

17-63

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА

ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ

СБОРНИК 3

36

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ В. В. ДОКУЧАЕВА

ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ

СБОРНИК 3

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1936 ЛЕНИНГРАД

17 421

Писать разборчиво

Шифр

1763

Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР

Непременный секретарь акад. Н. Горбунов.

Ответственный редактор акад. Л. И. Прасолов.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И. Н. Антипов-Каратаев, И. П. Герасимов, А. А. Завалишин, Б. В. Ильин,
В. А. Ковда, А. Ф. Лебедев, Б. Б. Полюнов, Л. И. Прасолов, А. А. Роде.

721п.

Технический редактор Ип. Пошешулин.

Корректор К. Топчевский.

Сдано в набор 20/IV 1936 г. Подписано к печати 4/IX 1936 г. Формат бумаги 72×110/16. Объем 13 печ. л.
В 1 п. л. 46 000 печ. зп. Тираж 1 665 экз. Уполномоченный Главлита № В-16789, АИИ № 209. Заказ № 1781.
1-я Образцовая типография Огиза РСФСР треста "Полиграфкинг". Москва, Валовая, 28.

Акад. Л. И. ПРАСОЛОВ

III МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО ПОЧВОВЕДЕНИЮ

Третий международный конгресс происходил в 1935 г. в Оксфорде с 31 июля по 7 августа под председательством Ресселя, при участии более 400 делегатов разных стран. Около половины членов составили англичане и американцы. Советская делегация была на этот раз малочисленна (6 человек делегатов). Участвовали делегаты южных стран — Индии, Китая и др. Но Южная Америка не была представлена. Среди членов конгресса было много участников первых конференций и конгрессов, составляющих активное ядро Международной ассоциации почвоведов: Гиссинк, Митчерлих, Шухт, Зигмонд, Штремме, Марбут, Ваксман, Вигнер, Миклашевский, Новак, Липман, Демолон, Гессельман, Тамм, Краузер и др.

Состоялось шесть пленарных собраний (с 9 ч. 30 м. до 1 ч. дня), не считая дней открытия (30 июля) и закрытия конгресса, и в те же дни (с 2 ч. 30 м. до 5 ч. дня) происходили в разных залах заседания шести комиссий и подкомиссий. Программа всех заседаний, особенно в комиссиях, была перегружена докладами. На каждый доклад в комиссиях давалось только 15 мин. Доклады зачитывались большей частью уже напечатанные в «Трудах» конгресса, вышедших к открытию его в двух томах.¹ Это облегчало понимание докладов, но все же разноязычие, отсутствие переводчиков и краткость времени не давали возможности широко развернуть дискуссии. Была устроена и выставка карт, образцов почв и приборов. Она помещалась в отдельном здании, в нескольких небольших комнатах, в виду чего многое ускользало от внимания членов конгресса. Так как советская делегация запоздала, то наши картографические экспонаты были помещены в самую дальнюю комнату, куда никто не заглядывал, кроме специально приглашенных. К тому же русские надписи на картах, выставленных Институтом агропочвоведения, не были переведены на иностранные языки.

Во время конгресса состоялось несколько небольших экскурсий, в том числе на Ротгамстедскую опытную станцию, а после окончания его большая экскурсия через Уэльс в Шотландию и обратно через Кембридж (в последней я не участвовал).

¹ Третий том вышел в начале 1936 г.

Члены конгресса были размещены в студенческих общежитиях колледжей Оксфордского университета, где пользовались и столом. Здания, где происходили заседания, были расположены на соседних улицах. Канцелярия президиума и общая приемная помещались отдельно. Общение между членами конгресса вне заседаний поддерживалось только около столовой во дворе, где можно было встретить обитателей того же колледжа и на ходу переговорить, так как присесть и побеседовать было негде. Один раз в саду нашего колледжа университет устроил вечером общий прием (Garden party).

Каждое из шести пленарных заседаний было посвящено общим докладам шести комиссий в порядке очереди от первой до шестой (по три доклада на каждом заседании).

В своей вступительной речи на открытии конгресса президент Рессель отметил двойное значение почвоведения, теоретическое и практическое, и указал на некоторые новые успехи в том и другом направлении — создание почвенных карт Европы и Австралии, приложение X-лучей к изучению состава почв, методы микробиологического анализа и др.

В этой речи, как и в некоторых докладах, нашла характерный отзвук экономическая депрессия в капиталистических странах. Рессель поставил вопрос: «что дает нам наша наука в эти дни тревог?» И на него ответил: «нашей международной деятельностью мы помогаем разрешить те тяжелые экономические проблемы, которые опечалили столько жизней в продолжение последних тяжелых годов». В специальном докладе о методе классификации местностей (т. е. о районировании) Марбут отметил, что этот вопрос возник в Сев. Америке вследствие необходимости сократить сельскохозяйственную продукцию из-за низких цен.

Доклады пленума были посвящены частью общим сводкам по разным вопросам, частью изложению результатов новых исследований. Большинство этих обзоров не отличалось ни полнотой, ни глубиной. Наиболее интересными оказались доклады по коллоидам почв, например: доклады Брэдфильда «Отношение новейших исследований почвенных коллоидов к классификации почв» и Вигнера «Ионный обмен и структура». Последний, к сожалению, не вошел в первые два тома «Трудов конгресса».

Брэдфильд указал, что по новейшим исследованиям минеральные коллоиды почвы представляют преимущественно новообразования в виде глинистых минералов и от смесей коллоидов кремнезема, глинозема и окиси железа отличаются большей кислотностью и большей поглотительной способностью к основаниям. Этот вывод подтверждают и другие исследователи почвенных коллоидов, как Байерс (С. Америка), Гельмерс (Берлин), Жаккоб, Гофман и Лоофман (Берлин), Маршалл (Лидс).

Органические коллоиды почвы — гумус также представляют продукты синтеза, свойственные почвам, и относительно устойчивые в данных условиях почвообразования. Брэдфильд отдает предпочтение классификации

почв Гедройца, но главный ее недостаток видит в том, что она только химическая, тогда как классификация почв должна быть основана на свойствах живой почвы («Soil classification is a field science»). «Химик-коллоидник», — говорит он, — нуждается в помощи тренированного глаза морфологиста, а морфологист — в знании, доставляемом тонкой техникой коллоидника.

Этот призыв к синтезу разнородных методов прозвучал и в сообщениях о новых исследованиях. На пленуме были доложены «Исследования плодородия почв в Голландской Индии» (O. de Vries) и «Некоторые данные о тропических почвах в Вест-Индии» (Hardy). Кроме того, и в комиссиях был поставлен ряд соответствующих докладов. Доклад Hardy содержит интересные сведения о выветривании различных пород.

Из других докладов на пленуме привлек общее внимание доклад Митчерлиха о результатах международной работы по испытанию 173 почв из разных стран на потребность в удобрениях и относительное плодородие девятью разными методами. Об этой работе скажут специалисты-агрохимики.

Зигмонд старался пропагандировать свою, уже известную у нас, классификацию почв и построил по ней очень схематичную карту Европы. Доклад Зигмонда заключался в изложении результатов полных послойных анализов венгерского чернозема до глубины 1.5 м.

Штремме демонстрировал на пленуме и в V комиссии общую почвенную карту Европы в масштабе 1 : 2500000 и Германии в масштабе 1 : 1000000, для которых он разработал новую классификацию почв, преимущественно для Средней, Северной и Западной Европы и систему обозначений. Последнюю мы получили в рукописном виде.

Доклады советской делегации не попали на пленум. Наш доклад о почвенной карте СССР в масштабе 1 : 1000000 был заслушан в V комиссии, причем самую карту нельзя было показать в подробностях. Доклад вызвал только замечание Штремме о необходимости выделения литологических видов почв (Bodenarten), что явилось, очевидно, результатом недоразумения, так как наша легенда содержит много подразделений по механическому составу, породам и др.

Пятая комиссия под председательством Марбута работала довольно интенсивно и заслушала много докладов о новых почвенных картах (В. Африки, Европы, Сев. Америки, Китая, Испании, Франции, Венгрии, СССР), классификации местностей, генезисе почв и их классификации.

Главной целью нашей было собрать материал для корректирования мировой почвенной карты (для Большого советского атласа мира). На выставке и в докладах V комиссии нам удалось ознакомиться со следующими картами:

1. Международная почвенная карта Европы в масштабе 1 : 2500000. Составлена под руководством проф. Штремме (Данциг). Представлена в рукописном виде. Будет печататься в течение 1936 г. Отдельные части были составлены специалистами разных стран, так

как работа шла под флагом Международной ассоциации почвоведов. В том числе по европейской части СССР в карту Штремме вошла наша карта издания 1930 г. с небольшими редакционными изменениями. Некоторые области 3. Европы были прокорректированы на основании специальных экскурсий сотрудников Штремме. Карта очень подробная для своего масштаба. На ней выделено 35 «типов» почв и 11 литологических подразделений (Bodenarten). Указаны также цветными полосами или штрихами сочетания различных типов и наложение одного типа на другой, т. е. введен динамический принцип. Там, где генетический тип не выяснен или затемнен слабым развитием почвы, как в некоторых горных местностях, обозначены только литологические подразделения.

Напечатанный в «Трудах» краткий доклад Штремме содержит только изложение общих оснований его классификации. Штремме выделяет следующие группы почв:

Типы фитогенетические (Vegetationsbodentypen).

Травяно-степные почвы (чернозем).

Лесные почвы.

Верещатниковые почвы (Heideböden).

Типы гидрогенетические (Nassbodentypen).

Минеральные: пойменно-лесные, болотисто-лесные.

(Bruchwaldböden) и маршевые.

Органические: перегнойно-глеевые (anmoorige) и торфяно-болотные.

Типы литогенетические (Gesteinsbodentypen).

Карбонатные (на известняках, доломитах, гипсах, болотном мергеле).

Почвы на пестрых глинах и мергелях.

Почвы на щелочных изверженных породах и их туфах (Erubasböden).

Почвы «выгорания» (Brennerböden) на сухих песках.

Типы горного рельефа (Reliefbodentypen).

Горно-лесные почвы.

Лесные пересеченных местностей (Waldböden in zerteiltem Gelände).

Горно-луговые почвы.

Влажные горные почвы (Nasse Bergböden).

Скелетные почвы, скалы.

Почвы наносные (Zusammengeschwemmte Böden).

Искусственные почвы (Künstliche Böden).

Перевернутые почвы.

Почвы выравнивания и др.

Не трудно убедиться, что такая классификация далека от стройности и полноты.

Лесные почвы Штремме разделяет еще на три группы по дренажу: почвы со слабым стоком (с черноземом) — серые лесные почвы и деградированные травяно-степные; почвы с умеренным дренажом — бурые лесные почвы;

почвы с наилучшим дренажом — ржавые лесные почвы (rostfarbene Waldböden) с железистым, от желтого до красного, нередко затемненным гумусом горизонтом В; часто под влиянием грунтовой воды они постоянно оподзолены.

Повидимому, Штремме, связывая генезис чернозема со слабым дренажом, имел в виду западно-европейские острова чернозема, приуроченные к долинам. Но он настойчиво и в тексте своего доклада причисляет к ним и наши черноземные области, присоединяясь, таким образом, к болотной теории происхождения чернозема и обращая внимание на значение травяной растительности (дерновый процесс) в преобразовании заболоченных подзолистых почв в культурные и степные. Климат проф. Штремме считает только сопутствующим фактором почвообразования.

По докладу Штремме на пленуме конгресса я заявил следующее: «Мы видим здесь, как под руководством проф. Штремме приходит к счастливому концу большая и ценная работа (по созданию почвенной карты Европы). Но всегда желательно от хорошего стремиться к лучшему. Поэтому позвольте высказать некоторые замечания и задать кое-какие вопросы. Первое: я считаю недоразумением предлагаемые профессором Штремме подразделения по дренажированности. Дренаж в степях, в облесенных степях (с серыми лесными почвами) и особенно в предгорьях, где распространены бурые лесные почвы, большею частью хорош, и сток велик. Стекающие воды причиняют сильную эрозию. Это общеизвестно. Хотя здесь и можно найти отдельные углубления, где временно застывает вода, но она большею частью быстро исчезает благодаря испарению. Развитие горизонта почвенной воды менее выражено, нежели во влажных областях с ржавыми почвами. Черноземные области имеют слабый сток не вследствие слабого дренажа, но потому, что испарение слишком велико и больше, чем осадки. Второе: сомнительно, чтобы деление на указанные пять групп можно было принять за мировую группировку почв. Каждая почва — фитогенетична, литогенетична и зависит от рельефа. Это опять классификация по факторам почвообразования, но не по свойствам почв, что уже много раз на наших конференциях было признано непригодным (unhaltbar) и что советским почвоведом, хотя и без достаточных оснований, было поставлено в упрек. Более приемлемым и последовательным было бы исходить в классификации из главных процессов и форм почвообразования и таким образом вырабатывать количественные группировки».

Вопросы о почвенной карте Европы, о принципах классификации почв и происхождении чернозема подлежат, конечно, более подробному обсуждению и, таким образом, не могли быть окончательно разрешены на конгрессе. Можно только сказать, что достижения в области почвоведения в нашей стране все еще очень мало известны и мало используются в международной литературе.

Интересно, что карта Штремме была использована в немецкой печати для обычного прославления немецкой науки. Как раз в день нашего пребывания в Берлине в газете «Berliner Tageblatt» была помещена под видом корреспонденции из Данцига статья: «Eine Karte vom Werden der Erde. Geologie unter dynamischen Gesichtspunkten. Ein Vademecum Siedlungspolitik».

Критически оценить эту карту и воспользоваться ею для «Советского атласа мира» возможно будет только после напечатания. По мнению проф. Демолана, для Франции карта средактирована неправильно. Конечно, и нашу восточно-европейскую часть теперь следовало бы переработать. Как бы то ни было, эта первая международная почвенная карта целого материка представляет большую ценность.

2. Почвенная карта Германии в масштабе 1 : 1000000. Составлена под руководством проф. Штремме и В. Вольфа. Легенда этой карты разработана по тому же принципу, как и для всей Европы, но более подробна.

В дополнение к общей легенде были представлены также карты отдельных имений в масштабе 1 : 10000, причем параллельно с почвенной картой даны в том же масштабе карта гумусности почв, карта искусственных удобрений, геологическая карта (с очень дробным делением четвертичных отложений), карта осушительной сети, карта известкования, карта угодий и севооборотов, карта грунтовых и почвенных вод.

3. Почвенная карта Венгрии в масштабе 1 : 400000. Составлена на основе классификации Зигмунда в 1935 г. Эта карта довольно схематична. У Дебрецина показаны бурые лесные почвы, далее к западу по фону чернозема полосы деградированных и подзолистых почв, на севере — подзолистые и болотные, в западной части — подзолистые и области рендзин. На венгерских внутренних равнинах показаны «бурые степные почвы» с солонцами.

В дополнение к этой карте на выставке были отдельные планшеты детальной «производственно-технической» почвенной карты Венгрии в масштабе 1 : 25000 под редакцией Крейбига. В легенду их введены агрономические показатели — потребность в известковании, физические свойства (водопроницаемость почв), мощность корнеобитаемого слоя, количества питательных веществ и уровни грунтовых вод.

В своем докладе Крейбиг сказал, что почвенные карты только тогда вполне соответствуют практическим целям, когда из них можно узнать, территориально точно все данные о свойствах почв. Этой цели, по его мнению, не достигают карты почвенных типов, так как свойства почв изменяются внутри почвенного типа. Поэтому знание типа почвы не приводит к правильному взгляду на действительную хозяйственную ценность почвы и возможность ее использования.

Чтобы установить «внутренние свойства» почв, нужно их соответственно исследовать в лаборатории и построить карты на объективных числовых данных. Но все свойства почв невозможно обозначить на карте, да и нет необходимости, так как они между собою органически так связаны, что достаточно только выразить важнейшие группы их, а остальные детали приложить в целесообразных протоколах съемки и исследования.

На такого рода «производственно-технической карте» в масштабе: 1 : 25000 обозначаются: красками — химические свойства и потребность в известии, физические свойства и мощность — штриховкой или точками, а запас питательных веществ и глубина грунтовой воды — просто цифрами, с добавлением номеров исследованных разрезов.¹ При этом Крейбиг все-таки делает оговорку, что съемочные работы по разграничению почв в поле производятся на основе учения о типах почв.

Все это, конечно, не представляет по существу ничего нового и оригинального для советского почвоведца. Но недавно мы получили через издающийся в Кенигсберге журнал «Восточно-прусский земледелец» от проф. Сабашникова предложение воспользоваться для наших работ методом Крейбига, причем предлагалось выписать из Венгрии и инструкторов. Повидимому, Крейбиг, как и многие другие ученые за границей, составил себе ложное мнение о советской почвенной картографии, как основанной только на морфологии, а потому практически не применимой. Это мнение, впрочем, нередко высказывается и отечественными критиками.

4. Почвенная карта Франции была представлена Агафоновым только на докладе в комиссии в виде очень мелкомасштабного оригинала на кальке (напечатана в «Soil Research»).

5. Почвенная карта Испании в масштабе 1 : 400000 проф. Е. Н. de Villar была представлена в виде оригинала в красках на одном листе. На ней выделены только 6 типов по оригинальной классификации автора: Tipo turboso, Tipo sialítico, Tipo calizo et areas mixtas, Tipo salino, Tipo alluvial.

6. Детальная почвенная карта вновь осушенной части Голландии (Wierengemeer) в масштабе 1 : 25000. Это собственно карта верхнего слоя наносов с подразделениями по механическому составу. Составлена Институтом почвоведения в Гронингене под руководством Гиссинка.

7. Для Англии была продемонстрирована детальная карта угодий, издаваемая в красках, с обозначением рельефа в горизонталях. На ней выделяются леса, луга, пашни, болота, сады и питомники или застроенные места. Кроме того, показаны все дороги и населенные места. Масштаб — мили в дюйме (около 1 : 63360).

¹ Необходимо отметить, что Венгрия имеет хорошую и очень детальную топографическую основу, недавно законченную при помощи аэрофотосъемки.

8. Почвенная карта о-ва Явы в масштабе 1:10000. Оригинальная иллюминировка цветными квадратиками. На одном из плашкетов показаны:

1. Почвы на черном пепле (вулканическом) (Blackdust soils).
2. Те же — денудированные.
3. Их подпочвы.
4. Водно-сухопутные почвы (Amphibic soils).
5. Подводные (?) почвы (Subhydric soils).
6. Нормальные дацитовые почвы.
7. Их подпочвы.
8. Грубо-песчаные, богатые органическим веществом.
9. Суглино-супесчаные.
10. Тонкосуглинисто-песчаные.
11. Грубые речные пески, бедные органическим веществом.
12. Торфяники.

Преобладают почвы на пепле и дацитовые.

9. Почвенная карта Китая (печатная) в масштабе 1:20000000. Намечена в «Бюллетене» Китайского геологического общества (т. XIV, № 2, 1935 г.) с текстом (119—146 стр.) и 7 табл. рисунков. Распределение почв сопоставляется с климатом.

10. Предварительная почвенная карта В. Африки (от Бельгийского Конго до северной Родезии и португальской В. Африки), всего около 685 000 кв. миль, в масштабе 1:1000000. Карта очень схематична и неполна; она была представлена в виде оригинала на кальке с пропущенными белыми наносами. Составители G. Milne и др.

Здесь выделены:

Пустынные почвы.

Солончаковые почвы.

Солончаково-пустынные.

Почвы равнин без подразделений.

Почвы равнин известковые.

То же глины высокого уровня.

Почвы равнин не известковые.

Черные и серые почвы без подразделений.

То же известковые в долинах.

То же не известковые.

Черные глины с глубокими карбонатами.

Серые латеритные глины заболоченного леса (Занзибар).

Пестрые глины («palimpsest soils»).

Красные земли не латеритные.

То же на гнейсах и др.

То же на гранитах.

То же на вулканических породах и долерите.

То же на сланцах.

То же на песчанниках.

Красные земли латеритные на тех же породах.

Почвы плато у оз. Танганайка.

Аллювиальные почвы.

То же засоленные (в пойме пролива и в дельтах).

Литологические типы.

Вулканические почвы на тонких пеплах.

То же на немзе.

То же на аггломератах и туфах.

Гумусные почвы в углублениях карста.

Гумусные почвы на коралловых известняках (Занзибар).

Большую часть эти почвы встречаются здесь в виде комплексов.

