.* 4 ВИК	Кавахстан	20/VI 1936 г.	Не было	32.6	4.3	36.9	—	71.4	71.4	108.3
11/6	То же	» *d.* 788 ВИК	Дальне-Восточный Край (ДВК)	То же	То же	42.6	31.4	74.0	48.6	60.0	108.6	182.6
14/6	с-80, к-20	» *s.* 22 ВИК	Бурят-Монголия	»	»	47.1	21.4	68.5	42.9	54.3	97.2	165.7
11. Овсяница овечья (*Festuca ovina* L.)												
4/13	с-100	*F. ov.* 516 КОС	Н. Заволжье	14/VI 1936 г.	Не было	6.3	28.1	34.4	17.5	Не было	17.5	51.9
3/13	с-75, к-25	» 436 КОС	То же	То же	То же	5.3	32.3	37.6	17.5	То же	17.5	55.1
19/5	к-80, с-20	» 516 КОС	»	»	»	3.7	25.7	29.4	22.9	»	22.9	51.3
17/5	к-55, с-45	» 436 КОС	»	»	»	3.7	34.3	38.0	20.0	Не было	20.0	58.0
12. Бородач (*Andropogon Ischaemum* L.)												
12/5	к-85, с-15	*A. Is.* 8 ВИК	Азербайджан	13/V 1937 г.	—	—	31.4	31.4	20.0	18.6	38.6	—
13. Бескильница (*Atropis leniflora* Grisb.)												
22/6	с-90, п-10	*A. l.* 189 ВИК	Ср. Волга	20/VI 1936 г.	Не было	—	7.9	7.9	20.0	18.9	38.9	46.8
14. Житняк сибирский (*Agropyrum sibiricum* Beauv.)												
5/6	к-100	*A. sib.* 745 ВИК	Н. Заволжье	20/VI 1936 г.	Не было	43.1	11.4	54.5	25.7	5.7	31.4	85.9

Пайпер отмечает, что «он хорошо растет и в засушливых районах при орошении». И далее, «мятлик луговой отличается значительной выносливостью в отношении низких температур. Он никогда не вымерзает в самые суровые зимы. Во время летнего зноя он, однако, увядает, даже и при сильном увлажнении, что указывает на малую жизнеспособность его в период знойной погоды в июле и августе».

Все эти данные указывали на то, что мятлик луговой следует попытаться применить для культуры на орошаемых столбчатых солонцах в качестве низового злака в сложные луговые травосмеси. Но мы не смогли пока получить удовлетворительных результатов от этой культуры и, повидимому, только потому, что он требует очень мелкой заделки семян (0.5 см и менее), что в условиях орошаемых солонцов достигнуть почти невозможно, так как поверхность их чрезвычайно быстро высыхает после полива.

Высеянные 14/VI 1936 г. и заделанные на глубину 1.5—2 см три образца семян мятлика лугового, полученных от ВИК (№ 474, 889 и 901), не взошли, повидимому, вследствие глубокой заделки. В 1937 г. при поверхностном посеве с очень мелкой заделкой семян граблями, поливом после посева и выпавшем через 3 дня после полива дожде удалось получить хорошие всходы мятлика через 6 дней после посева.

В год посева мятлик луговой дал ничтожный урожай сена (табл. 10), но на следующий год, после хорошо перенесенной зимы, урожай его при двух укосах достиг 39—41 ц/га.

На каштановой почве в фазу цветения мятлик луговой дает кусты слабой облиственности, высотой до 50—55 см при высоте облиственной части 15—20 см. На столбчатых солонцах высота кустов не превышает 40 см. В 1938 г. травостой на делянке 1/5 был сильно поражен ржавчиной.

Судя по индивидуальному развитию кустов на солонцовой почве и устойчивости мятлика лугового при перезимовке, он может быть применен в Заволжье при подборе соответствующих рас и поддержании надлежащей влажности поверхностного горизонта почвы во время его прорастания способом дождевания.

Ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.)

Эта культура как в отношении зимостойкости, так и в отношении солевыносливости и приспособленности к высоким температурам вегетационного периода стоит на одном из последних мест.

Два образца семян из Армении и один из Московской обл., высеянные в конце июня 1937 г., дали хорошие всходы и урожай в год посева 18—20 ц/га. Кусты в этот год были слабые, высотой 15—20 см; зимой 1937/38 г. две делянки с семенами из Армении вымерзли целиком, а на делянке, засеянной семенами из Московской обл., травостой был чрезвычайно изрежен и дал укос всего 5 ц/га. Высота кустов во время выбрасывания метелок была 15—20 см при слабой облиственности. После укоса 18/VI отрастания почти не было, несмотря на два полива. Зимой 1938/39 г. все оставшиеся кусты ежи сборной вымерзли нацело.

Поэтому надо полагать, что ежа сборная вряд ли может иметь какие-либо перспективы для культуры на орошаемых солонцах Заволжья.

Бекмания обыкновенная [*Bekmannia cruciformis* (L.) Hast.]

Как известно, этот высокий корневищевый многолетний злак очень широко распространен по Европейской и Азиатской частям СССР. Он очень часто встречается в диком состоянии как на солончаковатых лиманах и подах, берегах рек и озер юга СССР, так и на влажных лугах в дерново-подзолистой зоне, причем высота кустов его везде часто достигает 100—150 см. Тем более неожиданно для нас он оказался непригодным

для культуры на солонцах при орошении именно вследствие своей ничтожной высоты, не превышающей в фазу цветения 30—35 см, при очень слабой облиственности и общей развитости кустов.

Высеянные 24/VI 1937 г. два образца семян дикорастущей бекмании из Воронежской и Горьковской областей дали через 6 дней дружные всходы. Ко времени первого укоса, произведенного 16/X, растения выколосились и отцвели. Средняя высота кустов с выколосившимися и цветущими колосьями составляла 24—25 см и урожай сена 17—18 ц/га.

На второй год кусты бекмании хотя и были несколько лучше развиты, но все же общая высота их не превышала 30—35 см при облиственной части травостоя 15—20 см. Облиственность слабая и даже очень слабая. За два укоса в этот год — 14/VI и 21/IX — бекмания дала всего 25.2 ц сена с гектара, т. е. в наших условиях очень низкий урожай.

Мы полагали, что такой низкий рост и слабое развитие растения обусловлены, может быть, качеством посевного материала, и потому весной 1938 г. были посеяны семена, лично собранные нами с кустов дикой бекмании, высотой 85—90 см, растущих на влажных выемках вдоль железнодорожного полотна в окрестностях г. Горького. Но и эти семена, хорошо взошедшие, дали в 1938—1939 гг. также слабо развитые, низкорослые, плохо облиственные кусты, как и предыдущие. Таким образом, надо полагать, что бекмания не выносит солевого и физического режима солонцовых почв и тех климатических условий лета, какие имеются в Заволжье; возможно, конечно, что удастся отыскать расы, которые дадут хорошие результаты, но это потребует длительной селекционной работы.

Годных семян другого вида бекмании — *B. Syzigachne* (Steud.) Fernold., — также представляющей интерес, как хорошее кормовое растение и широко распространенное у нас в СССР на восток от 62° в. д. от Гринвича (по Р. Ю. Рожевицу, 1937), мы не имели. Семена этого вида, полученные в 1936 г. от ВИК (№ 920 из ДВК), всходов не дали.

Канареечник тростниковидный (*Phalaris arundinacea* L.)

Этот высокий корневищевый злак, типичный представитель влажных заливных лугов и ильменей, дает, как известно, хорошее сено только в молодом состоянии. Начиная с фазы цветения, он грубеет и дает грубое «легкое» сено. На солонцовых почвах он произрастает очень хорошо, и не рекомендуется нами только потому, что имеется ряд злаков, дающих не меньшие укосы сена, но значительно более высокого качества.

По известным таблицам проф. И. С. Попова и Г. М. Елкина (1935), 100 кг сена канареечника равноценны 19.4 крахмальным эквивалентам, в то время как 100 кг сена других вышеописанных растений содержат следующее количество крахмальных эквивалентов:

Костер (в среднем)	31.5
Овсяница луговая	31.8
Житняк (в среднем)	31.9
Пырей американский	33.3

Высеянный на солонцах 20/VI 1936 г. с послепосевным поливом канареечник тростниковидный дал всходы через 6—7—10 дней. В первый год его развитие очень слабое, но на второй год он дает мощные, хорошо облиственные кусты, постепенно разрастающиеся в стороны. Общая высота кустов достигает 85—90 см, а высота облиственной части их 50—60 см. Урожай сена за 2 года после года посева составляет больше 170 ц/га, т. е. очень высокий, несмотря на то, что на учетной делянке кусты канареечника были редкими вследствие редких всходов.

Как мощный корневищевый злак, но дающий сравнительно грубое сено, канареечник скорее найдет свое применение в Заволжье для закрепления откосов плотин, берегов водохранилищ и в других подобных условиях.

Колосняки (волоснецы) (*Elymus arenarius* L., *E. dahuricus* Turcz. и *E. salsuginosis* Turcz.)

Колосняки (волоснецы) песчаный, даурский и солончаковый, так же как и вышеприведенный канареечник, представляют собой высокие корневищевые злаки, дающие жесткую, шершавую траву и очень грубое сено. Поэтому, несмотря на их хорошее произрастание на солонцовых почвах в условиях орошения, мы не включили их в разряд рекомендуемых перспективных злаков.

Эти три вида колосняков, высеянные 20/VI 1936 г., дали всходы: даурский и солончаковый через 12—13 дней, а песчаный через 20—21 день после посева. К осени всходы раскустились и образовали дерновинки высотой до 40 см. Укоса в первый год не производилось, так как кусты были редкие.

На следующий год за два укоса колосняки дали сена от 37 до 74 ц/га и на третий год от 54 до 71 ц/га. Таким образом, за 2 года после года посева колосняки дали сена от 108 до 183 ц/га, причем первая цифра, относящаяся к колосняку гигантскому, значительно снижена вследствие очень редких всходов их на делянке. В период цветения растения имеют следующую высоту кустов (в см):

	Облиственная часть куста	Общая высота кустов с колосьями
Колосняк гигантский . .	50—55	100—110
» даурский . . .	25—30	80—100
» солончаковый .	25—30	70—80

Все эти наблюдения показывают, что колосняки с успехом могут возделываться на сено на орошаемых столбчатых солонцах Заволжья. Однако, имея ряд других, более ценных многолетних злаков, нельзя рекомендовать колосняки в качестве перспективной культуры.

Овсяница овечья (*Festuca ovina* L.)

Как плотнокустовый пастбищный злак овсяница овечья может применяться только в некоторых специальных севооборотах Заволжья в условиях орошения, где встретится необходимость иметь орошаемые пастбищные поля.

Развивается овсяница овечья на столбчатых солонцах хорошо. Всходы появляются через 12—18 дней после посева. В год посева они очень медленно развиваются и укосов не дают. На второй год за два укоса овсяница овечья дает 28—38 ц сена с гектара, но скашивание производится с большим трудом вследствие низкого травостоя с очень плотными жесткими кустами.

За 2 года жизни после года посева овсяница овечья дает сена всего 51—58 ц/га. Во время цветения растений высота кустов достигает 40—45 см в облиственной части, а цветущие метелки достигают 50—65 см.

Бородач кровоостанавливающий (*Andropogon Ischaemum* L.)

Так же как и предыдущее растение, бородач считается хорошей пастбищной травой (Рожевиц, 1928), но не плотнокустового, а корневищевого типа. Развивается бородач на столбчатых солонцах хорошо, но дает небольшие укосы порядка 31—38 ц/га в год (табл. 10). Поэтому он не представляет интереса для наших целей.

Бескильница тонкоцветная (*Artopis tenuiflora* Grisb.)

Этот мелкий рыхлокустовый злак с тонкими узколинейными слегка шершавыми листьями в год посева укоса не дает. За 2 года после посева он дает сена 47 ц/га, т. е. очень низкий урожай. В стадии цветения высота облиственной части травостоя составляет 15—20 см, а высота цветущих колосовых метелок 35—40 см. Облиственность очень слабая. Поэтому бескильница тонкоцветная отнесена нами к неперспективным злакам для районов орошения Заволжья.

Всхожих семян другого вида бескильницы — *A. distans* Grisb., — представляющего значительно больший интерес, мы не имели. Образцы семян, полученные от ВИК (№ 749 из Нижнего Поволжья), высеянные в 1936 г., и от Сибинизхоза (№ 4144 — Калм. АССР, № 2461 — Омская обл. и № 884/14270 — Среднее Поволжье), высеянные в 1937 г., всходов не дали.

Житняк сибирский (*Agropyrum sibiricum* Beauv.)

Этот злак, несомненно, представляет интерес для наших целей. Но посевов его на солонцовых почвах мы не имели. Посевы на каштановых почвах при редких всходах дали сена на второй год после посева за два укоса 54 ц/га и на третий год 31 ц/га (табл. 10). Высота облиственной части травостоя в фазу цветения 25—30 см и высота колосьев 55—60 см. Надо полагать, что на орошаемых столбчатых солонцах Заволжья при нормальной агротехнике житняк сибирский даст хорошие урожаи сена и семян.

IV. ОДНОЛЕТНИЕ КОРМОВЫЕ ЗЛАКИ

Хотя мы и не ставили своей целью подбор однолетних злаков и бобовых для культуры на столбчатых солонцах Заволжья при орошении, но все же за 4 года (1936—1939) нами был испытан ряд однолетников, семена которых удалось достать в разных местах. Так как некоторые из этих однолетних злаков все же могут представлять в некоторых случаях известный интерес для культуры на солонцах, то мы кратко изложим здесь результаты опытов со следующими культурами: щетинниками зеленым и сизым, могаром, райграсом вестервольдским, суданской травой, дагуссой, сорго и кукурузой.

1. Щетинник зеленый [*Setaria viridis* (L.) Beauv.]

Это широко распространенное по всей территории СССР до 60° с. ш. докучливое, сорное растение, в молодом возрасте, как известно, представляет собой хороший корм, охотно поедаемый скотом. Но он рано грубеет, что значительно снижает его кормовые качества. На солонцах при орошении развивается хорошо и способен давать при двух-трех поливах до 50—60 ц сена с гектара, скошенного в стадии цветения (табл. 11).

С послепосевным поливом он дает хорошие всходы уже через 5—6 дней после посева. Общая высота травостоя в фазу цветения достигает 70—80 и даже 90 см при высоте облиственной части 35—40 см.

Крупным недостатком этого растения, так же как и щетинника сизого, является легкая осыпаемость его семян, вследствие чего он быстро превращается в типичный сорняк, распространяющийся с поливными водами по разным делянкам и полям. Урожайность семян высокая и достигает 6—10 ц/га. Созревание семян в метелки очень растянуто, и при укосе в фазе цветения в метелках всегда имеется некоторое количество вполне зрелых легко осыпающихся семян. Поэтому иногда после первого укоса можно собрать еще второй, значительно более низкий укос, обязанный всходам и развитию семян, осыпавшихся при первом укосе. Осыпавшиеся семена щетинника легко перезимовывают в почве, не вымерзая, и способны давать хорошие урожаи самосевного сена.

ТАБЛИЦА 11

Урожаи сена щетинника зеленого [*Setaria viridis* (L.) Beauv.], щетинника сизого [*S. glauca* (L.) (Beauv.], щетинника итальянского, или могара [*S. italica* (L.) Beauv.], и райграса вестервольдского (*Lolium italicum* var. *Westerwoldicum* R. Br.) за 4 года жизни в ц/га

№ делянки	Почва делянки	№ образца	Время посева	1936 г. 1-й укос 21/VIII	1936 г. 2-й укос 2/X	1937 г. 1-й укос 9/VIII	1938 г. 1-й укос 29/VIII	1939 г. 1-й укос 25/VIII
23/6	к-60, с-40	*S. v.* 6 ВИК Алтай	20/VI 1936 г.	46.4	11.0	—	—	—
11/11	к-70, с-30	То же	13/V 1937 г.	—	—	63.8	—	—
24/6	с-100	*S. gl.* 15 ВИК Алтай	20/VI 1936 г.	65.6	12.5	—	—	—
11/5	к-100	То же	12/V 1937 г.	—	—	72.9	47.5 (самосев)	—
6/21	с-60, к-40	»	30/IV 1939 г.	—	—	—	—	75.9
2/36	с-85, к-15	*S. it.* 17/273 КОС	23/VI 1938 г.	—	—	—	61.8	—
5/21	с-100	То же	30/IV 1939 г.	—	—	—	—	64.3
3/5	к-95, с-5	»	То же	—	—	—	—	71.4
4/5	к-90, с-10	»	»	—	—	—	—	60.0
5/5	к-80, с-20	»	»	—	—	—	—	65.7
4/29	с-90, к-10	*L. it.* 4487 ВИК Московской обл.	17/VI 1937 г.	—	—	42.3	—	—

2. Щетинник сизый [*Setaria glauca* (L.) Beauv.]

Так же как и предыдущий вид, это растение представляет собой типичный широко распространенный однолетний сорняк, дающий в молодом возрасте хороший корм. Всходы с послепосевным поливом дает через 9—12 дней. В фазе цветения общая высота растений достигает 70—80 см при высоте облиственной части 35—40 см. Урожайность сена несколько более высокая, чем у предыдущего вида, и достигает 70—75 ц/га (табл. 11). Легко осыпающиеся семена хорошо всходят на необработанной после укоса почве и дают второй укос в этот же год и хороший укос от самосева на второй год, как это приведено в табл. 10 для делянки 11/5. В год посева (1937 г.) щетинник сизый дал урожай на каштановой почве 72.9 ц сена с гектара, а на следующий год на этой же делянке, не обработанной после укоса, собран урожай от самосева в 47.5 ц/га. Урожаи семян у этого вида достигают 9—12 ц/га.

3. Могар [*Setaria italica* (L.) Beauv.]

Опыты с этой сравнительно широко распространенной в СССР однолетней кормовой культурой были начаты только в 1938 г. посевом могара № 17/273 селекции Краснокутской станции. Они показали, что могар сравнительно хорошо развивается на столбчатых солонцах, хотя рост растений и не достигает той высоты, какую можно было бы ожидать для этой культуры. Всходы появляются через 10—12 дней после посева с поливом. В фазе цветения высота растений в наших условиях равняется в среднем 60—70 см при хорошей облиственности кустов. Урожаи сена достигают 60—75 ц/га при трех поливах, а урожаи семян 6—9 ц/га (табл. 11).

4. Райграс вестервольдский (*Lolium italicum* var. Westervoldicum)

По райграсу вестервольдскому имеется только одногодичный опыт 1937 г. Посев, произведенный 17/VI 1937 г. с послепосевным поливом, дал всходы 29/VI, т. е. через 12 дней. Колошение отмечено 2/VIII. За два

укоса (9/VIII и 19/X) райграс вестервольдский дал 42.50 ц сена с гектара. Индивидуальное развитие кустов и отрастание после первого укоса были хорошими, но несколько редковатые всходы снизили урожай сена. Высота кустов 55—60 см и в облиственной части 30—35 см.

5. Суданская трава (*Sorghum sudanense* Stapf.)

Суданка хорошо удается на столбчатых солонцах и каштановой почве при орошении. Всходы дает быстро, через 5—6 дней после посева с послепосевным поливом, и через 40—42 дня вступает в фазу цветения. Высота растения в этой фазе достигает 200—220 см. Скошенная в фазу выхода в трубку или же позже, в фазу выбрасывания метелки и даже начала цветения, она способна отрастать и дает второй укос несколько ниже, чем первый укос. Так, в 1936 г. в первый укос, произведенный в фазу цветения, суданка дала на гектар 37.5 т зеленой массы и во второй укос, в стадии выхода в трубку, 10.4 т, что составляло 142.5 и 41.0 ц сена с гектара. В 1937 г. первый укос в стадии начала выбрасывания метелки дал 36.8 т зеленой массы с гектара и второй укос в этой же стадии 39.4 т/га, что составляло 101.3 и 89.3 ц сена с гектара. В один укос суданка дает на столбчатом солонце 148.0 ц с гектара. В резко засушливый год даже на каштановой почве урожай сена снизился до 78—80 ц/га, как это видно из табл. 12.

ТАБЛИЦА 12

Урожай сена суданской травы (*Sorghum sudanense* Stapf.) за 4 года жизни в ц/га

№ делянки	Почва делянки	№ образца	Происхождение семян	Время посева	1936 г.		1937 г.		1938 г.	1939 г.
					1-й укос 18/VIII	2-й укос 15/X	1-й укос 7/VIII	2-й укос 20/X	1-й укос 1/X	1-й укос 10/VIII
25/6	к-90, с-10	*S. sud.* 448 НКЗ	Азово-Черноморье	20/VI 1936 г.	142.5	41.0	—	—	—	—
13/11	к-65, с-35	»	То же	12/V 1937 г.	—	—	101.3	89.3	—	—
18/2	с-100	»	»	10/VI 1938 г.	—	—	—	—	148.0	—
1/5	к-100	»	»	30/IV 1939 г.	—	—	—	—	—	82.9
2/5	к-100	»	»	То же	—	—	—	—	—	78.6

Как культура, дающая огромную зеленую массу высокого кормового значения, суданка с успехом может возделываться на столбчатых солонцах при орошении, на силос. При ранних же укосах, до цветения, когда кормовые качества ее наилучшие, она может быть использована на сено. Для повышения кормовой ценности сена необходимо разработать травосмеси суданки с бобовыми (виками, донником, однолетними клеверами и др.), к чему стационар приступил уже с 1939 г.

6. Дагусса [*Eleusine corocana* (L.) Gaertn.]

Это новая в СССР кормовая культура субтропического происхождения. По Рожевицу (1937), «почти все виды *Eleusine* — более или менее хорошие кормовые злаки, но, в особенности, отличаются этими качествами дагуссы — *E. corocana* (L.) Gaertn. *E. indica* (L.) Gaertn. — как прекрасный корм лошадям». Кроме того, дагусса представляет собой тропическое хлебное растение, «являющееся для многих народов тропической Азии и Африки главной пищей, заменяющей собой рис, сорго и просо». Отмечается также, что дагусса «является одним из наименее требовательных и наиболее засухоустойчивых хлебных злаков, дающих при этом высокие урожаи», и что стебли и листья дагуссы идут на выделку местных веревок и изготовление бумаги.

Опыты с дагуссой были начаты только в 1938 г. Но так как агротехника ее возделывания на сено и на зерно нам была неизвестна, то хороших результатов мы пока не получили, но тем не менее мы полагаем, что дагусса вполне заслуживает продолжения дальнейших опытов как кормовая культура для орошаемых солонцов Заволжья.

Высеянная 23/VI 1938 г. нормой в 20 кг/га рядками с междурядьями в 13 см с послепосевным поливом дагусса дала хорошие всходы через 5—6 дней и зрелые семена к 10/X, т. е. через 108—110 дней со дня посева. В фазу начала цветения дагусса представляет собой нежную, сочную светлозеленую траву высотой 35—40 см. Созревание семян в пальчатом соцветии происходит не одновременно, и потому время уборки на зерно определить трудно, так же как и у проса, щетинника и других подобных им злаков.

Урожай семян дагуссы в 1938 г. составлял на делянке с преобладанием столбчатого солонца всего 1.9 ц/га и на делянке с преобладанием каштановой почвы 3.7 ц/га и соответственно соломы 30.0 и 37.0 ц/га. В 1939 г. дагусса была высеяна семенами, полученными в 1938 г., но так как посев был произведен, повидимому, слишком рано (5/V), когда почва вследствие холодной весны еще недостаточно согрелась для этой субтропической культуры, то всходы, несколько ослабленные, появились только в конце мая. Общее развитие растений в течение вегетационного периода также было значительно более слабое, чем в 1938 г., и высота их не превышала 25—30 см. Урожаи зерна и сена (соломы) приведены в табл. 13.