Почвы латеритные отделены от нелатеритных частью только по внешним признакам.

Карта составлялась почвоведом отдельных провинций (Танганайка, Кения, Уганда, Занзибар). Содержание ее было согласовано на общих конференциях.

Подробный отчет печатается.

На выставке было представлено 6 монолитов почв до 1.5 м из Нигерии, Трансвааля и с Золотого берега.

1. Тропический желтозем из Нигерии на граните из-под тропического леса; количество осадков 2100 мм, выпадающих с июня по ноябрь, абс. выс. 33 м, склон к юго-западу. Географические координаты: 7° 45' сев. широты и 4° 32' вост. долготы. С поверхности до 10 см виден слабо гумусированный светлосерый горизонт, ниже до 100 см — желто-бурый грубый суглинок, от 100 до 150 см — бурый комковатый с белыми прожилками.

II. «Незрелая» почва из Ибадана в Нигерии, на гранито-гнейсе; осадков — 1300 мм, абс. высота — 150 м, волнистая поверхность. Координаты: 7° 20' сев. широты, 3° 56' вост. долготы. 0—15 см — красно-бурый гумусированный, 15—150 см — пестрый буро-красный с желтыми пятнами, окрашены кремни.

III. Из Ибадана в Нигерии — 7° 30' сев. широты, 3° 58' вост. долготы, абс. выс. — 750 м, плоское место. Осадков — 1100 мм (с июня по сентябрь), кустарники плодовые. Почва на граните, аллювиальная, 0—15 см — серовато-бурый, гумусный, 15—120 см — неоднородный суглинок, частью гумусированный, 120—150 см — погребенный темный слой.

IV. Железистый латерит из Трансвааля — 25° 29' вост. долготы, травянистая саванна; почва на граните 0—20 см — бурый грубый с щебнем, 20—25 см — пестрый с красными и черными пятнами, 50—100 см — выветрившаяся порода.

V. Тропическая красная почва с Золотого берега (Achimata). 0—50 см — красный суглинок, сверху слегка гумусный, 50—150 см — красновато-бурый, довольно однородный суглинок; внизу серые включения (элювий породы).

11. По Северной Америке был представлен в новом, только что вышедшем издании «Атлас американского сельского хозяйства». Часть III, посвященная почвам, представляет тетрадь in folio, заключающую 100 страниц текста с картами. В тексте, составленном Марбутом, описание почв, иллюстрированное фотографиями, рисунками разрезов, вырезками из карт. Приложена на отдельных листах новая почвенная карта США в масштабе 40 миль в дюйме (около 1 : 2600000). Карта очень детальна, исполнена в красках. На отдельных листах до 80 знаков, на полях — фотографии ландшафтов. Кроме того, дана уменьшенная схематическая почвенная карта в масштабе 1 : 8000000.

На этой карте выделены:

1. Подзолистые почвы.
2. Серо-бурые подзолистые почвы.
3. Красные и желтые почвы.
4. Почвы северных прерий.
5. Почвы южных прерий.
6. Северные черноземные почвы.
7. Южные черноземные почвы.
8. Северные темнотурные почвы.
9. Южные темнотурные почвы.
10. Бурые почвы.
11. Северные серые пустынные почвы.
12. Южные серые пустынные почвы.
13. Почвы тихоокеанских долин.
14. Горные пространства.
15. Песчаные холмы Небраски.

Приложена также малая карта материнских пород. На ней выделены

Дс. Ледниковые накопления сильно карбонатные.

Дп. Ледниковые накопления слабо карбонатные или некарбонатные.

Озерные отложения.

Отложения великих равнин.

А. Пролувальные наносы (fans) и другие пустынные аккумуляции и гравельники.

М. Морские отложения (мергеля, мел).

Sc. Пески, глины и известняки.

Ветровые отложения: L^o-лесс и S — Пески.

А. Речной аллювий.

Остаточные аккумуляции от:

C — кристаллических пород,

Li — известняков,

Ss — песчанников и сланцев,

Ssl — песчанников, сланцев и известняков.

12. Почвенная карта Канады — в виде общей схемы (рукописный набросок).

Таким образом можно констатировать большие успехи в картографии почв всех стран. Понемногу разъясняется загадка тропических почв. Но, к сожалению, еще большая часть тропических стран весьма слабо затронута исследованиями почвоведов. Сказывается труднодоступность этих стран и может быть хищническая колониальная политика стран-метрополий.

Среди докладов на V комиссии нужно отметить также несколько сообщений относительно выработки единой номенклатуры.

Е. М. Crowther отметил заимствование многих русских названий (подзол, чернозем, солончак и др.) в новейшее время, в то время как прежде принятые термины «бурозем», «латерит» и др. до сих пор остаются без точного определения. Некоторые характерные названия почв из старой английской литературы оставлены, тогда как введено много новых, неясного значения, как adobe, gumbo — в Америке, olei, badob, ilera, mugam — в Африке, mallee — в Австралии, regur, paddy — в Индии.

Другой английский делегат (Graham Bred Birks) предлагает заимствовать для почв правила зоологической номенклатуры.

Гиссинк напомнил о разработке номенклатуры разностей механического состава почв, предпринятой 25 лет назад по предложению Аттерберга и до сих пор незаконченной.

Делегат Ю. Африки G. Milne вводит для сложных сочетаний почв новый термин «catena», с добавлением наименования местностей, где то или другое сочетание встречается.

Все эти вопросы, часто поднимаемые и в нашей литературе, на этом конгрессе не нашли разрешения.

Еще вопрос, нужно ли особенно развивать эту описательную номенклатуру по примеру других дисциплин, создавая мертвую, непонятную смесь разноречивых имен для несуществующих индивидуумов.

Доклады по генетике почв на конгрессе охватили различные типы из многих стран. Но все они ставят только частные вопросы, пользуясь очень ограниченной методикой.

V. T. Aaltonen (Финляндия) при помощи обыкновенных ориентировочных анализов (рН), потеря от прокаливании, оксалатная вытяжка, механический анализ, обменные основания) изучал 38 разрезов подзолов, большей частью песчаных, чтобы определить, как влияет оподзоливание на продуктивность лесной почвы. Он пришел к выводу, что первоначальная дисперсность почвы и изменения ее по мере возраста играют более важную

роль, нежели колебания кислотности и другие отдельные свойства. Доклад называется «Zur Stratigraphie des Podzolprofils».

Mitchel and A. Muir, изучая бурые лесные почвы Шотландии, нашли, что при отсутствии видимых признаков оподзоленности анализ указывает на передвижение сверху вниз полуторных окислов и выщелачивание обменных оснований.

Робинсон представил обстоятельный общий доклад о почвах Англии и, сверх того, отдельно о горных почвах Уэльса (высоты до 1000 м). Последние представляют преимущественно торфянисто-железистые подзолы на кристаллических (пеккарбонатных) породах. На самых высоких вершинах наблюдается только гумусовый покров на слабо выветрившейся породе (это напоминает горную тундру Сибири). Почвы Англии Робинсон разделяет на подзолы, бурые лесные почвы, остаточные карбонатные или слабо выщелоченные почвы на известняках, серые глеевые почвы низин, болотные торфяные почвы и прибрежные пески.

Окультуренные почвы большей частью относятся к типу бурых лесных. Таковы, например, почвы Ротгамстедской опытной станции. Робинсон указывает целый ряд признаков, отличающих эти почвы от подзолов, но отмечает и черты перехода между ними. В разрезах Ротгамстеда мы видели интересную картину выветривания кремневых конкреций. Черный полупрозрачный твердый камень превращается в белую мягкую массу; сначала размягчается наружная корка, затем весь кремнь целиком. Эти кремневые конкреции содержатся в большом количестве в здешних делювиально-аллювиальных глинах, как остаток разрушения коренных меловых пород.

Katzmann (Венгрия), Kuron (Германия) и Reifenberg (Палестина) описали почвы, образующиеся на известняках или доломитах. Рейфенберг обратил внимание на характерные отличия выветривания в условиях средиземноморского климата.

Целый ряд докладов был посвящен солонцам и вопросу о роли магния в них: Ellis и Caldwell (Канада) — Magnesium clay (Solonetz); Kreibitz (Венгрия) — «Vorkommen, Eigenschaften und wirtschaftlicher Wert von Magnesia und Kaliböden in Ungarn» и «Ueber die Abhängigkeit des Vorkommens von Alkaliböden im oberen Tisza-Gebiete Ungarns von der absoluten Höhenlage», Shaw and Kelley (Калифорния) — «The Meaning of the Term Solonetz»; Greene — «Soil problems in the Sudan»; Snow and Greene (Судан) — «The nitrate profile in an arid soil».

По поводу доклада калифорнийских делегатов состоялась небольшая дискуссия с участием советских делегатов (об этом подробнее сообщает Ковда).

Обстоятельные доклады с картами были представлены о почвах Китая (Т. У. Tang от университета Сун Ят-сена, Кантон и К. С. Ноу от имени J. Thorp от Китайской геологической службы). О латеритных и спрово-

ждающих их почвах были доклады Van der Merwe (Ю. Африка) и L. Hardy (от Колледжа тропических культур в Триппидаде, в Британской Вест-Индии).

Как уже указано при перечислении новых почвенных карт, тропические почвы Африки и других стран принимают различный характер в зависимости от материнской породы и сочетания различных местных изменений климата с условиями дренажа, а также от наложения современных процессов на продукты выветривания предшествующих геологических периодов.

Таким образом, работы III конгресса дают при всей краткости докладов и отсутствии развернутых дискуссий довольно богатый материал по отдельным вопросам.

Но крупных, хорошо обоснованных докладов на общие темы генезиса и географии почв не было. Работа идет по отдельным руслам многочисленных специальностей, составляющих почвоведение, а общегеографическая сводка не находит еще себе опоры в разрозненных территориальных исследованиях. Главные вопросы, которые, как нам кажется, занимали III конгресс почвоведов — вопрос широкого практического приложения учения о естественных генетических типах и видах почв и вопрос единства всех почвенных тел и процессов — еще ждут своего разрешения.

Это составит благодарную задачу для следующих конференций и для IV конгресса, и надо надеяться, что на IV конгрессе подбор общих руководящих докладов будет удачнее.

Б. В. ПОЛЫНОВ

ДОКЛАДЫ О ГЕНЕЗИСЕ ПОЧВ НА III МЕЖДУНАРОДНОМ
КОНГРЕССЕ ПОЧВОВЕДОВ В ОКСФОРДЕ

7217.

В своем сообщении я хотел бы дать характеристику тех работ по генезису почв или, другими словами, по теоретическому почвоведению, которые ведутся за рубежами Союза. Естественно поэтому, что я не буду касаться докладов советских почвоведов, сделанных на Международном конгрессе, тем более, что их содержание известно из опубликованных работ и сообщений в пределах Союза на различных почвенных совещаниях и конференциях.

Если руководствоваться количеством докладов на конгрессе по генезису почв, то нужно признать, что этому вопросу уделялось довольно много внимания. Но если судить по ценности содержания этих докладов и выбирать достойные внимания, то многие отпадут как не дающие ничего нового и повторяющие лишь то, что было высказано авторами этих докладов или другими учеными раньше.

Я остановлюсь прежде всего на докладах, посвященных вопросу о так называемых буроземах, вопросу, который по понятным причинам в Великобритании приобретает особенно крупное значение.

По этому вопросу мы имеем специальный доклад Мюра и Митшелла. Его коснулся в своем докладе в значительной степени Робинсон; но особенно много дискуссий о буроземах было во время большой экскурсии после конгресса.

Я думаю, нет необходимости напоминать здесь историю этого вопроса. Никто не станет оспаривать, что в этом вопросе почвоведы до настоящего времени удовлетворения не получили. «Тип бурозема» не представляется определенным ни с точки зрения характеристики его профиля, ни его географии. Можно указать на достаточно крупные расхождения в определении и характеристике буроземов в европейской почвенной литературе. В процессе формирования буроземов, некоторые авторы придавали большое значение материнским породам, другие, почти не считаясь с породами, готовы были видеть в буроземе один из членов ряда почвенно-климатических типов,

и третьи, наконец, приписывали серьезную роль специфической растительности (буковым лесам).

Еще больше расхождений можно найти в характеристике профиля буроземов. Правда, все сходится на том, что бурозем не должен иметь морфологических признаков подзолообразования, но в последнее время стали причислять к буроземам и почвы с некоторыми явными морфологическими признаками подзолообразования (например некоторые буроземы горного Крыма). По указаниям одних авторов, типичные буроземы должны обладать реакцией, близкой к нейтральной ($pH > 6$) и малоизменяющейся в профиле почвы, но если прочесть описания и характеристики буроземов, дающиеся немецкими авторами, то на каждом шагу можно встретить и случаи явно кислой реакции и сильного изменения величины pH в пределах профиля.¹ Правда, Робинсон дает в своем докладе довольно четкую и определенную характеристику буроземов континента, которые он противопоставляет буроземам Великобритании, но вся беда в том, что когда вы знакомитесь с различными работами о буроземах Европы, то встречаете на каждом шагу резкие расхождения с такой характеристикой. Немудрено, что и в Западной Европе, и в частности в Великобритании, английских и шотландских почвоведов также не удовлетворяет современное состояние вопроса о буроземах.

Мюр и Митшелл начинают свой доклад с указания на то, что в Шотландии явно преобладают подзолистые почвы, но в зависимости от материнских пород и условий рельефа часто встречаются почвообразования, не имеющие морфологических признаков подзола. Этим-то почвообразованиям они и посвящают свое сообщение. Они делят эти почвообразования на три категории.

В первую категорию они вводят культурные и девственные почвы на грубых продуктах ледниковой обработки основных изверженных пород, главным образом габбро и поритов. Характеристика, примерно, следующая: pH в верхнем горизонте — около 5, книзу возрастает. Возрастает также насыщенность, и количество поглощенного кальция и магния увеличивается, и наконец на некоторой глубине имеется почти полная насыщенность. Этот горизонт авторы считают аналогичным горизонту выделения карбонатов.

Вторая категория — только культурные почвы на богатом $CaCO_3$ материале, которые преимущественно преобладают в южной части Шотландии. Здесь характеристика следующая: малое содержание поглощающего комплекса, нейтральная или щелочная среда (pH — 7 и более); выделение углекислого кальция не приурочено к каким-нибудь определенным горизонтам — он рассеян спорадически.

Третья категория — почвы склонов на продуктах ледниковой обработки кислых изверженных пород. Характеристика почв склонов разно-

образная, но химические анализы показывают некоторые признаки подзолообразования, а именно: передвижение полуторных окислов и явно кислую реакцию. Тут же, по соседству, на равнинных местах развиваются морфологически выраженные подзолы.

Исходя из того, что в почвах третьей категории замечается передвижение полуторных окислов, авторы доклада не считают возможным относить их к типу буроземов. Остаются первые две группы. «Но если, — говорят они, — считать за бурозем только те почвы, которые обладают нейтральной реакцией, то и первая группа выпадает, остается только вторая группа, т. е., следовательно, почвы на породах и продуктах выветривания, более или менее обогащенных $CaCO_3$ ».

Чрезвычайно интересное дополнение к этим трем группам мы встречаем в докладе Робинсона. Робинсон говорит, что очень много культурных почв имеют признаки, совпадающие с теми, которые характерны для буроземов. Но тут же делает настолько интересное замечание, что я приведу его дословно:

«Несомненно, что во многих случаях характер бурозема приобретается искусственно путем агрикультурного воздействия, которое сохраняет основной (щелочной) характер почвы и предотвращает, таким образом, подзолообразование. Вполне возможно, что некоторая часть культурных почв, которая в настоящее время причисляется к буроземам, могла раньше формироваться в направлении подзолообразования».

Я должен сказать, что, когда я выезжал в экскурсию с членами конгресса, я не был знаком с этим замечанием Робинсона, так как, опоздав к началу конгресса, доклада Робинсона не слышал. Но когда во многих местах нам продемонстрировали некоторые профили, то такое же соображение невольно пришло и мне в голову. Я, во-первых, никогда не ожидал увидеть там такой профиль. Естественно было ожидать обычный профиль подзолистой почвы, тем более что материнской породой в этих случаях являлись обычные моренные наносы, в которых главное участие в качестве первичного материала приобретали не карбонатные и не основные породы, а кислые гранитного типа. И тем не менее, культурная почва не носила никаких морфологических признаков подзолообразования. pH доходил до 7 с лишним, даже до 8, ровная гумусовая глубокая окраска, хорошая структура; указывались даже ходы червей. Хотя в действительности чаще это оказывалось просто следами мелких камешков.

Такой профиль становится понятным, если принять во внимание, что культурное воздействие на почвы в Англии имеет почти тысячелетнюю давность и что известкование почв применялось уже во времена римского владычества. Мы видели выделение $CaCO_3$, который неопытный глаз мог бы принять за белоглазку, но это были остатки извести, вносившейся в свое время без всякой меры, причем широко использовались многочисленные местные

¹ См. известный «Handbuch der Bodenlehre, Blanck» В. III, Berlin 1930.

природные месторождения ее. Таким образом здесь происходила вековая химизация почвы.

Мы неоднократно убеждались, что по соседству с культурными почвами, описанными как буроземы, на тех же породах и продуктах выветривания, под сохранившимся лесным насаждением развиваются вполне оформленные подзолы; однако во время дискуссий мы узнали, что попытки разведения леса на таких культурных почвах не всегда оказывались удачными.

Для нас так же, как и для большинства участников экскурсии, в конце концов не осталось сомнения, что мы в этих случаях имеем дело с о к у л ь т у р е н н ы м и ранее подзолистыми почвами, в которых течение процесса в сторону подзолообразования было предотвращено, во-первых и главным образом, вековым известкованием, во-вторых, такой же длительной механической обработкой (азрация) и, в-третьих, влиянием различной, как культурной, так и дикой травяной растительности. Нелишне отметить, что эти окультуренные почвы обладают часто хорошо зернистой или мелкокомковатой структурой.

Таким образом, если причислить к группе буроземов все те почвы Великобритании, которые относятся к этой группе различными авторами, то они естественно распадаются на четыре глубоко различных генетических группы, а именно:

Почвы нейтральной или щелочной реакции на продуктах выветривания карбонатных пород.

Почвы нейтральной или слабокислой реакции на продуктах выветривания основных изверженных пород.

Почвы кислой реакции смещенного профиля на склонах.

Окультуренные почвы, в которых ранее (до культуры) протекал подзолообразовательный процесс.

Все эти категории не составляют, понятно, специфической принадлежности Великобритании, хотя в своих отдельных представителях могут иметь черты, свойственные только одной определенной провинции. Во всяком случае мы можем быть уверены, что и на континенте мы найдем представителей каждой из этих групп.

Первая группа требует прежде всего отграничения от так называемых рендзин, или перегнойно-карбонатных почв. При непосредственном наблюдении это отграничение довольно ярко. Оно подчеркивается нами в самом названии этих почв — мы говорим о почвах не на карбонатных породах, а на продуктах их выветривания. Можно полагать, что в противоположность перегнойно-карбонатным почвам, в которых почвообразование одновременно с выветриванием сразу начинается на выходах карбонатных пород, здесь почвообразованию предшествует выветривание карбонатной породы, и формирование зрелой почвы протекает в среде продуктов вы-

ветривания, достаточно резко отличающихся от карбонатной морены. Типичным примером таких почв на континенте могут служить некоторые красновато-бурые почвы Псковского района, развивающиеся на выщелоченных продуктах выветривания карбонатной морены. Нам приходилось их наблюдать в пределах бывшего Порховского уезда. Они обнаруживали нейтральную реакцию, но на глубине 120 см уже можно было обнаружить и CaCO_3 по всплыванию с кислотой. Они не имели никаких признаков подзолообразования, причем это одинаково относится как к культурным их представителям, так и к тем, которые развиваются под дубовыми лесами. Эти леса здесь в значительной степени приурочены к карбонатной морене и продуктам ее выветривания.

Вторая категория имеет многочисленных представителей в средней и западной части европейского континента, как это хорошо известно и немцам и французским лесоведам.

Не менее распространены, понятно, и почвы третьей категории. Они нередко отличаются как почвы «смылов», хотя во многих случаях их формирование сопровождается не только удалением того или иного материала в результате смыывания, но и притоком его с более высоких мест. Поэтому нам кажется правильнее их называть почвами смещенного профиля.

Несколько лет назад, выступая по вопросу о принципах генетической классификации почв, я причислил буроземы к так называемой п р е д п о д з о л и с т о й стадии элювиального почвообразования. Это не было, понятно, решением вопроса о буроземах. Наоборот, этим самым было подчеркнуто, что в категорию буроземов пока что включаются почвы по существу многообразного генезиса, объединенные только одной общей чертой, а именно тем, что все они, представляя типичные формы элювиального почвообразования, по р а з н ы м п р и ч и н а м не достигли стадии оформленного подзолообразования, хотя и прошли или проходят стадию нейтрально-щелочного почвообразования.

Описанные три группы почв шотландских почвоведов вполне подтвердили мою мысль, и особенно ярко она была подтверждена во время экскурсии, когда нам в районе Абердина приходилось наблюдать как «типичные буроземы» на габбро, так и почвы с явно выраженными признаками подзолообразования на тех же породах.

Что же касается четвертой, совершенно для нас новой разновидности «буроземов», то их, понятно, никоим образом нельзя относить к категории п р е д п о д з о л и с т ы х. Эта категория о к у л ь т у р е н н ы х почв должна занять свое самостоятельное место в генетической классификации, место, которое также в свое время было предусмотрено мною в том же выступлении.

Возвращаясь к группе предподзолистых и в том числе буроземных почв, мы лишний раз убеждаемся, что в природе встречается бесконечное коли-

чество форм таких почв, которые, проходя стадию нейтрально-щелочного почвообразования, не достигли в настоящий момент ясно оформленной фазы подзолообразования. Причины такой задержки в многообразных и различных сочетаниях климатических условий, состава и свойств материнских пород, геоморфологических условий, предопределяющих характер миграции и аккумуляции продуктов выветривания и т. д.

Если три группы Митшелла и Мюра не охватили всего разнообразия этих сочетаний, то все же надо признать, что шотландские почвоведы успешно вступили на путь расчленения этой смешанной и неопределенной группы «буроземов», и эту работу их мы горячо приветствуем.

Из докладов, посвященных подзолообразованию, вне всякого сомнения наиболее интересным и содержательным является сообщение финляндского почвовед А а л ь т о н е н а (V. T. Aaltonen). Этот ученый предпринял обширное исследование, конечная цель которого выяснение влияния процесса подзолообразования на плодородие, или, правильнее, производительность лесных почв. Однако в представленном конгрессу докладе Аальтонен сообщил лишь результаты по одному отдельному, но глубоко интересному вопросу этой большой работы, а именно, по вопросу о стратиграфии подзолистого профиля песчаных почв сухих боров с вереском (формация: trockene Heidewälder). Он исследовал 38 профилей, расположенных в Северной и Южной Финляндии и вне ее границ, в Остзейском крае. Из этого количества 21 профиль принадлежит юным почвам, развивающимся на дюнных и разбитых песках по мере их задернения и облесения и 17 профилей — старым, «созревшим» почвам.¹ Исследование было сосредоточено на определениях: степени дисперсности, состава коллоидальной части (взаимоотношения между SiO_2 , Fe_2O_3 и Al_2O_3), суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями поглощающего комплекса и емкости поглощения. Минеральный коллоидальный комплекс определялся методом аммонийно-оксалатной вытяжки Тамма.

Главнейшие результаты, к которым пришел Аальтонен, сводятся к следующему: в зависимости от относительного возраста исследуемых почв находятся образование и форма аккумуляций веществ, мигрирующих вместе с промывающими почвы растворами, положение горизонтов наибольшего скопления этих веществ и отношения между железом и глиноземом в коллоидальной части этих почв. Для юных почв, по наблюдениям Аальтонена, характерно присутствие нескольких или многих мест наибольшего скопления мигрирующих веществ. Хорошо известное многим советским почвоводам, исследовавшим песчаные почвы, явление скопления в одном или нескольких горизонтах системы так называемых «псевдофибр», Аальтонен называет «периодической» структурой, проводя с большим основанием аналогию

¹ При суждении об относительном возрасте почв применялись также во внимание геоморфологические и геологические условия.

между этими образованиями и известными «кольцами Лизеганга». Такую периодическую структуру Аальтонен считает признаком юности почв. Он полагает, что при дальнейшем развитии процесса подзолообразования периодическая структура под влиянием действующих на псевдофибры просачивающихся растворов исчезает и формируется уже более мощный горизонт аккумуляции.

Для этой же юной стадии подзолообразования Аальтонен отмечает отсутствие влияния на процесс формирования почвы грунтовой воды и, следовательно, глеевых горизонтов.

Что касается положения горизонтов аккумуляции, то Аальтонен приходит к заключению, что такие горизонты в юных почвах находятся на большей глубине, нежели в старых. Согласно его наблюдениям, по мере развития процесса почвообразования и промывания верхних горизонтов горизонт аккумуляции, который в начале формируется на глубине 20—40 см, становится более мощным, парастая кверху, и расстояние между ним и поверхностью почвы таким образом сокращается. С возрастом подзолистой почвы увеличивается содержание органических веществ, а также и минеральной коллоидальной части (фракции тончайших механических частиц). Это значит, что растворы с мигрирующими веществами в юных почвах проникают глубже, чем в старых, и что критическая точка коагуляции в юных почвах имеет место в более глубоких горизонтах при прочих равных условиях (механический состав, растительность). В дальнейшем, однако, процесс достигает такого состояния, после которого верхний горизонт начинает увеличиваться книзу. Оподзоливание песчаных почв протекает, следовательно, в первых стадиях регрессивно, т. е. за счет сокращения «подзолистого» горизонта, а в дальнейшем прогрессивно.

Изменение состава коллоидальной части с возрастом обследованных почв отражается прежде всего на отношении между полуторными оксидами, а именно: количество Fe_2O_3 , выраженное в процентах от суммы полуторных оксидов, в молодых почвах достигает 82.5% в среднем, между тем как в старых оно падает до 57% и ниже (для почв Южной Финляндии — 45%).

Чрезвычайно интересно замечание Аальтонена относительно отсутствия одного определенного горизонта скопления всех мигрирующих соединений. Это положение Аальтонен подтверждает ярким примером анализа профиля, из которого видно, что максимум накопления мигрирующего железа находится на глубине от 5 до 10 см, глинозема — на глубине от 10 до 15 см, а кремнезема — на глубине 15—20 см. Теоретическое объяснение атому Аальтонен находит в различных коллоидальных свойствах этих соединений: железный золь — типичный лиофоб, причем в гораздо большей степени, нежели золь глинозема, между тем как кремнезем дает уже лиофильный золь.

Рассматривая условия выпадения мигрирующих соединений, Аальтопен между прочим отмечает некоторую неудовлетворительность объяснения Mattson этого явления, согласно которому наибольшая степень устойчивости коллоидального комплекса имеет место при pH, соответствующей его изоэлектрической точке, и что состав комплекса (отношение активной базальной его части к активной кислородной) стремится измениться соответственно pH почвенного раствора. Нельзя, понятно, не согласиться с Аальтопеном, что в данном случае Mattson дает больше описание явления, нежели его генетическое объяснение. Само собою разумеется, что pH почвенных растворов не есть независимое явление, и этот показатель бесконечно меняется в процессе почво- и в частности подзолообразования.

Мы не склонны широко обобщать выводы Аальтопена, но в то же время нельзя не признать, что по своему направлению, по характеру поставленных вопросов (не говоря уже о тщательности исследования) работа Аальтопена представляет редкий вообще, а для Западной Европы в особенности, пример превосходной, истинно генетической почвенной работы, в которой так ярко выявлен исторический и эволюционный элемент. Характерно, что такой путь Аальтопен избрал в конце-концов для решения практического вопроса о производительности почв. И мы не сомневаемся, что хотя он потребует еще много работы, но доведет Аальтопена до более успешного конца, чем путь обильных анализов с определением «питательных» элементов. Можно только пожалеть, что Аальтопен не знаком с теми немногими, но в данном случае глубоко интересными работами советских почвоведов, которые занимались изучением песчаных почв и искусственным воспроизведением тех эффектов почвообразования, которые прямо связаны с образованием «псевдофибр» и других форм аккумуляции мигрирующих соединений¹.

Вопросам почвообразования на карбонатных породах было посвящено два специальных доклада: Копмана — «О генезисе и химической характеристике рендзин» и доклад Шухта и Курона — «О почвообразовании на породах формации раковистых известняков Средней Германии». Доклад Копмана не совсем соответствует его широкому заглавию. Содержание его значительно уже: речь идет о рендзинах Венгрии, развивающихся на известняках и доломитах. Приводятся цифры некоторых аналитических определений. В какой степени их можно распространять на другие случаи рендзин на известняках и доломитах — вопрос остается открытым.

Значительно более интересно сообщение Шухта и Курона. Изучая выветривание и почвообразование на раковистых известняках, авторы обнаружили ряд закономерностей, которые дают руководящие признаки для

¹ Как мне кажется, впервые воспроизвел искусственно псевдофибры в песке М. М. Филатов. Позже и совершенно иным путем они были воспроизведены мною.

распознавания степени выветрелости в зависимости от большей или меньшей интенсивности процесса или его относительного возраста. Так, например, таким признаком может быть отношение $\text{CaO} : \text{CO}_2$, которое по мере развития процесса возрастает, так как при растворении карбоната кальция и вымывании растворов часть Ca задерживается поглощающим комплексом остаточной кремне-глинистой части.

Выщелачивание соединений магния идет гораздо медленнее, чем кальциевых, что докладчики склонны объяснять более крепкой связью поглощенного магния.

Исследованные почвы показали, что состав коллоидальной части не меняется по горизонтам, и она, таким образом, не распадается на элементы различной способности к миграции. Только сильно выщелоченные почвы показывают некоторое передвижение Fe_2O_3 из верхнего горизонта в горизонт В. Гумус этих почв насыщен основаниями, и углекислый кальций еще содержится в некотором количестве даже в верхних горизонтах (А). Докладчики, однако, причисляют эти почвы не к перегнойно-карбонатным, а к буроземам (!?).

Теперь я позволю себе перейти к докладам, посвященным тропическим и субтропическим почвам влажных стран — латеритным и красноземам.

Сюда относятся сделанный на пленарном заседании доклад Гарди, несколько докладов Ван-дер-Мерва и доклады Рейфенберга и Таंगा. В докладе Гарди генезису почв влажных тропических стран посвящена только первая часть, в которой он рассматривает влияние на почвообразование различных материнских пород: долеритов, гранитов, вулканического пепла, вулканического туфа, песчаников, глинистых сланцев, известняков и мергелистых глин. В этой части использованы лишь преимущественно собственные работы Гарди и работы Гаррисона. Остальная, довольно богатая литература о латеритах использована очень слабо, а работы, опубликованные на немецком и французском языках (не говоря уже о русском), очевидно совершенно неизвестны Гарди. Все же в его докладе есть несколько достойных внимания мест. Гарди сообщает, что согласно наблюдениям Гаррисона на доломитах Британской Гвианы образуются латериты, причем наиболее значительную роль в этом образовании играет гидролиз основных полевых шпатов, в результате которого выпадает свободная гидроокись алюминия, кристаллизующаяся в гидраргиллит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ¹.

При условии, однако, слабого, замедленного дренажа между кремнеземом и гидраргиллитом может происходить взаимодействие, которое даст в результате вторичный каолин. Такие почвы Гарди называет

¹ Гарди называет этот минерал гиббситом — ошибка, которая встречается у многих авторов и которую в свое время отметил П. Грот. Гиббсит — это фосфорнокислый алюминий с четырьмя частицами воды ($\text{PO}_4 \cdot \text{Al} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). См. P. Groth. Tabellarische Uebersicht der Mineralien, Braunschweig, 1898.

латеритными красноземами. Что касается гранитов Британской Гвинеи, то на них настоящие латериты не получаются. Это происходит, по мнению Гаррисона и Гарди потому, что каменный полевой шпат при гидролизе не образует гидраргиллита, а переходит в слюду-мусковит, которая в дальнейшем процессе выветривания дает каолин. Окраска продуктов выветривания зависит от первичных форм железосодержащих минералов (биотита и других железомagneзильных силикатов) и степени гидратации окиси железа. Она меняется от палево-желтой до яркокрасной. Последние разновидности таких продуктов выветривания часто неправильно называют латеритом. Гарди их называет красноземами. В остальной части сообщения следует отметить случаи перехода желтозема в латериты на о-ве св. Винсента, образования бентонита на вулканических туфах, разнообразие форм продуктов выветривания на карбонатных и мергелистых породах, а также, что на Антильских островах в районах с осадками менее чем в 1200 мм в год формируются почвы, подобные каштановым и черноземам русских степей, а также солонцы и солончаки. Вообще Гарди, очевидно, располагает большим фактическим материалом, и было бы полезно ознакомиться с недавно выпущенной новой книгой Гаррисона: «The Catamorphism of Igneous Rocks under Humid Tropical Conditions», откуда он почерпнул, очевидно, значительную часть его.

Едва ли нужно говорить, что в докладе Гарди процесс почвообразования в подлинном смысле слова совершенно не выясняется — речь идет исключительно о различных формах коры выветривания. С этой точки зрения доклад интересен хотя бы уже потому, что лишний раз и достаточно убедительно подтверждает не сплошное и обязательное образование латеритов во влажных тропических странах, но спорадическое. Однако в то же время мы не можем распространять вывод относительно неспособности гранитов образовывать латериты на все случаи выветривания гранитов во влажном тропическом климате. Анализы Бауэра достаточно убедительно опровергают универсальность такого вывода. К сожалению, ни Гарди, ни Гаррисон, как и многие западно-европейские исследователи, при изучении процессов выветривания совершенно не учитывают геоморфологических условий, которые нередко обуславливают в одних случаях более полную изоляцию мигрирующих продуктов выветривания от остаточных, в других, наоборот, возможность их вторичного синтеза. В одном из своих докладов на очередных сессиях Академии Наук я объяснил малое количество свободного глинозема в аджарской красноцветной коре выветривания так же, как и Гаррисон, коллоидальным синтезом мигрирующего кремнезема с остаточным глиноземом. Но это объяснение подтвердилось, помимо анализов, достаточно наглядными геоморфологическими условиями, в которых находится одевающая предгорья красноцветная кора выветривания Аджарии.

Что касается докладов Ван-дер-Мерва, то в них чувствуется наличие у автора богатого и интересного фактического материала, который не получил еще надлежащей обработки, а с другой стороны, не мог уместиться в рамках коротких докладов. Несомненно, новым в одном из его докладов является находка им латеритов в Южной Африке, в области Драконовых гор. Данные, которые он привел, заставляют признать действительно наличие латеритообразования, так как Ван-дер-Мерве констатирует свободную гидроокись алюминия в продуктах выветривания.

Доклад Танга — описательного характера. Каких-либо новых и оригинальных фактов и выводов из области генетики почв в нем нет. Он интересен как одно из первых выступлений на международных совещаниях почвоведов-китайцев, впервые вступивших в Международное общество почвоведов.

Ничего нового и оригинального не сообщил нам в своем докладе и Рейфенберг, который в свое время, в 1927 г. обратил на себя внимание своей превосходной работой о защитной роли золя кремнезема. Мы не останавливались бы на этом докладе, если бы он не был яркой иллюстрацией той беспомощности и бесплодности, которые неминуемы при попытках решения вопросов генезиса без надлежащих представлений о п р о ф и л ь н о м п о ч в о в е д е н и и и геоморфологии. Рейфенберг решает эти вопросы на основании результатов анализа почв, причем для каждой почвы приводится анализ лишь одного (и неизвестно какого) горизонта. Рейфенберг, очевидно, не подозревает, что если бы он прочитал анализ хотя бы одного профиля, например наших Батумских красноземов, то, следуя своему методу интерпретации анализов, должен был бы в этом профиле одновременно найти почвы трех или четырех типов различных климатов. Еще более бросается в глаза произвольность толкования некоторых отдельных моментов анализа. Так, аккумуляцию щелочей в почве Кипра он объясняет своей известной теорией восходящих растворов во время засушливого летнего периода, свойственного средиземноморскому климату, а еще большую аккумуляцию их в почве из Тимора (влажный тропический климат)... просто не объясняет. Само собой разумеется, что рейфенберговская теория образования красноземов и до настоящего времени остается такой же неубедительной, какой она оказалась при своем рождении.

Ряд докладов по генезису засоленных почв не сообщает ничего нового для советских почвоведов и лишь обнаруживает в некоторых случаях незнание и непонимание советской почвенной литературы (доклады Shaw и Kelley).

Подводя итоги развитию учения о генезисе почв, поскольку можно судить об этом развитии по материалам III конгресса, мы не испытываем большого удовлетворения. Как и раньше, истинно научное, теоретическое почвоведение не пробило еще себе широкой дороги. Однако возникновение и укрепление такого центра теоретического почвоведения,

каким является Шотландский почвенный институт Macaulay в Абердине, работы Аалтонена в Финляндии, отчасти Гарди в Америке и других все же явно свидетельствуют о развитии учения о генезисе почв и вместе с тем новых и, надо думать, более плодотворных путей решения величайшей проблемы плодородия почв.

ПЕРЕЧЕНЬ РАССМОТРЕННЫХ ДОКЛАДОВ ПО ГЕНЕЗИСУ ПОЧВ НА III МЕЖДУНАРОДНОМ КОНГРЕССЕ ПОЧВОВЕДОВ В ОКСФОРДЕ

1. Hardy. Some aspects of Tropical soils.
2. Robinson. Soils of Great Britain.
3. Mitchell R. L. and Muir A. The brown earth in Scotland: its relations to continental types.
4. L. G. Kottmann. Genetic and chemical characteristics of rendzina soils.
5. F. Schuch and Kuron H. Bodenbildung auf Gesteinen der Muschelkalk-formation: Mitteldeutschland.
6. V. T. Aaltonen. Zur Stratigraphie des Podsolprofils.
7. C. K. Van der Merwe. Laterites and lateritic red earths in the Union of South Africa.
8. C. K. van der Merwe. Grey ferruginous lateritic soils.
9. A. Reifenberg. Soil formation in the Mediterranean.
10. T. A. Tang. Soils of Kwangtung Province, South China.

Проф. А. Ф. ЛЕБЕДЕВ

ПОЛОЖЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

В последние 15—20 лет внимание к физическим свойствам почв среди почвоведов и агротехников Союза заметно усилилось. В периодической специальной печати и в отдельных изданиях не мало работ посвящено физике почв. Изучение физических свойств начинают включать в почвенные обследования районов, где проектируется орошение. Почвенные лаборатории и институты организуют отделы физики, и, наконец, с 1932 г. начинает функционировать Институт агрофизики, включающий в свои работы и некоторые проблемы физического почвоведения.

Можно считать, что почвенная физика, почти умершая одновременно со смертью Вольфи, вновь ожила. Нельзя сказать, однако, чтобы это оживление глубоко затронуло почвоведение — этого не наблюдается ни у нас, ни за границей. Тем не менее, можно констатировать ряд определенных достижений в интересующей нас области знания. Так, широко осознана необходимость характеризовать почвы по изменению объемного веса по всему профилю, хотя на практике это проводится еще далеко не на всех работах. В области механического анализа выяснена диспергирующая роль так называемой подготовки почвы к анализу, и прочно установилось понятие внутренней поверхности почв, развилось учение об агрегатном состоянии почвенной массы, и разработаны методы агрегатного анализа. Установлено, что физические свойства почв определяются не только их механическим составом и гумусом, но зависят и от обменных катионов. В исследовании цвета почв были внесены более или менее точные количественные методы, к сожалению, не нашедшие должного применения в широкой практике и не получившие ни развития, ни усовершенствования. В области изучения влажности почв прочно установилась идея гетерогенности почвенных вод, и положено основание изучению твердой фазы воды в почвах и грунтах. Дифференцирована порозность почв на капиллярную и не капиллярную.

Кроме изучения физических свойств на «порошках», начали пользоваться монолитами как системами, ближе отражающими физические условия, имеющиеся в естественных почвах. Завершение этого стремления — идея

стационарного изучения динамики почвенных процессов, идея, которая при нормальном развитии должна быть весьма плодотворной. Укрепились сознание необходимости повторности наблюдений при количественном изучении физических свойств почвы в виду значительного варьирования их в природе и даже в эксперименте, что должно повести к таким же требованиям при химическом и морфологическом изучении почв.

Поставлен вопрос не только о почвообразующих процессах, что составляет предмет, так сказать, нормального почвоведения, но и о почворазрушающих процессах — эрозии, смыве почв.