ТАБЛИЦА 13

Урожаи зерна и сена (соломы) дагуссы [*Eleusine corocana* (L.) Gaertn.] за 2 года жизни (в цг/а)

№ делянки	Почва делянки	№ образца	Происхождение семян	Время посева	1938 г. Уборка 10/X		1939 г. Уборка 15/IX	
					зерна	соломы	зерна	соломы
7/21	с-85, к-15	*E. c.* ВИК	Аскания-Нова	23/VI 1938 г.	1.9	30.0	—	—
8/21	к-80, с-20	То же	Там же	То же	3.7	37.0	—	—
1/21	с-100	»	»	3/V 1939 г.	—	—	1.9	18.3
3/21	с-100	»	»	То же	—	—	2.8	21.7
2/21	к-100	»	»	»	—	—	5.1	32.5
4/21	к-80, с-20	»	»	»	—	—	6.5	36.3

Приведенные наблюдения показывают, что дагусса значительно лучше развивается на каштановых почвах, чем на столбчатых солонцах. Урожаи ее на солонцах снижаются в два раза по сравнению с урожаями на каштановой почве. Тем не менее мы полагаем, что с выработкой надлежащей агротехники дагусса может дать хорошие урожаи сена и зерна на солонцах. Поэтому мы приступили прежде всего к репродукции семян в целях получения достаточного количества для постановки опытов с посевами дагуссы на зерно и на сено. При этом в опытах на сено намечены посевы дагуссы

в чистом виде и в травосмеси с однолетними клеверами — александрийским и персидским.

7. Сорго (*Sorghum* Pers.)

В 1937 г. был произведен опыт с некоторыми сортами сорго, полученными от Камышинской станции. Всего было испытано восемь сортов сорго, относящихся к следующим пяти видам (по Рожевицу):

1) *Sorghum cernuum* Host. — Джугара № 299;

2) *S. japonicus* (Hack.) Roshev. — Гаолян № 649 и Гаолян низкорослый № 934;

3) *S. saccharatum* (L.) Pers. — Сахарное — пестроплеичатое № 1115 и Ранний янтарь № 325;

4) *S. Cafforum* Beauv. — Кафрское красное № 635 и Кафрское белое № 1049;

5) *S. technicus* (Koern.) Roshev. — Техническое (веничное) местное из колхоза им. Челюскинцев.

Посев был произведен 8/V с междурядьями в 60 см при норме высева в 7.5 кг/га. Уборка вполне созревшего зерна была произведена 28/VIII, т. е. полный вегетационный период сорго равнялся 113 дням. Урожай зерна и общая высота растений, приведенные в табл. 13, показывают, что сорго может с успехом возделываться на столбчатых солонцах при орошении как на зерно, так и на корм в качестве силоса или сена. Высота растений для разных сортов сорго колеблется от 130 до 260 см и урожай воздушно-сухого зерна от 33.1 до 78.0 ц/га. Для сравнения отметим, что по данным Камышинской станции (М. П. Космодемьянский, 1936), урожаи воздушно-сухого зерна разных сортов сорго на неорошаемых солонцевато-каштановых почвах станции в условиях опыта 1932 г. составляли от 19.1 до 46.9 ц/га и в условиях опыта 1933 г. от 9.5 до 24.5 ц/га.

8. Кукуруза [*Zea mays* (L.)]

Небольшой опыт, проведенный в 1937 г. с некоторыми сортами кукурузы, полученными от Камышинской станции, показывает, что эта культура с успехом может возделываться на зеленый корм, силос или зерно на солонцовых почвах Заволжья при орошении. Посев, произведенный

ТАБЛИЦА 14

Урожаи воздушно-сухого зерна разных сортов сорго и кукурузы (в початках) в 1937 г. на столбчатом солонце и комплексных почвах

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Высота растений в фазу цветения в см	Урожай зерна и початков в ц/га
		Сорго		
11/12	к-65, с-35	Джугара № 299	180—210	41.0
12/12	То же	Гаолян № 647	190—200	33.2
13/12	с-70, к-30	Гаолян низкорослый № 934	220—240	78.6
14/12	То же	Сахарное пестроплеичатое № 1115	240—260	43.2
17/12	с-75, к-25	Ранний янтарь № 325	220—240	61.1
15/12	с-80, к-20	Кафрское красное № 635	190—200	47.0
16/12	с-100	» белое № 1049	130—140	33.1
18/12	То же	Техническое (веничное) местное	200—210	52.9
		Кукуруза		
8/12	с-90, к-10	Среднеазиатская	—	35.0
9/12	с-100	Северная Дакота	—	88.8
10/12	То же	Розенбергская	—	97.5

8/V с междурядьями 60 см и с нормой высева для среднеазиатской кукурузы (мелкой) в 22.5 кг/га и для остальных в 30.0 кг/га, дал с тремя поливами зрелые початки к 28/VIII, т. е., так же как и у рассмотренных выше сортов сорго, через 113 дней. Урожаи зерна (воздушно-сухих початков), приведенные в табл. 14, а также общее развитие растений показывают, что кукуруза может иметь применение в качестве кормовой культуры в этом районе.

V. МНОГОЛЕТНИЕ БОБОВЫЕ КОРМОВЫЕ ТРАВЫ

Из многолетних бобовых испытанию были подвергнуты различные расы посевной, желтой и голубой люцерн, а также некоторые виды клеверов, эспарцетов и астрагалов. Главное внимание, конечно, было обращено на люцерну — посевную и желтую, как на культуры, уже зарекомендовавшие себя в Заволжье в условиях сухого и орошаемого земледелия, как это показали работы Краснокутской и Костычевской станций.

1. Люцерна посевная, или синяя, и синегибридная (*Medicago sativa* L.)

Большинство испытанных нами в течение 4 лет сортов относится к группе синегибридной люцерны. К группе чисто синей, повидимому, надо отнести только люцерну № 647, полученную от ВИК, семена которой были доставлены сюда из г. Чимбая, Каракалпакской АССР, являющейся в СССР главным производителем и поставщиком синей хивинской люцерны (В. М. Попов, 1939). Из стандартных сортов, вошедших в предварительный проект районирования сортов люцерны, составленный ВИК (В. М. Попов и М. И. Тарковский, 1939), в нашем распоряжении имелись: Краснокутская № 3125, Гримм-Зайкевич, Украинская селекционная № 300 и Полтавская № 225, Украинская местная, а также не вошедший в районирование сорт Туркестанской опытной станции. Семена всех этих сортов были получены от Краснокутской станции. Из отдела селекции трав этой станции были получены также и все остальные селекционные номера, еще находящиеся в этом отделе в стадии изучения.

В целях получения сравнительных данных по урожайности сена и семян люцерны на разных почвах большинство указанных сортов высевалось одновременно на столбчатом солонце и на каштановой почве.

Высеянные нормой в 12—15 кг/га 20/VI 1936 г. с послепосевным поливом все эти сорта дали хорошие всходы через 3—4 дня на каштановой почве и через 4—5 дней на столбчатом солонце. Начало цветения, отмечено 31/VII, т. е. через 40—42 дня после посева. К этому времени высота растения достигала у разных сортов 40—60 см. 21/VIII люцерна была скошена и дала урожай сена порядка 10—25 ц/га. К середине октября был собран второй укос, несколько больший, чем первый.

На основании прежних работ П. Н. Константинова (1917, 1918) с люцерной на неорошаемых каштановых почвах Краснокутской станции, в наших условиях культуры люцерны на орошаемых столбчатых солонцах можно было ожидать ее сильного вымерзания. Специально проведенные П. Н. Константиновым зимой 1915/16 г. опыты с делянками люцерны: в обыкновенных условиях, политыми осенью, политыми зимой (для создания гололедицы), с очисткой и наволоком снега, выяснили, что наибольшее вымерзание всех сортов люцерны имеет место на делянках, очищенных от снега, и что сильнее всего страдают от вымерзания сорта посевной люцерны. Так, в среднем им была получена следующая вымерзаемость разных сортов (в %):

Люцерна посевная Гримма	88	Люцерна желтая культурная	16
» местная	65	» дикая	4
» помесь (гибридная)	28		

Причины различной морозостойкости сортов, по мнению автора, кроются в самой природе сортов, и главной из них он считает строение корневой системы. К внешним факторам, влияющим на степень морозостойкости различных сортов, автор относит рельеф местности, солонцеватость почв, степень отрастания ко времени осенних заморозков, высоту стерни после последнего укоса, густоту травостоя и др. При этом отмечается, что «на солонцеватых почвах убыль люцерны от морозов значительно больше». Примерно эти же факторы зимоустойчивости, т. е. более широкого понятия, чем морозостойкость, отмечает автор и в своем последнем руководстве по культуре люцерны на юго-востоке Европейской части СССР (Константинов, 1932). Здесь указывается, что люцерна погибает (в большинстве по второму-третьему году) от бесснежных зим, ранней осенней и поздней гололедицы. Здесь отмечается также, что «на солонцеватых почвах гибель, обычно, выше».

Имея в виду приведенные наблюдения, мы ожидали особенно сильной гибели при зимовке орошаемых синей и синегибридных люцерн на солонцовых почвах и несколько меньшей гибели на почвах каштановых. Однако, вопреки ожидаемым результатам, почти все сорта люцерны очень хорошо перезимовали на обеих почвенных разностях как первую, так и последующие зимы, и в настоящее время они уже доведены до четырехлетнего возраста, без заметного снижения своей продуктивности от вымерзания.

На второй год жизни люцерна скашивалась, по указаниям акад. В. Р. Вильямса (1938), в стадии бутонизации, с поливами нормой в 1000—1200 м³ после каждого укоса. Всего за лето было произведено пять укосов на сено. При этом выяснилось, что от одного укоса в стадии бутонизации до следующего в этой же стадии люцерне необходимо всего 25—30 дней.

Урожаи сена разных сортов люцерны за 2 года жизни на орошаемом столбчатом солонце приведены в табл. 15, а урожаи тех же сортов на каштановой почве — в табл. 16.

Преобладающее большинство испытанных сортов люцерны, как это видно из приведенных в табл. 15 и 16 цифр, дает на второй год жизни урожай сена за пять укосов больше 175 ц/га. Многие сорта дают урожай сена даже выше 200 ц/га; на столбчатом солонце такие урожаи дали сорта Гримм-Зайкевич и Краснокутская № 4426, 4405, 4430 и 4374; на каштановой почве — Украинская № 300, Туркестанской опытной станции, Гримм-Зайкевич и Краснокутская № 4364 и 4374. Лишь немногие сорта, а именно Украинская местная и Туркестанской опытной станции на столбчатом солонце и Украинская местная, Краснокутская № 4414 и 4415 на каштановой почве дали урожай сена ниже 175 ц/га. Два сорта — Украинская № 300 и № 376 из Армении—дали на столбчатом солонце урожай сена ниже 150 ц/га, но на каштановой почве тот же сорт Украинская № 300 дал высший урожай, а именно 216 ц/га.

Интересно отметить, что преобладающее большинство сортов люцерны дало на столбчатом солонце за 2 года жизни урожай сена значительно более высокий (на 10—20%), чем те же сорта на каштановой почве, как это показано в табл. 16. Лишь у некоторых сортов — Украинская № 300, Туркестанской опытной станции и Краснокутская № 3125 — на столбчатом солонце урожай по сравнению с урожаем на каштановой почве оказался более низким и у двух сортов — Краснокутская № 4374 и 4364 — почти одинаковый урожай на обеих почвенных разностях. Наоборот, по семенной продукции урожаи всех сортов люцерны, как это показано ниже, на каштановой почве значительно выше урожаев на столбчатых солонцах.

В 1938—1939 гг. все делянки люцерны были оставлены на семена, причем в 1938 г. (третий год жизни растений) первый укос был произведен на сено в стадии отцветания (6 и 11/VI), а второй укос оставлен на семена, уборка которых произведена 2/IX. В 1939 г. первый укос был оставлен на семена, и уборка произведена 24/VII; второго укоса в этом году не было вследствие отсутствия поливной воды в водохранилище.

Уборка на семена производилась следующим образом. Сжатая с делянок серпами люцерна связывалась в снопы, которые оставлялись для сушки на 4—5 дней. Воздушно-сухие снопы взвешивались, а затем обмолачивались на брезенте деревянными вальками. Обмолоченные бобы отвеивались вручную на ветру на том же брезенте и затем хранились в мешках еще несколько дней, до обмолота всех делянок. После этого чистые семена отделялись от бобов при помощи толчения их в деревянных ступках, отвеивания и отсева на ситах. Оставшиеся после обмолота снопы соломы снова взвешивались, но так как их вес сильно варьировал от большей или меньшей сохранности листьев и стеблей в процессе обмолота, то мы не будем приводить вес соломы, а дадим вес чистых семян и вес соломы с мякиной, полученный по разности между весом всех воздушно-сухих снопов с данной делянки и весом чистых семян.

Урожаи сена, семян и соломы с мякиной за третий и четвертый годы жизни люцерны на столбчатом солонце приведены в табл. 17, а те же данные для каштановой почвы — в табл. 18.

Урожай семян разных сортов люцерны, полученный на столбчатом солонце в засушливом 1938 г., составлял от 5 до 14.8 ц/га, а в еще более засушливом и неблагоприятном для семенной продукции 1939 г. он составлял на той же почве всего лишь от 2.5 до 8.6 ц/га (табл. 17). На каштановой почве те же сорта дали урожай семян значительно более высокий: в 1938 г. от 5 до 18.4 ц/га и в 1939 г. от 1.4 до 18 ц/га (табл. 18).

В год получения семян люцерны синяя и синегибридная могут давать и на столбчатом солонце и на каштановой почве, кроме урожая семян, еще один полный укос сена, который может производиться или до уборки на семена или после таковой. В 1939 г. мы не имели возможности получить укос сена после уборки на семена исключительно лишь по причине отсутствия воды для полива.

В среднем продукция семян почти всех сортов люцерны, а также соломы и мякины на каштановой почве значительно выше, чем та же продукция, получаемая на столбчатом солонце. К сожалению, мы не имеем возможности провести сравнение урожаев семян всех сортов люцерны на столбчатом солонце с урожаями тех же сортов на каштановой почве по следующей причине. В 1938 и 1939 засушливых годах было замечено, что все сорта люцерны, расположенные на четных делянках чека 4 (т. е. дел. 2/4, 4/4, 6/4 и т. д.) с каштановой почвой, несколько отставали по росту и общей продукции от сортов люцерны, произрастающих на нечетных делянках того же чека. Это произошло вследствие того, что чек 4 имеет некоторый уклон в сторону нечетных делянок, и потому при поливах затоплением нечетные делянки всякий раз получали несколько большую норму, чем четные, несмотря на то, что после покрытия водой всего чека лишняя вода с его более низкой части сбрасывалась для полива расположенных рядом древесных посадок. Это различие не сказывалось в нормальные по погоде 1936—1937 гг. с их более низкими средними температурами воздуха и более высокой его влажностью, с выпадающими в течение вегетационного периода осадками и т. д. и сравнительно резко сказалось в засушливые 1938 и 1939 гг., когда полезных атмосферных осадков в течение вегетационного периода почти не было и стояла непрерывная жара. К тому же в эти последние 2 года мы располагали значительно меньшими количествами поливной воды вследствие пересыхания плеса р. Малый Узень, и поливы производились более редкие и меньшими нормами. Вследствие этого урожай семян, сена, соломы и мякины на нечетных делянках чека 4, как более обильно увлажняемых, получился значительно более высокий, чем урожай на четных делянках того же чека.

ТАБЛИ

Урожаи сена разных сортов люцерны посевной (*Medicago sativa* L.)

№ делянки	Почва делянки	Сорт	1936 г. 1-й укос 21/VIII	1936 г. 2-й укос 15/X	1936 г. Всего за год
20/11	с-100	Гримм-Зайкевич	26.0	25.4	51.4
2/10	»	Полтавская № 225	13.7	25.6	39.3
7/10	»	Краснокутская № 3125	14.8	23.7	38.5
16/3	»	№ 647 ВИК (Чимбай)	16.2	4.8	21.0
3/10	»	Украинская местная	19.2	21.4	40.6
5/10	»	Туркестанской оп. ст.	15.7	26.3	42.0
1/10	»	Украинская № 300	16.1	16.0	32.1
14/9	»	№ 376 ВИК (Армения)	—	14.8	14.8
16/10	с-100	Краснокутская № 4426	13.1	23.6	36.7
10/10	»	» № 4405	10.9	19.4	30.3
18/10	»	» № 4430	15.9	21.5	37.4
12/10	»	» № 4374	13.4	20.1	33.5
11/10	»	» № 4364	19.8	19.1	38.9
13/10	»	» № 4414	16.8	19.2	36.0
9/10	»	» № 4380	15.9	25.9	41.8
17/10	с-95, к-5	» № 4428	11.1	23.2	34.3
19/10	с-90, к-10	» № 4427	10.3	23.5	33.8
12/9	с-90, к-10	№ 647 ВИК (Чимбай)	—	10.6	10.6
15/10	с-60, к-40	Краснокутская № 4415	13.9	24.2	38.1

ТАБЛИ

Урожаи сена разных сортов люцерны посевной (*Medicago sativa* L.)

№ делянки	Почва делянки	Сорт	1936 г. 1-й укос 21/VIII	1936 г. 2-й укос 14/X	1936 г. Всего за год
8/4	к-100	Украинская № 300	22.3	31.5	53.8
10/4	»	Туркестанской оп. ст.	20.3	27.7	48.0
6/4	»	Краснокутская № 3125	25.7	29.0	54.7
17/4	»	Гримм-Зайкевич	10.7	29.5	40.2
9/4	»	Украинская местная	7.9	24.9	32.8
3/4	к-100	Краснокутская № 4374	11.4	32.2	43.6
5/4	»	» № 4364	12.8	28.9	41.7
12/4	»	» № 4427	18.3	26.7	45.0
7/4	»	» № 4430	11.4	25.0	36.4
16/4	»	» № 4405	17.3	26.7	44.0
11/4	»	» № 4428	6.6	24.4	31.0
15/4	»	» № 4426	6.0	21.6	27.6
13/4	»	» № 4414	4.6	18.9	23.5
14/4	»	» № 4415	12.1	21.3	33.4
4/4	к-95, с-5	» № 4380	19.8	31.9	51.7
18/4	к-50, с-50	Полтавская № 225	20.5	30.0	50.5

ЦА 15

за 2 года жизни (при чистом посеве) на столбчатых солонцах в ц/га

1937 г. 1-й укос 15/VI	1937 г. 2-й укос 14/VII	1937 г. 3-й укос 6/VIII	1937 г. 4-й укос 9/IX	1937 г. 5-й укос 19/X	1937 г. Всего за год	Всего за 2 года
55.3	61.3	48.8	38.8	31.8	236.0	287.5
44.8	40.0	32.4	45.0	30.8	193.0	232.3
37.8	42.5	27.9	42.5	27.6	178.3	216.8
59.4	40.0	46.4	27.1	21.3	194.2	215.5
33.3	35.0	25.6	41.3	28.5	163.7	204.3
41.9	33.8	22.5	38.8	21.4	158.4	200.4
26.5	27.5	26.9	41.3	23.4	145.6	177.7
32.9	30.0	23.8	26.3	10.5	123.5	138.3
71.3	50.0	35.0	41.3	24.8	222.4	259.1
70.8	51.3	34.5	45.0	25.6	227.2	257.5
50.0	56.3	36.0	45.0	29.3	216.6	254.0
62.5	46.3	29.4	42.5	25.0	205.7	239.2
55.0	40.0	26.3	38.8	19.1	199.2	238.1
62.5	46.5	33 3	41.3	14.6	198.2	234.2
47.3	40.0	26.9	38.8	24.9	177.9	219.7
68.8	55.0	35.6	42.5	22.6	224.5	258.8
73.8	43.8	36.5	42.5	24.9	221.5	255.3
62.1	51.3	36.4	31.3	11.9	193.0	203.6
54.1	41.3	31.8	38.8	21.4	187.4	225.5

ЦА 16

за 2 года жизни (при чистом посеве) на каштановой почве в ц/га

1937 г. 1-й укос 15/VI	1937 г. 2-й укос 10/VII	1937 г. 3-й укос 6/VIII	1937 г. 4-й укос 9/IX	1937 г. 5-й укос 16/X	1937 г. Всего за год	Всего за 2 года	% к урожаям на столбчатых солонцах
55.3	54.3	31.4	47.1	28.3	216.4	270.2	152
72.4	47.1	31.1	41.4	25.6	217.6	265.6	133
43.7	48.6	25.9	45.7	28.4	192.3	247.0	114
35.7	41.4	38.1	45.7	41.9	202.8	243.0	85
31.1	40.0	34.4	37.1	27.3	170.0	202.8	99
56.3	38.6	38.9	44.3	23.7	201.8	245.4	103
46.9	52.9	40.9	41.4	20.0	202.1	243.8	102
68.6	35.7	28.6	41.4	21.3	195.6	240.6	94
44.6	50.0	39.7	41.4	22.1	197.8	234.2	92
47.7	47.1	26.9	42.9	24.6	189.2	233.2	91
39.1	45.7	35.4	37.1	22.7	180.0	211.0	82
44.9	42.9	32.4	38.6	22.9	181.7	209.3	81
37.3	41.4	31.4	40.0	21.0	171.1	194.6	83
33.9	37.1	25.9	35.7	27.2	159.8	193.2	86
54.3	37.1	26.3	44.3	25.9	187.9	239.6	109
35.7	45.7	26.4	40.0	41.7	189.5	240.0	103

ТАБЛИ

Урожаи семян разных сортов люцерны посевной (*Medicago sativa* L.)

№ делянки	Почва делянки	Сорт	1938 г.		
			1-й укос 11/VI	Уборка 2/IX	
				семян	соломы и мякины
20/11	с-100	Гримм-Зайкевич	77.5	14.82	130.2
2/10	»	Полтавская № 225	82.5	9.93	93.8
1/10	»	Украинская № 300	67.5	10.35	95.9
7/10	»	Краснокутская № 3125	77.5	10.15	74.9
5/10	»	Туркестанск. оп. ст.	55.0	7.28	65.2
3/10	»	Украинская местная	66.3	7.08	75.4
16/3	»	№ 647 ВИК (Чимбай)	71.4	12.57	89.4
14/9	»	№ 376 ВИК (Армения)	37.5	5.06	42.4
18/10	с-100	Краснокутская № 4430	85.0	14.23	95.8
13/10	»	» № 4414	76.5	7.95	72.9
16/10	»	» № 4426	77.5	8.40	75.4
11/10	»	» № 4364	75.0	5.23	69.8
10/10	»	» № 4405	77.5	6.55	66.0
9/10	»	» № 4380	75.0	7.18	67.8
12/10	»	» № 4374	65.0	5.50	62.0
17/10	с-95, к-5	» № 4428	78.8	13.80	91.2
19/10	с-90, к-10	» № 4427	77.5	18.55	121.5
12/9	с-90, к-10	№ 647 ВИК (Чимбай)	65.0	8.12	41.9
15/10	с-60, к-40	Краснокутская № 4415	77.5	13.33	92.9

ТАБЛИ

Урожаи семян разных сортов люцерны посевной (*Medicago sativa* L.)