Актуальность постановки вопроса об эрозии почв заключается в том, что обращено внимание науки и практики на гибель почв, и широко ставит вопрос о необходимости энергичной борьбы с этим явлением, так как почвы создаются веками и тысячелетиями, а для разрушения их бывает достаточно 2—3 десятилетий, а иногда и нескольких лет.

Наконец, нельзя не отметить большого влияния на понимание физических свойств почв, оказываемого сильно развившейся за последние два десятилетия коллоидной химией, оформившейся применительно к почвоведению в особый «физико-химический» раздел почвоведения.

Из почвоведения выделилось в самостоятельную дисциплину дорожное почвоведение, где физическим и механическим свойствам отводится гораздо больше внимания, чем в общем почвоведении.

В известной мере на материалах и понятиях почвоведения создавалась новая дисциплина — механика грунтов, в короткое время благодаря работам Терцаги занявшая руководящее положение в инженерно-строительном деле и быстро и далеко ушедшая вперед от почвоведения как в стиле работы, так и в трактовке механических свойств грунтов и почв.

Таковы значительные успехи в развитии наших знаний по физике почвы примерно за последние 20 лет.

Однако это впечатление в большой мере ослабляется, если мы примем во внимание, что рассматриваемому периоду после прекращения издания *Fortschungen. Вольфи* (1890) предшествовало резкое затишье в работах по физике почв в течение еще 25 лет.

Таким образом за последнее почти полу столетие темпы работы по физике почв были крайне низки. Это относится не только к нашему, но и к международному почвоведению, т. е. к почвоведению в целом.

Вторым слабым местом почвоведения было то, что в существовавшие методы широкого изучения почв не были включены физические исследования, за исключением механического анализа. Ни в почвенных классификациях, ни в картографии, ни в описательном почвоведении физическим свойствам (за исключением механического состава) не уделялось никакого внимания. В курсах почвоведения об этих свойствах говорилось в соответствующей главе, чрезвычайно кратко излагавшей сущность тех или иных физических

понятий, и в дальнейшем эти понятия никак не использовались. Напрасно мы будем искать в характеристике представителей различных типов почвообразований, чем их профили отличаются друг от друга по объемному весу, механическому составу, максимальной гигроскопичности, удельной поверхности, характеру агрегатов, капиллярности, максимальной молекулярной влагоемкости, газовому, тепловому и водному режиму, а для поверхностного горизонта по трению, пластичности, липкости, размываемости и т. д. В последние годы начали появляться такие характеристики, но не для всех физических свойств и нередко вне связи с соответствующими химическими и морфологическими описаниями, что в свою очередь значительно обесценивает значимость подобных работ.

В появившихся в последние годы курсах (Кин) и сводках (VI т. *Handbuch der Bodenlehre* Вланка) по физике почв та же картина: излагаются соответствующие понятия, устанавливается та или иная зависимость данного свойства от других свойств, даются отдельные более или менее случайно взятые примеры, характеризующие величину данного свойства, и ничего нет о том, какими же физическими свойствами характеризуются, например, черноземы, латериты, солонцы и т. д. Словом, физические свойства сами по себе, а почвы без этих свойств сами по себе.

Для такого состояния физики почв более подходящим названием было бы не «физика почв», а «физика около почв». Надо быстро выправить такое положение, включив изучение физических свойств почвы в цикл обязательных характеристик почвы, подобно морфологической и химической характеристикам. Это тем более необходимо, что физические свойства представляют собою те внутренние признаки, ценность которых в настоящее время признается всеми, когда речь идет о классификационных системах.

Третий недостаток в области физических исследований почв в прошлом — очень слабое внимание к механике почв.

В последние годы у нас были начаты работы в этом направлении в специальных институтах, но, как видно из недавнего обращения Ассоциации инженеров машиностроения в Почвенный институт Академии Наук, принятый в этих институтах эмпирический стиль работы не дает конструкторам тех теоретических обобщений о механических свойствах почв, какие им необходимы как для понимания технологии почвы, так и для выработки новых конструкций почвообрабатывающих машин.

Четвертый недостаток работ по физике почв — малое внимание к биологическим вопросам. Господствуют «общие места», как например: о необходимости «до ст а т о ч н о й» аэрации, о вреде «и з б ы т о ч н о г о» увлажнения и т. п., но нет работ, количественно освещающих реакцию растений на, определенные физические условия. Учитывая это замечание, необходимо, конечно, иметь в виду большую сложность и трудность подобного рода работ.

Наконец, пятый и наиболее существенный недочет работ по физике почв в прошлом — очень глубокий разрыв их с современной общей физикой. Вся методика наших исследований стоит на том же принципиальном уровне, что и в эпоху Вольфи. Неизменными с того же времени остались интерпретация и весь стиль наших физических исследований, а также и манера их описания. Мы не поднялись выше элементарной описательной физики 80—90-х гг. Тот общий рост теоретической физики, который имел место в последние три десятилетия, никак не отразился на физическом изучении почв. Повторяю, это относится не только к нашему, но и к международному почвоведению.

Каковы же перспективы предстоящей работы? Имеются ли в почвоведении проблемы, требующие для своего решения физических методов исследования. В самых общих чертах наметчу крупнейшие из них.

В числе проблем советского почвоведения одно из первых мест, если не самое первое, должно быть отведено изучению механических свойств почвы. Актуальность этой проблемы станет очевидной, когда мы вспомним, что ежегодно около 130 млн. гектаров земли на всем пространстве Союза в самых разнообразных условиях климата и хозяйства подвергаются механической обработке разного рода с.-х. орудиями в процессах вспашки, боронования, мотыжения и т. п. Если признать, что обработка гектара под яровую пшеницу обходится около 40 руб.¹ то стоимость обработки земли по Союзу выразится в 5 000 000 000 руб. Рационализация этого дела только на 10% даст экономии стране в 0.5 млрд. руб.

Грубо приближенное представление о значимости обработки почв в подьеме урожайности можно составить хотя бы на основании данных Зеельгарта, принимающего, что в Германии за последние 40 лет перед войной на долю улучшенной обработки надо отнести 25% от общего подьема урожайности за это время. В начале этого периода средняя урожайность была в Германии 10 ц/га, перед войной — 22. Таким образом на долю обработки приходится повышение на 3 ц на гектар.

Наконец, острота этой проблемы должна с особой силой чувствоваться у нас, в Союзе, когда коллективизация мелкого крестьянского земледелия почти закончена, и почвоведение стоит перед новым, небывалым в истории человечества фактом социалистического земледелия в форме крупнейших колхозов и совхозов, основывающих обработку почвы на применении сложных машин и в значительной мере на механической тяге.

Очевидно, что при таких условиях максимальное развитие знаний о механических свойствах почвы как основы рациональной технологии почвы и исходных предпосылок для с.-х. машиностроения, должно стать первоочередной задачей советского почвоведения.

¹ И в а н о в. Издержки производства и себестоимость яровой пшеницы в зерносовхозах, 1932.

Что же даст нам по этому вопросу не только наше, но и международное почвоведение? Очень мало. Вспомните наши учебники. Как мало отводится в них места физическим свойствам почв и почти ничего механическим свойствам. Я не буду анализировать причин этого явления. Очевидно, главная группа их связана с дореволюционными условиями организации сельского хозяйства (ничтожная механизация мелкого хозяйства и слабое развитие с.-х. машиностроения внутри страны), тогда как вторая группа этих причин заключается несомненно в том направлении почвоведения, какое господствовало у нас в дореволюционный период и в сравнительной сложности и трудности изучения проблемы механических свойств почвы.

Уместно вспомнить, что слабое развитие изучения механических свойств почвы не является, так сказать, печальной привилегией почвоведения как с.-х. дисциплины. То же мы наблюдаем и в инженерном деле — грунтово-дорожное и железнодорожное дело, строительство земляных плотин, дамб и других гидротехнических сооружений, возводимых из земли и всегда на земле и, наконец, строительство заводов и гражданских сооружений, где механические свойства грунтов играют важнейшую роль. Во всех инженерно-строительных дисциплинах механика грунтов стоит на довольно примитивном уровне развития, несмотря на сравнительно значительный объем современной механики грунтов и математическую трактовку входящих в круг инженерного грунтоведения вопросов. Математический стиль изложения и исследования, как ни важен и ни изящен он, не может компенсировать крайней бедности и примитивности физического содержания инженерного грунтоведения. Я говорю это вполне сознательно, принимая во внимание и блестящие страницы или даже эру, созданную в инженерном грунтоведении работами Терцаги. Несомненно, этим работам инженерное грунтоведение обязано своим современным расцветом — это общеизвестный факт, но для меня не менее очевидно, что недостаточность и ошибочность некоторых физических предпосылок, положенных в основу учения Терцаги, будут обнаруживаться все более и более по мере реального изучения физико-механических свойств грунтов.

Взять хотя бы внутреннее трение и коэффициент сдвига. Вопросы первостепеннейшей важности для инженерного грунтоведения и почвоведения. Изменение величины внутреннего трения на 3—5 градусов — это миллионы кубических метров бетона, каменных и земляных работ, имея в виду масштабы строительства в нашей стране. А разве можно поручиться за то, что в данном случае, для данного грунта коэффициент сдвига или угол внутреннего трения определены с точностью до 3 градусов? Произведите сравнительные определения этих величин разными методами, на разных приборах, в различных лабораториях и пусть их сделают разные люди, и картина получится малоутешительная — так велики будут различия. Инженер-проектировщик вынужден разрешать этот вопрос самым невыгодным

способом: он принимает в расчет наименьшую из полученных величин, страхуя таким образом проектируемое сооружение от неблагоприятных свойств данного грунта. Но насколько такая страховка удорожает сооружение.

Только одна эта проблема — проблема природы внутреннего трения и сдвига, заслуживает при наших масштабах строительства того, чтобы ею в течение, скажем, 3—5 лет занялись лучшие физики нашей страны, причем я бы считал возможным отпустить им на это столько средств, сколько они потребовали бы, лишь бы эти исследования раскрыли природу внутреннего трения и сдвига и привели к точным и надежным методам исследования соответствующих величин. Это дало бы колоссальную экономию средств в нашем строительстве, а самые постройки во многих случаях сделались бы более легкими и изящными.

Физико-механические условия сцепления почв и грунтов и прочность их при механическом воздействии или при изменении гидрологических условий представляют также очень важную проблему. Достаточно вспомнить процессы вспашки, бороньбы, уплотнения почвы, образования горок, просадки грунтов в ряде районов при устройстве ирригационных сооружений, чтобы оценить значимость соответствующих физико-механических свойств почв и грунтов, о которых мы знаем немного больше того, что свойства эти по общим соображениям играют значительную роль в соответствующих процессах. Характеризовать точнее физико-механическую сущность этих процессов, особенно количественные взаимоотношения входящих в них разного рода параметров, мы не можем.

Особый интерес представляет физико-механическое изучение почв и грунтов при температуре ниже 0° , при замерзании. Случилось, что, несмотря на то, что промерзание почвы у нас длится от 3—4 до 7—8 месяцев, изучению мерзлых почв и грунтов было уделено ничтожно малое внимание. С отрицательными результатами такого невнимания к физико-механическим свойствам мерзлых почв и грунтов впервые, кажется, в широком масштабе столкнулись при проведении Сибирского железнодорожного пути. Но встретившиеся при этом трудности не усилили внимания к этой проблеме.

С развитием строительства дорог, с освоением районов с вечной мерзлотой, с продвижением земледелия на север, и, наконец, с более углубленным изучением генезиса почв в средних широтах изучение физико-механических свойств почв и грунтов становится актуальной задачей.

Наконец, явления эрозии и дефляции почвенного покрова, в которых суммируется ряд отрицательно действующих на почву и грунт факторов, в результате чего страна ежегодно теряет огромные количества питательных веществ, смыывается и развевается плодородный горизонт почв и растут овраги. Значение проблемы борьбы с эрозией и дефляцией в пределах Академии Наук достаточно освещено проф. А. М. Папковым, и я не буду поэтому больше останавливаться на этом вопросе.

Переходя от твердой фазы почвы к жидкой, точнее — к водным почвенным растворам (и, как это ни странно, не обнаружив в почве воды), мы должны обратить внимание физики на следующие крупные проблемы почвоведения.

Формы воды в почве и грунтах. За последние 20—30 лет, как уже упоминалось, в почвоведении и гидрологии развились представления о различных формах воды в почвах и грунтах. Основой для них было то обстоятельство, что свойства почвенной и грунтовой воды резко изменяются в связи с изменением соотношения количеств воды и твердой фазы, с одной стороны, и удельной поверхности твердой фазы — с другой.

Есть все основания полагать, что мы стоим в самом начале интереснейшего раздела науки. Более подробное и глубокое изучение соответствующих явлений осветит, по нашему мнению, многие процессы почвообразования не только с физической стороны, но и физическая динамика в ряде случаев найдет здесь отправные точки для понимания некоторых химических явлений, протекающих в почвенной массе.

Независимо и совершенно иными путями, чем у гидрологов, складываются представления о гетерогенности воды в быстро развивающейся коллоидной химии. Полученные представления еще не координированы с тем, что наметилось у гидрологов, и это — задача ближайшего будущего. Этот синтез едва ли может пойти по линии простого суммирования фактов, установленных гидрологией и коллоидной химией, так как почвы и грунты нельзя рассматривать как чистые коллоидные системы. Наличие грубого скелета, агрегация почвенной массы, присутствие значительного количества воздуха и, наконец, огромная динамичность некоторых факторов делают почву средой значительно более сложной и гетерогенной, чем те коллоидные системы, которые изучаются современной коллоидной химией. Поэтому при изучении почв и грунтов данные коллоидной химии будут необходимы, но недостаточны. Это замечание общее, но его необходимо иметь в виду и при изучении форм воды в почве. Самостоятельные пути исследования необходимы и здесь.

Вторая проблема, связанная с исследованием жидкой фазы почв, это — поведение солей в различных формах воды. Значение этого раздела почвенной физики с точки зрения генезиса почв вообще очевидно, для засоленных же почв разрешение этой проблемы исключительно важно. Я имею в виду не только рационализацию мелиораций засоленных земель, но и выяснение тех генетических и гидродинамических оснований, которые позволили бы более экономично и эффективно создавать планы поливных хозяйств.

Обращаясь к газообразной фазе почвы, необходимо изучить и установить газообмен в главнейших почвенных типах, чтобы установить, в какой мере различные почвы обеспечены кислородом и не наблюдается ли хотя бы в отдельные моменты недостаток кислорода. Целесообразно обратить особое

внимание на это в зоне подзолистых почв в тех условиях, где имеются основания ожидать в недалеком будущем развития дренирования. Земледельцу подзолистой зоны вплотную подходит к этому этапу, и скоро практика предъявит почвоведению вопрос о нормах дренирования.

С экономической стороны это очень серьезный вопрос, так как не безразлично, должна ли закладываться густая и глубокая дренажная сеть или она может быть и менее густой и менее глубокой. Конечно, в этом деле имеется значительный опыт в западно-европейских странах, но следует помнить, что природа почв, укладываемых в различных странах в одни и те же классификационные разряды, в действительности нередко более или менее различна.

Достаточно вспомнить черноземы США или подзолы Великобритании: и те и другие не легко было идентифицировать во время экскурсий конгрессов с нашими аналогичными почвами. Здесь необходимо проделать большую работу, чтобы установить правила хотя бы для схематического нормирования густоты и глубины дренажной сети на основе более или менее легко и быстро определяемых признаков — физических, морфологических, химических, геоморфологических и геологических (имеются в виду уже сделанные в этом деле попытки и их слабая сторона — см. Костяков, ст. 578 и следующие). Ведь нельзя же для каждого мелиорируемого участка закладывать свое опытное поле для выяснения норм дренирования. Для иллюстрации того, какие тут скрыты неожиданности, я приведу заключение проф. Л. П. Розова: «В виду того, что вся сумма зарегистрированных факторов не вскрыла сколько-либо отчетливо отрицательного действия мелкого и редкого дренажа (0.7—30 м) по сравнению с глубоким и частым (1.2×10 м), мы полагаем, что при дальнейших исследованиях на эту форму дренирования, как на наиболее дешевую, следует обратить особое внимание». Это заключение относится к тяжелому среднеподзолистому суглинку, развившемуся на грубой валунной бескарбонатной морене.

Надо отметить, что вывод проф. Розова находится в полном противоречии со всеми установленными по данному предмету теоретическими концепциями и практикой. Тем большего внимания и развития заслуживают соответствующие наблюдения, так как они указывают, что ни теория дренажа, ни его практика пока еще не охватили всего вопроса ни по глубине, ни по широте. И было бы целесообразно, учитывая опыт иностранного дренирования, не слепо перенести его на наши почвы, а критически переработав и дополнив соответственно современному состоянию наших знаний и применительно к нашим почвам, учитывая все особенности их — геоморфологические, генетические, культуртехнические и т. п.

Быть может, настало время приступить к тем предварительным исследованиям, которые позволили бы нам в недалеком будущем составить карту подлежащих дренированию почв с отметкой на них и характера дренажа.

Пусть эти карты были бы схематичны, но они отражали бы всю совокупность условий, учет которых необходим при дренировании почв, а не связывали бы дренирование с отдельными элементарными признаками, как механический состав (Конецкий, Фаузер), удельная поверхность (Цункер), гигроскопичность почвы (Брейтенбах) и т. п., что методологически должно представляться неверным, несмотря на заманчивую простоту.

Было бы хорошо, если бы не повторилось того, что было с картой химизации, которую пришлось составлять одновременно с осуществлением последней.

Что касается тепловых свойств почвы, то здесь необходимо обратить особое внимание на изучение теплообмена северных почв. Быть-может, удастся найти приемы тепловой мелиорации и агротехники этих почв. В связи с продвижением земледелия на север, попытки в указанных направлениях крайне нежелательны. Я не имею в виду дренирования, которое помимо своей основной цели является и теплофицирующим мероприятием. Я предполагаю возможность других приемов — более раннее снеготаяние, лучшее прогревание, уменьшение промерзания зимой.

К этому же разделу исследований можно условно отнести выяснение причин гибели озимых хлебов в степной полосе и разработку мероприятий по борьбе с этим явлением. Важность этой проблемы становится очевидной, если мы вспомним, что зимой 1927-28 г. на Украине, Северном Кавказе, в Поволжье и т. д. погибло свыше 5 млн. гектаров озимых хлебов. Погибли как селекционные, так и местные сорта, погиб даже такой злостный сорняк, как пырей. Правда, это была исключительная зима, но статистика показывает, что частичная гибель озимых, к сожалению, довольно обычное явление для степного земледелия. В гибели озимых хлебов в степных районах виноваты и низкая температура, и зимняя засуха, и выпирание растений из почвы, и разрыв корней, и выпревание под ледяной коркой, бесснежье и чередующиеся с оттепелями морозы. При известной интенсивности каждый из этих факторов может привести посев к гибели, но обычно несколько факторов действуют одновременно, что усиливает отрицательный эффект. Вопрос очень важный, систематическая же работа в этой области ведется слабо.

Наконец, надо наметить и выделить особую группу исследований — изучение динамики основных процессов, происходящих в почвах. Это будут различные режимы: режим влаги, режим солей, тепловой режим, газовый режим, физико-механический режим пахотного слоя находящихся под культурой почв и т. п. Эти режимы должны изучаться в течение круглого года на одном и том же месте на почвах, имеющих широкое географическое распространение или интересных в генетическом отношении. Исследование динамики почвы во всех ее проявлениях должно создать то недостающее в почвоведении звено, которое в той или иной мере заменит и дополнит наши логические построения о типах почвообразования, переносимые нами на экран

морфологического профиля. Систематическое исследование динамики почвы создаст тот объективный материал, на основе которого сделается возможным дальнейшее развитие агротехники по линиям обработки почв и мелiorации. Работа должна вестись на стационарах, необходимость которых все более и более ощущается почвоведом.

Итак, перед физикой почв открыто большое поле теоретических задач, удачное решение которых может иметь широкое применение и в развитии ряда весьма важных практических вопросов. Однако обзор достижений показал нам, что темпы работ по физике почв за последнее полустолетие и даже двадцатилетие были очень низки, а теоретические обобщения скромны. При таком положении неизбежно возникает вопрос, на чем же основано то чрезвычайно распространенное мнение, что изучение физических свойств почвы не только заслуживает внимания, но и вселяет уверенность, что на этом пути может быть найдено решение ряда теоретически и практически важных вопросов?