№ делянки	Почва делянки	Сорт	1938 г.		
			1-й укос 1/VI	Уборка 2/IX	
				семян	соломы и мякины
9/4	к-100	Украинская местная	78.6	12.77	87.2
17/4	»	Гримм-Зайкевич	65.7	12.80	98.6
10/4	»	Туркестанск. оп. ст.	68.6	9.60	94.7
8/4	»	Украинская № 300	74.3	9.34	79.2
6/4	»	Краснокутская № 3125	37.1	5.46	70.3
3/4	к-100	» № 4374	81.4	18.40	105.9
11/4	»	» № 4428	77.1	16.03	92.5
5/4	»	» № 4364	82.9	15.77	87.1
7/4	»	» № 4430	75.7	17.00	90.1
13/4	»	» № 4414	78.6	15.29	79.0
15/4	»	» № 4426	85.7	15.34	79.0
12/4	»	» № 4427	65.7	8.34	77.4
14/4	»	» № 4415	60.0	6.32	70.8
16/4	»	» № 4405	58.6	5.17	63.4
4/4	к-95, с-5	» № 4380	81.4	5.60	60.1
18/4	к-50, с-50	Полтавская № 225	61.4	4.54	62.6

ЦА 17

на 3-й и 4-й годы жизни (при чистом посеве) на столбчатом солонце в ц/га

Всего сена, соломы и мякины за год	1939 г.		Всего за 2 года	
	Уборка 24/VII			
	семян	соломы и мякины	семян	сена, соломы и мякины
207.7	7.38	103.9	22.2	348.1
176.3	7.03	143.0	17.0	319.3
163.4	5.25	128.5	15.6	291.9
152.4	3.05	82.0	13.2	234.4
120.2	3.08	79.4	10.4	199.6
141.7	2.63	94.9	9.7	236.6
160.8	Опыта не было		—	—
79.9	То же		—	—
180.8	8.60	143.9	22.8	324.7
149.4	7.29	113.3	15.2	262.7
152.9	5.25	92.3	13.7	245.2
144.8	5.95	149.1	11.2	293.9
143.5	3.25	84.3	9.8	227.8
142.8	2.50	82.5	9.7	225.3
127.0	2.80	74.7	8.3	201.7
170.0	10.53	179.5	24.3	349.5
199.0	17.85	222.2	36.4	421.2
106.9	Опыта не было		—	—
170.4	13.8	178.1	26.5	348.5

ЦА 18

на 3-й и 4-й год жизни (при чистом посеве) на каштановой почве в ц/га

Всего сена, соломы и мякины за год	1939 г.		Всего за 2 года	
	Уборка 24/VII			
	семян	соломы и мякины	семян	сена, соломы и мякины
165.8	8.34	151.7	21.1	317.5
164.3	8.20	134.7	21.0	299.0
163.3	3.49	82.2	13.1	245.5
153.5	2.20	89.2	11.5	242.7
107.4	1.23	44.5	6.7	151.9
187.3	18.00	243.4	36.4	430.7
169.6	15.97	209.7	32.0	379.3
170.0	12.40	196.2	28.2	366.2
165.8	10.97	151.9	28.0	317.7
157.6	11.86	185.3	27.2	342.9
164.7	10.71	165.0	26.1	329.7
143.1	2.77	68.7	11.1	211.8
130.8	2.83	71.5	9.2	202.3
122.0	1.43	58.6	6.6	180.6
141.5	1.69	33.9	7.3	175.4
124.0	1.00	49.0	5.5	173.0

Поэтому мы проведем сравнение урожаев семян лишь по сортам люцерны, посеянным на нечетных делянках чека 4 с каштановыми почвами, с теми же сортами, посеянными на столбчатых солонцах чека 10, где условия полива всех делянок были нормальными. Таких сравнимых сортов оказалось всего лишь восемь. Это видно из табл. 19, где сравниваются урожаи семян, сена, соломы и мякины указанных сортов за 2 года.

ТАБЛИЦА 19

Сравнительная урожайность семян, сена, соломы и мякины некоторых сортов люцерны посевной за 2 года на столбчатом солонце и каштановой почве в ц/га

Сорт	Семена			Сено, солома и мякина		
	Столбчатый солонец (1)	Каштановая почва (2)	Урожай (2) в % к урожаю (1)	Столбчатый солонец (3)	каштановая почва (4)	Урожай (4) в % к урожаю (3)
Краснокутская № 4374	8.3	36.4	439	202	431	213
» № 4364	11.2	28.2	252	294	366	124
Украинская местная	9.7	21.1	218	237	318	134
Краснокутская № 4426	13.7	26.1	191	245	330	135
» № 4414	15.2	27.2	179	263	343	130
» № 4428	24.3	32.0	132	350	379	108
» № 4430	22.8	28.0	123	325	318	98
Гримм-Зайкевич	22.2	21.0	95	349	299	86
Среднее	16.2	27.5	170	283	348	123

Из этих сравнительных данных ясно видно, что урожай семян люцерны на каштановой почве значительно выше урожая семян на столбчатом со-

ТАБЛИ

Урожаи семян, сена, соломы и мякины некоторых сортов лю

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1937 г.	
				1-й укос 25/VII	2-й укос 13/IX
10/28	с-100	Краснокутская № 3125	24/IV 1937 г.	1.4	10.0
7/28	с-95, к-5	» № 4427	То же	1.7	12.8
9/28	с-90, к-10	» № 4405	»	0.9	10.6
8/28	с-90, п-10	» № 4374	»	2.2	16.7
2/28	с-60, п-40	» № 4428	»	6.5	10.6
6/28	с-50, п-50	» № 4426	»	2.8	17.2
4/28	с-40, п-60	Туркестанск. оп. ст.	»	2.9	15.8
5/28	с-10, п-90	Полтавская № 225	»	4.7	20.0
3/28	п-100	Краснокутская № 4364	»	2.9	15.6
9/35	с-100	Западносибирская № 8893	»	1.8	20.3
10/36	с-95, к-5	Краснокутская № 4374	20/V 1937 г.	—	19.1
9/36	с-85, к-15	Гримм-Зайкевич	То же	—	12.5
7/36	с-85, к-15	Туркестанск. оп. ст.	»	—	9.0
6/36	с-80, к-20	Краснокутская № 3125	»	—	21.1
8/36	с-50, к-50	Полтавская № 225	»	—	12.5

лонце. В среднем для всех сортов урожай семян на каштановой почве на 70% выше урожая на столбчатом солонце, а урожай сена, соломы и мякины выше на 23%. Для различных сортов это превышение урожая и мякине — от 8 до 113%. Лишь один сорт, а именно Гримм-Зайкевич, дал на столбчатых солонцах урожай семян и урожай сена, соломы и мякины более высокий (на 5.14%), чем урожай той же продукции на каштановой почве.

Для получения количества семян некоторых сортов люцерны, достаточного для закладки опытов с травосмесями на крупных делянках, эти сорта были высеяны в 1937 г. на делянках площадью по 18 м². Среди этих делянок вследствие несколько увеличенной их площади лишь две оказались сплошь покрытыми столбчатым солонцом, все же остальные 13 делянок были комплексные, т. е. имели неоднородный почвенный покров, состоящий из столбчатого солонца и каштановой почвы или из столбчатого солонца и сильно перерытой землероями почвы (сурчины) в разном процентном соотношении этих почв. В дополнение к уже упоминавшимся сортам здесь высевался еще сорт № 8893, полученный от Сибниизхоза.

Посев люцерны на этих делянках был произведен 24/IV и 20/V 1937 г. В год посева за три укоса при четырех поливах с разных сортов было получено от 12.3 до 49.4 ц сена с гектара. В 1938 г. первый укос был произведен на сено, а второй оставлен на семена. В 1939 г. была произведена лишь уборка на семена, без дополнительного укоса сена вследствие отсутствия поливов. Урожаи семян, сена, соломы и мякины за три года жизни на этих комплексных делянках представлены в табл. 20.

Вследствие различий в почвенном покрове нельзя полностью проводить сравнение урожаев этих сортов друг с другом и сравнение их с урожаями, приведенными в табл. 15—18. Но все же можно отметить, что почти все сорта дают на комплексных почвах хорошие урожаи как семян, так и сена. Урожай семян 1938 г. для разных сортов составлял от 1.5 до 10.6 ц/га и в более неблагоприятном, по условиям погоды, 1939 г. от 3.3 до 7.3 ц/га.

ЦА 20

церны посевной за 3 года жизни (при чистом посеве) в ц/га

		1938 г.				1939 г.		Всего за 2 года без года посева	
3-й укос 19/X	Всего за год	1-й укос 18/VI	Уборка 9/IX		Сена, соломы и мякины за год	Уборка 25/VII			
			семян	соломы и мякины		семян	соломы и мякины	семян	сена, соломы и мякины
6.1	17.5	33.1	8.53	37.0	70.1	4.04	31.5	12.6	101.6
6.9	21.4	43.9	8.74	42.9	86.8	3.33	36.7	12.1	123.5
4.2	15.7	35.6	10.46	51.2	86.8	6.67	82.2	17.1	169.0
9.2	28.1	38.3	10.06	50.5	88.8	5.37	42.7	15.4	131.5
6.2	23.3	33.9	8.55	60.9	94.8	3.63	33.6	12.2	128.4
8.9	28.9	35.6	8.54	49.8	84.5	5.42	49.9	14.0	134.4
14.1	35.8	33.1	10.62	53.2	86.3	4.93	39.5	15.6	125.8
24.7	49.4	62.5	5.43	59.0	121.5	4.37	73.7	9.8	195.2
10.8	29.3	56.4	9.46	68.3	124.7	7.31	85.5	16.8	210.2
14.8	36.9	35.0	7.27	34.1	69.1	3.62	24.2	10.9	93.3
2.3	21.4	22.2	2.34	27.7	49.9	Опыта не было			
7.9	20.4	31.4	6.41	35.8	67.2	То же			
3.3	12.3	22.2	4.91	22.3	44.5	»			
8.3	29.4	26.7	1.54	28.5	55.2	»			
4.0	16.5	17.8	3.94	19.4	37.2				

Все приведенные наблюдения по культуре разных сортов синей и синегибридной люцерн показывают, что на столбчатых солонцах Заволжья при орошении могут с успехом возделываться как в чистом виде, так и в травосмесях почти все испытанные нами сорта, т. е. люцерна хивинская, люцерна Туркестанской опытной станции, Гримм-Зайкевича, почти все номера Краснокутской станции, а также все украинские селекционные сорта. Неоднократно высказываемая различными исследователями мысль, что для культуры различных растений в каждом районе необходимо пользоваться семенами местного происхождения или из районов со схожими природными условиями, лишний раз подтверждается и нашим нижеследующим опытом.

В 1938 г. мы имели возможность высеять на питомнике ряд сортов люцерны, полученных акад. В. Р. Вильямсом от некоторых опытных станций США, а также люцерны румынскую, чехословацкую и венгерскую и, наконец, три сорта нашего отечественного происхождения: люцерна из г. Нукус (Кара-Калпакия), повидимому синяя, негибридная, люцерна Интернациональной МТС (Северный Казахстан) и люцерна из Азово-Черноморья. Посеянные и культивируемые в равных условиях, почти исключительно на столбчатом солонце, эти сорта люцерны дали за 2 года урожаи сена, семян и соломы с мякиной, приведенные в табл. 21.

ТАБЛИЦА 21

Урожаи сена, семян, соломы и мякины некоторых сортов люцерны посевной иностранного и отечественного происхождения за 2 года жизни в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1938 г.	1939 г.	
					Уборка 24/VII	
				1-й укос 25/IX	семян	соломы и мякины
13/13	с-100	Интернациональной МТС	20/VI 1938 г.	50.0	8.15	119.4
11/14	»	Из г. Нукус (Кара-Калпакия)	То же	13.3	2.43	100.1
12/13	»	Гардистанская № 1200 ВИК	»	28.8	2 00	35.5
2/13	»	Румынская № 1097 ВИК	»	33.8	1.10	43.9
19/12	»	Из США (Ю. Дакота)	14/VI 1938 г.	41.3	0.88	22.9
8/13	»	Чехословацкая № 1089 ВИК	20/VI 1938 г.	25.0	0.80	28.0
10/12	»	Ладак из США (Монтана)	14/VI 1938 г.	17.5	0.75	26.8
18/12	»	Гримм из США (Монтана)	То же	12.5	0.55	17.0
9/13	с-90, к-10	Венгерская № 1094 ВИК	20/VI 1938 г.	28.8	2.45	61.3
14/12	с-70, к-30	Гардистанская из США (Небраска)	14/VI 1938 г.	26.3	4.23	68.3
17/13	с-55, к-45	Из Азово-Черноморья	20/VI 1938 г.	36.3	8.50	104.0
4/34	к-80, с-20	Из США (Ю. Дакота)	21/VI 1938 г.	25.6	1.04	14.2

Из этих данных ясно видно, что наши отечественные сорта люцерны дают на столбчатом солонце и комплексных почвах при орошении значительно бо́льшую продукцию семян и сена, чем сорта иноземные. В то время как наши люцерны из Северного Казахстана и Азово-Черноморья дали на второй год жизни свыше 8 ц семян с гектара и свыше 100 ц соломы с мякиной с гектара, иноземные сорта дали в тех же условиях всего от 0.5 до 4.2 ц семян с гектара и от 17 до 68 ц соломы с мякиной с гектара. Люцерна из Кара-Калпакии дала 2.4 ц семян с гектара и 100.1 ц соломы с мякиной с гектара, т. е. также значительно бо́льшую общую продукцию, чем иноземные сорта.

2. Люцерна желтая, или серповидная (*Medicago falcata* L.) и люцерна средняя, или пестрогибридная (*M. media* Pers.).

В течение 4 лет на питомнике испытано пять сортов люцерны желтой: два селекционных сорта Краснокутской станции (№ 4009 и 1202), две дикорастущие томские формы репродукции Краснокутской станции и люцерна желтая, полученная от ВИК № 799. Все эти сорта были посеяны одновременно с вышеописанными сортами люцерны посевной 20/VI 1936 г. при одинаковой агротехнике и уходе в течение всех 4 лет.

В первый год жизни разные сорта люцерны желтой дали урожаи сена (при одном-двух укосах) от 2.2 до 37.0 ц/га. При этом всходы люцерны желтой появились на столбчатом солонце и на каштановой почве через 4—5 дней. Начало цветения отмечено 5—6/VIII, т. е. через 45—46 дней после посева против 40—42 дней для люцерны посевной.

Так как после укоса люцерна желтая отрастает значительно медленнее, чем люцерна посевная, то на второй год жизни было произведено всего четыре укоса, давшие от 70 до 177 ц сена с гектара, как это видно из табл. 22.

Наиболее урожайными сортами, как и следовало ожидать, оказались сорта селекции П. Н. Константинова (1932) на Краснокутской станции — № 1202, 4009. Заслуживает также внимания люцерна томская дикорастущая № 3765 репродукции Краснокутской станции.

На третий и четвертый годы жизни люцерна желтая была оставлена на семена, причем в 1938 г. был произведен сперва укос на сено (11/VI), а затем уборка на семена (2/IX), а в 1939 г. из-за недостатка воды была произведена лишь одна уборка на семена. Урожаи за эти 2 года представлены в табл. 23.

По семенной продукции, так же как и по сену, выделяются сорта № 1202 и 4009, а также томская дикорастущая № 3765. При этом, так же как и для синей люцерны, люцерна желтая дает значительно более высокие урожаи семян и сена на каштановой почве по сравнению с урожаями на столбчатом солонце, как это видно из сравнения данных табл. 22 и 23.

В апреле и мае было высеяно еще несколько номеров желтой и средней (или гибридной) люцерн, полученных от Сибниизхоза. Отметим, что люцерну среднюю (*M. media* Pers.), которую называют также люцерной песчаной (П. Н. Константинов 1932) и люцерной пестрой (В. М. Попов и М. И. Тарковский, 1939), одни ботаники и селекционеры выделяют в самостоятельный вид, другие же считают ее лишь природной помесью между посевной и серповидной люцернами. К этой же группе пестрогибридных люцерн относится также люцерна Лодак, выведенная Кубанской станцией и полученная нами из США (табл. 21).

На второй год жизни эти посевы были использованы на семена. Но, к сожалению, из-за недостатка воды они не получили достаточного числа поливов и дали низкий урожай сена и семян. На третий год из-за недостатка воды часть делянок была исключена (чек 36), а другая часть (чек 35) получила всего один полив и потому также дала очень низкие урожаи семян. Урожаи сена, семян и соломы с мякиной этих делянок иллюстрируются табл. 24.

Из табл. 24 видно, что для культуры на орошаемых комплексных почвах Заволжья заслуживают внимание желтая люцерна № 739 из Южного Казахстана и № 3803 из Семипалатинска.

3. Люцерна голубая (*Medicago coerulea* Less.)

В 1936 г. были посеяны лишь два номера люцерны голубой, полученные от ВИК (№ 13 и Дагестанская). В 1937 г. в опыт были введены еще три номера этой люцерны, полученные от Сибниизхоза.

ТАБЛИЦА 22

Урожаи сена разных сортов люцерны желтой (*Medicago falcata* L.) в 1-й и 2-й годы жизни (при чистом посеве) на столбчатом солонце и каштановой почве в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	1936 г.			1937 г.					Всего за 2 года
			1-й укос 21/VIII	2-й укос 15/X	Всего за год	1-й укос 17/VI	2-й укос 10/VII	3-й укос 12/VIII	4-й укос 25/IX	Всего за год	
6/10	с-100	Краснокутская № 1202	10.5	6.8	17.3	51.0	47.5	23.6	35.0	157.2	174.5
14/10	»	» № 4009	10.8	6.3	17.1	46.5	43.8	19.6	28.8	138.7	155.8
4/10	»	Дикораст. Томская № 3765	8.3	7.4	15.7	60.3	36.3	24.9	37.5	159.0	174.7
8/10	»	» » № 3766	11.6	—	11.6	23.4	15.0	10.6	16.3	70.3	81.9
18/9	с-90, к-10	№ 799 ВИК	7.1	—	7.1	56.8	47.5	—	46.3	150.6	157.7
20/3	с-80, к-20	То же	2.2	—	2.2	50.0	34.3	—	45.7	130.0	132.2
19/4	к-100	Краснокутская № 4009	12.3	13.4	25.7	59.3	45.7	50.0	30.4	185.4	211.1
20/4	к-70, с-30	» № 1202	22.5	14.5	37.0	60.4	48.6	40.6	28.0	177.6	214.6

ТАБЛИЦА 23

Урожаи семян разных сортов люцерны желтой (*Medicago falcata* L.) в 3-й и 4-й годы жизни (при чистом посеве) на столбчатом солонце и каштановой почве в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	1938 г.				1939 г.		Всего за 2 года	
			1-й укос 11/VI	Уборка 2/IX		Сена, соломы и мякины за год	Уборка 24/VII		семян	сена, соломы и мякины
				семян	соломы и мякины		семян	соломы и мякины		
6/10	с-100	Краснокутская № 1202	83.8	4.03	73.5	157.3	2.70	93.6	6.7	250.9
14/10	«	» № 4009	68.8	3.15	54.4	123.2	1.83	65.7	5.0	188.9
4/10	»	Дикораст. Томская № 3765	86.3	5.48	69.5	155.8	2.50	112.5	8.0	268.3
8/10	»	» » № 3766	50.0	3.09	28.2	78.2	2.85	32.2	5.9	110.4
18/9	с-90, к-10	№ 799 ВИК	105.0	1.38	78.6	183.6	Опыта не было		—	—
20/3	с-80, к-20	То же	71.4	3.43	65.6	137.0	0.89	52.9	4.3	189.9
19/4	к-100	Краснокутская № 4009	88.6	6.57	114.4	203.0	5.11	217.8	11.7	420.8
20/4	к-70, с-30	» № 1202	71.4	7.31	88.4	159.8	2.57	126.0	10.0	285.8

ТАБЛИЦА 24

Урожаи сена и семян некоторых сортов желтой люцерны (*Medicago falcata* L.) и средней, гибридной, люцерны (*M. media* Pers.) на комплексных почвах в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1937 г.	1938 г.			1939 г.		Всего за 2 года	
				1-й и 2-й укосы	1-й укос 18/VI	Уборка 9/IX		Уборка 25/VII		семян	сена, соломы и мякины
						семян	соломы и мякины	семян	соломы и мякины		
2/35	с-100	*M. f.* № 739 (Ю. Казахстан)	24/IV 1937 г.	7.0	31.1	7.91	32.1	0.78	17.0	8.8	80.2
8/2	То же	*M. f.* № 739 (Ю. Казахстан)	13/V 1937 г.	18.2	61.4	3.30	62.7	Опыта не было		—	—
3/35	» »	*M. f.* № 2251 (Омская обл.)	24/IV 1937 г.	4.2	27.2	2.49	33.1	0.17	15.9	2.7	76.2
2/36	с-85, к-15	То же	20/V 1937 г.	11.3	21.7	3.49	8.8	Опыта не было		—	—
4/36	с-90, к-10	То же	То же	9.7	30.8	0.32	19.1	То же		—	—
4/35	с-90, к-10	*M. f.* № 613 (Омская обл.)	24/IV 1937 г.	3.4	23.9	2.58	33.5	0.52	30.6	3.1	88.0
2/2	с-90, к-10	То же	13/V 1937 г.	43.9	62.9	1.43	55.7	Опыта не было		—	—
6/35	—	*M. f.* № 3803 (Семипалатинск)	24/IV 1937 г.	3.3	24.5	4.42	36.1	1.51	31.8	5.9	92.4
1/36	с-70, к-30	*M. f.* дикораст. (Сибирь)	20/V 1937 г.	7.4	30.6	0.25	13.6	Опыта не было		—	—
1/35	—	*M. m.* № 1785 (Омск. оп. поле)	24/IV 1937 г.	7.8	22.8	2.14	25.1	0.34	15.2	2.5	63.1
5/36	с-90, к-10	То же	13/V 1937 г.	9.5	35.6	0.77	20.3	Опыта не было		—	—
6/12	с-75, к-25	*M. m.* из США (Ю. Дакота)	14/VI 1938 г.	—	17.5 (21/IX)	—	—	0.20	8.6	—	—
8/34	к-85, с-15	То же	21/VI 1938 г.	—	16.7 (13/IX)	—	—	1.19	20.2	—	—

ТАБЛИЦА 25

Урожаи сена и семян разных сортов люцерны голубой (*Medicago coerula* Less.) 3-й и 4-й годы жизни (при чистом посеве) на столбчатом солонце и каштановой почве в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1936 г. 1-й укос 15/X	1937 г. 1-й укос 20/VI	1937 г. 2-й укос 25/VII	1937 г. 3-й укос 10/IX	1937 г. Всего за год	1938 г. 1-й укос 11/VI	1938 г. Уборка 2/IX сено	1938 г. Уборка 2/IX солома и мякина	1938 г. Сена, соломы и мякины за год	1939 г. Уборка 25/VII сено	1939 г. Уборка 25/VII солома и мякина	Всего за 2 года сено	Всего за 2 года сена, соломы и мякины
20/9	с-85, к-15	№ 13 ВИК (Азербайджан)	21/VI 1936 г.	24.2	55.0	37.0	72.5	164.5	58.8	4.75	87.8	146.6	Опыта не было		—	—
2/4	к-85 с-15	То же	То же	21.0	54.3	26.3	40.0	120.6	28.6	4.83	43.7	72.3	5.00	180.1	9.8	252.4
10/9	с-90, к-10	Дагестанск. ВИК	»	11.3	28.5	14.8	72.5	115.8	40.0	4.88	60.1	100.1	Опыта не было		—	—
1/4	к-100	То же	»	8.9	43.7	22.0	38.6	104.3	34.3	5.15	48.9	83.2	5.11	204.9	10.3	288.1
10/35	с-100	№ 4525 (Сибирь)	24/IV 1937 г.	—	—	0.9	6.5	7.4	27.8	6.06	37.8	65.6	2.97	43.1	9.0	108.7
8/35	»	№ 3838 (Прикаспий)	То же	—	—	0.6	8.2	8.8	28.3	6.56	41.8	70.1	2.76	50.9	9.3	121.0
7/35	»	№ 3564 (Сибирь)	»	—	—	2.1	5.4	7.5	27.5	5.44	34.6	62.1	1.60	21.5	7.0	83.6

Всходы люцерна голубая дает через 7—8 дней после посева с послепосевным поливом. Начало цветения наступает через 55—56 дней после посева. Высота растений в фазе цветения достигает 85—90 см, но так как эта люцерна склонна к полеганию, то высота травостоя составляет всего 40—45 см. Зимостойкость у этой люцерны высокая, и за 4 года не было отмечено сколько-нибудь заметного ее вымерзания. По урожаю сена люцерна голубая стоит несколько ниже люцерны желтой и значительно ниже люцерны синей и синегибридной. Благодаря медленному развитию она способна со второго года жизни давать два укоса при скашивании в фазу цветения или три укоса при скашивании в фазу бутонизации. По урожаю семян люцерна голубая близка к урожайности люцерны желтой и может даже превосходить ее, несмотря на свойственные ей более мелкие семена по сравнению с желтой и посевной люцернами. Урожаи сена, семян и соломы с мякиной люцерны голубой приведены в табл. 25.

На основании этих данных мы полагаем, что люцерна голубая дает на столбчатых солонцах при орошении удовлетворительные результаты и может применяться в травосмесях. Общий сравнительный обзор урожайности различных люцерн и их сравнение с урожаями злаков мы сделаем ниже, после рассмотрения всех других испытанных нами многолетних, двухлетних и однолетних бобовых.

4. Клевер красный (*Trifolium pratense* L.)

Из испытанных нами в посевах в течение 4 лет более 20 различных сортов клевера красного как отечественного, так и иноземного происхождения мы не нашли ни одного, полностью удовлетворяющего требованиям для культуры на солонцовых почвах Заволжья при орошении. Все клевера оказались мало зимостойкими и в большей или меньшей степени вымерзали. При этом зимой 1938/39 г. вымерзли целиком абсолютно все клевера разного возраста и происхождения.

В 1936 г. (21/VI) было посеяно лишь три сорта клевера красного: два сорта из Армении (№ 569 и 359 ВИК) и один сорт с Урала (№ 921 НКЗ). Всходы, появившиеся через 4—5 дней, были вполне удовлетворительными. К осени, ко времени укоса, клевер № 569 достигал высоты 40—50 см, причем начало цветения у него отмечено 11/VIII, т. е. через 51 день после посева. Два других клевера в год посева не цвели и до самой глубокой осени вегетировали и кустились, достигнув наибольшей высоты лишь в 15—20 см. После укоса, произведенного 15/X, половина делянок 7/2, 11/2 и 13/2 была слегка прикрыта рыхлым слоем сухого навоза, а вторая половина оставлена без покрытия. Весной 1937 г. было ясно видно, что на прикрытых навозом делянках все кусты клевера сохранились, на неприкрытых же они большей частью вымерзли, и здесь осталось лишь небольшое количество начавших вегетировать кустов.

В течение 1937 г. при пяти поливах было произведено три укоса в фазу бутонизации и цветения, давших в сумме для разных сортов из расчета на всю делянку, включая и вымерзшую ее часть, от 33 до 134 ц сена с гектара. На вторую зиму укрывания делянок не производилось, и на третий год на делянках остались лишь отдельные жалкие кусты, давшие только один очень незначительный укос. Урожай этих сортов за 3 года иллюстрируется табл. 26.

В 1937 г. (22/VI) было посеяно восемь сортов красного клевера, семена которого были получены от ВИК и НКЗ СССР. В год посева эти клевера дали лишь один укос с урожаем от 7.6 до 31.4 ц сена с гектара. Зимой 1937/38 г. часть кустов у всех сортов вымерзла, и травостой 1938 г. был значительно изрежен. Первый укос на сено, произведенный 18/VI, дал для разных сортов от 4.4 до 21.1 ц сена с гектара. Второй укос был оставлен на

семена, и уборка произведена 22/IX, причем деляпки с чехословацким клевером были из опыта исключены, так как были почти пустыми. Урожай семян составлял от 1.58 до 4.03 ц/га. При этом по высоте растений (25—30 см) и хорошей облиственности, а также по урожаю сена и семян выделились клевера Ефремовского р-на, Новодеревенского р-на и Калининской обл., которые и были намечены для продолжения дальнейших опытов; но зимой 1938/39 г. все клевера этого опыта, без исключения, вымерзли целиком. Надо отметить, что в зиму 1938/39 г. клевера вымерзли и во многих других районах СССР. Так, полное вымерзание клеверов мы наблюдали во многих колхозах и совхозах Шаховского и Волоколамского р-нов Московской обл., на полях Тимирязевской сельскохозяйственной академии и в других местах.

Урожай сена и семян за 2 года приведен в табл. 27.

В 1938 г. (16 и 20/VI) была посеяна новая партия клеверов отечественного и заграничного происхождения. Среди последних имелись как сорта обычного красного клевера, полученные от опытных станций США из штатов Кентукки, Иллинойс, Висконсин, Айова, Мэн и Миннезота, так и сорта так называемого «мамонтового» клевера, полученные от двух опытных станций из штатов Висконсин и Иллинойс. По Пайперу (1930), «в американском сельском хозяйстве известны две разновидности красного клевера: «обыкновенный», или «средний» («ordinary», или «medium») красный клевер и «мамонтовый», или «сочный» («mammoth», или «sapling») красный клевер», что вполне соответствует по принятой в СССР терминологии «раннеспелым» и «позднеспелым» сортам, как это отмечает переводчик книги Пайпера проф. Л. А. Чугунов. В монографии по красному клеверу Н. П. Голубева (1931), а также более поздпем руководстве по аппробации клевера, составленном В. В. Суворовым (1938), проводится деление форм клевера на «ранние» и «поздние». Проф. А. М. Дмитриев (1934) называет эти сорта «скороспелые» и «позднеспелые», а проф. В. А. Харченко в той же книге делит сорта клевера на две разновидности — «южную» и «северную». Распространены в СССР для этих клеверов также названия «двуукосный» и «одноукосный». Пайпер приводит для обыкновенного и мамонтового клеверов следующее сопоставление признаков в порядке их значимости:

Ранний красный клевер *(Red medium clover)*	Поздний красный клевер *(Mammoth clover)*
Цветет на 2 недели раньше тимофеевки	Цветет в одно время с тимофеевкой
Растение двухлетнее	Продолжительность жизни 3 года и более
Главный корень ветвится мало	Главный корень сильно ветвится
Головки часто парные	Головки редко парные
Черешки короткие, прямые	Черешки длинные, изогнутые

В отличие от раннего красного двухлетнего клевера (*Trifolium pratense* L.) Пайпер приводит ботаническое название мамонтового клевера — *T. pratense perenne* Hort.

Совершенно противоположными признаками охарактеризовал мамонтовый клевер акад. В. Р. Вильямс. В последнем издании книги «Почвоведение» (1938) он писал: «В Соединенных Штатах Америки выведены многочисленные расы многолетнего красного клевера. Из них обращает на себя внимание одполетняя раса «мамонтового» клевера (Mammoth red clover), раса, изумительная по своей продуктивности и раннему сроку укоса. Посеянная рано весной в занятом пару эта раса дает полный, очень обильный укос через полтора месяца. После уборки, в стадии бутонизации, получается второй укос, превышающий первый по весу. После уборки второго укоса растение отмирает. Значение этой расы в занятом пару во много раз превышает хозяйственное значение широко при-

ТАБЛИЦА 26

Урожаи сена клевера красного (*Trifolium pratense* L.) за 3 года жизни (при чистом посеве) на солонцовой и каштановой почве в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1936 г.	1937 г.				1938 г.	Всего за 2 года после года посева
				1-й укос 15/X	1-й укос 7/VII	2-й укос 1/IX	3-й укос 16/X	Всего за год	1-й укос 18/VI	
7/2	с-100	№ 569 ВИК (Армения)	21/VI 1936 г.	23.7	33.9	9.4	4.0	47.3	14.4	61.7
8/3	»	№ 921 НКЗ (Урал)	»	6.3	16.7	21.4	30.1	68.2	17.1	85.3
11/2	с-70, к-30	№ 359 ВИК (Армения)	»	5.7	13.1	20.0	—	33.1	20.0	53.1
13/2	к-100	№ 921 НКЗ (Урал)	»	23.4	52.9	55.1	26.3	134.3	10.0	144.3

ТАБЛИЦА 27

Урожаи сена одноукосного и двуукосного клевера красного (*Trifolium pratense* L.) за 2 года жизни (при чистом посеве) на столбчатом солонце и комплексных почвах в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1937 г.	1938 г.			
				1-й укос 15/X	Уборка 22/IX		1-й укос 18/VI	Сена, соломы и мякины за год
					сена	соломы и мякины		
8/33	с-100	№ 813 ВИК (Ефремовский р-н)	22/VI 1937 г.	23.9	3.85	44.4	20.8	65.2
9/33	»	№ 804 ВИК (Каменец-Подольск)	»	31.4	2.78	16.7	10.8	27.5
10/33	»	№ 812 ВИК (Новодеревенский р-н)	»	23.1	4.03	46.0	21.1	67.1
1/34	»	Красный литовский НКЗ	»	20.3	1.71	17.1	11.1	28.2
3/34	»	чехословацкий НКЗ	»	19.4	Опыта не было		7.2	•—
4/33	с-95, к-5	шатилонский № 100 ВИК	»	7.6	1.61	35.6	12.8	48.4
2/33	с-85, к-15	польский ВИК	»	14.2	1.58	12.8	6.1	18.9
5/34	»	Калининской обл. НКЗ	»	15.6	3.33	26.9	18.9	45.8
2/34	с-55, к-45	литовский ВИК	»	14.7	2.32	19.9	10.6	30.5
4/34	к-80, с-20	чехословацкий ВИК	»	17.5	Опыта не было		4.4	—
7/34	с-90, к-10	Клевер средн. № 528 ВИК (Среднее Поволжье)	»	Не было	0.22	7.3	17.2	24.5

ТАБЛИ

Урожай сена красного «обыкновенного» и «мамонтового» клевера за 1-й год жизни

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева
9/12	с-100	Красный из США (Кентукки)	16/VI 1938 г.
16/12	»	» » » (Иллинойс)	То же
13/12	с-70, к-30	» » » (Висконсин)	»
12/12	к-65, с-35	» » » (Айова)	»
5/12	с-95, к-5	Красный средний из США (Мэн)	»
17/12	с-75, к-25	» » » » (Миннезота)	»
7/13	с-100	Красный одноукосный (Ярославск. обл.)	20/VI 1938 г.
11/13	»	» (Кировск. обл.)	»
14/13	»	» (Оленинский ГСФ)	»
10/13	»	Красный двуукосный (Каменец-Подольск)	»
4/12	»	Мамонтовый из США (Висконсин)	16/VI 1938 г.
8/12	с-90, к-10	» » » (Иллинойс)	То же

нятых посевов вики с овсом. П о л ы е стебли «мамонтового» клевера чрезвычайно быстро высыхают и при сушке сена достигают уборочной сухости одновременно с листьями и головками в пределах 3—4 дней, не требуя никакого развешивания на специальных приспособлениях».

Поэтому мы с особым вниманием отнеслись к образцам семян клеверов, полученных акад. В. Р. Вильямсом непосредственно от опытных станций штатов Иллинойс (Урбана) и Висконсин (Мэдисон). От обеих этих станций были получены как семена обыкновенного красного клевера, так и семена мамонтового клевера, что устраняло возможность путаницы из-за различной синонимики названий сортов в разных местах. Одновременно с этими клеверами высевались также наши отечественные клевера одноукосные (ярославский, кировский и оленинский) и один сорт двуукосного (каменец-подольский). К сожалению, посев с последующим поливом был произведен слишком поздно, а именно 16 и 20/VI. Всходы везде, за исключением делянок 9/12 и 5/12, занятых красным клевером из штатов Кентукки и Мэн, были дружными и хорошими. На указанных делянках всходы были редкими и несколько запоздалыми. В первое время не было заметно особой разницы в развитии различных клеверов, и только через 2 месяца после посева все обычные красные клевера из США и наш двуукосный клевер из Каменец-Подольска стали заметно обгонять в своем развитии клевера одноукосные и мамонтовые.

Как показано в табл. 28, к 15/IX, т. е. через 87—91 день после посева, все обычные красные клевера, клевера «средние» из США и наш двуукосный клевер полностью цвели и имели уже часть побуревших головок со спелыми семенами, клевера же одноукосные и мамонтовые в это время лишь вегетировали, и, как редкое исключение, некоторые из них имели единичные цветущие головки, позднее частью побуревшие и давшие спелые семена. При этом действительно у обоих мамонтовых клеверов все длинные стебли (до 50—55 см) с цветущими головками на конце были полыми, все же другие стебли высотой до 25—30 см, не несущие цветов, были выполненными, как и у всех наших одноукосных клеверов. Урожай сена первого укоса, произведенного 21/IX, приводится в табл. 28.

По урожаю сена в первый год жизни мамонтовые клевера почти ничем не отличаются от наших одноукосных клеверов. Тем самым на основании сравнительного сопоставления мамонтовых клеверов с нашими позднеспелыми и раннеспелыми клеверами в их первый год жизни можно отметить,

ЦА 28

(при чистом посеве) на столбчатом солонце и комплексных почвах в ц/га и некоторые
ские наблюдения

Состояние растений на 15/IX[1]	1938 г. 1-й укос 21/IX
Цветет и плодоносит 25—30 (45)	3.8
То же 25 (50)	27.5
» » 25 (50)	17.5
» » 25—27 (45)	17.5
Цветет и плодоносит. Очень редок 25 (50)	2.5
То же 25—30 (60—65)	22.5
Только вегетирует. Цветов нет 25 (35)	25.0
То же 20—25 (35)	13.8
Вегетирует. Единичные цветущие головки 25 (50)	28.8
Цветет и плодоносит 40 (55)	22.5
Главным образом вегетирует. Единичные длинные стебли с цветущими и плодоносящими головками 20—25 (50)	27.1
То же 25—30 (60—65)	29.3

что мамонтовые клевера представляют собой какие-то расы позднеспелого красного клевера. Наблюдения на второй год жизни этих клеверов дали бы более полную возможность сравнения их с другими клеверами, но, к сожалению, зимой 1938/39 г. все клевера, как это было уже отмечено выше, погибли.

При уборке мамонтовых клеверов в 1938 г. с них было собрано лишь по 2—3 г спелых семян, которые были высеяны в 1939 г. специально для размножения на семена. Но неблагоприятное, чрезвычайно засушливое лето 1939 г. дало возможность увеличить эту семенную продукцию лишь до 15—20 г. Мы не будем подробнее останавливаться на опытах с клеверами в 1939 г., так как они были неудачными и не внесли ничего нового. Отметим лишь, что мамонтовые клевера в указанном году вели себя совершенно аналогично нашим позднеспелым клеверам. Таким образом, вопрос — о каком мамонтовом клевере писал в последнем издании классической книги «Почвоведение» акад. В. Р. Вильямс, остается открытым.

5. Клевер шведский, или гибридный (*Trifolium hybridum* L.) и клевер ползучий, или белый (*T. repens* L.)

Эти два вида клевера интересовали нас лишь как растения, могущие быть ценными компонентами в сложных травосмесях, которые, конечно, будут вводиться в орошаемых хозяйствах Заволжья при его широком орошении. Опыты с ползучим клевером были начаты в 1936 г., а опыты с клевером шведским — только с 1938 г., когда нам были переданы акад. Вильямсом семена этой культуры, полученные от различных опытных станций США.

Клевер ползучий, посеянный 21/VI 1936 г. семенами из Армении, дал на солонце хорошие всходы через 4—5 дней и затем быстро покрыл всю делянку сплошным зеленым ковром высотой 8—12 см. Начало цветения отмечено 31/VII, т. е. через 40 дней со дня посева. 15/X был произведен первый укос, давший на одной делянке сена 39.4 ц/га, а на другой, с редкими всходами, всего 8.9 ц/га. Перезимовал клевер ползучий удовлетворительно, хотя и было замечено вымерзание некоторого количества кустов.

[1] Цифры указывают среднюю высоту кустов, а цифры в скобках — высоту отдельных стеблей (побегов) этих кустов.

На второй год жизни произведены два укоса, но производить укосы было очень трудно вследствие очень низкого и густого травостоя. Вторую зиму клевер ползучий перенес также удовлетворительно, и с весны 1938 г. делянка снова представляла сплошной зеленый ковер, покрывшийся к середине июня многочисленными цветущими головками. Производить укос в 1938 г. было совершенно невозможно вследствие ничтожной высоты травостоя, не превышавшей 5—8 см. Но чтобы составить все же сравнительное представление об урожае воздушно-сухой массы, семена у части поспевших бурых головок были собраны ошмыгиванием, а оставшаяся зеленая масса с многочисленными цветами была срезана ножом на высоте 2—3 см от поверхности почвы, высушена и взвешена как обычно. Собранные семена составляли от 1.28 до 2.57 ц/га, а срезанное ножом сено 27.2 и 48.8 ц/га. В 1937 г. были засеяны еще две делянки (№ 6/34 и 7/3), давшие примерно такие же результаты, как и предыдущие, как это можно видеть из табл. 29.

ТАБЛИЦА 29

Урожай сена и семян клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) за 2 и 3 года жизни (при чистом посеве) на столбчатом солонце и на комплексных почвах в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1936 г.	1937 г.			1938 г.		Всего сена за 2 года после года посева
				1-й укос 15/X	1-й укос 22/VII	2-й укос 16/X	Всего за год	Уборка 25/VIII: семян	Уборка 25/VIII: сена	
9/2	с-100	№ 398 ВИК (Армения)	21/VI 1936 г.	39.4	35.3	62.0	97.3	2.57	48.9	146.2
6/3	»	То же	То же	8.9	—	42.2	42.2	1.28	27.2	69.4
6/34	к-75, с-25	№ 755 ВИК (Московск. обл.) .	23/VI 1937 г.	—	—	—	25.6	2.44	26.4	—
7/3	к-90, с-10	№ 398 ВИК (Армения)	13/V 1937 г.	—	—	—	21.0	1.85	37.4	—

Зимой 1938/39 г. все клевера ползучие вымерзли целиком, причем всходов от самосева, который, конечно, был значительным, не появилось. Таким образом, можно считать, что клевер ползучий может применяться в качестве ценного компонента сложных травосмесей на орошаемых столбчатых солонцах лишь с риском, что он будет в отдельные годы вымерзать. Но так как примесь этого вида в сложных смесях обычно бывает невелика (до 5%), то потери от его выпадения не могут быть значительными. То же надо сказать и в отношении клевера шведского.

Посеянный в 1938 г. (17/VI), он дал в первый год для разных сортов урожай сена от 1.4 до 24.3 ц/га, как это показано в табл. 30.

К сожалению, в первую же зиму 1938/39 г. все эти сорта целиком вымерзли, причем так же, как и для красного клевера, здесь наблюдаются позднеспелые и раннеспелые формы, что видно из сопоставления состояния растений к моменту первого укоса, произведенного 21/IX, т. е. через 96 дней со дня посева (табл. 30).

Повидимому, в некоторые зимы часть сортов клевера шведского будет способна удовлетворительно перезимовывать, как это наблюдалось у клеверов красного и ползучего.

6. Другие виды клеверов

Из других видов клевера были испытаны три следующих: 1) клевер земляниковидный, или пустоягодный (*Trifolium fragiferum* L.) с Украины;

2) клевер непостоянный (*T. ambigium* L.) из Армении и 3) клевер Бордзиловского (*T. Bordzilowsky*), также из Армении. Но сколько-нибудь удовлетворительных результатов эти клевера не дали.

ТАБЛИЦА 30

Урожай сена клевера гибридного (*Trifolium hybridum* L.) за 1-й год жизни (при чистом посеве) на столбчатом солонце и комплексных почвах в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1938 г. 1-й укос 21/IX	Состояние растений в момент укоса
13/6	с-100	Из штата Висконсин	17/VI 1938 г.	15.7	Кущение и редкое цветение. Высота 25—30 см
18/6	»	Из штата Иллинойс	То же	24.3	Цветение и плодоношение. Высота 35—40 см
7/6	с-50, к-50	Из штата Мэн . .	»	1.4	Кущение и цветение. Редок и слаб. Высота 10—15 см
8/6	к-90, с-10	Из штата Миннезота	»	8.6	Кущение и единичное цветение. Высота 15—20 см
1/6	к-100	Из штата Айова .	»	15.7	Кущение. Цветов нет. Высота 20—25 см
2/6	То же	» » Монтана	»	11.4	Цветение и плодоношение. Высота 20—25 см

Пустоягодник дает всходы через 11—12 дней после посева с последующим поливом. В первый год он укоса не дает, хотя растение и достигает фазы цветения, наступающей через 50—52 дня после посева. Растения здесь настолько плотно прижимаются к земле и травостой здесь так низок, что косьбе не поддается. На второй год жизни картина та же: косить невозможно. Поэтому в табл. 31 приведен «укос», полученный при помощи ножа. Отметим еще, что посеянный нами сорт пустоягодника по своему общему габитусу ничем не отличался от дикого клевера земляничного, часто встречающегося везде по прибрежью и нижней увлажненной части склонов к р. Малый Узень.

В 1938 г. 16/VI был высеян сорт земляниковидного клевера, полученный из штата Монтана США. Но он также к осени (21/IX) дал цветущие растения, не поддающиеся укосу. Перезимовывает пустоягодник сравнительно хорошо. Поэтому данный вид клевера, может быть, найдет некоторое применение в пастбищных травяных полях в качестве незначительной примеси к основному травостою.

Два других клевера — непостоянный и Бордзиловского — дают всходы через 6—7 дней. В год посева цветущих экземпляров не дают. Перезимовывают плохо и к весне сильно изреживаются. Укосы на второй и третий годы жизни очень низкие, как это указано в табл. 31, что заставляет отнести эти виды клеверов к неперспективным в условиях орошаемых солонцов Заволжья.

Клевер альпийский (*Trifolium alpestre* L.) из Армении, посеянный в 1937 г., также хороших результатов не дал. В год посева продукция его ничтожна, зимой он частично вымерзает и на следующий год дает также незначительный урожай порядка 12—15 ц сена с гектара.

7. Эспарцеты (*Onobrycis* Tourn.)