Мне кажется, что эта уверенность вытекает из всеобщего признания огромных успехов общей физики в последние три десятилетия, что она основана на всеобщем признании чрезвычайно высокого теоретического уровня современной общей физики и ее методики и, наконец, уверенность эта имеет корни в широко распространенном мнении, что всюду, куда проникают методы физического изучения явлений, неизменно наблюдается крупный успех, открываются новые перспективы. Но общая физика и ее методы развились и имеют успехи не со вчерашнего дня. Почему же в таком случае физика почв оказалась в стороне от успехов общей физики?

Я думаю потому, что почвоведение в своем историческом развитии пользовалось преимущественно методами описательных наук, а не экспериментальных. При непрерывном развитии и усовершенствовании эксперимента в физике это создало определенный и резкий разрыв между методами общей физики и физики почв, где сохранились старые, примитивные, методы элементарных физических определений.

Поэтому ближайшей задачей по изучению физических свойств почвы должно явиться смягчение, а затем и уничтожение этого разрыва. Однако это будет возможно лишь в том случае, если почвоведение вполне освоит теоретические основы соответствующих разделов физики, подняв свою общую методологию и теорию на высшую ступень. Это тем легче сделать, что путь такой работы указан тов. Сталиным и с большим успехом осуществляется: это путь овладения техникой и создания кадров. Почвоведы должны освоить общую физику, ее теорию, а также и стиль работы. Но это легко сказать и весьма трудно сделать. Среди почвоведов почти нет людей, знающих теорию современной физики, работающих ее методами и понимающих общий стиль ее работы. Им надо в этом помочь, а это могут сделать только физики, включившись в работу почвоведов.

Но здесь перед нами второй барьер: физики не знают почвоведения, им чужды его проблемы, так же как и методы.

Что же делать при имеющихся обстоятельствах? Повидимому, целесообразно пойти двумя путями:

Первый путь: в коллектив почвоведов, работающих по физике почв, необходимо влить значительное количество (от одной трети до половины) физиков-теоретиков. Они внесут с собой в работу современную физическую теорию, ее методы и стиль; постановка проблем и больших тем вначале будет за почвоведом, пока физики не ориентируются в общих задачах почвоведения и не проявят самостоятельной инициативы.

С другой стороны, физики-почвоведы, работая с физиками-теоретиками, начнут осваивать физическую теорию, методику и технику, а вместе с тем, хотя бы и частично, те или иные разделы теории.

Мне представляется, что создание таких физико-почвоведческих коллективов сразу же даст некоторый положительный эффект. Но несомненно для получения полного эффекта необходим иной путь. Этот путь — создание новых кадров физиков-почвоведов, хорошо подготовленных по теоретической физике, кадров, умеющих работать в стиле современной физики и наряду с тем получивших такое теоретическое образование, которое позволяло бы им самостоятельно разбираться и ставить новые проблемы в почвоведении. Для подготовки таких кадров необходима соответствующая высшая школа, где бы учащиеся на базе серьезного физического образования получали достаточную подготовку по почвоведению и биологии. Такой школой мог бы быть агро-физический факультет, задачей которого являлась бы подготовка агро-физиков, подразделяемых на две специальности: физики-почвоведы и физики-биологи. Этот факультет должен находиться в университетской системе, так как университеты готовят кадры работников с теоретическим уклоном.

Поэтому было бы крайне желательно открыть хотя бы один такой факультет на весь Союз, скажем, в Московском государственном университете.

А. Д. ЕВСЕЕВ

РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ В ИССЛЕДОВАНИИ ПОЧВ И ГРУНТОВ

1. Общие соображения

Рентгеновский анализ, так широко применяемый при исследовании металлов, начинает все больше и больше внедряться в другие области промышленности, например в текстильную, химическую, лако-красочную и т. д.

Вопрос о применении рентгеновских лучей при исследовании почв и грунтов относительно новый как в Советском Союзе, так и за границей.

Прежде всего надо знать, возможно ли извлечь ту или иную пользу от применения указанного анализа и в какой плоскости это исследование возможно и целесообразно. Для разрешения этих вопросов необходимо коснуться методики применяющихся анализов при исследовании грунтов и тех результатов, которые при этом получаются. Например, при получении коллоидных частиц различной величины методом отмучивания мы при помощи микроскопа с самым большим увеличением не сможем обнаружить величину частиц порядка 10^{-7} — 10^{-8} см, в то время как в процессах деформации грунта, например при его набухании, такие частицы могут иметь иногда решающее значение. Далее, при использовании глинистых растворов в буровых скважинах качество раствора зависит главным образом от величины коллоидных частиц, и все методы физического анализа, применявшиеся до сих пор, не могли дать исчерпывающего ответа на вопрос о величине мельчайших частиц, входящих в такие растворы. Величина коллоидных частиц может также иметь большое значение в процессах цементации. Этот ответ даст рентгеновский анализ, применяя который можно определить величину коллоидных глинистых частиц с точностью до 10^{-8} см.

В 1930 г. за границей были выполнены две работы, давшие, по свидетельству Б. А. Клина, удивительные результаты по исследованию коллоидного материала. Эти данные были получены в США двумя самостоятельно работавшими исследователями Hendries и Kelley.

Коллоидная глина дает определенную дифракционную картину, показывающую, что строение материала, входящего в состав глины, главным образом кристаллическое. Последнее открытие весьма важно, так как раньше —

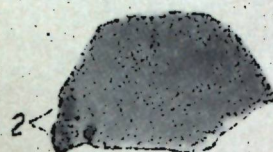
до применения рентгеновского анализа — коллоидный материал считался аморфным по природе и по свойствам, аналогичным гелю. Подобные же исследования произведены с почвенными коллоидами и в СССР (Антипов-Каратаев, Роде, Бруновский, Седлецкий).

2. Рентгеновское просвечивание для определения плотности грунтов и микроструктуры их

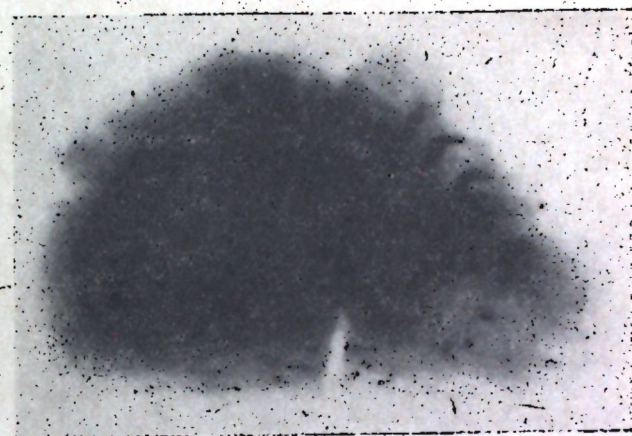
Переходим ко второй области исследования грунтов, где с немалым успехом может быть применен рентгеновский анализ. Я имею в виду определение плотности грунтов. Не рассматривая пока причин, порождающих различную плотность грунтов, можно быстро и с большой точностью определить эту плотность, пользуясь рентгеновским просвечиванием. Основным началом такого применения является следующее соображение: рентгеновские лучи, проходя через породы различной плотности, несомненно будут давать различную по интенсивности тень на фотопластинке. Тона различной интенсивности могут обуславливаться прежде всего неодинаковым минералогическим составом плотного или менее плотного грунта, а также разницей в величине пор между отдельными частичками, составляющими тот или иной грунт. Для иллюстрации сказанного привожу три снимка¹ (фиг. 1, 2 3). На первом и втором видны включения в породу минералов иной плотности, чем вся масса образца, что обнаруживается более интенсивным почернением и обозначено на первом рентгеноснимке цифрою 2. На снимке 3 ясно выражена слоистость грунта, что тоже в свою очередь связано с различными плотностями отдельных слоев. На снимке 4 (фиг. 4) видно, что часть грунта по краям имеет меньшее уплотнение, чем середина, поэтому по краям видна макроструктура грунта; середина же дает сплошную тень, что указывает на однородность. Для дальнейших исследований структуры входящих в этот однородный грунт минералов можно будет применить структурный рентгеновский анализ. На фиг. 5, 6, 7 и 8 показаны песок, просеянный и не просеянный через сито, и рентгеноснимки шпик, применяющихся в литейном деле, изготовленных из этого песка, причем рентгеноснимок шпика из просеянного песка (рис. 80) резко отличается от рентгеноснимка шпика, изготовленной из непросеянного песка (рис. 6).

Принимая во внимание описанное явление, возможно выработать стандартную шкалу плотностей различных грунтов. Для точного определения степени почернения рентгеновской пленки последнюю приходится фотометрировать, что легко выполняется. Весь процесс определения плотности грунта представляется очень несложной операцией и может быть проделан очень быстро, так как экспозиция образца рентгеновскими лучами будет

¹ Получены К. В. Васильевым.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



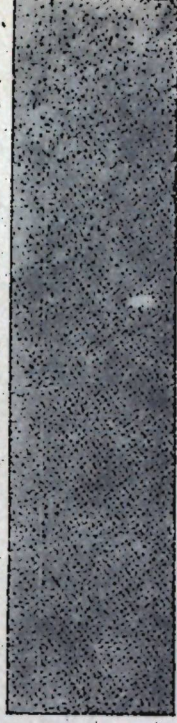
Фиг. 5. Шлифельный песок, содержащий 4% масла, после многократного перемешивания. Комкообразное состояние не годится для получения доброкачественных шишек.



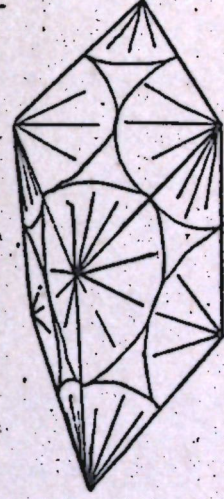
Фиг. 7. Жирный песок после однократного просеивания через сито. Равномерное состояние песка хорошо подходит для доброкачественных шишек.



Фиг. 6. Изображение просеянной шишки, приготовленной из песка (рис. 5).



Фиг. 8. Изображение шишки, приготовленной из хорошо просеянного песка. Равномерное диффузное почернение изображения без границ у зерен соответствует плотному наложению песка и указывает на равномерную зернистость его.



Фиг. 9. Отдельная ячейка группы шаров, уложенных наиболее плотно (гексагональная укладка).



Фиг. 10. Форма поры в отдельном элементе группы наиболее плотно уложенных шаров.

длиться при соответствующей нагрузке на трубку крайне недолго — всего несколько минут. Обработка снимка соответствующими фотореактивами тоже занимает короткое время. Необходимо только отметить, что для производства указанных определений приходится заранее готовить образцы грунта, делая из них, например, шифы определенной и одинаковой для всех исследуемых грунтов толщины.

3. Исследование состояния воды в почвах и грунтах

Необходимо коснуться применения рентгеновского просвечивания для определения распределения и движения воды в грунте. В этом рентгеновский анализ может служить дополнением к существующим анализам распределения и движения воды в грунтах.

Ранее существовавшая гипотеза неправильных волосных капиллярных трубок в грунте оставлена, и поры почвы представляются теперь как маленькие ячейки, соединенные друг с другом узкими капальчиками. Первое исследование Versluys'a, сделанное в этом направлении, предполагало, что вода, находящаяся внутри таких ячеек, стремится уменьшить свою свободную поверхность, а следовательно, и поверхностную энергию до возможного минимума.

Работы Seichter и King указывают на то, что поры, имеющиеся между ячейками в грунте, могут целиком заполняться водой. Для теоретических предположений обычно пользуются «идеальным» грунтом, состоящим из шаров одинакового радиуса, правильно уложенных. Так как наименее плотной системой упаковки можно считать простую кубическую, то шары должны быть расположены таким образом, что линии, соединяющие их центры, образуют кубы, и каждый шар соприкасается при этом с шестью другими.

На фиг. 9 и 10 приведены отдельно ячейки группы шаров и формы пор в отдельном элементе группы.

Рентгеновское просвечивание и рентгеновский структурный анализ для определения макро- и микроструктуры грунтов могут дать некоторые указания на правильность существующей теории ячеистой структуры почв и, может-быть, даже пополнить эту теорию определенными новыми данными о строении почвы и нижележащих подпочвенных грунтов. Соображения, высказанные о пользе, которую принесут рентгеновские лучи в исследовании ячеистой структуры грунтов, основаны на том, что, например, при просвечивании определенного образца мы можем получить картину ячеистой структуры грунта, так как ячейки из того или иного материала должны на фотоснимке дать отличную тень от той, которая получится на нем от прохождения рентгеновских лучей через воду или воздушные межячейковые пространства, расположенные между частицами почвы.

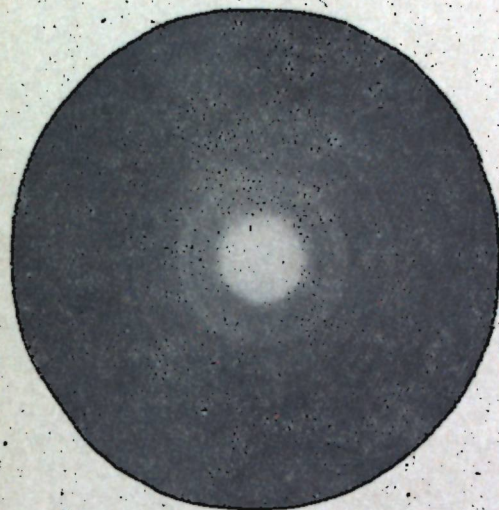
4. Применение рентгеновского структурного анализа

В исследовании грунтов большое значение имеет изучение их изменений под влиянием внешних воздействий, как-то: воды, сжатия, растяжения и других факторов, вызывающих их макроскопическое изменение. Нет сомнения, что вследствие воздействия на грунт этих факторов происходит резкое изменение, во-первых, в макроструктуре грунта, и, во-вторых, при достаточно больших давлениях на грунт, может-быть, могут происходить изменения в строении минералов, составляющих тот или иной грунт. Последнее можно обнаружить, применяя рентгеновский структурный анализ, так как другие виды анализа, например оптический и химический, не в состоянии обнаружить этой разницы потому, что кристаллики, входящие в состав минерала, могут быть настолько малы, что окажутся за пределами видимости их под микроскопом. В настоящее время, например, автору статьи удалось обнаружить разницу в известняках различного происхождения: органогенного и неорганогенного. Первый дает дебаграмму (фиг. 11), состоящую из сплошных колец различной степени почернения; рентгенограмма второго (фиг. 11-а и 11-б) состоит из таких же колец, с той только разницей, что кольца не сплошные, а состоят из отдельных точечных почернений.

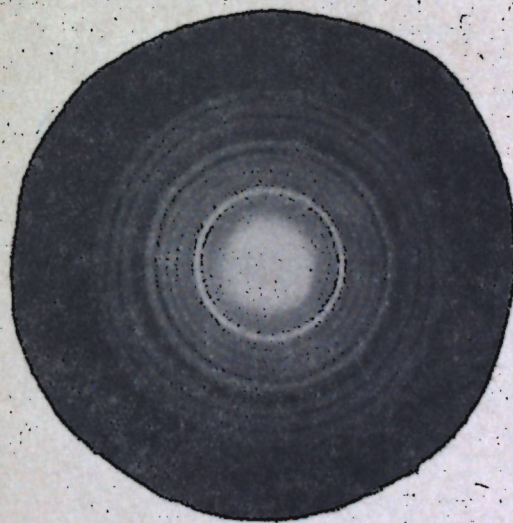
Исследование рентгеновскими лучами указывает на то, что известняк органогенного происхождения мелкозернист; известняк же неорганогенного происхождения — крупнозернистый при совершенно идентичной пространственной решетке того и другого. Никакой другой анализ не мог пока обнаружить этой разницы, причем величина частиц порошка из образцов того и другого известняка для получения рентгенограмм была одинакова, что контролировалось предварительным наблюдением приготовленных порошков под микроскопом.

В 1930 г. американские исследователи Ross и Kerr обнаружили разницу в минералогическом строении каолиновых минералов. До применения рентгеновского анализа каолин считался одним минералом, после исследования оказалось, что он состоит из трех различных минералов (они были найдены каждый в отдельности), каждый из которых дает свой рентгеновский спектр. Минералы названы каолинитом, дикитом и накритом. В Советском Союзе известна пока одна небольшая работа Струтинского по рентгеновскому исследованию глины, благодаря которой было установлено, что глины «сухарь» и «мыленка» рентгенографически не обнаруживают разницы в своем строении и что между пространственной решеткой каолинита в рентгенограммах глины и их пластичностью существует связь.

Не предрекая заранее успеха при применении рентгеновского анализа к грунтам, можно все же сказать, что это новое начинание в недалеком будущем не замедлит дать положительные результаты



Фиг. 11а и 11б. Дебаграммы известняка неорганогенного происхождения. Кольца не сплошные, а состоят из отдельных точечных почернений.



Фиг. 11. Дебаграмма известняка органогенного происхождения. Видны сплошные кольца различной степени почернения.



Фиг. 11б.

в отдельных частных исследованиях, например в определении размеров мельчайших коллоидных частиц и плотности грунта.

Этот метод исследования может развиваться успешно еще по тем соображениям, что мы можем использовать всю необходимую аппаратуру для рентгеновского анализа, которая изготавливается на заводах в нашем Союзе,¹ и обойтись таким образом без импортной, дорогой аппаратуры.

5. Рентгено-кинематографическое исследование

Наконец, для получения непрерывного динамического процесса, происходящего в грунте под влиянием внешних воздействий на него можно применять движущийся кинофильм для заснятия грунта рентгеновскими лучами, действуя на образец его водой или деформируя его при помощи сжатия или растяжения.

За границей с большим успехом применяется кинематография при просвечивании рентгеновскими лучами больных, исследование же грунтов таким методом пока еще нигде не производилось.

Такое исследование, связанное с хронометрированием процессов изменения грунта, может дать очень ценные данные для промышленности и техники, например: для проектирования и определения твердости грунта для сооружений и построек, при прорытии тоннелей под землей, в частности при строительстве метрополитена. И в учение о сопротивлении материалов может быть внесена таким образом новая страница об испытании материалов рентгеновскими лучами.

В заключение считаю уместным остановиться несколько подробнее на применении комбинированной рентгено-киносъемки для исследования физических процессов изменения различных почв под влиянием воды, температуры, склеивающих веществ и других факторов. Первые опыты, сделанные в этом направлении, позволяют думать, что такой метод исследования может в значительной степени облегчить понимание этих физических процессов. Последнее может представить особую ценность для почвоведов, а также дать возможность точного изучения изменений структуры почв при введении в нее структурообразующих веществ, что связано в свою очередь с вопросами удобрения почвы и влияния удобрений не только на химический ее состав, но и на изменение ее физических свойств, как-то: пористости, влажности и пр. Опыты, о которых идет речь, были сделаны впервые в связи с созданием звукового фильма «Рентгеновские лучи в технике».

¹ За исключением вакуумных рентгеноспектрографов, один из которых впервые спроектирован и изготавливается ИГИ по чертежам К. В. Васильева в Физическом институте Акад. Наук.

Консультируя этот фильм, мне захотелось использовать киносъемку для различных почв, просвечивая их рентгеновскими лучами, но в то же время и подвергая их непрерывному действию, например воды. Пришлось очень долго экспериментировать, пока не удалось получить отчетливые снимки. Трудности заключались в том, что приходилось опытным путем подбирать для каждой почвы, например подзолистой, черноземной или иной, рентгеновское излучение определенной длины волны, которая давала бы на киноленте изображение микроструктуры почвы, а также находить наполнители почвы такими, чтобы последние позволяли проследить на фильме механизм проникновения их в почву, процессы коагуляции и пр.

Так как эта работа при создании фильма не была главной, а ставилась в порядке эксперимента, то естественно, что первый опыт не мог дать исчерпывающего ответа на поставленные вопросы. Для более глубокого применения этого метода исследования необходимо заняться разрешением этой проблемы в специально оборудованной для этой цели рентгеновской лаборатории при наличии в ней мощного рентгеновского аппарата для просвечивания (на 220 kV) и киноаппарата.