Из испытанных нескольких сортов эспарцета виколистного (*O. viciaefolia* Scop.) и эспарцета песчаного (*O. arenaria* DC.) некоторые из них в отношении зимостойкости и приспособленности к солонцовым почвам

ТАБЛИЦА 31

Урожаи сена клевера земляниковидного (*Trifolium fragiferum*, L.), клевера непостоянного (*T. ambigium* MB.) и клевера Бордзиловского (*T. Bordzilowsky*) в 1-й и 2-й годы жизни (при чистом посеве) в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1936 г.	1937 г.			1938 г.
				1-й укос	1-й укос 22/VII	2-й укос 12/IX	Всего сена за год	1-й укос 11/VI
5/2	с-90, к-10	*T. fr.* № 638 ВИК (Украина)	21/VI 1936 г.	Не было	Не было	47.1	47.1	—
1/2	с-100	*T. amb.* № 630 ВИК (Армения)	То же	»	8.0	12.9	20.9	13.1
2/3	То же	То же	»	»	9.4	6.3	15.7	10.6
4/3	»	*T. Bordz.* № 431 ВИК (Армения)	»	»	Не было	3.7	3.7	6.3
3/2	с-90, к-10	То же	»	»	»	4.3	4.3	15.7

дают удовлетворительные результаты. Надо отметить лишь, что в виду слабой облиственности и наличия большого количества толстых стеблей у обоих видов этой культуры они дают сравнительно грубое сено. О способности эспарцетов произрастать на солонцах сообщает также А. Г. Хинчук (1938), который, однако, отмечает, что «на них растения часто бывают более низкорослыми, с мелкими листочками и с укороченными кистями».

Посеянные 20/VI 1936 г. с послепосевным поливом эспарцеты дали всходы через 9—12 и даже 20 дней, что связано, повидимому, с различной «твердостью» семян. К осени растения раскустились, достигли высоты 20—25 см, но не дали цветущих экземпляров. Со второго года жизни эспарцет дает при нормальных поливах три укоса в стадии выбрасывания кистей или два укоса в стадии цветения. Высота растений в стадии цветения достигает 50—65 см и реже доходит до 80—85 см при высоте облиственной части 35—45 см. Урожайные данные по эспарцетам приведены в табл. 32.

По хорошей облиственности и высокой урожайности особенно выдвинулся сорт эспарцета, полученный от Камышинской станции, а также эспарцет песчаный № 801 НКЗ, с которыми и намечено дальнейшее проведение работы по изучению этой культуры в травосмесях с многолетними злаками.

Отмеченная Ю. Дробышевским (1928) низкая зимостойкость эспарцета в условиях орошения на Костычевской (Валуевской) станции, повидимому, относится не ко всем сортам этой культуры. Из приведенных им средних урожайных данных за 5 лет (1916—1918 и 1926—1927) видно, что эспарцет при двух ежегодных укосах дал сена в первый год 22 ц/га, на второй 39 ц/га и на третий 56 ц/га. По урожайности он стоит на третьем месте после люцерны посевной и люцерны желтой. Приведенные нами наблюдения указывают на то, что при подборе надлежащих сортов эспарцеты с успехом могут иметь применение на орошаемых столбчатых солонцах Заволжья как в чистом виде, так и особенно в травосмесях.

8. Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.)

Нами был испытан на солонцах лишь один сорт лядвенца № 652 ВИК происхождением из Азово-Черноморья. Посеянный 20/VI 1936 г. с послепосевным поливом лядвенец дал всходы через 9 дней, начавшие пышно развиваться. Через 40 дней после посева растения достигли высоты 40—50 см и начали обильно цвести.

Перезимовывает лядвенец сравнительно хорошо, и мы не замечали его значительного выпадения за две зимы.

В стадии цветения, со второго года жизни, лядвенец имеет стелющиеся кусты с общей высотой травостоя в 25—30 см и с длиной отдельных вытянутых стеблей до 70 см. Облиственность кустов довольно хорошая. При уборке до цветения он способен давать три укоса, а при уборке в цветение — два укоса в лето. К сожалению, на третий год жизни, после первого укоса, из-за недостатка воды опыт с лядвенцем был прекращен. Урожаи сена за 3 года приведены в табл. 33.

Необходимо отметить, что более низкий урожай сена на делянке 14/3 обязан лишь более редкому стоянию травостоя здесь вследствие того, что она была повреждена землероями при посеве и всходах растений.

Как растение долголетнее, с хорошими кормовыми качествами, лядвенец рогатый в силу своей низкорослости, полегаемости считается лишь очень ценной пастбищной травой. Но, как отмечает проф. А. М. Дмитриев (1934), «в СССР имеются селекционные формы лядвенца с высоким прямостоячим кустом и значительной урожайностью». Поэтому можно полагать, что при испытании на солонцах значительного числа сортов лядвенца среди них окажутся формы, вполне пригодные для культуры их на столбчатых солонцах при орошении как в чистых посевах, так и в травосмесях. Хотя в травосмесях, как отмечает А. М. Дмитриев, лядвенец «развивается вообще туго», но, возможно, что в условиях орошения его развитие будет более интенсивным.

9. Астрагалы (*Astragalus* L.)

Растения этого широко распространенного рода с многочисленными видами еще не введены в культуру у нас в СССР и лишь испытываются в последнее время в различных опытных учреждениях.

В 1936 г. (21/VI) на нашем питомнике 15 делянок были засеяны семенами диких астрагалов, собранных экспедициями ВИК. Они относились к следующим видам:

1) *Astragalus falcatus* Lam. — № 417 из Армении;
2) *A. falcatus* Lam. — № 584 из Армении;
3) *A. galegiformis* L. — № 38 с Северного Кавказа;
4) *A. galegiformis* L. — № 39 с Северного Кавказа;
5) *A. galegiformis* L. — № 41 с Северного Кавказа;
6) *A. glycyphyllus* L. — № 567 из Армении;
7) *A. Onobrichis* L. — № 119 с Северного Кавказа;
8) *A.* spec. — № 704 из ДВК.

Из них дал редкие всходы лишь неопределенный вид с Дальнего Востока, отмеченный в списке под № 8. Остальные виды всходов не дали. Чтобы проверить, что неполявление всходов произошло не по каким-либо случайным причинам, в 1937 г. те же виды были высеяны снова на столбчатом солонце и на каштановой почве, но и в этом случае они всходов не дали, и, следовательно, семена их были не всхожи.

Астрагал № 704 из ДВК дал редкие всходы через 12 дней и вплоть до глубокой осени вегетировал и кустился, достигнув высоты 25—35 см. Укоса в год посева не было. На следующий год за два укоса он дал 20.9 ц сена с гектара, а на третий год за один укос 22.9 ц/га. По внешнему виду растений и качеству сена этот астрагал, повидимому, может иметь скорее декоративное, чем кормовое значение. Он дает кусты с очень толстыми грубыми стеблями, со склонностью к полеганию, высотой до 60 см, и многочисленные крупные яркофиолетовые кисти соцветий. Облиственность

ТАБЛИЦА 32

Урожаи сена некоторых сортов эспарцета виколистного, или европейского (*Onobrychis viciaefolia* Scop.) и эспарцета песчаного (*O. arenaria* DC.) за 2 и 3 года жизни (при чистом посеве) на столбчатом солонце и комплексных почвах в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1936 г.	1937 г.				1938 г.			Всего за 2 года после посева
				1-й укос 16/X	1-й укос 17/VI	2-й укос 15/X	Всего за год	1-й укос 11/VI	2-й укос	Всего за год	Всего за 2 года после посева	
5/9	с-100	Белгородский № 1060 НКЗ	20/VI 1936 г.	4.0	11.9	16.1	28.0	20.0	Укоса не было вследствие отсутствия полива	20.0	20.0	48.0
7/9	»	Украинский № 918 НКЗ	То же	3.5	9.6	10.9	20.5	14.3		14.3	14.3	34.8
9/9	»	Песчаный № 801 НКЗ	»	2.9	14.9	43.0	57.9	48.6		48.6	48.6	106.5
17/9	с-70, к-30	Курский № 427 НКЗ	»	11.0	3.0	37.0	40.0	32.9		32.9	32.9	72.9
11/3	к-75, с-25	Песчаный № 801 НКЗ	»	4.4	40.4	42.3	82.7	34.3		34.3	34.3	117.0
16/2	с-100	Камышинской оп. ст.	13/V 1937 г.	—	—	—	38.6	45.7	20.0	65.7	65.7	—
14/2	То же	Песчаный № 2978 Сиб. (Алтай)	То же	—	—	—	11.4	42.9	5.7	48.6	48.6	—
12/2	»	Песчаный № 1517 Сиб. (УССР)	»	—	—	—	7.1	27.1	8.6	35.7	35.7	—
8/39	»	Белгородский № 1060 НКЗ	21/IV 1937 г.	—	—	—	2.8	5.6	Укосов не было вследствие отсутствия поливов			
6/39	с-80, к-20	Песчаный № 2978 Сиб. (Алтай)	То же	—	—	—	2.0	11.4				
10/39	с-60, к-40	Украинский № 918 НКЗ	»	—	—	—	6.1	9.4				

ТАБЛИЦА 33

Урожаи сена лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) за 3 года жизни (при чистом посеве) на столбчатом солонце в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	1936 г.	1937 г.			1938 г.		Всего сена за 2 года после года посева
			1-й укос	1-й укос 26/VI	2-й укос 22/VII	3-й укос 11/IX	Всего за год	1-й укос 11/VI	
14/3	с-100	№ 652 ВИК (Азово-Черноморье)	7.8	31.1	17.7	28.6	77.4	22.9	100.3
6/9	с-80, к-20	То же	23.1	51.9	21.8	47.5	121.2	41.3	162.5

средняя, но листья, высыхая значительно раньше грубых стеблей, легко осыпаются.

В 1937 г. была посеяна новая партия семян дикорастущих астрагалов, полученных от Сибнизхоза. Из них большинство дало удовлетворительные всходы. Относились они к следующим видам:

1) *Astragalus falcatus* Lam. № 3954 (Армения);
2) *A. falcatus* Lam. № 2165 (Армения);
3) *A. falcatus* Lam. № 5060 (Алтай, Рубцовский р-н);
4) *A. mongolicus* № 3565 (Бот. сад. Сиб. акад.);
5) *A. sivastianus* № 5054 (Ленинградский гл. бот. сад);
6) *A. uliginosus* № 4015 (Омская обл.);
7) *A. Onobrychis* L. № 4221 (Омская обл.);
8) *A. semibile* № 3152 (Ачинско-Минус. экспед.);
9) *A. cognatus* № 2169 (Казахстан);
10) *A.* spec. № 3950 (Урал, Белоозерский р-н).

Из этих видов не взошло лишь два: *A. mongolicus* № 3565 и *A. cognatus* № 2169. Все остальные астрагалы дали всходы лишь через 20—25 дней после двух поливов, причем всходы были растянутыми, недружными.

Мы не будем детально останавливаться на всех перечисленных видах, так как двухлетние наблюдения показали, что некоторого внимания с точки зрения урожайности и общей агрономической оценки из них заслуживают лишь немногие, а именно астрагал серповидный № 5060 из Алтая и астрагал эспарцетовидный № 4221 из Омской обл. Остальные виды дали в год посева ничтожные урожаи сена, порядка 2.3—6.1 ц/га. На следующий год одни из них укосов не дали, так как вымерзли, другие дали жалкие, стелющиеся, плохо облиственные кустики высотой 5—15 см, не дающие укоса и, наконец, третьи дали в лето лишь один укос порядка 14—20 ц/га, что не оправдывает затраченной на них поливной воды.

Урожай сена за 2 года двух астрагалов, заслуживающих дальнейшей работы с ними, приведен в табл. 34, стр. 413.

В первый год жизни эти астрагалы, так же как и другие, дают ничтожную продукцию сена — от 1.9 до 4.3 ц/га. Но на второй год они дают два хороших укоса, составляющих в сумме от 30 до 70 ц сена с гектара. При этом астрагал серповидный № 5060 дает при укосах в фазу цветения или даже в фазу поспевания семян большую массу тонких, нежных, хорошо облиственных стеблей, достигающих высоты 55—60 и даже 70 см. У астрагала эспарцетовидного несколько более низкий травостой вследствие того, что более грубые и слабые облиственные стебли его кустов имеют склонность к полеганию.

Высота травостоя здесь равна 30—35 см, а высота вытянутых стеблей 40—45 см. Яркие, пунцовые цветы собраны в крупных кистях.

В работе А. Константиновой (1933) отмечается, что «несравненно лучше люцерны развиваются на солонце астрагалы» (к сожалению, виды не указаны). По урожайности сена, как видно из той же статьи, на третий год жизни на неорошаемом столбчатом солонце Западной Сибири астрагал стоит на втором месте после люцерны, и автор совершенно правильно полагает, что с астрагалами нужно вести дальнейшую работу. На основании наших наблюдений мы полагаем также, что астрагалы заслуживают внимания и для культуры их на орошаемых столбчатых солонцах Заволжья, что потребует, конечно, подбора и создания соответствующих сортов.

VI. ДВУХЛЕТНИЕ И ОДНОЛЕТНИЕ БОБОВЫЕ КОРМОВЫЕ ТРАВЫ И НЕКОТОРЫЕ ЗЕРНО-БОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Из бобовых двухлетников на стационаре были испытаны в течение нескольких лет донники, вики и люцерна хмелевидная, а из однолетников — клевер шабдар, клевер александрийский и лесцедеза, или японский клевер

Из однолетних зерно-бобовых были испытаны лишь некоторые, а именно: чина, пут, соя, горох и чечевица. Все они дали вполне удовлетворительные результаты и заслуживают дальнейших более углубленных исследований.

1. Донники (*Melilotus* Adans)

Как отмечает в одной из статей В. В. Суворов (1937), «донник имеет исключительное значение для использования как пастбищное растение, в меньшей степени на зеленый корм, или силос, и совсем малое значение он имеет для использования на сено». Отмечая ценность донника, как предшественника под пшеницу, автор считает далее, что «исключительное значение донник приобретает на засоленных почвах».

«Большие перспективы, — пишет В. В. Суворов, — открываются перед культурой донника в связи с ирригацией Заволжья. В поливных условиях донник как двулетняя культура, сильно обогащающая почву азотом, заслуживает большого внимания. В этих условиях донник как предшественник не уступает люцерне».

Нас донники интересовали на орошаемых столбчатых солонцах Заволжья, главным образом, как культуры, могущие быть использованными в качестве сидератов, в которых иногда встречается необходимость как при коренной мелиорации этих почв на фоне гипсования, так и при различных планировках орошаемых полей, неизбежных в условиях рельефа в районах Заволжья с солонцовыми и комплексными почвами. Как кормовые культуры донники в условиях орошения вряд ли могут конкурировать с люцерной, которая, как показано выше, дает высокие урожаи зеленой массы или сена высшего качества, чего не способны, конечно, дать донники, даже и лишенные одного из их отрицательных факторов — наличия глюкозидакумарина.

В 1936 г. (20/VI) были посеяны три вида донника, полученные от ВИК: белый № 633 из Бурят-Монголии, желтый № 565 из Крыма и волжский № 806 со Средней Волги. Все они с послепосевным поливом дали всходы через 5—15 дней. Ко времени укоса (26/IX) они хорошо развились и представляли собой хорошо облиственные кусты высотой до 70—80 см. Особенно большую зеленую массу развил донник желтый. Зиму донники перенесли хорошо, и на следующий год два из них — желтый и волжский — дали по два укоса сена, составляющих в сумме 80—100 ц/га, а белый — один укос, достигающий 142.5 ц/га. Высота растений в стадии цветения достигала у донников белого и желтого 80—90 см, а у донника волжского, при более сильной ветвистости и некоторой развалистости кустов, она составляла лишь 50—60 см. Урожаи зеленой массы и сена этих донников за 2 года приведены в табл. 35.

В 1937 г. те же донники в целях получения двух укосов в первый год их жизни были посеяны несколько раньше, а именно 13/V. Но, к сожалению, произвести послепосевной полив в это время мы не могли, и донники дали всходы только 10/VI, после того как 3/VI был произведен первый полив, природной весенней влажности комплексных и солонцовых почв не хватило для всходов донников. Вследствие запоздания всходов первый укос был произведен лишь 12/VIII и дал от 29 до 48 ц сена с гектара. После укоса был произведен полив, и донники снова стали отрастать; травостой их к 16/X достиг 35—40 см высоты и дал 15—20 ц сена с гектара. На второй год жизни был произведен лишь один укос сена (11/VI), после чего поливов не было, и донники не дали нового отрастания. Отметим еще, что ко времени укоса донник белый имел высоту хорошо облиственных еще не цветущих кустов 90 см, донник желтый имел цветущие средне облиственные кусты высотой 75—80 см и донник волжский — цветущие средне облиственные кусты высотой 100—110 см. Урожаи донников иллюстрируются табл. 36.

ТАБЛИЦА 34

Урожаи сена астрагала серповидного (*Astragalus falcatus* Lam.) и астрагала эспарцетовидного (*A. Onobrychis* L.) за 2 года жизни (при чистом посеве) на комплексных почвах в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1937 г.	1938 г.			Высота растений в стадии цветения в см
				1-й укос 16/IX	1-й укос 18/VI	2-й укос 22/IX	Всего сена за год	
3/37	к-60, с-40	*A. f.* № 5060 Снб. (Алтай)	19/V 1937 г.	4.3	32.2	36.7	68.9	55—60
1/38	»	То же	24/IV 1937 г.	2.8	25.0	29.3	54.3	60—70
7/38	с-100	*A. On.* № 4221 Снб. (Омская обл.)	То же	2.5	12.8	17.3	30.1	30—35
7/37	к-60, с-35, п-5	То же	19/V 1937 г.	1.9	34.8	36.1	70.9	40—45

ТАБЛИЦА 35

Урожаи зеленой массы и сена донника белого (*Melilotus albus* Desr.), донника желтого (*M. officinalis* Desr.) и донника волжского (*M. volgicus* Poiret.) за 2 года жизни (при чистом посеве) на столбчатом солонце в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1936 г.		1937 г.				Всего сена за 2 года
				1-й укос 26/IX		1-й укос 22/VI		2-й укос 25/VII		
				зеленой массы	сена	зеленой массы	сена	зеленой массы	сена	
17/11	с-100	Белый № 638 ВИК (Бурят-Монголия)	20/VI 1936 г.	35.8	11.1	425.0	142.5	—	—	153.6
19/11	»	Желтый № 565 ВИК (Крым)	То же	122.5	35.8	229.5	56.3	93.8	23.3	115.4
15/11	с-80, к-20	Волжский № 806 ВИК (Ср. Волга)	»	76.0	21.6	391.1	91.3	34.6	8.8	121.7

ТАБЛИЦА 36

Урожаи зеленой массы и сена донника белого, желтого и волжского за 2 года жизни (при чистом посеве) на комплексных почвах в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1937 г. 1-й укос 12/VIII зеленой массы	1937 г. 1-й укос 12/VIII сена	1937 г. 2-й укос 16/X зеленой массы	1937 г. 2-й укос 16/X сена	1938 г. 1-й укос 11/VI зеленой массы	1938 г. 1-й укос 11/VI сена	Всего сена за 2 года
3/3	с-50, к-50	Белый № 638, ВИК (Бурят-Монголия)	13/V 1937 г.	190.0	48.4	58.6	15.0	121.4	54.3	117.7
1/3	с-60, к-40	Желтый № 565 ВИК (Крым)	То же	148.6	29.3	94.3	18.6	111.4	45.7	93.6
5/3	с-80, с-20	Волжский № 806 ВИК (Ср. Волга)	»	181.4	41.4	85.7	19.7	130.0	60.0	121.1

ТАБЛИЦА 37

Урожаи сена и семян донника белого, желтого и волжского за 2 года жизни (при чистом посеве) на столбчатом солонце и комплексных почвах в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1938 г. Укос 22/IX зеленой массы	1938 г. Укос 22/IX сена	1939 г. Уборка 25/VII семян	1939 г. Уборка 25/VII соломы и мякины	Высота растений в см
11/21	с-85, к-15	Белый из США (С. Дакота)	21/VI 1938 г.	198.8	65.0	2.56	50.0	90
10/21	с-65, к-35	Белый американский, репродукция Митрофановск. оп. поля	То же	180.0	56.3	2.38	38.8	80—105
12/21	с-50, к-50	Белый из США (Монтана)	»	132.5	31.3	1.13	21.5	70—75
9/21	к-90, с-10	Белый дикораст. (УССР)	»	127.5	41.3	1.74	32.0	75—85
14/21	с—100	Желтый дикораст. (Н. Волга)	»	136.3	45.0	1.15	38.7	75—80
15/21	»	» (Крым)	»	Не было		2.53	43.4	70—75
13/21	»	Волжский, Митрофановск. оп. поле	»	157.5	51.3	5.75	38.2	50—60

В 1938 г. (21/VI) были посеяны донники семенами другого происхождения: два сорта белого донника — дикорастущий из УССР и американский (репродукции Митрофановского опытного поля), два сорта белого донника, полученных из США, донник волжский Митрофановского опытного поля и два донника желтых дикорастущих с Нижней Волги и из Крыма. В первый год жизни донники были скошены на сено и дали его от 31 до 65 ц/га. На второй год они были оставлены на семена. Уборку на семена в виду трудности определения ее срока мы произвели с некоторым запозданием (25/VII), вследствие чего значительная часть семян была потеряна от осыпания. Но все же, как показывают данные табл. 37, урожай семян разных сортов достигал от 113 до 575 кг/га.

Приведенные результаты опытов с донниками показывают, что эти культуры хорошо развиваются на столбчатых солонцах и комплексных почвах Заволжья при орошении. Поэтому можно полагать, что при подсеве донников к яровой пшенице они будут способны после ее уборки дать, при одном-двух поливах, хорошее отрастание зеленой массы для запашки ее в качестве пожнивного сидерата. С этой стороны донники заслуживают на орошаемых столбчатых солонцах и каштановых почвах Заволжья серьезного внимания и требуют разработки ряда агротехнических вопросов по их использованию в этом направлении.

2. Вики (*Vicia* L.)

Вики двухлетние хорошо развиваются на столбчатых солонцах и комплексных почвах при орошении. В 1936 г. (20/VI) на чеке 11 питомника было засеяно 10 делянок различными номерами (от 206 до 258) вики, полученной от Краснокутской станции. Все они дали хорошие всходы через 8—9 дней и стали быстро вегетировать. К осени они дали массу лежачих, переплетающихся, нецветущих плетей длиной до 1.5 м, лишь у вик № 246 и 250 длина плетей не превышала 1.0 м. Укос сена, произведенный 1/X, составлял от 44 до 65 ц/га.

На следующий год хорошо перезимовавшие вики дали настолько мощную, густую, переплетающуюся массу, что ее вследствие незначительных дорожек между делянками (0.5 м) невозможно было убрать на сено поделяночно. Укос всех 10 делянок вместе, произведенный 28/VI в стадии цветения, дал 57.5 т зеленой массы с гектара, составившей 115.1 ц сена с гектара.

Летом 1938 г. (1/VII) делянка площадью 66 м², с которой в 1937 г. был снят целиком горизонт А столбчатого солонца, была засеяна суданкой с примесью двухлетней вики. При этом суданкой засевалось два ряда с междурядьем в 15 см, чередующихся с одним рядом вики. В виду позднего посева урожай был получен небольшой, составляющий 91.4 ц зеленой массы с гектара, или 25.4 ц сена с гектара.

В 1939 г., 25/IV на эту же делянку, после взрыхлений междурядий между викой ручным планетом, была снова подсеяна суданка, но энергично развившаяся вика настолько быстро и сильно затенила появившиеся всходы суданки, что они целиком погибли. Вика же, несмотря на редкий посев и междурядья в 45 см, дала мощную переплетающуюся зеленую массу, возвышающуюся на 60—70 см над почвой. Укос ее в стадии цветения и частичного поспевания семян составлял 88.4 ц сена с гектара. Крупным недостатком двухлетних вик надо считать трудность получения их семян вследствие их весьма неодновременного поспевания и непрерывного растрескивания бобов по мере их подсыхания.

Однолетние вики также развиваются на солонцах вполне удовлетворительно. Опыты 1936 г. дали для двух сортов этих вик (посевная № 957 НКЗ из Пильненской ГСФ и яровая № 143 НКЗ из Льгова) 43 и 28 ц сена с гектара.

Из многолетних вик была испытана лишь вика красивая (*Vicia amoena* F i s c h.) № 334 ВИК из Бурят-Монголии. В год посева (1936) она к осени дала слабый травостой, высотой 10—12 см, и очень незначительный укос сена порядка 8 ц/га. На следующий год эта вика дала два укоса, составившие в сумме 49 ц сена с гектара, и на третий год был получен один укос, давший 30 ц сена с гектара. Повидимому, при испытании большего числа рас этой вики она может дать на орошаемых столбчатых солонцах хорошие результаты, хотя на неорошаемых солонцах Западной Сибири, как это следует из работы А. Константиновой (1933), она развивается плохо.

3. Люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina* L.)

Однолетние и двухлетние формы этой люцерны нередко применяются в качестве большей или меньшей примеси к сложным сенокосным, пастбищным и комбинированным травосмесям. В этом смысле люцерна хмелевидная заслуживает внимания и для орошаемых столбчатых солонцов, где она развивается вполне удовлетворительно.

Один из сортов этой люцерны (№ 6 ВИК из Армении) был посеян в 1936 г. 20/VI на двух делянках, состоящих на 100% из солонца, и дал в первый год цветущие стелющиеся кусты, приподнимающиеся над почвой на 12—14 см. Укос их дал 12.5 и 19.6 ц сена с гектара. На второй год жизни, при двух укосах, люцерна хмелевидная дала в сумме 25.4 и 31.2 ц сена с гектара. Это указывает на возможность применения данной люцерны на орошаемых столбчатых солонцах.

4. Клевер персидский, или шабдар (*Trifolium resupinatum* L.) и клевер александрийский, или берсим (*T. alexandrinum* L.)

Оба эти вида южных однолетних клеверов, несомненно, представляют значительный интерес в качестве кормовых и сидерационных культур на орошаемых солонцовых почвах Заволжья.

Как сообщают В. Л. Голодковский (1936) и К. В. Иванова (1938), клевер шабдар имеет некоторое распространение в Азербайджанской ССР (Ленкорань и другие районы) и Узбекской ССР (Бухара), где он дает в зависимости от срока посева и интенсивности орошения один-два и иногда три укоса. Урожай сена в зависимости от тех же факторов и качества агротехники сильно колеблется. Р. Р. Шредер (1908), впервые давший агрономическое описание этой культуры Средней Азии, приводит, по своим опытам на Туркестанской станции, урожай сена за два укоса 70.0 ц/га и урожай семян при втором укосе в 1.66 ц/га. М. М. Бушуев, по сообщению В. Л. Голодковского (1936), получил за три укоса 152.1 ц сена с гектара, а А. Я. Мухин на Андижанском опытном поле в 1912 г. — даже 174.1 ц сухой массы с гектара.

В опыте Л. А. Кисиной (1935) в Ташкентском оазисе шабдар по удобренному суперфосфатом фону (100 кг P_2O_5 на гектар) за два укоса при 14 поливах дал 59.1 ц сена с гектара, а клевер александрийский в тех же условиях дал за три укоса 36.1 ц сена с гектара.

Александрийский клевер, по сообщению К. В. Ивановой (1938) и В. Л. Голодковского (1936), успешно культивируется у нас в СССР на черноморском побережье Кавказа, а также в порядке опыта испытывается исследовательскими учреждениями Средней Азии, где он дает значительно худшие результаты, так как плохо переносит знойный летний период. В Египте, где его посевная площадь достигает 600 тыс. га (29% всех культурных земель Египта), он возделывается в более прохладный осенне-зимний период (IX — V), и разные сорта его дают здесь от четырех до восьми укосов, причем растения нередко достигают высоты 1.5 м (P. B. Kennedy a W. W. Mackie, 1926). Урожаи его в виде зеленого корма достигают в условиях Египта 103 т/га, что составляет около 170 ц сена с гектара, а средний урожай семян составляет 403 кг/га.

Наши опыты с этими клеверами были начаты в 1938 г. посевом двух образцов семян, полученных от ВИК. Посевы, произведенные 20/VI с последующим послепосевным поливом, дали хорошие всходы обоих клеверов через 12 дней. Так как для дальнейших работ необходимо было получить семена этих клеверов, то в виду позднего срока посева подкашивание их не производилось. Начало цветения для шабдара отмечено через 66 дней и для берсима через 58 дней со дня посева. В фазу массового цветения распрямленные растения шабдара достигали высоты до 80 см, но так как мягкие, сочные стебли его под влиянием веса листвы и массы мелких цветущих головок изгибаются, то общая высота травостоя не превышает 40—45 см. Берсим к этому времени имел прямые, почти не распустившиеся слабо облиственные кусты высотой 50—55 см. 10/X был произведен укос, из которого зрелые головки были выбраны вручную.

В 1939 г. шабдаром и берсимом были снова засеяны две делянки семенами, полученными в предыдущем году. Посев был произведен значительно раньше, 30/IV. Вследствие очень знойного лета, частых суховеев и недостаточного числа поливов был получен лишь один укос (2/VIII) в стадии частичного созревания семян. Так как в это время растения еще полностью сохранили свою сочность и зеленый цвет, то укос дал и хорошего качества сено и семена. Урожаи сена и семян за 2 года приведены в табл. 38.

ТАБЛИЦА 38

Урожаи сена и семян клевера персидского, или шабдара (*Trifolium resupinatum* L.), и клевера александрийского, или берсима (*T. alexandrinum* L.) в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	Урожай	
				сена	семян
13/14	с-100	Шабдар ВИК (без №)	20/VI 1938 г.	74.5	1.12
2/11	к-100	То же	30/IV 1939 г.	70.0	3.10
18/13	с-100	Берсим ВИК (без №)	20/VI 1938 г.	28.3	0.80
1/11	к-65, с-20, п-15	То же	30/IV 1939 г.	22.5	1.03

Персидский клевер, как показывает табл. 38, дает в наших условиях даже за один укос высокий урожай высококачественного сена, доставляющий 70—74.5 ц/га. Урожай семян его также значителен и достигает 1.12—3.10 ц/га. Александрийский, или египетский, клевер при одном укосе почти в три раза уступает персидскому как по урожаю сена, так и семян. Но можно быть уверенным, что при своевременном подкашивании этого клевера (через 2—3 недели после появления всходов), как это требует его агротехника, что отмечают как К. В. Иванова (1938), так и упомянутые выше американские исследователи Kennedy и Mackie (1926), и этот клевер способен дать в наших условиях хорошие результаты. «Без подкашивания и в сухое время, — пишет К. В. Иванова, — растения остаются низкими, 20—30 см, плохо облиственными, обильно цветущими». Мы же подкашивания не производили из-за опасения не получить семян.

Исходя из приведенных наблюдений, надо полагать, что оба эти вида клевера, при надлежащей разработке их агротехники и нормальных поливах, будут вполне пригодны для культуры их на солонцовых почвах Заволжья. Первые укосы их могут итти на сено, а последующие — на семена или на запашку в качестве сидератов, как это принято в Египте и Калифорнии.

61-1

5. Леспедеза, или японский клевер (*Lespedeza striata* Hook.)

Это невысокое, неприхотливое однолетнее бобовое растение, часто встречающееся в дикорастущем состоянии в ДВК, уже около 100 лет (с 1846 г.) используется как ценная пастбищная и сенокосная культура в юго-восточной части США (L. Carrier, 1927). В США, как сообщает A. I. Pieters (1933), различают два вида однолетней леспедезы: 1) «обыкновенная» (*L. striata*) и 2) «корейская» (*L. stripulacea*).

Урожай сена улучшенных сортов этих леспедез на плодородных почвах США достигает 5—10 т/га, а на худших почвах 2.5—3.7 т/га. При этом, как отмечает A. I. Pieters, «во-время скошенное сено (т. е. приблизительно в начале образования семян) является великолепным по качеству продуктом, не уступающим сену люцерны. Со стороны облиственности и потерь при скармливании сено леспедезы стоит выше, чем люцерновое. Леспедеза, скошенная в период полного созревания семян, дает сено, являющееся сухим кормом». Отмечается также значение леспедезы как растения, улучшающего истощенные почвы: «Урожаи кукурузы, хлопчатника и мелкозерновых повышались на 25—100% на полях, где не было никакой обработки, кроме выращивания леспедезы».

В СССР культура однолетней леспедезы испытывается в субтропических районах Закавказья и ДВК.

Наши опыты в 1936—1938 гг. показали, что однолетние леспедезы сравнительно хорошо развиваются на орошаемых солонцовых почвах, но по урожайности они, конечно, не могут конкурировать с однолетними клеверами или другими бобовыми. Два образца семян леспедезы пестрой № 675 и 676 ВИК (элита), посеянные 21/VI 1936 г., дали всходы через 5—6 дней, а через 40—42 дня среди растений, достигших высоты 20—25 см, отмечены первые цветущие экземпляры. Убранные на сено в стадии частичного созревания семян леспедезы дали 25.5—43.3 ц сена с гектара и 2.1—3.7 ц семян с гектара.

Ценным качеством леспедезы, как пастбищного растения, считается ее способность развиваться от самосева, без всякой подготовки почвы. L. Carrier (1927) сообщает, что леспедеза, «будучи один раз тщательно посеяна на пастбище, может хорошо развиваться в течение неопределенно долгого времени». Действительно, в наших условиях две делянки, занятые леспедезой в 1936 г., будучи оставленными без зяблевой обработки, дали на следующий год вновь хорошие всходы от самосева и урожай сена в 27.1—36.0 ц/га. Даже прошедшие через пищеварительный тракт лошадей, птиц и других животных семена леспедезы не утратили своей всхожести, что и способствовало, как полагает L. Carrier, распространению этой культуры в США.

Менее урожайной в наших условиях оказалась леспедеза корейская (*L. stripulacea*), полученная из штата Кентукки США и посеянная 16/VI 1938 г. Урожай сена ее составлял всего лишь 17.5 ц/га. По внешнему виду эта леспедеза отличается от предыдущей лишь тем, что она несколько сильнее стелется по земле и имеет значительно меньше или даже совсем не имеет цветов, так как семена образуются большей частью клейстогамными, никогда не раскрывающимися цветами. Урожаи сена и семян испытанных леспедез приведены в табл. 39.

Эти данные позволяют нам лишь присоединиться к мнению американских агрономов, что в условиях орошения, где хорошо идут клевера и люцерны, не следует вводить леспедезу, ибо она даже при хорошем развитии никогда не может конкурировать по урожаю с этими травами.

Повидимому, некоторый интерес могут представлять для наших условий многолетние леспедезы — *L. bicolor* Tarez. и *L. sericea* Mig., из которых первая часто встречается в дикорастущем состоянии на подзолистых

ТАБЛИЦА 39

Урожаи семян и сена леспедезы полосатой (*Lespedeza striata* Hook.) и леспедезы корейской (*L. stripulacea*) на столбчатом солонце (при чистом посеве) в ц/га

№ делянки	Почва делянки	Сорт	Время посева	1936 г. Укос 16/IX сена	1936 г. Укос 16/IX семян	1937 г. Укос от самосева 7/VIII	1938 г. Укос сена	1938 г. Укос семян
10/3	с-100	Полосатая № 675 ВИК	21/VI 1936 г.	25.5	2.15	36.0	—	—
18/11	»	То же	То же	43.3	3.71	—	—	—
12/3	»	Полосатая № 676 ВИК	»	38.3	3.09	27.1	—	—
16/11	с-95, к-5	То же	»	25.9	2.32	—	—	—
15/12	с-80, к-20	Корейская из США (Кентукки)	16/VI 1938 г.	—	—	—	17.5	0.45

почвах ДВК и испытывается здесь в культуре, а вторая вводится в культуру в США, как это излагает A. Pieters в специально посвященном этому вопросу циркуляре. Но семян этих видов леспедезы (хотя возможно, что это синонимы одного вида) мы достать не могли.

6. Некоторые зерновые бобовые культуры (соя, нут, горох, чина, чечевица, лобия, маш, шамбала)

В 1937 г. было проведено испытание на немелиорированном столбчатом солонце и комплексных почвах ряда зерновых бобовых культур, семена которых были получены от Камышинской и Краснокутской станций. Посев был произведен 5—12/V на делянках, предварительно удобренных суперфосфатом и сернокислым аммонием в количестве соответственно 45 и 24 кг действующего начала на гектар. Всего было посеяно три сорта сои, два сорта нута, два сорта гороха, три сорта чины и два сорта чечевицы.

Все эти культуры при трех поливах (3/VI, 8/VII и 31/VII) дали вполне удовлетворительные результаты, как это видно из данных урожаев зерна, приведенных в табл. 40.

Особенно хорошо развиваются на орошаемых столбчатых солонцах некоторые сорта сои и чины, давшие урожай зерна свыше 25 ц/га. Отметим, что в поливных условиях на каштановых почвах Краснокутской станции урожай разных сортов сои достигал в 1933 г. всего лишь 7.9—14.1 ц/га и в 1932 г. посев сои с инокуляцией дал максимальный урожай в 13.4 ц/га (А. Еличев, 1935). Но и все остальные зерновые бобовые также вполне перспективны для культуры их на орошаемых солонцовых и комплексных почвах Заволжья. Необходимо лишь подобрать соответствующие сорта и применять надлежащую агротехнику.

В 1938 г. были испытаны три южные зерновые бобовые культуры—лобия, маш и шамбала. В виду позднего посева (23/VI) лобия и маш дали до первого осеннего заморозка лишь незначительную часть вполне созревших бобов. Поэтому урожай этих культур, приведенный в табл. 40, достиг всего лишь 5.7—9.1 ц/га. Шамбала, высеянная в тот же срок, к 1/X почти полностью созрела, и урожай ее составлял 10.3 ц/га на столбчатом солонце и 15.8 ц/га на каштановой почве. Надо полагать, что при более раннем сроке высева (около 15/V), когда отпадает вероятность ночных заморозков, и подборе скороспелых сортов и эти культуры могут вполне применяться при орошении в этом районе Заволжья.

ТАБЛИЦА 40

Урожаи зерна некоторых зерновых бобовых культур на столбчатом солонце и комплексных почвах

№ делянки	Почва делянки	Культура	Время посева	Норма высева в кг/га	Время уборки	Урожай зерна в ц/га
2/13	с-100	Соя Крушуль Митрофановск. ГСС	12/V 1937 г.	90	14/X	25.95
8/13	То же	Соя желтая Камышинск. оп. станции	То же	То же	То же	25.73
7/13	»	Соя зеленая № 25 Кам. оп. ст.	»	»	»	19.88
18/13	»	Нут белый Краснокутск. оп. станции	»	62.5	27/VII	17.88
14/13	с-60, к-40	Нут штамбовый № 18 Камышинск. оп. станции	»	То же	То же	12.80
19/12	с-100	Горох № 30 Камышинск. оп. станции	8/V 1937 г.	100	28/VII	11.38
6/12	с-75, к-25	Горох НКЗ (Башкирия)	То же	То же	То же	10.88
13/13	с-100	Чина Башкирская № 90 НКЗ	12/V 1937 г.	60	25/VIII	26.25
11/13	То же	» № 10 Камышинск. оп. станции	То же	То же	То же	20.75
12/13	»	Чина № 1327 Камышинск. оп. станции	»	»	»	14.25
10/13	»	Чечевица № 845 Камышинск. оп. станции	»	55	»	13.50
9/13	с-90, к-10	Чечевица № 26 Камышинск. оп. станции	»	То же	»	16.55
1/21	с-70, к-30	Лобия № 98 ВИК	23/VI 1938 г.	50	1/X	5.70[1]
2/21	с-95, к-5	Маш зеленый ВИК	То же	25	То же	9.13[1]
11/21	с-100	Шамбала № 2 ВИК	»	То же	»	10.33
3/21	к-100	То же	»	»	»	15.85

VII. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Целью данной работы, как уже было сказано выше, являлось получение сравнительных данных по урожайности сена и семян главнейших многолетних кормовых злаков и бобовых на орошаемых остаточносолончаковатых столбчатых солонцах в средней части района ирригации Заволжья. Такое сравнение мы здесь и проведем отдельно для злаков и бобовых на основании вышеизложенных материалов, предварительно условившись о некоторых исходных положениях.

Прежде всего сравнивать мы будем лишь урожаи, полученные на опытных делянках, покрытых не менее чем на 75—100% столбчатым солонцом, исключив все другие комплексные делянки с меньшим участием этой почвы.

Для большинства многолетних злаков средний урожай сена выводится из урожая за 2 года жизни данной травы, исключая, конечно, год посева, который, как известно, нехарактерен для многолетних трав. Для некоторых трав имеются урожаи лишь по одному году — второму после года посева. Так как для некоторых злаков (костер, пырей) встретилась необходимость

[1] Частичное созревание.

получения семян уже со второго года жизни растений, то для них за годовой урожай сена мы примем урожай соломы (без мякины) при уборке на семена плюс соответствующий урожай сена второго укоса. Такое дополнение не увеличивает, а скорее, наоборот, уменьшает годовую производительность этих злаков.

И, наконец, для всех злаков, где испытывалось несколько сортов данного вида, для получения более достоверных сведений выводится средний урожай из всех испытанных сортов.

Выведенная при этих исходных положениях средняя урожайность различных многолетних злаков приводится в табл. 41, где все виды трав расположены в порядке убывания их среднего годового урожая. В табл. 41 не вошел ряд злаков, не удовлетворяющих принятым положениям, а именно: райграсы английский и итальянский, ежа сборная, житняк сибирский и бородач.

В целях лучшего сопоставления урожая в табл. 41, кроме средних урожаев сена в абсолютных числах, приводится еще процентное соотношение средних урожаев по отношению к урожаю местного заволжского аборигена — житняка ширококолосого — и по отношению к пырею американскому, показавшему в наших условиях наивысшую урожайность.

ТАБЛИЦА 41

Средний годовой урожай сена некоторых многолетних злаков, со 2-го года их жизни, на орошаемых столбчатых солонцах и комплексных почвах (> 75% солонца) Заволжья в ц/га

Группа урожайности	Культура	Число испытанных сортов	Среднее из числа лет	Средний урожай сена в год	%-ное соотношение урожаев сена по отношению к урожаям		Средний урожай семян в год
					пырея американского	житняка ширококолосого	
I	Пырей американский	2	2	116.7	100.0	208.7	7.9
II	Костер безостый короткокорневищевый	1	2	92.1	78.9	164.7	12.5
	Колосняк (волосняк) даурский	1	2	91.3	78.2	163.3	—
	Костер безостый корневищевый	1	2	86.9	74.4	155.4	—
	Пырей средний, или сизый	1	2	85.3	73.0	152.5	7.3
	Колосняк солончаковый	1	2	82.9	71.0	148.3	—
	Канареечник тростниковидный	2	2	79.4	68.0	142.0	—
III	Житняк гибридный (A. cr. × des.)	2	2	73.5	62.9	131.4	3.6
	То же (A. des. × cr.)	1	2	71.3	61.0	127.5	1.9
	Житняк узкоколосый	7	2	69.8	59.8	124.8	4.7
	» ширококолосый	7	2	55.9	47.9	100.0	2.0
	Колосняк песчаный	1	2	54.2	46.4	96.9	—
	Овсяница луговая	2	2	51.9	44.4	92.8	—
IV	Тимофеевка луговая	2	2	38.7	33.1	69.2	—
	Мятлик луговой	1	1	38.6	33.0	69.0	—
	Лисохвост луговой	2	2	38.4	32.9	68.7	—
	Овсяница овечья	2	2	26.8	22.9	47.9	—
	Бекмания	1	1	25.7	22.0	45.9	—
V	Райграс французский	2	1	24.9	21.3	43.8	—
	Бескильница тонкоцветная	1	2	23.4	20.0	41.8	—

Приведенные сравнительные данные позволяют все испытанные нами многолетние злаки условно разделить по их биологическому урожаю на орошаемых солонцовых почвах на пять более или менее различающихся групп. В известной мере такая группировка отвечает также степени зимостойкости и общей приспособленности этих злаков к неблагоприятным почвенным условиям и к континентальным (знойным летом и суровым зимой) климатическим условиям вегетационного периода и периода покоя. Эти группы следующие:

I группа. Многолетние злаки, обладающие высокой зимостойкостью и приспособленностью к неблагоприятным почвенным условиям и к местным климатическим условиям вегетационного периода в целом, со средним биологическим урожаем сена при двух укосах свыше 100 ц/га в год.

В эту группу из испытанных нами злаков входит лишь один вид рыхлокустового злака — пырей американский, давший в наших условиях средний урожай сена в 116.7 ц/га в год. Этот злак в два с лишним раза урожайнее житняка ширококолосого.

II группа. Многолетние злаки — также высокой зимостойкости и приспособленности к местным почвенным и климатическим условиям, со средним годовым биологическим урожаем сена при двух укосах в пределах 75—100 ц/га.

Сюда относятся, главным образом, корневищевые злаки — две формы костра безостого (корневищевый и короткокорневищевый, или мочковато-корневищевый, селекции Краснокутской станции), два вида колосняка, или волоснеца, — даурский и солончаковый, канареечник тростниковидный и лишь один рыхлокустовый злак — пырей средний, или сизый. В целом эта группа злаков в полтора раза урожайнее житняка ширококолосого.

III группа. Многолетние злаки высокой зимостойкости и приспособленности к неблагоприятным почвенным и климатическим условиям, но в силу своих внутренних биологических качеств способные давать урожай сена лишь в пределах 50—75 ц/га в год при двух укосах. Сюда входят оба вида житняка — ширококолосый и узкоколосый, их гибридные формы, колосняк, или волоснец песчаный и овсяница луговая. Необходимо отметить лишь, что колосняк песчаный способен в наших условиях давать значительно большие урожаи, и низкий урожай растений в нашем опыте, как было отмечено выше, объясняется лишь редкими всходами.

IV группа. Многолетние злаки различной зимостойкости и общей приспособленности к местным почвенным и климатическим условиям, со средней годовой производительностью в 25—50 ц сена с гектара при двух укосах.

Сюда относятся злаки — тимофеевка, лисохвост и мятлик луговые, способные сравнительно хорошо переносить суровые малоснежные и бесснежные зимы Заволжья, но плохо приспособленные к солонцовым почвам и знойным условиям вегетационного периода и потому дающие средний урожай лишь в пределах 38—39 ц/га. То же надо сказать и о бекмании, которая зимостойка, но на солонцах дает мелкие, слабо облиственные кустики высотой 30—35 см и урожай сена при двух укосах лишь в 25.7 ц/га в год. Входящий в эту же группу плотнокустовый злак — овсяница овечья — вполне зимостойка и приспособлена к местным почвенно-климатическим условиям, но, как растение ксерофитного, пастбищного типа, она не способна давать высокие урожаи даже в самых лучших условиях среды.

V группа. Многолетние злаки с годовой производительностью сена ниже 25 ц/га. Эта группа в наших условиях совершенно условна и случайна. Сюда, с одной стороны, вошел прекрасный рыхлокустовый, высокоурожайный в других условиях французский райграс, почти целиком вымерзающий в наших условиях, и, с другой, растение не вымерзающее, но по своим внутренним биологическим качествам не способное давать более высокие урожаи — бескильница топкоцветная.

Таким образом, из всех испытанных нами многолетних злаков наиболее пригодными для культуры на остаточносолончаковатых хлоридно-сульфатных столбчатых солонцах Заволжья при орошении оказалось 13 различных растений, входящих в первые три вышеописанные группы. Из них семь видов относятся к типичным рыхлокустовым злакам, пять видов — к корневищевым злакам и одна раса костра безостого занимает промежуточное положение между рыхлокустовыми, мочковатыми и корневищевыми злаками.