Техника съемки в основном состояла в том, что рентгеновские лучи определенной жесткости, подобранные для данного объекта исследования, например подзолистой почвы, направлялись на образец почвы, который заключался без нарушения ее структуры в коробку, приготовленную из прозрачного целлулоида. По другую сторону от образца помещался усиливающий экран.¹ После включения рентгеновской трубки на экране появилось изображение микроструктуры почвы. Для изучения изменения структуры почвы под влиянием, например, проникающей в нее воды, в коробку, куда она была заключена, вводилась постепенно вода, для чего в ней имелось верхнее входное отверстие для воды и внизу — выходное. Вода подавалась из стеклянного резервуара, укрепленного над образцом. Скорость протекания воды точно регулировалась и всегда была постоянной в процессе съемки. Для придания контрастности изображения заполнения водой пор почвы в нее добавлялся 5—10-проц. хлористый барий или уксусно-кислый свинец.

Киноаппарат помещался за усиливающим экраном, последний наводился на рентгеновское изображение снимаемой почвы с экрана.

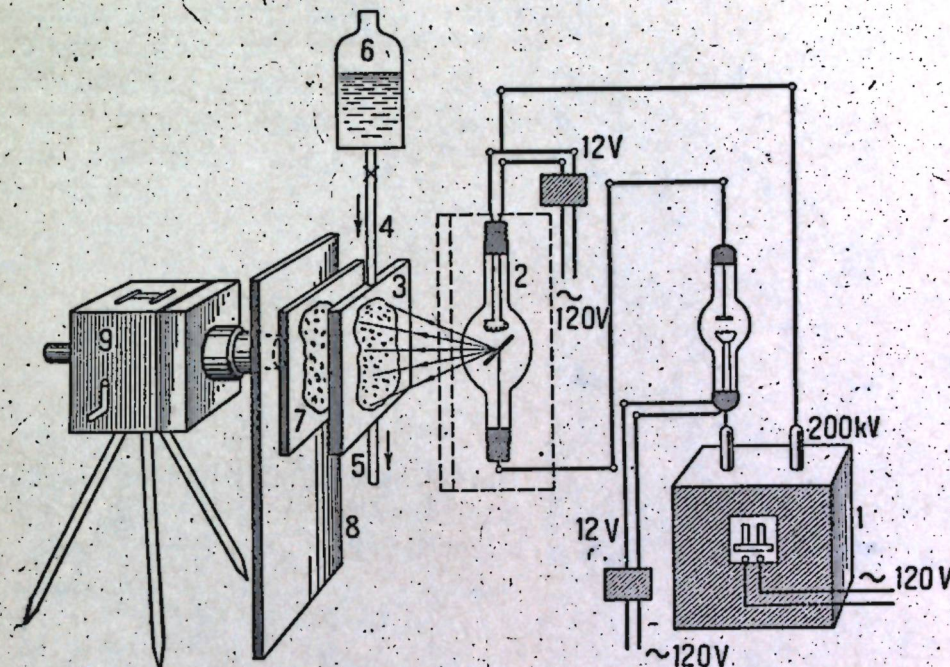
Для того чтобы избежать засвечивания пленки в киноаппарате, была сконструирована защитная ширма, обитая листовым в 3 мм толщиной свин-

¹ Для обычного рентгеновского просвечивания применяется экран, который под действием рентгеновских лучей флуоресцирует зеленоватым светом. При наших опытах был применен усиливающий экран из тех соображений, что последний светится фиолетовым светом, который более активен для киноленты, чем зеленый, и позволяет тем самым уменьшить время экспозиции при съемке.

цом, в которой было сделано круглое отверстие для объектива аппарата. Чтобы рентгеновские лучи не попадали непосредственно через объектив в аппарат и не вуалировали пленку, экран пришлось закрыть свинцовым стеклом.

Схема расположения всех приборов и аппаратов показана на фиг. 12.

Цифрою 1 обозначен рентгеновский аппарат, питающий рентгеновскую трубку 2; 3 — целлулоидная коробка, в которую заключался исследуемый образец почвы; 4 — входное отверстие для жидкости, питающей почву;



Фиг. 12. Схема расположения всех приборов и аппаратов при рентгено-киносъемке.

5 — выходное отверстие; 6 — резервуар для жидкости; 7 — усиливающий экран; 8 — свинцовая ширма и 9 — киноаппарат. Образцами для исследования служили подзолистые и черноземные почвы.

Как уже указывалось выше, образец одной из указанных почв размером примерно в 9—12 см и толщиной в 20—25 мм вырезался из большого образца без нарушения ее макроструктуры и осторожно помещался в целлулоидную коробку. Жидкость, в данном случае 10-проц. раствор хлористого бария, пропускалась через образец почвы с определенной скоростью. Один снимок из общего кадра съемки подзолистых почв показан на фиг. 13; на фиг. 14 приведен снимок образца черноземной почвы. Как тот, так и другой были сняты в процессе прохождения через них воды, причем при просмотре на экране готового фильма можно видеть механизм проникновения воды

и постепенное разрушение структуры почвы после продолжительного напитывания ее водой. Картина рентгеновских снимков подзолистой почвы резко отличается от черноземной. В то время как подзолистая почва представляет собой сплошную однородную массу, в черноземной намечается некоторая структура, что видно из сравнения фиг. 13 и 14. На фиг. 15 показан

рентгеновский снимок глинистого грунта без обводнения.¹

За неимением времени и надлежащих условий не удалось продолжить эти исследования; интересно было бы, например, понаблюдать процессы коагуляции в соответствующих почвах, ввести в почву структурообразующие вещества и просмотреть постепенное образование этой структуры, наконец подвергнуть различные почвы температурным изменениям и изучить их. Можно, конечно, этот способ исследования перенести на изучение динамики некоторых химических реакций, например каталитических, где катализатор сам, не вступая в реакцию, ее вызывает. Многое, неизвестное для нас в настоящее время, стало бы понятным при просмотре на киноэкране физико-химических процессов и реакций интересующих нас веществ. Возможности для такого рода

исследований у нас теперь есть, так как вся нужная для этого аппаратура выпускается нашей советской промышленностью. Для некоторых объектов исследования возможно придется применять мощные рентгеновские трубки, серийного производства которых пока еще не ведется, но конструкция их разработана нашими инженерами: я имею в виду мощную трубку инженера Стрельникова, которую можно нагружать до 250 мА, или трубку инж. Красникова. Большая мощность рентгеновского излучения необходима для описанных исследований из тех соображений, что киносъемку с усиливающим экраном приходится производить очень быстро, экспозиция выражается долями секунды. Для съемки процессов, происходящих медленно, часами, а иногда может быть и днями, в кинематографической технике применяется особый прибор для замедленной съемки, называемый цайтрафером, который может быть с успехом применен и в данном случае.

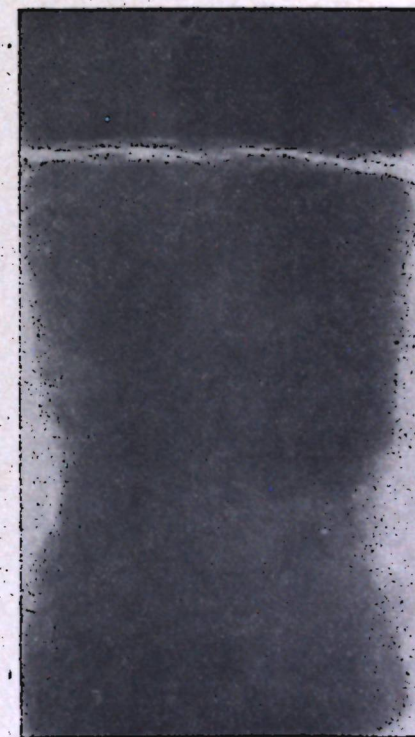
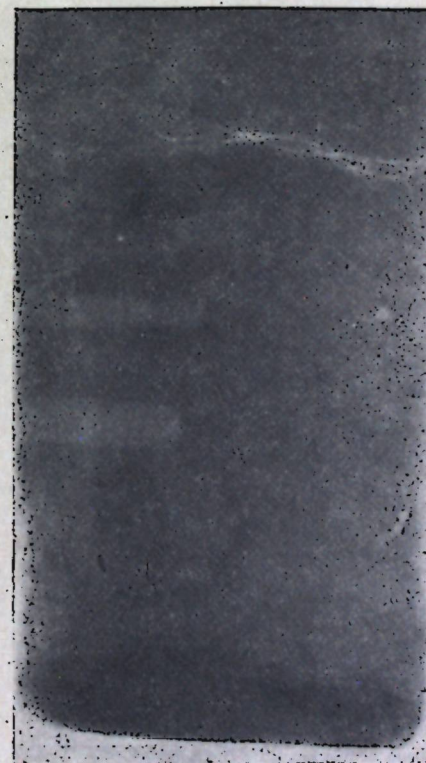
¹ Последние два снимка получены К. В. Васильевым.



Фиг. 13.



Фиг. 14.



Фиг. 15. Рентгеновские снимки глинистых грунтов без обводнения.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

- J. Ross and Kerr. The caolin minerals, U. S. A. Geological survey Professional Paper 165. 1930.
- Ewald C. P. Handbuch der Physik 23/2 1933.
- А. Д. Ейсеев. Рентгеновский анализ в геолого-разведочном деле. Сборник, 1934 г.
- Струтинский. Рентгеновское исследование глины.
- Кни Б. А. Физические свойства почвы. 1935 г.
- Hendricks S. B. and Fry W. H. The results of x-ray and microscopical examinations of soils colloids. Soil Science, 29, 457-476. 1930.
- Kelley W. P. Soil Sc. 30. 1930.
- F. Rinnc. Röntgenographische Untersuchungen an einigen feinzerteilten Mineralien, Kunstprodukten und dichten Gesteinen. Zeit. f. Krist. Band 60, Heft 112. 1924.
- Hadding. Loc. Trans. Ceram. Soc. 24, 17. 1925.
- Васильев К. В. Камера для получения ориентированных лауэграмм. 1928 г.
- Васильев К. В. Универсальная камера для рентгеносъемок. 1932 г.
- Успехи физики. 1933 г.

Проф. И. Ф. ГОЛУБЕВ, С. А. МОНИН и Е. П. ОСТРОВСКИЙ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ СУСПЕНЗИЙ

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей статье изложены некоторые результаты исследования действия на почву ультразвуковых колебаний или так называемого «ультразвука». За последние два года изучением ультразвука у нас, в СССР, начали заниматься в ряде научных областей, главным образом в медицине и биологии. Описанные ниже опыты с «прозвучиванием» почвы с целью подготовки ее к механическому анализу впервые в Союзе были проведены кафедрой почвоведения и химии Московского института землеустройства, причем для осуществления этих опытов была использована установка высокого напряжения для генерации ультразвуковых волн, принадлежащая лаборатории высокой частоты Центрального института рентгенологии и радиологии в Москве. Здесь же измерялись физические величины, имевшие место в условиях опыта. Таким образом, публикуемые материалы являются результатом совместной работы обоих названных учреждений.

Значительное количество описанных в литературе методов механического анализа и разнообразие положенных в основу этих методов принципов расчленения массы почвы или грунта на слагающие их механические элементы с несомненностью свидетельствуют, что все эти методы не удовлетворяют исследователей.

В самом деле, в известной работе С. В. Астапова перечислено до двадцати отдельных методов механического анализа, основанных на пяти различных принципах.

Однако, если принять во внимание все существующие варианты этих методов в отношении отдельных моментов и учесть все возможные комбинации их, то фактическое количество практических подходов к проблеме механического анализа окажется необычайно большим.

И действительно, знакомясь с методикой механического анализа, практически применяемой в той или другой лаборатории, мы сталкиваемся с фактом чрезвычайного разноречия в отдельных приемах этого анализа.

Особенно много ходовых вариантов существует в методике подготовки почвы к механическому анализу, между тем как она имеет решающее значение в отношении получения тех или других данных, так как именно в процессе подготовки происходит расчленение почвенных агрегатов на механические элементы, которые в дальнейшем ходе анализа приходится только собирать в виде отдельных фракций.

Здесь мы имеем две резко отличающиеся группы методов подготовки, одна из которых использует чисто физические приемы — растирание, взбалтывание, встряхивание, кипячение, другая же пользуется различными реактивами, разрушающими почвенные цементы, гумус и углекислый кальций или удаляющими обменные основания, словом, действующими на массу почвы или грунта химически (так называемая коллоидно-химическая подготовка).

Принципиальная борьба, ведущаяся между сторонниками этих двух групп методов подготовки к механическому анализу, сводится к тому, что одни исследователи считают применение только одних механических приемов недостаточным для наиболее совершенного диспергирования почвенных агрегатов, так как эти приемы не затрагивают почвенных цементов, тогда как другие возражают против применения химических реактивов, существенно и притом искусственно изменяющих состав почвы.

Введение в практику наших почвенных и грунтовых лабораторий новых методов механического анализа (Робинсон), связанных с применением предварительной коллоидно-химической обработки почвы, диктовалось именно стремлением достигнуть наиболее полного разрушения почвенных агрегатов и наиболее совершенного диспергирования суспензий.

В данной работе мы ограничимся только констатированием следующего положения: если от применения коллоидно-химической подготовки почвы в результате анализа и получается значительно повышенный выход глинистых и иловатых частиц, то не следует закрывать глаза на то, что действие ряда применяемых в этом случае реагентов, даже и нейтральных солей, не говоря уже о соляной кислоте и особенно перекиси водорода, настолько резко изменяет состав почвы, что она приобретает свойства, генетически ей не присущие и, наоборот, теряет свойства, характеризующие тот или другой ее генетический тип. Кроме того, самый факт введения в почву посторонних веществ в виде тех или других реактивов является моментом, осложняющим всякого рода последующие исследования свойств почвы или отдельных ее механических фракций.

Подобное состояние вопроса о подготовке почвы к механическому анализу побудило нас искать новых путей и пытаться применить факторы, действующие не менее энергично, чем химические реактивы, но действующие чисто механически, как основанные на принципе сильных вибраций среды.

Нам представляется, что достаточно хорошего диспергирования почвенных суспензий, значительно большего, чем при кипячении и не менее совершенного, нежели при коллоидно-химической подготовке, можно достигнуть путем применения ультразвуковых колебаний или так называемого «ультразвука».

1. Ультразвуковые колебания

Под ультразвуковыми колебаниями или ультразвуками понимают упругие (механические) колебания высокой частоты, находящиеся за пределами слышимости человеческого уха.

Нормальное человеческое ухо воспринимает упругие колебания в пределах от 20 до 20 тыс. колебаний в секунду. Лица с особо острым слухом способны слышать до 25 тыс. колебаний в секунду. Таким образом, нижним порогом ультразвуковых колебаний следует считать верхнюю границу слышимости человеческого уха, т. е. 20—25 тыс. колебаний в секунду. Верхний предел частот ультразвуковых колебаний не ограничен; во всяком случае, в настоящее время удавалось получать высокочастотные вибрации до 8 млн. колебаний в секунду. Однако получение таких высокочастотных вибраций большой мощности все же представляет значительные технические трудности. Наиболее удобными частотами ультразвуковых колебаний, при которых удается обеспечить достаточную мощность колебаний и возможность длительной устойчивой работы, будут частоты порядка десятков и сотен тысяч колебаний в секунду.

В природе ультразвуковые колебания наблюдаются, хотя интенсивность этих колебаний ничтожна. Источники таких неслышимых человеческим ухом колебаний — некоторые насекомые, а также мелкие птички, типа колибри.

Впервые ультразвуковые колебания большой мощности были получены в 1921 г. Ланжевеном. Он применил их для целей подводного телеграфирования, а также для определения морских глубин, рельефа дна и т. д.

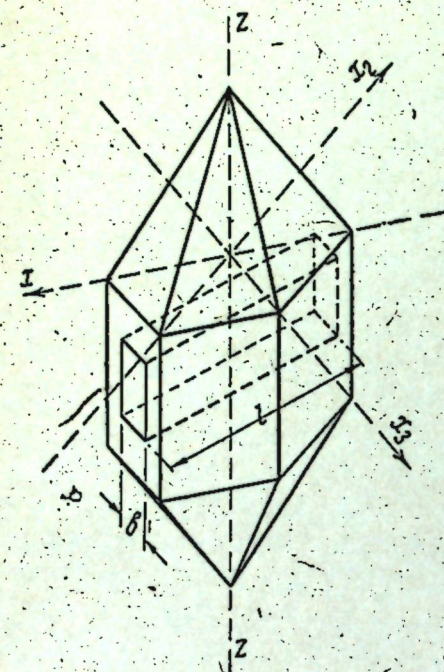
В 1927 г. Вуд и Лумис открыли целый ряд биологических, эмульсионных и других свойств ультразвуков. Этим была впервые показана применимость их для целей биологии, коллоидной техники и т. д.

Переходя к способам получения ультразвуковых колебаний, заметим, что обычными механическими методами не удастся получить незатухающих ультразвуковых колебаний большой мощности.

Этого можно добиться применяя электромеханические методы. Способов получения колебаний здесь несколько, но все они основаны на одном и том же принципе резонанса.

Наиболее разработан и, повидимому, эффективен способ получения ультразвука при помощи пьезо-электрических кристаллов.

В природе существует целый ряд кристаллов (кварц, сегнетова соль, турмалин), обладающих пьезо-электрическими свойствами, т. е. свойствами давать при сдавливании электрические заряды. В технике, однако, получил распространение главным образом кварц в виду своей высокой электрической крепости, незначительного температурного коэффициента частоты и достаточно сильного пьезо-электрического эффекта.



Фиг. 1. Кристалл кварца.

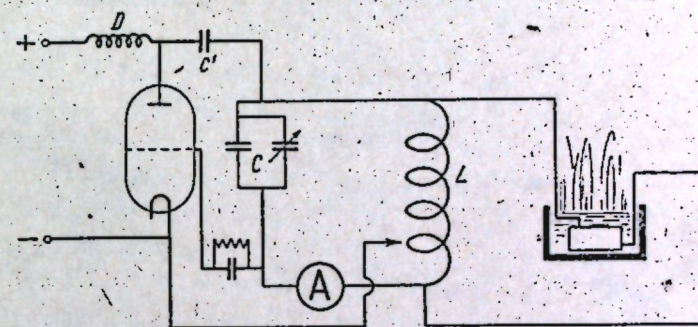
Кварц в природе кристаллизуется шестигугольными призмами, заканчивающимися такой же пирамидой (фиг. 1). Молекула кварца состоит из одного атома кремния и двух атомов кислорода. Кристалл кварца имеет одну оптическую ось ZZ и три электрических оси X_1, X_2, X_3 . Оптическая ось кварца обладает тем свойством, что плоскость поляризации света, направленного вдоль нее, поворачивается на определенный угол, зависящий от толщины пластины и длины волны светового луча. Если из кристалла кварца вырезать пластинку (фиг. 1), большая плоскость которой перпендикулярна к одной из электрических осей кварца (на фиг. 1 к оси X_3) и параллельна оптической оси (такой срез называется срезом Кюри), то на подобной пластинке легко обнаружить наличие пьезо-электрических свойств у кварца. Наложив на обе большие плоскости такой пластинки металлические обкладки и подвергая ее сжатию или растяжению по этим плоскостям (накладывая на них определенный груз), легко обнаружить при помощи электрометра присутствие на металлических электродах электрического заряда. Этот заряд Q оказывается

$$K \frac{a}{l} P (GCSE),$$

где a — длина пластинки, параллельная оптической оси; l — толщина пластинки; P — действующая сила кг; K — пьезо-электрическая постоянная кварца, равная 0.0677. Этот эффект (появление электрических зарядов на кристалле при механической его деформации), которым обладает, помимо кварца, и целый ряд других кристаллов, был открыт еще в конце прошлого столетия французским физиком Кюри и называется прямым пьезо-электрическим эффектом. Естественно предположить, что на ряду с прямым суще-

ствует и обратный пьезо-электрический эффект. Последний, очевидно, будет заключаться в том, что при электризации обкладок кварца будет происходить изменение его размеров. Если подобная электризация кварцевых пластинок будет совершаться переменным током, то механические деформации, испытываемые кварцем, примут периодический характер. Кристалл начнет совершать упругие колебания. Наибольшая интенсивность упругих колебаний получается, когда по длине или толщине кристалла укладывается одна или вообще некоторое целое число полуволи упругих колебаний — в этом случае имеет место резонанс возбуждающих колебаний (электрических) с собственным периодом колебания кристалла.

Получаемые от кварца колебания легко могут передаваться в жидкой и твердой среде. В воздухе ультразвуковые колебания передаются значи-



Фиг. 2. Схема установки для получения ультразвуковых колебаний.

+ — клеммы постоянного высокого напряжения, D — дроссель высокой частоты, C' — разделительный конденсатор, C — конденсатор колебательного контура, A — амперметр колебательного контура, L — катушка колебательного контура. Напряжение на кварц подается с концов катушки.