Как известно, одним из положений травопольной системы земледелия является необходимость посева в травяном поле травопольного севооборота травосмеси, состоящей из равного количества (по числу всходов или кустов) многолетнего рыхлокустового злака и многолетнего бобового. Тем самым для дальнейших работ по изысканию наилучших злаково-бобовых травосмесей для орошаемых солонцовых почв Заволжья должны быть прежде всего использованы следующие многолетние злаки: пырей американский, костер безостый короткокорневищевый, пырей средний, или сизый, различные гибридные формы житняков ширококолосого с узкоколосым, житняк узкоколосый, житняк ширококолосый и овсяница луговая.

Интересно отметить, что по данным Н. В. Орловского (1938, 1939), проведшего работу по подбору трав для сульфатно-содовых солонцовых почв Барабы и Кулунды, костер безостый (а также клевер красный, эспарцет песчаный, люцерна голубая № 285 и др.) относится к группе неустойчивых против солей трав. В наших условиях, на хлоридно-сульфатных солонцах, костер безостый развивается совершенно нормально и дает высокие урожаи сена и семян. К группе особо устойчивых (солевыносливых) трав, по Орловскому, относятся пырей американский, волоснец сибирский, донники и др., а к группе средне устойчивых — различные сорта люцерны, житняки сибирский и ширококолосый и факультативно овсяницы луговая и красная. Эти выводы в целом более или менее полно совпадают с нашими наблюдениями над этими культурами на орошаемых остаточносолончаковатых хлоридно-сульфатных солонцах Заволжья.

Что касается сортов вышеперечисленных видов многолетних злаков, пригодных для культуры на солонцовых почвах Заволжья, то при современном состоянии сортового семеноводства трав здесь можно дать лишь предварительные указания. Пользуясь описанием сортов, приведенных в «Руководстве по аппробации с.-х. культур» (т. IV, «Кормовые травы»), составленным Всесоюзным институтом растениеводства (М. — Л. 1938), а также нашими четырехлетними наблюдениями над развитием трав на солонцах, можно предварительно рекомендовать следующие сорта трав:

1. Пырей американский. Сорта, выведенные б. Омской селекционной станцией № 2060 (испытанный нами, см. табл. 7) и № 1691/04—1, как сорта урожайные, зимостойкие и слабо поражаемые грибными заболеваниями.

2. Костер безостый. Сорта луговой агроэкологической группы южных районов черноземной полосы. Предпочтительны бескорневищевые формы, которые встречаются среди этой группы. Сюда относятся костер безостый № 3694, выведенный Краснокутской станцией, и костер безостый № 2, выведенный ВИР совместно с Каменностепной станцией, где они и находятся в предварительном размножении.

3. Пырей средний, или сизый. Этот вид пырея еще не введен в культуру в сколько-нибудь значительных размерах и сортов, повидимому, не имеет. Находится в предварительном испытании в Сиб-

пинхозе. Испытанный нами образец семян, давший хорошие результаты, происходил из Сибири. Пущен в размножение.

4. Гибридные формы житняков. Различные линии гибридов (*Agropyrum cristatum* × *desertorum* и *A. desertorum* × *cristatum*), полученные Краснокутской станцией, еще находятся в процессе изучения. Все гибридные формы в среднем значительно урожайнее чистых форм житняка ширококолосого и узкоколосого, зимостойки и не поражаются ржавчиной, почему и представляют значительный интерес.

5. Житняк узкоколосый. Могут быть рекомендованы два пока единственных в СССР сорта, выведенных Краснокутской станцией — № 0305 и 0416. Считается, что сорт № 0416 более продуктивен, чем № 0305.

6. Житняк ширококолосый. Единственный имеющийся в СССР сорт № 04, выведенный Краснокутской станцией, относится к степному агроэкологическому типу. В условиях орошения, повидимому, лучшие результаты должны дать формы ширококолосого житняка пойменно-лугового типа. К ним относятся так называемые «житняк средневолжский», размножаемый на Омской опытной станции, и местный кинельский житняк.

7. Овсяница луговая. Желательно введение сортов, выведенных из северокавказской и закавказской агроэкологических групп. Из них питомником ВИР в колхозе «Санское» Московской обл. размножается северокавказская овсяница, дающая три укоса, а Лорийская станция (Армения) размножает раннеспелую, хорошо отрастающую сарванчайскую луговую овсяницу, выведенную ВИР из местных дикорастущих сортов.

Перейдем к рассмотрению сравнительных урожаев многолетних бобовых кормовых трав.

Здесь мы также включим в сравнение лишь урожай сена, полученный на солонцовой почве или на комплексных почвах, содержащих не менее 75% солонцов. Для большинства бобовых средние урожаи выведены за 2 года, исключая год посева. При этом для люцерн, которые с третьего года жизни оставлялись на семена, за годовой урожай сена на третий год жизни мы будем считать урожай первого укоса, суммированный с урожаем соломы и мякины при втором укосе на семена. Таким образом, урожай сена третьего года для люцерны будет несколько занижен, ибо безусловно за четыре-пять укосов, которые способна дать люцерна посевная, или три-четыре укоса, которые способна дать люцерна желтая, можно было получить значительно больший урожай сена, чем при одном укосе на сено и втором на семена, как это мы приняли для расчета.

Испытанные люцерны мы разделим на четыре группы: синие, синегибридные, желтые и голубые, а внутри их выделим некоторые стандартные сорта. Кроме урожаев в абсолютных числах, приведем также соотношения урожаев по отношению к люцерне Гримм-Зайкевич, давшей в наших условиях наивысший годовой урожай, и по отношению к люцерне желтой № 1202, как стандартному сорту, давшему высший урожай из этой группы люцерн. Сравнительные урожаи всех испытанных многолетних бобовых приводятся в табл. 42.

При рассмотрении табл. 42 прежде всего бросается в глаза, что здесь нет того постепенного уменьшения урожая сена, как это наблюдалось для многолетних злаков. Все испытанные бобовые делятся как бы на две группы — групы люцерн, с одной стороны, и всех остальных многолетних бобовых, с другой. Из испытанных сравнительно многих сортов люцерн не оказалось ни одной со средним урожаем ниже 100 ц/га в год, из всех же остальных многолетних бобовых лишь один вид — клевер ползучий — дал средний урожай 107.8 ц/га в год. Но клевер ползучий — культура не сенокосного, а пастбищного типа и, кроме того, культура, частично или целиком вымерзающая в отдельные годы. Из невымерзающих многолетних

ТАБЛИЦА 42

Сравнительная урожайность некоторых многолетних бобовых кормовых трав со 2-го года их жизни на орошаемых столбчатых солонцах и комплексных почвах (> 75% солонца) Заволжья в ц/га

Культура и сорт	Число испытанных сортов	Среднее из числа лет	Число укосов в год	Средний урожай сена в год	%-ное соотношение урожаев сена по отношению к урожаю		Средний урожай семян в год
					люцерны Гримм-Зайкевич.	люцерны желтой № 1202	
Люцерна синяя							
Синяя хивинская (Чимбай)	1 (2)	2	4—5	163.7	74	104	10.3
Люцерны синегибридные							
Гримм-Зайкевич	1	2	То же	221.8	100	141	11.1
Краснокутские в среднем (без № 3125)	9	2	»	183.5	83	117	16.8
Краснокутская № 3125	1	2	»	165.4	75	105	6.6
Украинские № 300, 225 и местная	3	2	»	164.0	74	104	7.1
Туркестанской станции	1	2	»	139.3	63	89	5.2
Л. синегибридные в среднем	—	—	»	178.5	80	114	9.3
Люцерны серповидные (желтые)							
Дикорастущая томская № 3765	1	2	3—4	157.4	71	100	4.0
Краснокутская № 1202	1	2	То же	157.3	71	100	3.4
№ 799 ВИК	1	2	»	152.6	69	97	2.2
Краснокутская № 4009	1	2	»	131.0	59	83	2.5
Л. серповидные в среднем	—	—	»	149.6	67	95	3.0
Люцерны голубые							
Азербайджанская	1	2	2—3	155.5	70	99	4.7
Дагестанская	1	2	То же	107.9	49	69	4.9
Л. голубые в среднем	—	—	»	131.7	59	83	4.8
Клевера							
Красный уральский	1	2	2—3	42.6	19	27	—
» армянский	2	2	То же	28.7	13	18	—
» одноукосный в среднем	6	2	»	45.6	21	29	2.7
» двуукосный	1	1	»	27.5	12	17	2.8
Ползучий белый	2	2	2	107.8	49	69	1.9
Земляниковидный (пустоягодник)	1	1	То же	47.1	21	30	—
Непостоянный	2	2	»	15.1	7	10	—
Бордзиловского	2	2	»	7.5	3	5	—
Эспарцеты							
Виколистный в среднем	4	2	2	35.9	16	23	—
Песчаный в среднем	4	2	То же	45.9	21	29	—
Другие травы							
Лядвенец рогатый	2	2	2—3	65.7	30	42	—
Астрагал эспарцетовидный	1	1	2	30.1	14	19	—

бобовых можно отметить лишь одну культуру, дающую средний годовой урожай выше 50 ц/га — это лядвенец рогатый, давший 65.7 ц/га. Все остальные многолетние бобовые дают урожай сена ниже 50 ц/га в год. Сюда относятся эспарцеты, давшие 36—46 ц/га в год, астрагал эспарцетовидный 30 ц/га и клевер земляничковидный 47.1 ц/га в год.

Клевера красные одноукосные, частично или полностью вымерзающие в отдельные годы, дают средний урожай сена в 42.6—45.6 ц/га в год, а клевер двуукосный лишь 27.5 ц/га в год. Остальные клевера — непостоянный и Бордзиловского — дают лишь ничтожные урожаи, порядка 7.5—15 ц/га в год, что составляет 3—7% от среднего годового урожая люцерны Гримм-Зайкевич или 5—10% от среднего годового урожая люцерны желтой № 1202.

Из люцерн на первом месте по среднему годовому урожаю сена стоят, как это и следовало ожидать, люцерны синегибридные, давшие в среднем для 15 испытанных сортов 170.8 ц сена с гектара при четырех-пяти укосах в год. Наивысший урожай из них дала люцерна Гримм-Зайкевич, урожай которой составлял 221.8 ц/га в год. Далее, следуют люцерны краснокутские, давшие в среднем для девяти различных линий 183.5 ц/га в год, люцерна краснокутская № 3125, давшая 165.4 ц/га в год; близко к ней стоят люцерны украинские (№ 300, 225 и местная), давшие 164.0 ц/га в год, и, наконец, люцерна Туркестанской станции, давшая 139.3 ц/га в год.

Средний урожай семян люцерн синегибридных, по данным за 2 года, составляет 9.3 ц/га в год, с колебаниями для отдельных сортов от 5.2 до 16.8 ц/га.

Люцерна синяя хивинская (из Чимбая) дала урожай, близкий к урожаю стандартных краснокутского и украинского сортов, а именно 163.7 ц/га в год, т. е. она по урожаю занимает среднее положение между люцернами синегибридными и люцернами серповидными в среднем. Средний урожай ее семян составляет 10.3 ц/га в год.

Люцерна серповидная, или желтая, в среднем для четырех испытанных сортов дала средний урожай сена, равный 149.6 ц/га в год при трех-четырех укосах, с колебаниями для отдельных сортов от 131.0 до 157.4 ц/га. Высшие и почти равные урожаи здесь дали люцерна Томская дикорастущая № 3765 и люцерна Краснокутская № 1202, в среднем 157.4—157.3 ц сена с гектара в год. Урожай семян люцерны желтой, по данным за 2 года, значительно ниже урожаев семян синей и синегибридных люцерн и составляет в среднем для всех сортов всего 3.0 ц/га в год, с колебаниями от 2.2 до 4.0 ц/га.

Люцерна голубая по среднему годовому урожаю сена близка к серповидной, несмотря на то, что она дает лишь два-три укоса в год. Азербайджанская люцерна голубая дала средний урожай сена 155.5 ц/га, а люцерна дагестанская 107.9 ц/га в год, что в среднем составляет для этих люцерн 131.7 ц/га в год. По урожаю семян люцерна голубая значительно превышает люцерну серповидную и дает средний урожай в 4.8 ц/га в год (в среднем из 2 лет), несмотря на более мелкий размер семян.

Все эти данные по люцернам, полученные на солонцовых почвах Заволжья при условии орошения, в основном подтверждают правильность размещения здесь сортов люцерны, намеченного проектом районирования, составленным ВИК (В. Н. Попов и М. И. Тарковский, 1939). Следует лишь отметить, что в условиях орошения можно допускать и рекомендовать значительно более широкий диапазон сортов и видов люцерн, так как все они, имея свои преимущества и недостатки, в условиях орошения дают хорошие результаты как по продукции сена, так и семян. В частности, в Заволжье в условиях орошения с успехом могут возделываться украинские синегибридные люцерны, хивинские синие люцерны и, повидимому, большая часть сибирских (омских) сортов люцерн.

Достаточно высокие урожаи семян многолетних злаков и бобовых

(особенно люцерн), получающиеся на солонцовых почвах в условиях орошения, позволяют горячо рекомендовать на выбраковываемых сейчас солонцовых, а иногда отчасти солончаковых участках, часто встречающихся среди колхозных орошаемых земель, организацию специальных небольших семенных участков для многолетних трав и особенно для люцерн. Это мероприятие позволит быстро избавить Заволжье от ввоза семян люцерны и злаков из других районов и тем самым даст возможность быстрее перевести все орошаемые колхозные участки или так называемые «плантации» на правильные травопольные севообороты. Только переход на травопольный севооборот всех орошаемых колхозных участков позволит изжить архаическую переложную систему орошаемого земледелия, которая наблюдается сейчас в левобережных районах Саратовской обл. и республики немцев Поволжья. Эта система, сводящаяся к последовательному трех-четырехлетнему использованию ряда орошаемых участков и затем забрасыванию их в залежь на 6—8 лет, требует огромной ежегодной излишней затраты труда колхозников на производство таких видов работ, которых не будет при хорошо организованном постоянном участке, имеющем правильный травопольный севооборот.

Сравнительная урожайность сена некоторых однолетних злаков и бобовых, полученная в наших условиях, приведена в табл. 43.

ТАБЛИЦА 43

Сравнительная урожайность сена некоторых однолетних злаков и бобовых на солонцовых и комплексных (солонцы > 75%) почвах Заволжья в ц/га

Культура и сорт	Количество испытанных сортов	Средней из числа лет	Средний урожай в год	%-ное соотношение урожаев
Злаки				
Суданская трава	1	1	148.0	100
Щетинник сизый	1	2	77.0	52
Могар	1	2	63.0	43
Райграс вестервольдский	1	1	42.3	29
Дагусса	1	2	23.3	16
Бобовые				
Клевер шабдар	1	1	74.5	50
Донник белый	2	4	67.1	45
» волжский	2	4	52.8	36
» желтый	2	4	49.8	34
Леспедеза полосатая	2	2	32.7	22
Клевер александрийский	1	1	28.3	19
Люцерна хмелевидная	1	2	28.3	19

Из испытанных однолетних злаков, как и следовало ожидать, на первом месте по урожайности стоит суданская трава, дающая сена до 150 ц/га в год. Урожаи вдвое меньше суданки дают щетинники, и, далее, в убывающем порядке следуют могар, райграс вестервольдский и дагусса, урожай которой составляет всего 23.3 ц/га в год, т. е. 16% от урожая суданки.

Из двухлетних и однолетних кормовых бобовых трав на первом месте по урожаю сена стоит клевер персидский, или шабдар, дающий его 74.5 ц/га. Далее следуют донники — белый, волжский и желтый, дающие сена 53—67 ц/га в год, и затем леспедеза полосатая, клевер александрийский, или берсим, и люцерна хмелевидная, дающая сена 28.3—32.7 ц/га в год.

Интересно сравнить средние годовые урожаи (из 2 лет без года посева) некоторых многолетних трав, полученные в близких климатических условиях на орошаемых каштановых почвах полей севооборота Костычевской станции (Дробышевский, 1928), со средними урожаями тех же трав, полученными на орошаемых столбчатых солонцах Малоузенского солонцового стационара в условиях мелких опытных делянок. Такое сравнение для семи сравнимых трав приводится в табл. 44, из которой видно, что из четырех многолетних бобовых трав, испытанных в обоих пунктах, урожаи двух из них — люцерны синей и желтой — почти вдвое выше в условиях стационара по сравнению с Костычевской станцией, а урожаи двух других — клевера красного и эспарцета — даже несколько ниже.

ТАБЛИЦА 44

Сравнительный годовой урожай сена некоторых многолетних трав (средний из 2 лет без года посева) на орошаемых каштановых почвах Костычевской станции, и на орошаемых столбчатых солонцах Малоузенского солонцового стационара

Культура	Средний урожай сена в ц/га	
	Костычевская станция	Малоузенский солонцовый стационар
Люцерна синяя в среднем	90	171
» желтая	67	150
Клевер красный	53	44
Эспарцет	48	41
Костер безостый	42	90
Житняк	34	68
Овсяница луговая	31	52

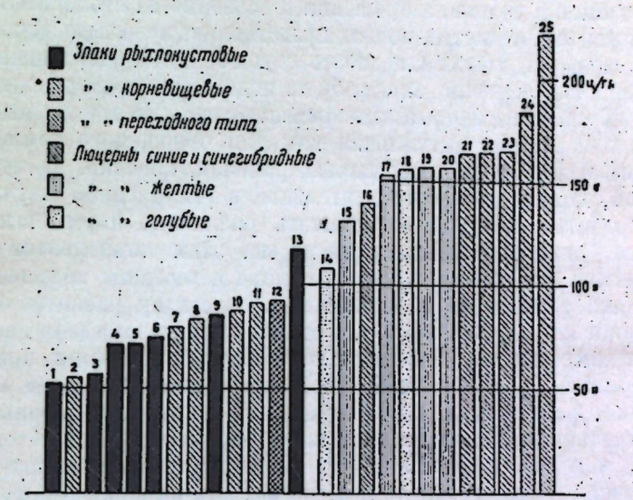
Урожаи трех многолетних злаков — костра безостого, житняка и овсяницы луговой — на Малоузенском солонцовом стационаре почти вдвое выше урожаев на Костычевской станции.

Конечно, мы ясно понимаем, что наши урожаи, полученные на делянках площадью в 4—18 м², являются только биологическими урожаями и не совсем сравнимы с урожаями Костычевской станции, полученными в условиях, близких к хозяйственным. Но тем не менее мы считаем, что и наши биологические урожаи не являются предельными или даже весьма высокими и что они могут быть еще значительно увеличены в нормальных хозяйственных условиях при применении комплексного метода мастеров социалистического земледелия — ефремовцев. Наши урожаи получены на почвах, считавшихся до недавнего времени лишь «бросовыми землями», они получены на них без применения каких-либо мелиорирующих веществ, почти без употребления минеральных удобрений, при сравнительно примитивной обработке и агротехнике, при непормальных, часто несвоевременных поливах и т. д. Между тем никогда нельзя забывать золотых слов акад. В. Р. Вильямса, что «опыт мастеров высокого урожая непреложно подтвердил правильность основного, исходного положения научной агрономии — урожаи могут расти беспредельно, если мы будем одновременно воздействовать на всю «алгебраическую» сумму комплекса внешних условий, в которых растет и развивается с.-х. растение».

Ясное понимание этого основного диалектического закона земледелия позволило акад. В. Р. Вильямсу утверждать и за десяток лет вперед предсказывать возможность и необходимость получения урожаев пшеницы в 80—100 ц/га. В то время эти цифры вызывали у читателей и слушателей

лишь смущенную улыбку недоверия, ибо таких урожаев, даже «биологических», никогда не получали наши лучшие опытные учреждения на малых делянках, а через несколько лет такие и даже более высокие урожаи были получены практически, в хозяйственных условиях, стахановцами социалистического земледелия.

Многолетние злаки по урожаям сена значительно уступают урожаям люцерн, как это видно из сравнения данных, приведенных в табл. 41 и 42. В первом приближении можно считать, что низшие урожаи наименее урожайных люцерн начинаются с величин высшего урожая наиболее урожай-



Фиг. 4. Сравнительный средний годовой биологический урожай некоторых многолетних злаков и бобовых со второго года их жизни на орошаемых немелиорированных столбчатых солонцах Малоузенского солонцового стационара

1 — овсяница луговая; *2* — колосняк (волосенец) песчаный; *3* — житняк широколосый; *4* — житняк узколосый; *5* — житняк гибридный (*A. des.* × *cristatum*); *6* — житняк гибридный (*A. crist.* × *desertorum*); *7* — канареечник тростниковидный; *8* — колосняк (волосенец) солончаковый; *9* — пырей средний, или сизый; *10* — костер безостый корневищевый; *11* — колосняк (волосенец) даурский; *12* — костер безостый мочковатокорневищевый; *13* — пырей американский; *14* — люцерна голубая дагестанская; *15* — люцерна желтая Краснокутская № 4009; *16* — люцерна Туркестанской оп. станции; *17* — люцерна желтая № 799 ВИР; *18* — люцерна голубая азербайджанская; *19* — люцерна желтая Краснокутская № 1202; *20* — люцерна желтая дикорастущая Томская № 3765; *21* — люцерна синяя хивинская (Чимбай); *22* — люцерны украинские № 300, 225 и местная; *23* — люцерна краснокутская № 3125; *24* — люцерны краснокутские в среднем; *25* — люцерна Гримм-Зайкевич

ных злаков. Из злаков высший урожай сена в наших условиях показал американский пырей, урожай которого составлял 116.7 ц сена с гектара в год. Низший урожай из всех видов и сортов люцерн дала люцерна голубая дагестанская — в среднем 107.9 ц сена с гектара, а следующая за ней по урожайности люцерна желтая краснокутская № 4009 дала 131.0 ц сена с гектара. Таким образом, если расположить по урожайности в один ряд все пригодные для культуры на орошаемых солонцах Заволжья многолетние злаки и бобовые, то этот ряд разделится почти пополам, причем первую половину его составят различные многолетние злаки с урожаем сена от 23.4 до 116.7 ц/га в год, а другую половину составят различные люцерны, начинающие свой урожай со 107.9 и доходящие до 221.8 ц/га в год. Отбросив злаки со средним годовым урожаем сена ниже 50 ц/га, получим восходящий ряд, представленный на фиг. 4.

Таким образом, вторая часть нашей работы, направленная на изыскание наилучших в агрономическом и почвенно-мелиоративном отношении злаково-бобовых травосмесей, сводится к изысканию лучших двухкомпонентных смесей, составленных одним из восьми отмеченных выше рыхло-

кустовых или мочковатокорневищевых злаков, с одной стороны, и одним из лучших представителей трех видов люцерн, с другой. Недостаток семян всех этих трав не позволил нам пока полностью заложить этот опыт на делянках площадью по 130—150 м². Весной 1939 г. (в середине апреля) на таких делянках были заложены лишь травосмеси, состоящие из синей или желтой люцерны и пырея американского, костра безостого мочковатокорневищевого, житняка узкоколосого и житняка ширококолосого.