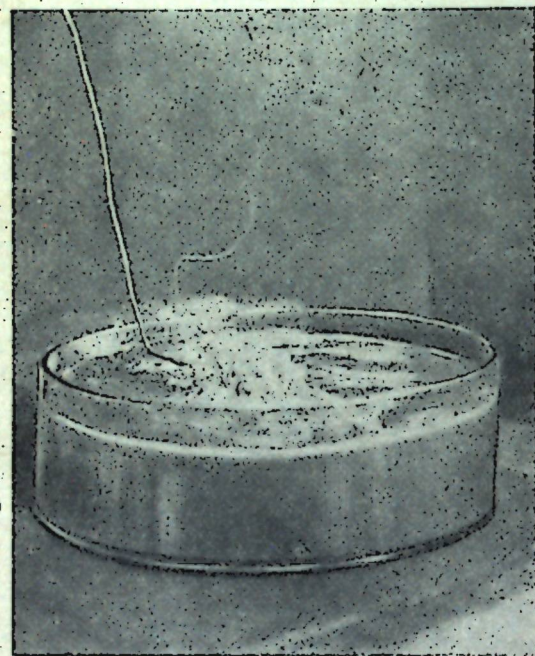
тельно хуже благодаря большой разнице в плотности и упругости и, следовательно, большому отражению на границе кварца с воздухом.

Помимо кристаллических вибраторов, источниками ультразвуков могут служить магнитные вибраторы в переменном магнитном поле. В последних используются явления магнетострикции, т. е. свойство некоторых магнитных материалов (никель, кобальт, инвар, нихром) менять свои размеры и форму в переменном магнитном поле. При этом типе вибраторов, однако, удается получать сравнительно низкие частоты, находящиеся на границе звуковой и даже в звуковой области.

Для получения ультразвуковых колебаний в лабораторной обстановке поступают следующим образом. Кварцевая пластинка вместе с двумя электродами помещается в какую-нибудь жидкую среду (например трансформаторное масло), отличающуюся высокими изолирующими свойствами и электрической крепостью.

Для подводки переменного напряжения к кварцу служат два электрода — нижний массивный (обычно свинцовый), на который кладется кварцевая пластина, и верхний из алюминиевой или медной фольги. Электроды присоединяются либо непосредственно к колебательному контуру, либо при помощи трансформатора Тесла.

В тот момент, когда частота колебательного контура (которую можно менять, изменяя либо емкость, либо самоиндукцию контура) совпадает с собственным периодом колебания кварца, кварц переходит в интенсивные колебания.



Фиг. 3. Поверхность масла над кварцем в момент генерации ультразвуковых колебаний.

Под действием последних на поверхности масла появляется рябь, переходящая по мере повышения подводимого напряжения в бурное движение слоя масла над кварцем. При повышении напряжения порядка 4—5 тыс. вольт над кварцем начинает бить мощный масляный фонтан, разбрызгивающий капли масла во все стороны. Из масла начинается интенсивное выделение находящихся в нем пузырьков воздуха.

На фиг. 3 показан вид поверхности масла над кварцем в момент генерации им мощных ультразвуковых колебаний. При особо мощных колебаниях бывают случаи, когда кварцевая

пластинка раскалывается на отдельные части.

Если в масляный фонтан ввести стеклянный сосуд (например колбочку или пробирку) с какой-либо жидкостью, то последний также приходит в сильное движение — внутри такой колбочки также начинает бить фонтан. Если держать такую колбу голыми руками, то при прикосновении к острым краям стекла получается сильный ожог. Это пример акустического ожога, так как сама по себе колба, будучи вынесена из сферы действия ультразвука, недостаточно нагрета для получения ожога.

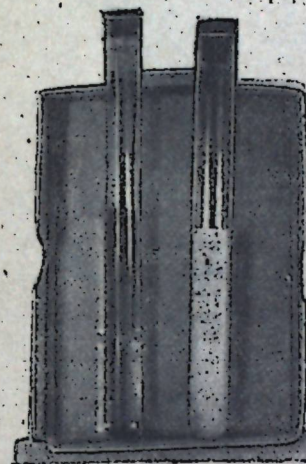
Уже эти первые опыты показывают, что ультразвуковые колебания переходят из масла (жидкость) в стекло (твердое тело) и далее частично идут по стенкам стекла, частично переходят в жидкость, помещенную внутри сосуда.

Эмульгирующее действие ультразвука было открыто в 1927 г. Вудом и Лумисом и затем изучалось в позднейших работах Ричардсом, Маринеско, Фрейндлихом и др.

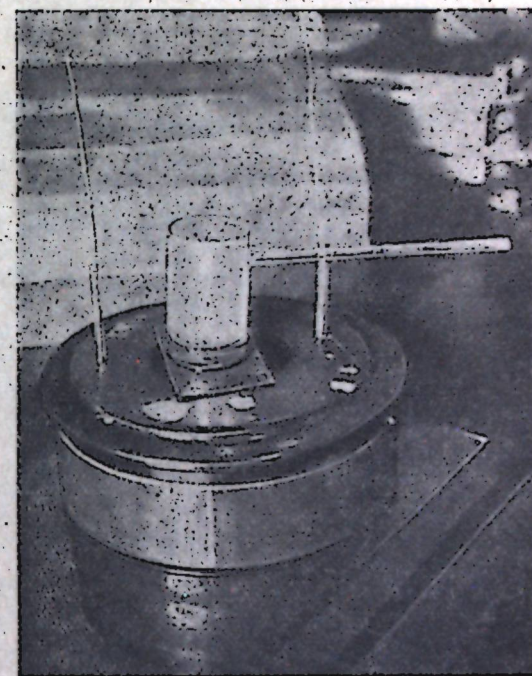
Вуд и Лумис показали возможность получения таким способом целого ряда чрезвычайно стойких эмульсий различных не смешивающихся или плохо смешивающихся между собой жидкостей.

Интересно отметить, что многие из этих эмульсий, получение которых другими способами почти невозможно, при сильных ультразвуковых колебаниях получаются в течение нескольких секунд.

Так, например, ртуть с во-



Фиг. 4. Вода и бензол до (слева) и после (справа) воздействия ультразвука.



Фиг. 5. Распыление бензола под действием ультразвука.

дой дает эмульсию черного цвета; различные масла (трансформаторное, вазелиновое, касторовое, животное и т. д.) с водой дают эмульсию белого цвета разнообразных оттенков, от молочнобелого до кремового. Бензол с водой дает под действием ультразвука снежнобелую эмульсию.

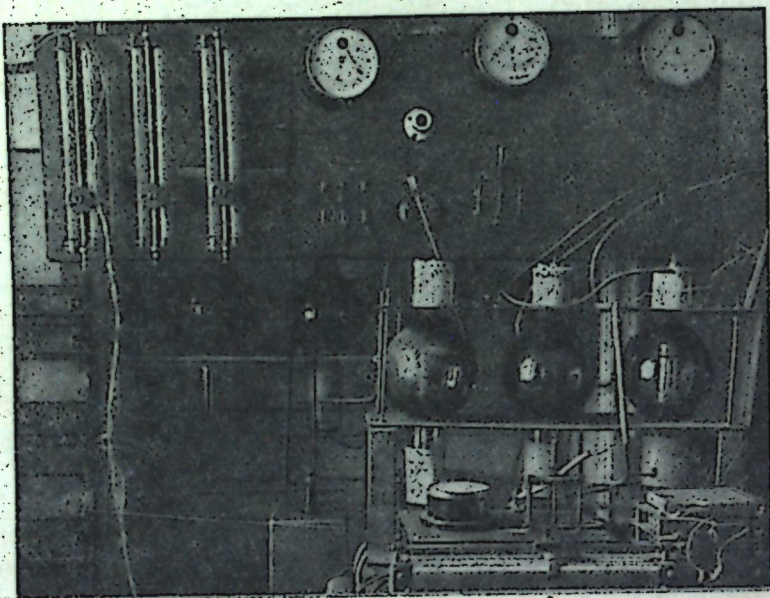
На фиг. 4 слева показаны налитые вместе вода и бензол (видна поверхность их раздела); справа эмульсия, получившаяся после воздействия ультразвуком.

Бензол, подвергнутый воздействию ультразвука, распыляется и образует белый туман (фиг. 5).

Далее, Вуд и Лумис установили, что и ряд твердых легко плавящихся веществ (как, например, парафин, воск и т. д.) дает с водой чрезвычайно устойчивые эмульсии.

Ричардс в своих работах исследовал условия образования эмульсий. Он показал, что образование эмульсий (например в системе ртуть—вода) происходит главным образом на стенках и является следствием поперечных волн в стенках сосуда, амплитуда которых доходит до 0.5 микрона и значительно превышает амплитуду колебаний частиц самой жидкости.

Исследования Маринеско показали возможность получения этим способом коллоидных растворов легкоплавких металлов в разнообразных жидкостях. Так, направляя пучок ультразвуковых волн перпендикулярно поверхности раздела металла с низкой температурой плавления (сплавы Вуда,



Фиг. 6. Ультразвуковая установка, применявшаяся для опытов с диспергированием почвенных суспензий.

Розе, Липовица, Дарсе), легко получить коллоидные частицы металла в воде, спирте, глицерине. Частицы натрия и калия получаются в керосине или вазелиновом масле. Получаются также коллоидные растворы свинца, олова и цинка.

Перечисленные выше работы показывают, что ультразвуковые колебания дают универсальный метод для получения различных эмульсий и коллоидов. Эмульсионное действие особенно интересно у таких веществ, которые являются нерастворимыми и эмульгирование которых невозможно обычным механическим путем. Например, эмульсию — ртуть с водой той высокой степени дисперсности (раздробления), которая в одну-две минуты получается воздействием ультразвука, невозможно получить обычным механическим встряхиванием как бы длительно и интенсивно оно ни было.

Ультразвуковая установка, применявшаяся нами в описываемых ниже опытах с диспергированием почвенных суспензий, работала на однокиловаттных генераторных лампах Г-100 (Г-56) завода «Светлана». Колебательный контур собирался по трехточечной схеме. Выпрямление осуществлялось при помощи газотронов завода «Светлана» типа В—Г-126. Переменное напряжение, подававшееся на обкладки кварца, было в 4 тыс. вольт.

На фиг. 6 на переднем плане генераторные лампы Г—100, вдали видна выпрямительная часть установки.

Наши исследования производились при частоте колебаний Π кварцевой пластины — $\Pi=4 \cdot 10^5$.

Если принять скорость звука C в дистиллированной воде при температуре $31^\circ=1505$ м, то очевидно длина ультразвуковой волны в воде будет:

$$\lambda = \frac{l}{n} \approx 3.75 \text{ мм.}$$

Длину волны на стенках стекла колбочки, в которой находится отзвучиваемый объект, легко определить опытным путем. При пропускании ультразвука на внутренних стенках стекла образуется серия стоячих волн, которые совершенно отчетливо видны глазом по распределению капелек жидкости. Расстояние между углами, в которых частички жидкости, прилегающие к стеклу, неподвижны, может быть непосредственно измерено. Это расстояние будет равно одной полуwave.

Ультразвуковая мощность при наших опытах (при высоте масляного фонтана в 7 см) была 6 ватт на 1 см^2 поверхности кварца. При площади 12.5 см^2 это составляет 75 ватт.

Ультразвуковая мощность, попадавшая в сосуд с испытуемым объектом, была значительно меньше. Контрольное измерение для тонкостенной колбочки с площадью дна, равной поверхности кварца, дало цифру в 21 ватт.

II. Применение ультразвука для подготовки почвы к механическому анализу

В любом из существующих методов подготовки почвы к механическому анализу центральным моментом является приготовление дисперсной системы «вода+почва», в которой дисперсионной средой служит вода, а дисперсной фазой — почва. Почвенная суспензия в дальнейшем подвергается диспергированию, в результате которого микроагрегаты почвы распадаются на составляющие их механические элементы, часть которых будет относиться к грубым дисперсиям, часть к почвенным коллоидам и, несомненно, какая-то часть перейдет в молекулярный раствор.

Техника самого прозвучивания почвы является чрезвычайно простой операцией: обычная, применяемая для кипячения по Сабанину колбочка емкостью около 100 см^3 , содержащая навеску почвы, облитую тем или другим

количеством воды (в наших опытах в целях сравнения с обычными методами подготовки мы брали навеску около 5.0 г и 30 или 50 см³ воды, уменьшая в случае соотношения воды к почве = 20 : 1 навеску до 2—2.5 г), погружается на 2—3 мм в масло непосредственно над кварцевой пластинкой (фиг. 5), держась на весу при помощи обычного держателя на штативе. После этого пускается в ход ультразвуковая установка. Внешний эффект прозвучивания, кроме описанного выше фонтана масла в наружном сосуде, заключается в сильной «внутренней», если можно так выразиться, вибрации воды в колбе, в результате которой навеска почвы поднимается со дна колбы, образуя суспензию. На внутренних стенках колбы появляются, стоячие волны, которые в виде маленьких волноприбойных знаков образуют целую сеть, состоящую из параллельных штрихов, резкость (очертаний) которых определяется механическим составом прозвучиваемого образца почвы.

Продолжительность прозвучивания по сравнению с любым из существующих методов подготовки, даже с часовым кипячением по Сабанину, требует минимальной затраты времени, не превышающей при наших опытах 5—10 мин. Из приводимых в таблицах (см. ниже) данных механического анализа прозвученных почв видно, что увеличение времени воздействия ультразвука до 15 мин. не дало заметного улучшения результатов.

Повышение температуры при прозвучивании определенно имеет место, но оно не превышает 50° при 10-мин. и 60—65° при 15-минутной продолжительности действия ультразвука и, конечно, ни в коей мере не может быть сравниваемо с часовым кипячением по Сабанину, не говоря уже о 12-часовом кипячении по Робинсону. По окончании прозвучивания колбочка снимается с держателя, после чего содержимое ее может немедленно подвергаться анализу. Однако, повидимому, в этом особой надобности и не встречается, так как наши опыты показывают (см. табл. 4), что прозвучивание придает дисперсной системе вода+почва значительную устойчивость во времени, так что коагуляция диспергированных частиц даже при отсутствии обычно применяемого для стабилизации аммиака начинается только спустя много дней после опыта.

Следует заметить, что вообще мы получили достаточно устойчивые цифры для одного и того же образца, прозвученного в разных условиях продолжительности ультразвука, соотношения объема воды к навеске и форме сосуда.

Упомянутые данные приведены в табл. 1, из которой, между прочим, видно, что минутное воздействие ультразвука явно недостаточно, тогда как 5-минутное дало уже значительную эффективность по сравнению с подготовкой кипячением по Сабанину. Из этой таблицы видно, что форма сосуда имеет определенное значение, причем пробирка вообще не является пригодной формой в виду слишком малой площади дна и большой толщины слоя воды над ним.

Таблица 1

Влияние прозвучивания почвы при разных условиях на результаты механического анализа по сравнению с подготовкой кипячением

(Объект: деградированный чернозем из окрестностей г. Ефремова с глубины 21—29)

Варианты подготовки и их характеристики	% содержание частиц			
	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.0005
1. Кипячение				
1 час, $\frac{\text{почва}}{\text{вода}} = 1:10$	45.19	30.56	8.35	5.13
2. Ультразвук				
1 минута, конич. колба 1:6	17.44	12.98	2.80	—
1 » обыкн. колба 1:6	26.60	20.67	4.52	—
1 » пробирка 1:6	9.50	8.61	0.99	—
5 минут, конич. колба 1:6	47.09	29.81	10.66	6.42
5 » обыкн. » 1:6	52.32	41.52	14.99	11.56
5 » пробирка 1:6	34.48	28.68	11.60	9.73
10 минут, конич. колба 1:6	59.44	45.47	20.22	8.01
10 » обыкн. » 1:6	52.62	42.46	15.69	22.31
10 » пробирка 1:6	34.14	25.14	11.55	4.90

Примечание. Во всех случаях суспензия перед пипетированием доводилась до 1 литра.

Форма пробирки была взята нами как резко отличающаяся от обычно употребляемых форм в виде конических или шарообразных колб с плоским дном. Все дальнейшие опыты производились в однотипных обыкновенных плоскодонных колбах. Все данные табл. 1 относятся к одному образцу почвы, именно к деградированному чернозему из окрестностей г. Ефремова с глубины 21—29 см.

Данные анализов почв разных генетических типов, приведенные в табл. 2—4, показывают значительно большую эффективность подготовки прозвучиванием по сравнению с кипячением.

Попутно мы сравнивали здесь влияния отношения воды к навеске при кипячении и прозвучивании, а также продолжительность прозвучивания.

Из табл. 2 видно, что прозвучивание для всех фракций деградированного чернозема дало цифры в 1.5—2 раза более высокие, чем кипячение. Кроме того, из нее следует, что длительность прозвучивания 5—10 минут и отношение навески к объему воды 1:6 и 1:10 дали совершенно идентичные цифры, лежащие в пределах точности метода анализа. (Интересно попутно отметить, что при кипячении отношение навески к воде = 1:10 оказалось наилучшим, а 1:20 — наихудшим).

Таблица 2

Действие на почву ультразвука как новый метод подготовки к механическому анализу

(Объект: деградированный чернозем из окрестностей г. Ефремова с глуб. 21—29)

Кипячение	% частиц	Действие ультразвука	% частиц
	< 0.01		< 0.01
1 час, 1:6 развед. до 1 л.	36.15	5 мин. 1:6 развед. до 1 л	52.32
1 » 1:10 » » 1 »	45.19	10 » 1:10 » » 1 »	52.62
1 » 1:20 » » 1 »	21.82		
	< 0.005		< 0.005
1 час, 1:6 развед. до 1 л.	25.17	5 мин. 1:6 развед. до 1 л	41.54
1 » 1:60 » » 1 »	30.56	10 » 1:10 » » 1 »	42.36
1 » 1:20 » » 1 »	15.06		
	< 0.001		< 0.001
1 час, 1:6 развед. до 1 л.	6.99	5 мин. 1:6 развед. до 1 л	14.99
1 » 1:10 » » 1 »	8.35	10 » 1:10 » » 1 »	15.69
1 » 1:20 » » 1 »	3.94		

Таблица 3

Действие на почву ультразвука как новый метод подготовки к механическому анализу

(Объект: чернозем Зап. Сибири)

Кипячение	% частиц	Действие ультразвука	% частиц
	< 0.01		< 0.01
1 час, 1:6 развед. до 1 л	49.47	5 мин., 1:6 развед. до 1 л	31.70
1 » 1:10 » » 1 »	19.09	5 » 1:10 » » 1 »	35.64
1 » 1:20 » » 1 »	18.92	5 » 1:20 » » 1 »	14.13
1 » 1:10 » » 2 »	22.60	10 » 1:6 » » 1 »	37.90
1 » 1:10 » » 4 »	14.54	15 » 1:6 » » 1 »	37.20
1 » 1:10 в 1% сахарн. воде, развед. до 1 л	2.41	5 » 1:6 в 1% сахарн. воде	33.43
	< 0.005		< 0.005
1 час, 1:6 развед. до 1 л	12.14	5 мин., 1:6 развед. до 1 л	17.51
1 » 1:10 » » 1 »	11.75	5 » 1:10 » » 1 »	23.11

Продолжение табл. 3

Кипячение	% частиц	Действие ультразвука	% частиц
1 » 1:20 » » 1 »	11.45	5 » 1:20 » » 1 »	8.68
1 » 1:10 » » 2 »	13.99	10 » 1:6 » » 1 »	23.33
1 » 1:10 » » 4 »	13.71	15 » 1:6 » » 1 »	22.24
1 » 1:10 в 1% сахарн. воде	0.00	5 » 1:6 в 1% сахарн. воде	13.69
	< 0.001		< 0.001
1 час, 1:6 развед. до 1 л	3.03	5 мин., 1:6 развед. до 1 л	5.28
1 » 1:10 » » 1 »	2.83	5 » 1:10 » » 1 »	6.36
1 » 1:20 » » 1 »	2.66	5 » 1:20 » » 1 »	0.52
1 » 1:10 » » 2 »	4.39	10 » 1:6 » » 1 »	7.08
1 » 1:10 » » 4 »	4.15	15 » 1:6 » » 1 »	7.06
1 » 1:10 в 1% сахарн. воде	0.00	5 » 1:6 в 1% сахарн. воде	0.00