Надо сказать, что создание устойчивой и равномерной, по весу сена или по количеству кустов, травосмеси из люцерны и одного из рыхлокустовых злаков в условиях орошения и особенно на столбчатых солонцах или комплексных пятнистых почвах представляет нелегкую задачу. Быстро растущая люцерна, способная давать при обильном увлажнении четыре-пять укосов в год, конечно, всегда будет подавлять своим развитием любой многолетний злак, высеянный одновременно с ней. Но все же мы полагаем, что эта задача весьма актуальная как для орошаемого земледелия Заволжья, так и для других орошаемых районов, конечно, не является неразрешимой, хотя и потребует длительной и углубленной научно-агрономической работы. Необходимо испытать различные нормы высева злака и бобового, разновременные сроки посева этих компонентов — осенние и позднелетние (августовские) посевы злака и весенние подсевы бобового, сроки полива травосмеси в зависимости от стадии развития ее компонентов, сроки их укосов, подбор, а может быть, и выведение новых, наиболее пригодных сортов растений и т. д. Все это потребует, конечно, значительно большего оборудования полевым и хозяйственным инвентарем и машинами, различными агрономическими и другими научными приборами и установками, а также значительно большего научного и технического персонала, чем располагает и может располагать Малоузенский солонцовый стационар. Поэтому мы не можем смотреть на нашу работу иначе как на работу предварительного, ориентировочного характера, имеющую целью лишь выяснение ряда простейших первичных вопросов, возникающих при культуре многолетних трав и травосмесей на орошаемых солонцовых почвах Заволжья.

Акад. П. Н. Константинов (1939) совершенно правильно обратил внимание Совещания по кормовым травам, происходившего 7—12/I 1937 г. во Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина, на необходимость и важность изучения и подбора сортов люцерны и ее компонентов в травосмесях в условиях орошения Юго-Востока. Нам кажется, что сейчас необходимо и своевременно ставить вопрос об организации в Заволжье на одной из крупных оросительных систем на местном стоке (Кутулук, Бузулук, Толстовка и др.) специальной опытной станции или иной экспериментальной базы для разработки всех агротехнических вопросов, связанных с введением правильных травопольных в орошаемом земледелии Заволжья. Сюда войдут и вопросы селекции кормовых трав и репродукции семян наиболее важных злаков и бобовых, вопросы агротехники трав и травосмесей в орошаемом земледелии, вопросы правильных травопольных севооборотов, — одним словом весь цикл вопросов комплексного, ефремовского воздействия на почву и растения для получения высоких урожаев. Необходима также организация специального филиала или отделения этой базы на солонцовых и комплексных почвах Заволжья, ибо эти почвы потребуют разработки ряда специальных приемов их эксплоатации. Без решения этих важнейших и неясных до сих пор агротехнических вопросов экспериментальным и теоретическим путем хозяйство Заволжья и научные учреждения окажутся агротехнически неподготовленными к правильному нормальному использованию вод Куйбышевского гидроузла и к организации высокопродуктивного и культурного социалистического орошаемого земледелия Заволжья.

ВЫВОДЫ

Четырехлетние мелкоделяночные опыты по культуре многолетних и однолетних кормовых трав, проведенные на орошаемых остаточносолончаковых хлоридно-сульфатных столбчатых солонцах Малоузенского солонцового стационара, расположенного на древней террасе р. Малый Узень, близ с. Александровка Питерского р-на Саратовской обл., позволяют сделать следующие основные выводы.

1. На остаточносолончаковатых столбчатых солонцах речных долин Заволжья в условиях орошения вполне возможна культура главнейших многолетних кормовых злаков и бобовых, которые способны на этих почвах давать высокие урожаи сена и семян. Тем самым открываются широкие возможности применения методов биологической мелиорации солонцовых почв отдельно или в сочетании с приемами химических мелиораций (гипсование, внесение навоза, местных удобрений и т. д.), на базе нормальной и глубокой механизированной обработки этих почв и введения правильных травопольных севооборотов в орошаемом земледелии Заволжья.

2. Из многолетних рыхлокустовых и корневищевых злаков выявлены три группы трав, вполне приспособленных к культуре их на орошаемых солонцовых почвах в условиях неблагоприятного, резко континентального климата района с его малоснежными или бесснежными, суровыми зимами и знойными, сухими, с частыми суховеями летними периодами: 1) пырей американский, дающий в среднем свыше 100 ц сена в год с гектара, 2) костер безостый (корневищевая и мочковатокорневищевая формы), колосняки (волосницы) даурский и солончаковый, канареечник тростниковидный и пырей средний, способные давать 75—100 ц сена в год с гектара, и 3) житняки ширококолосый и узкоколосый, их гибридные формы, колосняк (волосница) песчаный и овсяница луговая, способная давать сена 50—75 ц/га в год. Все рыхлокустовые виды из этих трав должны быть прежде всего использованы в качестве компонентов в злаково-бобовых травосмесях орошаемых травопольных севооборотов.

3. Из других испытанных многолетних злаков часть их, а именно тимофеевка, лисохвост и мятлик луговые и бекмания, также зимостойки, но плохо приспособлены к неблагоприятному водно-физическому и солевому режиму солонцовых почв и к знойным условиям вегетационного периода, а потому способны давать урожаи сена лишь в пределах 25—40 ц/га в год. Другая же часть — райграсы английский, французский и итальянский, а также ежа сборная — не выносят суровых зим Заволжья и частично или полностью вымерзают в отдельные годы. Злаки пастбищного типа — овсяница овечья, бородач и бескильница тонкоцветная — вполне зимостойки, но в силу своих внутренних качеств не способны давать урожаи сена выше 25—40 ц/га в год.

4. Из всех испытанных многолетних бобовых кормовых трав лучшие результаты дали люцерны, урожай которых со второго года жизни при трех-пяти укосах в среднем почти вдвое превышает урожай лучших многолетних злаков. Из люцерн наиболее урожайны синие и синегибридные сорта (хивинская, Гримм-Зайкевич, украинские № 300 и 225, краснокутская № 3125 и др.), биологический урожай которых при четырех-пяти укосах достигает в среднем 140—215 ц/га в год. На втором месте по урожайности стоят люцерны желтые (краснокутские № 1202 и 1409, дикорастущая томская и др.), средний урожай которых составляет 130—157 ц/га в год. Близки к ним по урожайности люцерны голубые (дагестанская и азербайджанская), дающая в среднем 108—155 ц/га в год. Эти данные выдвигают возможность рекомендации для культуры Заволжья на орошаемых солонцовых и комплексных почвах более широкого ассортимента сортов люцерн,

чем это предусмотрено проектом районирования сортов люцерн, составленного ВИК.

5. Урожаи синегибридных люцерн на немелиорированном орошаемом столбчатом солонце в среднем по семенам составляют 59% и по сену 81% от урожаев, полученных в тех же условиях на орошаемой каштановой почве.

6. Все другие многолетние бобовые по своей урожайности в два-три и более раз уступают урожаю люцерн. При этом все виды клеверов (красный одноукосный и двуукосный, ползучий, шведский, земляниковидный и др.) не выносят суровых зим Заволжья и в отдельные годы частично или полностью погибают. По зимостойкости обращают на себя внимание лядвенец рогатый, эспарцеты и некоторые астрагалы, не вымерзающие даже в самые суровые зимы и дающие урожай порядка 30—65 ц/га в год.

7. Сравнительно высокие урожаи семян, которые способны давать многолетние злаки и люцерны на орошаемых столбчатых солонцах и комплексных почвах Заволжья (злаки от 2 до 12.5 ц/га и люцерны от 2.2 до 16.8 ц/га в год), позволяют рекомендовать организацию на орошаемых колхозных участках семенных полей этих трав, что избавит Заволжье от ввоза семян трав из других районов и будет способствовать быстрейшему переходу орошаемого и сухого земледелия Заволжья на правильные травопольные севообороты.

8. Из однолетних и двухлетних кормовых трав лучшие результаты дали суданская трава, урожай сена которой при двух укосах достигает 150 ц/га в год, а также щетинники зеленый и сизый, могар, райграс вестервольдский, клевер шабдар и донники белый, волжский и желтый с урожаями сена в 40—70 ц/га в год. Дагусса, лespедеза, клевер берсим и люцерна хмелевидная дают урожай лишь порядка 20—35 ц/га в год.

9. В одногодичном опыте на орошаемом столбчатом солонце и комплексных почвах разные сорта сорго дали урожай воздушно-сухого зерна в 33—78 ц/га и разные сорта кукурузы урожай воздушно-сухих початков в 35—97 ц/га. Высокие урожаи на этих почвах дали также некоторые зерновые бобовые культуры, а именно: соя 20—25 ц/га, чина 14—26 ц/га, нут 13—18 ц/га, чечевица 13—16 ц/га и горох 10—11 ц/га. Таким образом, все эти растения могут с успехом возделываться на орошаемых и комплексных почвах Заволжья в качестве кормовых, продовольственных или технических культур.

10. Современное состояние научно-агрономической разработки вопроса создания равномерных и устойчивых орошаемых злаково-бобовых травосмесей в Заволжье (как, впрочем, и в других районах ирригации) приводит к выводу о необходимости организации на одном из крупных орошаемых массивов этого района специальной, хорошо оснащенной научно-агрономической базы для разработки ряда важнейших вопросов агротехники (и селекции) многолетних трав и травосмесей, без решения которых не может быть правильно организовано будущее орошаемое земледелие районов Большой Волги.

РЕЗЮМЕ

В статье излагаются главнейшие результаты четырехлетних опытов автора по культуре многолетних кормовых трав на орошаемых, но немелиорированных остаточносолончаковатых хлоридно-сульфатных столбчатых солонцах Заволжья. Опыты проводились на солонцах, расположенных на первой древней террасе р. Малый Узень, близ с. Алексашкино Питерского р-на Саратовской обл.

1. На немелиорированных солонцах Заволжья в условиях сравнительно неблагоприятного континентального климата (суровые зимы, часто бесснежные, и знойные сухие с частыми суховеями летние периоды) при орошении вполне возможна успешная культура главнейших многолетних злаков на сено и семена.

2. Лучшие результаты были получены со следующими многолетними злаками:

а) *Agropyrum tenerum* Vasey, дающий в среднем свыше 100 ц сена на гектар в год;

б) корневищевая и мочковатокорневищевые формы *Bromus inermis* Leyss., *Elymus dahuricus* Turcz. и *E. salsuginosus* Turcz., *Phalaris arundinacea* L. и *Agropyrum intermedium* Host., способные давать 75—100 ц сена на гектар в год;

в) *Agropyrum cristatum* (L.) Beauv. и *A. desertorum* (Fisch.) Schult., их гибридные формы, *Elymus arenarius* L. и *Festuca pratensis* Huds., способные давать сена 50—75 ц/га в год (см. табл. 41).

3. Другие многолетние злаки (*Phleum pratense* L., *Alopecurus pratensis* L., *Poa pratensis* L., *Arrhenatherum elatior* L., *Lolium perenne* L., L. *italicum* A. Br., *Dactylis glomerata* L., *Beckmannia eruciformis* L., и др.) плохо приспособлены к климатическим и почвенным условиям района и целиком или частично вымерзают или же дают средние урожаи сена лишь в пределах 25—40 ц/га в год (см. табл. 10 и 41).

4. Средний урожай люцерн со второго года их жизни почти вдвое превышает урожай лучших многолетних злаков. Синяя люцерна (*Medicago sativa* L.) и синегибридные формы ее: хивинская, Гримм-Зайкевич, украинские № 300 и 225 и т. д., дают высшие урожаи (140—215 ц/га в год); на втором месте стоят люцерны желтые (*M. falcata* L.): краснокутские, сибирские дикорастущие и др., со средним урожаем сена в 130—157 ц/га в год. Близки к ним по урожаям люцерны голубые (*M. coerulea* Less.): дагестанская и азербайджанская, дающая сена 107—155 ц/га в год (см. табл. 42).

5. Все другие многолетние бобовые травы по урожаю в два, три и более раз уступают люцернам. При этом все виды клеверов (*Trifolium pratense* L., *T. hybridum* L., *T. repens* L., *T. fragiferum* L. и др.) не выносят суровых зим и частично или полностью вымерзают. Высокой зимостойкостью отличаются *Lotus corniculatus* L., *Onobrychis viciaefolia* Scop. и *O. arenaria* D. C. и некоторые астрагалы (*Astragalus Onobrychis* L. и *A. falcatus* Lam.), дающие средние урожаи сена в 35—65 ц/га в год (см. табл. 42).

6. Урожаи синих гибридных люцерн на немелиорированном столбчатом солонце при орошении составляют в среднем по семенам 59% и по сену 81% по сравнению с урожаями тех же сортов люцерн, культивируемых в аналогичных условиях на каштановой солонцеватой почве (см. табл. 19).

7. Сравнительно хорошее произрастание на орошаемых солонцовых почвах Заволжья главнейших многолетних злаков и бобовых открывает широкие возможности применения методов биологической мелиорации этих почв посредством культуры многолетних злаково-бобовых травосмесей отдельно или в сочетании с приемами химических мелиораций (гипсование, внесение навоза, местных удобрений и т. д.) и с глубокой обработкой этих почв.

ЛИТЕРАТУРА

Антипов-Каратаев И. Н. и Филиппова В. Н. Химическая характеристика основных почвенных разностей участка. Работы Малоузенского солонцового стационара. Тр. Комиссии по ирригации, вып. 9, М.—Л. 1937.

Буданов М. Ф. Результаты опытов по полной мелиорации каштановых солонцеватых почв комплексом мероприятий. Пробл. сов. почвовед., сб. 5, М.—Л. 1937.

Вильямс В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. Изд. 4-е. Сельхозгиз, М. 1938.

Гельцер Ф. Ю. и Ласукова Т. П. Влияние культур на плодородие почв в условиях орошаемого земледелия Средней Азии. Ташкент 1934.

Гедройц К. К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация. Изд. Иосовск. с.-х. оп. ст., вып. 46, 1928.

Голодковский В. Л. Поливные кормовые культуры Узбекистана. В кн.: Голодковский В. Л. и Михайловская М. А. Кормовые культуры Узбекистана. Изд. Ком. Наук. УзССР, Ташкент 1936.
Голубев Н. П. Красный клевер. Сельхозгиз, 1931.
Делинникайтис С. А. Орошаемое земледелие. Некоторые вопросы орошаемого земледелия в зерновом хозяйстве. Саратовск. гос. изд., 1935.
Дмитриев А. М. и Харченко В. А. Кормодобывание. Сельхозгиз, М.—Л. 1934.
Дробышевский Ю. Многолетние кормовые травы в условиях орошения. Журн. оп. агр. Ю. В., т. VI, вып. 2, Саратов 1928.
Еличев А. Соя. Сб. «Селекция, агрохимия, семеноводство», НКЗ АССР Немцев Поволжья, Эйгельс 1935.
Иванова К. В. Шабдар, или персидский клевер. Руководство по аппробации с.-х. культур, т. IV, Кормовые культуры. Изд. 2-е, М.—Л. 1928.
Кисина Л. Опыт с шабдаром и другими кормовыми травами. Борьба за хлопок, № 5—6, Ташкент 1935.
Ковда В. А. и Большаков А. Ф. О мелиорации солонцов Каспийской низменности методом плантажа. Пробл. сов. почвовед. сб. 6, 1938.
Ковда В. А. О мелиорации солонцов посредством термической дегидратации коллоидов. Почвоведение, № 4, 1938.
Колосова А. В. и Силенко Н. М. Агротехника многолетних трав и их смесей. Сб. «Сенокосы и пастбища», ВИК, вып. 1, М. 1935.
Константинова А. О культуре кормовых трав на солонце. Семеноводство, № 3, 1933.
Константинов П. Н. О селекции кормовых трав на Краснокутской с.-х. оп. станции. Самара 1917.
Константинов П. Н. О морозоустойчивости люцерны в условиях Краснокутской с.-х. оп. станции Новоузенского уезда Самарской губ. Изд. Самарского губ. земства, Самара 1918.
Константинов П. Н. Люцерна и ее культура на юго-востоке европейской части СССР. Изд. 2-е, Самара 1932.
Константинов П. Н. Методика полевых опытов (с элементами теории ошибок). Сельхозгиз, 1939.
Константинов П. Н. Задачи селекции, семеноводства и агротехники люцерны. Сб. «Селекция, семеноводство и агротехника». Изд. ВАСХНИЛ, М., 1939.
Космодемьянский М. П. Опыты с сорго. Сб. «Итоги работ Камышинской с.-х. оп. станции по агротехнике за 1924—1933 гг.», Сталинград 1936.
Косарев М. Г. О травосмесях. Сб. «Селекция, семеноводство и агротехника», Изд. ВАСХНИЛ, М. 1938.
Ногтев В. П. Клубеньки на корнях лугового лисохвоста. Ботан. журн. СССР, т. XXIII, вып. 2, 1938.
Орловский Н. В. Приемы улучшения солонцов и солонцовых почв в условиях неорошаемого земледелия. 1938—1939. (Монография, рукопись.)
Пайпер Г. Многолетние кормовые травы и их культура. Перев. со 2-го перераб. изд., под ред. Л. А. Чугунова. Сельхозгиз, М.—Л. 1930.
Петров Е. Г. и Минина Е. Г. Вопросы физиологии сельскохозяйственных культур при дождевании. Советск. агрон., № 4, 1939.
Попов В. М. Сорта люцерны, их внедрение в производство и районирование. Сб. «Селекция, семеноводство и агротехника», ВАСХНИЛ, М. 1939.
Попов В. М. и Тарковский М. И. Люцерна. Сельхозгиз, 1939.
Попов И. С. и Елкин Г. М. Корма СССР, состав и питательность. Изд. 2-е, перераб., Сельхозгиз, М. 1935.
Рожевиц Р. Ю. Gramineae. Сб. «Флора Юго-Востока Европ. части СССР», вып. III, изд. 4-е Ботан. сада, Л. 1928.
Рожевиц Р. Ю. Злаки. Введение в изучение кормовых и хлебных злаков. Сельхозгиз, 1937.
Саввинов Н. И. и Кочерина Е. И. Варирование физических свойств компонентов солонцового комплекса. Работы Малоузенского солонцового стационара. Тр. Комиссии по ирригации, вып. 9, М.—Л. 1937.
Сердобольский И. В. Варирование химических свойств компонентов солонцового комплекса почв. Работы Малоузенского солонцового стационара. Тр. Комиссии по ирригации, вып. 9, М.—Л. 1937.
Суворов В. В. Донник и его перспективы. Итоги пленума Секции зерновых, зернобобовых, масличных и кормовых культур ВАСХНИЛ. Изд. ВАСХНИЛ, М. 1937.
Суворов В. В. Клевер. Руководство по аппробации с.-х. культур, т. IV. Кормовые травы. Изд. 2-е, М.—Л. 1938.
Тихомирова И. В. и Рязанцева З. А. Климат Заволжья. Мат. изысканий, исследований и проектирования ирригации Заволжья и Камышинской плотины и гидростанции на Волге, вып. IX, Нижневолгопроект, НКЗ СССР, Сельхозгиз, М. 1939.

Хинчук А. Г. Эспарцет. Руководство по аппробации с.-х. культур, т. IV, Кормовые травы. Изд. 2-е, М.—Л. 1938.
Шредер Р. Р. Шабдар. Журн. Туркестанск. с. х., № 11, 1908.
Carrier L. Lespedeza as a forage crop. U. S. Dep. of Agr. Farm. Bull., № 1143, 1927.
Kennedy P. B. and Mackie W. W. Berseem or Egyptian Clover (Trifolium alexandrinum). California Exp. Sta. Bull. № 389, 1926.
Pieters A. S. Lespedeza. U. S. Dep. of Agr. Circ. January № 14. Washington. D. C., 1933.
Pieters A. S. A perennial lespedeza (Lespedeza sericea). U. S. Dep. of Agr. Bureau of plant industry. Circular.

N. I. SAVVINOV

GROWING FODDER GRASS ON SOLONETS SOILS IN TRANSVOLGIAN RIVER VALLEYS UNDER CONDITIONS OF IRRIGATION

Summary

The principal results of the author's four year's experiments in growing perennial fodder grasses on irrigated but unreclaimed residuous solonchakous chloride-sulphatic columnary solonets of the Transvolgian region are treated in this paper. The experiments were performed on solonets soils situated on an ancient first terrace of the Little-Uzen River, in the vicinity of the town Alexashkino, Piterka district, Saratov region.

1. It is quite possible to grow successfully the principal perennial cereals for fodder and for seed on irrigated Transvolgian unreclaimed solonets soils in comparatively unfavorable continental climmatic conditions (severe winters with scarcely any snow cover, dry and hot sommers with frequent dry winds).

2. The best results were obtained with the following perennial grasses:

a) Agropyrum tenerum Vasey yielded annually an average crop of more than 100 centners of hay per hectare.

b) Rhizome rooted and fibrous-rhizome rooted varieties of Bromus inermis Leyss, of Elymus dahuricus Turcz., and Elymus salsuginosus Turcz., of Phalaris arundinacea L., and of Agropyrum intermedium Host., may yield from 75 to 100 centners of hay per hectare per annum;

c) Agropyrum cristatum (L.) Beauv. and A. desertorum (Fisch.) Schult., their hybrid forms, Elymus arenarius L., and Festuca pratensis Huds., can yield yearly from 50 to 75 centners of hay per hectare. (See Table 41.)

3. Other perennial cereals (Phleum pratense L., Alopecurus pratensis L., Poa pratensis L., Arrhenatherum elatior L., Lolium perenne L., L. italicum A. Br., Dactylis glomerata L., Beckmannia eruciformis L., and others) are not well adapted to the climatic and soil conditions of the region. Frosts destroy them either partially or totally, and no more than from 25 to 40 centners of hay per hectare per annum was obtained from these plants. (See Tables 10 and 41.)

4. The average crop of alfalfa grass, from the second year of the plants life, is more than two times as large as that of the best perennial grasses. Blue alfalfa (Medicago sativa L.) and hybrids of the same: Khiva — Grimm-Zaykevich — Ukrainien 300 and 225, Krasnokut 3125 alfalfa and so on, yield the highest crops (140—215 centners per hectare); the second place belongs to the yellow alfalfa (M. falcata L.): Krasnokut, wild Siberian alfalfa etc. with an average annual crop of hay from 130 to 157 centners per hectare. Approximately the same crops of hay, reaching from 107 to 155 centners per hectare per annum, are obtained from light blue alfalfa (M. coerulea Less.), from its Dagestan and Azerbaidgan varieties. (See Table 42.)

5. The crops of all other perennial leguminous grasses are two, three and more times as small as those of alfalfa. Varieties of clover (Trifolium pratense

L., T. hybridum L., T. repens L., T. fragiferum L. and others) cannot stand the severe winters: they are either baldly damaged or totally destroyed by frosts. Lotus corniculatus L., Onobrychis viciaefolia Scop. and O. arenaria DC. and some of Astragalus (Astragalus Onobrychis L. and A. falcatus Lam.) are highly resistent to frost, and they yield as much as 30 to 65 centners of hay per hectare. (See Table 42.)

6. Blue hybrid alfalfa grown on irrigated but unreclaimed columnary solonets soil yielded only 59 percent of seed and 81 percent of hay as compared to the crop of the same grass grown in similar conditions on chestnut solonetsous soil. (See Table 19.)

7. The rather fair results of growing principal perennial cereals and leguminous plants on Transvolgian irrigated solonets land offer a wide prospect of possible biological reclamations of these soils by means of growing mixed perennial and leguminous grasses, or by combining these methods with the application of fertilizers (gypsum, manure, local fertilizers etc.), and with deep tillage.

Опечатки и исправления к «Трудам Почвенного Института» том 24-й

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
21	Табл. 7, 2 колонка слева	0.139	0.539
45	Табл. 21, заголовок таблицы	в условиях неорошаемого	в условиях орошаемого
187	11 сверху	569%	56.9%
194	11 сверху	> 0.001 мм	< 0.001 мм