Таблица 4

Действие на почву ультразвука как новый метод подготовки к механическому анализу

(Объект: подзолистая почва ТСХА)

Кипячение	% частиц	Действие ультразвука	% частиц
	< 0.01		< 0.01
1 час, 1:6 развед. до 1 л	20.28	5 мин., 1:6 развед. до 1 л	24.54
1 » 1:10 » » 1 »	20.51	5 » 1:10 » » 1 »	22.52
1 » 1:20 » » 1 »	20.16	5 » 1:20 » » 1 »	24.89
1 » 1:6 » » 2 »	23.22	7.5 » 1:10 » » 1 »	24.57
1 » 1:6 » » 4 »	22.25	10 » 1:10 » » 1 »	24.74
		15 » 1:10 » » 1 »	24.96
	< 0.005		< 0.005
1 час, 1:6 развед. до 1 л	13.93	5 мин., 1:6 развед. до 1 л	17.09
1 » 1:10 » » 1 »	13.60	5 » 1:10 » » 1 »	16.08
1 » 1:20 » » 1 »	11.15	5 » 1:20 » » 1 »	14.94
1 » 1:6 » » 2 »	13.86	7.5 » 1:10 » » 1 »	16.48
1 » 1:6 » » 4 »	12.71	10 » 1:10 » » 1 »	17.02
		15 » 1:10 » » 1 »	17.15
	< 0.001		< 0.001

Продолжение табл. 4

Кипячение	% частиц	Действие ультразвука	% частиц
1 час, 1:6 развед. до 1 л	1.44	5 мин. — —	6.16
1 > 1:10 > > 1 >	1.01	5 > — —	5.06
1 > 1:20 > > 1 >	2.03	5 > — —	5.41
1 > 1:6 > > 2 >	2.73	7.5 > — —	4.55
1 > 1:6 > > 4 >	0.79	10 > — —	5.94
		15 > — —	6.69

Таблица 5

Действие на почву ультразвука как новый метод подготовки почвы к механическому анализу

(Объект: чернозем окр. Чаквы)

Кипячение	% частиц	Действия ультразвука	% частиц
	< 0.01		< 0.01
1 час, 1:6 развед. до 1 л	22.57	5 мин., 1:6 развед. до 1 л	16.91
1 > 1:10 > > 1 >	29.56	5 > 1:10 > > 1 >	21.91
1 > 1:20 > > 1 >	28.76	5 > 1:20 > > 1 >	32.77
	< 0.005		< 0.005
1 час, 1:6 развед. до 1 л	17.00	5 мин., 1:6 развед. до 1 л	11.48
1 > 1:10 > > 1 >	21.52	5 > 1:10 > > 1 >	13.09
1 > 1:20 > > 1 >	22.54	5 > 1:20 > > 1 >	23.63
	< 0.001		0.001
1 час, 1:6 развед. до 1 л	5.25	5 мин., 1:6 развед. до 1 л	0.91
1 > 1:10 > > 1 >	7.64	5 > 1:10 > > 1 >	1.25
1 > 1:20 > > 1 >	7.61	5 > 1:20 > > 1 >	2.32

Для западносибирского чернозема 10-минутное прозвучивание дало для всех фракций цифры более высокие, чем кипячение, также и 5-минутное прозвучивание, кроме варианта 1:20. Максимальные цифры получились в результате 10-минутного прозвучивания; при 15 минутах они несколько ниже, практически же идентичны. 5-минутное прозвучивание при варианте 1:10 дало цифры, практически аналогичные приведенным, причем при упомянутом варианте 1:10 цифры получились наиболее высокие, тогда как при варианте 1:20 — наиболее низкие. В то же время при кипячении наилучшим вариантом оказались отношения почвы к воде = 1:6, затем 1:10 и худшим 1:20 (практически же все данные идентичны).

Таблица 6

Сравнение устойчивости диспергированной суспензии после подготовки кипячением и действием ультразвука

Объект и вариант подготовки	Время производства анализа после подготовки	% частиц		
		< 0.01	< 0.005	< 0.001
Чернозем деградир.				
1 час кипяч., 1:6 развед. до 1 л. с доб. NH_4OH	немедленно	36.15	25.17	6.99
1 > > > NH_4OH	через 25 сут.	28.48	19.02	5.73
Ультразвук 10 мин. 1:10	немедленно	52.62	42.36	15.69
> 10 > 1:10	через 25 сут.	61.23	44.31	23.38
Чернозем Зап. Сибири				
1 час кипяч., 1:6 развед. до 1 л.	немедленно	19.47	12.14	3.03
1 час без доб. NH_4OH	через 18 сут.	17.27 (89%)	9.42 (78%)	2.52 (83%)
Ультразвук 5 мин. 1:6 . .	немедленно	31.70	17.51	5.28
> 5 > 1:6 . .	через 18 сут.	26.62 (84%)	15.95 (91%)	5.39 (102%)
Подзолистая почва				
Ультразвук 5 мин. 1:6 разд. до 1 л. без доб. NH_4OH	через 14 сут.	23.15 (95%)	15.50 (91%)	5.96 (97%)
до 1 л. без доб. NH_4OH	немедленно	24.54	17.09	6.16

Примечание. Цифры в скобках показывают, какой процент от первоначального составляет выход тех или других частиц по истечении известного времени.

Для подзолистой почвы (среднеподзолистая тяжелая почва Тимирязевской с.-х. академии) прозвучивание для всех фракций при всех вариантах дало цифры более высокие, чем кипячение. Кроме того, можно сказать, что большая продолжительность прозвучивания дала вообще более высокие цифры, хотя практически для фракций < 0.01 и < 0.005 они идентичны, для фракции же < 0.001 увеличение времени прозвучивания сказывается резко.

Во всех описанных опытах как прокипяченная, так и прозвученная навески разводились водой до 1 литра, после чего из этого объема брались пробы пипеткой с расчетом времени падения частиц по формуле Стокса.

Необычно слабое действие ультразвука на красномезе видно из табл. 5.

Такого рода действие прозвучивания по сравнению с кипячением может быть объяснено специфичностью химического состава красномеза, а именно высоким содержанием полуторных окислов. Повидимому, при кипячении имеет место гидратация, вследствие которой частицы набухают и увеличиваются в объеме. Особенно резко сказывается разница между кипячением и прозвучиванием на фракции < 0.001 ; на фракциях < 0.005 и < 0.01 она проявляется меньше, причем по обеим фракциям ультразвук дает определенный перевес при соотношении воды к навеске $= 20:1$. Очевидно, в этом случае избыток воды способствует некоторой гидратации более мелких частиц,¹ разбухающих до размеров более крупных.²

На наличие гидратации в данной системе «красномез+вода» указывает и повышение процента содержания всех фракций при кипячении в варианте разведения навески 1:20 и 1:10 по сравнению с 1:6.

В связи с полученными данными возникает вопрос, дает ли вообще механический анализ красномезов с подготовкой кипячением верные цифры, так как, повидимому, размеры частиц вырастают при этом значительно.

Особый интерес представляют данные, приведенные в табл. 6, которые свидетельствуют о каком-то последствии ультразвука на диспергированную почвенную суспензию, поддерживающую достигнутую степень дисперсности в течение довольно значительного промежутка времени.

В самом деле, если сравнить данные механического анализа, произведенного немедленно после кипячения или прозвучивания навесок деградированного черномеза, с результатами анализа тех же самых суспензий, простоявших 25 суток, то оказывается, что в почве прокипяченной мы имеем пониженный выход частиц по всем фракциям, и это довольно естественно можно объяснить происшедшей коагуляцией, между тем как в той же почве прозвученной процент содержания всех фракций через те же 25 суток даже увеличился. При данном опыте для задержания процесса коагуляции к обеим суспензиям при их разведении до 1 л был добавлен аммиак.

При других опытах с черномезом Зап. Сибири и подзолистой почвой аммиака не добавлялось, поэтому некоторая коагуляция наблюдалась и в прозвученных суспензиях, но она была гораздо слабее, чем в аналогичных суспензиях, полученных после кипячения.

Сопоставление диспергирующего действия на почву ультразвука по сравнению с коллоидно-химической подготовкой обычного типа³ приводится в табл. 7, из которой можно видеть, что даже 5-минутное прозвучивание несколько не уступает по своим результатам длительной и сложной процедуре отмывки соляной кислотой катиона кальция с последующей отмывкой

Таблица 7

Действие на почву ультразвука сравнительно с коллоидно-химической подготовкой
(Объект: Тяжелая глина института ВНОК «Балевка песч. № 1»)

Характер подготовки	% частиц		
	< 0.005	< 0.001	< 0.0005
Обработка 0.05N HCl + 1 час ротация . .	59.17	71.37	43.19
Ультразвук — 5 минут	62.39	50.48	40.86

избытка кислоты водой и ротацией приготовленной таким образом суспензии. Приведенные в таблице цифры находятся в пределах точности метода. Объектом для описанного опыта послужила тяжелая глина с 80-проц. содержанием иловатой фракции.

Небезынтересен опыт с прозвучиванием уже готовых отмученных обычным методом крупных фракций почвы 1—0.25, 0.25—0.05 и 0.05—0.01 (табл. 8). Собраные для этого опыта фракции, тщательно отмые водой до отсутствия следов какой-либо мути, были подвергнуты действию ультразвуков в течение всего только 3 минут. В результате получилось помутнение фильтрата, а произведенный анализ показал, что в сущности эти грубые фракции представляют собой все же еще микроагрегаты, не окончательно распавшиеся при обычной подготовке кипячением и содержащие известный процент (чем крупнее фракция, тем меньший) более тонких фракций порядка 0.01 мм и менее.

Таблица 8

Данные механического анализа готовых отмученных фракций почвы после 3- минутного прозвучивания

Фракция	% содержания более тонких частиц		
	< 0.01	< 0.005	< 0.001
1—0.25	—	2.11	0.84
0.25—0.05	5.21	6.00	2.39
0.05—0.01	13.42	10.78	3.76

Предположение о возможности раздробляющего действия ультразвука на цельные зерна или отдельные твердые частицы почвы опровергается тем, что в нашем опыте именно более крупные фракции (1—0.25 и 0.25—0.05) дали наименьший выход частиц < 0.01 и других, более мелких, тогда как наибольшее содержание этих тонких частиц обнаружено во фракции 0.05—

¹ < 0.001 .

² > 0.001 .

³ т. е. промыванием 0.05 N HCl + 1 час ротации.

0.01. Между тем, именно более крупные зерна должны были наиболее пострадать от раздробления. Отсутствие опасности раздробления частиц при прозвучивании подтверждается специально поставленным нами опытом с прозвучиванием сахарного песка в бензоле, в результате которого мы не могли констатировать признаков разрушения сахарных песчинок.

Попутно с описанными нами был произведен ряд опытов качественного испытания действия ультразвука на почвенные коллоиды и некоторые другие вещества. Эти опыты обнаружили, что прозвучивание в течение 2—3 минут обуславливает частичный переход в золь осажденной кремневой кислоты, но не вызывает перехода в золь гидратов окиси алюминия и железа. Третьи повторный опыт показал постепенный переход в золь слабого раствора хлорного золота, при чем появление фиолетовой окраски в растворе имело место не непосредственно во время или вскоре после прозвучивания, а наступало только на следующий день. Здесь мы опять имеем пример какого-то, пока необъяснимого последствия ультразвука. В то же время нашими опытами обнаружено, что ультразвук чрезвычайно легко отрывает тушь от песка, пропитанного ею и после этого высушенного (результат 3-минутного воздействия), обесцвечивает окрашенный подом крахмал (через 2 мин.), легко удаляет адсорбированные почвой газы и переводит бикарбонат натрия в нормальный карбонат.

В заключение необходимо подчеркнуть, что все описанные нами опыты только ориентировочные, что естественно объясняется повизной и малой изученностью ультразвуковых колебаний вообще и особенно в отношении применения их для почвоведения. Полученные нами предварительные результаты позволяют говорить пока вообще о возможности применения этого нового и мощного агента в упомянутых отраслях и поставить вопрос о прозвучивании как новом возможном методе подготовки к механическому анализу почв и грунтов.

Предварительные опыты показали, что для наших целей вполне достаточно мощность колебаний порядка 5 ватт на 1 см^2 . Те же опыты показали возможность длительной устойчивой работы при частотах порядка сотен тысяч колебаний в секунду.

Для получения незатухающих ультразвуковых колебаний, повидимому, наиболее эффективным будет применение пьезо-электрических кристаллов, в данном случае кварца. Однако возможны и другие способы.

Сложную установку высокого напряжения, которой мы практически пользовались в лаборатории высокой частоты Государственного института рентгенологии и радиологии, как нам представляется, можно значительно упростить, что, конечно, удешевит и самый аппарат для генерации ультразвука.

Поэтому, безусловно необходимы исследования в направлении упрощения физической аппаратуры на ряду с систематическим изучением действия прозвучивания на различные почвы и породы.

Уже после проведения ряда экспериментов по прозвучиванию почвы и сообщения предварительных результатов на акустическом семинаре Физического института Академии Наук¹ нам пришлось узнать из только что выпущенного МАП сборника рефератов «Новое в почвоведении» (а в дальнейшем познакомиться и с оригиналом), что опыт подобного нашему применения прозвучивания почвы в целях отделения коллоидов уже был произведен американским исследователем Олмстедом с опубликованием результатов в «Journal of Agricultural Research» за 1931 г.

Задавшись целью извлечь из почвы наибольшее количество коллоидов, Олмстед подвергал ее различным воздействиям, в том числе применял и «сверхзвуковой метод». Сравнивая прозвучивание с растиранием, Олмстед пришел к выводу, что песчаная часть почвы освобождается от ила и глины после 15 или более двухминутных растираний, в то время как при «сверхзвуковом» методе — уже через 4—5 мин. разбалтываний такой же продолжительности.

Из приводимых Олмстедом в нескольких таблицах немногочисленных цифровых данных видно, что при сравнении трех методов диспергирования 5 различных почв (табл. 1) «сверхзвуковая» обработка дала то же самое количество песка, что и химическая, но меньше по сравнению с обработкой растиранием. В табл. 2 Олмстедом приведены данные, показывающие, что перетирания песчаных частиц при сверхзвуковой обработке не наблюдается.

Просмотр в микроскоп обработанных разными методами образцов подтвердил преимущество «сверхзвуковой» обработки в отношении полноты отделения коллоидов от поверхности песчаных частиц. На основании полученных результатов Олмстед пришел к следующим выводам:

Процентное содержание коллоида, полученного «сверхзвуковым» методом, такое же, как и получающееся при методе растирания, но немного больше, чем при пипетном способе.

Ни при «сверхзвуковом» методе, ни при методе растирания полного диспергирования не достигается.

Малые и все уменьшающиеся количества добываемых коллоидов получались в течение ряда последовательных обработок одного и того же объекта, однако те же самые результаты достигались быстрее и легче при сверхзвуковой обработке.

Определение адсорбции влаги выделенными по разному методу коллоидами не показало разницы между ними.

Хотя целевая установка работы Олмстеда была несколько иная, чем у нас, но в результате, так же, как и мы, он пришел к выводу о положительном значении прозвучивания как фактора, способствующего быстрому и более или менее совершенному диспергированию почвы.

¹ Доклад С. А. Мониина 10/VI 1935 г.]

Такое совпадение результатов совершенно независимо от произведенных работ лишний раз подтверждает правильность идеи о возможности применения ультразвука в почво- и грунтоведении.

Интересно, что Олмстед работал с почти идентичной установкой высокого напряжения для генерации ультразвуковых колебаний, которой пришлось пользоваться нам и которая описана во 2-й главе настоящей статьи.

Мы считаем безусловно необходимым продолжать свои исследования как по линии накопления цифрового материала, так и в отношении упрощения конструкции генератора ультразвуковых колебаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

А. По механическому составу

1. Астапов С. В. Очерки по изучению физических свойств почвы. Материалы по опытно-мелиоративному делу, т. I, 1928 г.
2. Зауэрбрей И. Обзор современных германских работ по установлению связи между водными свойствами и механическими свойствами почво-грунтов. Известия Научно-мелиоративного института, вып. 11, 12, 13 и 14, 1925/26 г.
3. Земятченский П. А. и Охотин В. В. О механическом анализе обломочных рыхлых горных пород по методу Робинсона. Сборник ЦУМТ — Дорожные исследования, № 19, 1928 г.
4. Зильберман В. и Кленова А. О новых методах механического анализа и классификации фракций. Труды прикладной минералогии и металлургии, вып. 29, 1926 г.
5. Карпинский Н. И. и Долгов С. И. Механический анализ методом пипетки. М. 1931.
6. Поляков Н. В. Основы мелиоративного грунтоведения. М.—Л. 1933.
7. Сабанин А. Н. Различные способы механического анализа и способ двойного отмучивания с малой навеской. Почвоведение № 1—2, 1903 г.
8. Серебряков В. П. Механический анализ почв по методу проф. В. Р. Вильямса. Нижний-Новгород. Нижполиграф, 1923 г.
9. Robinson, A. New method for mechanical analysis of soils and dispersions. I.A.S., v. 12.

Б. По ультразвукам.

10. «La Nature», n° 2572, 21/VII 1923 et n° 2627, 16/V 1925.
11. Longevin. Bureau hydrographique intern., № 3, octobre 1929.
12. Wood A. W. and Loomis A. L. Phil. magaz. (7), 4, 417, 1927.
13. Olmstead L. V. Dispersion of soils by supertonic method. Journ. of Agr. Res., v. 42, 15/VI 1931.

А. С. КРАСНИКОВА

О ХИМИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ПОДГОТОВКИ ПОЧВ К МЕХАНИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ СПОСОБОМ ПИПЕТКИ

(Физико-химический Сектор Почв. Ин. Ак. Наук)

Механический анализ — один из способов определения степени дисперсности почв — принадлежит к распространенным и старым методам исследования почв.

Проф. Новак (1) на III конгрессе почвоведов в 1935 г. сделал подробный доклад по истории развития этого метода, впервые отмеченного в литературе более ста лет назад (1804 г.).

Задачи механического анализа в основном сводятся к следующему:

- а) Дать представление о тех составных частицах, из которых построены агрегаты, и о характере их распределения в различных почвах и горизонтах;
- б) получить представление о степени структурности почв при сопоставлении данных механического анализа с результатами агрегатного анализа.

При полном механическом анализе, следовательно, цель работы заключается в возможно полном разрушении агрегатов и выделении отдельных механических составных частиц без разрушения их. Этот момент особенно важен, так как от характера предварительной обработки почв зависят получаемые результаты анализа. На него в продолжение всего периода развития метода исследователи обращали большое внимание. Со времени появления первой наиболее разработанной методики (Cadet de Vaux, 1880 г.) и до 1926 г. было предложено много способов предварительной обработки почв. Проф. Новак подразделяет их на следующие 4 группы:

1. Выделение механических элементов почвы производится при помощи только механических воздействий. Сюда относятся: растирание рукой или пестиком, кипячение, взбалтывание на вращающемся аппарате или на шютель-аппарате (горизонтальные толчки).

2. Применение химической обработки для разрушения склеивающих веществ, как-то: органических, карбонатов и некоторых гидрофильных неорганических коллоидов. Удаление органических веществ достигается прокаливанием, обработкой перекисью водорода, бромистой щелочью и пр.

3. Физико-химическая обработка имеет задачей воздействие на коллоидную часть почвы путем обмена двухвалентных оснований в поглощающем комплексе на одновалентные.

4. Механико-химические способы представляют комбинацию вышеприведенных методов.

Мы не будем останавливаться на преимуществе того или иного способа, они подробно изложены в том же докладе проф. Новака.

Наличие такого множества методов вносило большую путаницу при исследовании механических свойств и исключало возможность сравнения результатов разных авторов.

Международной комиссией по механическому анализу в Ротамстэде в 1926 г. были предложены два интернациональных метода подготовки почв:

1. Метод А — для точных научных исследований, включающий механическую, химическую и физико-химическую обработки, т. е. взбалтывание, разложение гумуса H_2O_2 , карбонатов $0.2N$ HCl и насыщение почвы NH_4OH или Na_2CO_3 .

2. Метод В — для технических целей, включающий только механическое воздействие — кипячение (или растирание) и взбалтывание.

Предложения комиссии были подтверждены в 1927 г. на I международном конгрессе почвоведов в Вашингтоне и в 1930 г. на II конгрессе в СССР.

На конференции I комиссии Международной ассоциации почвоведов в Версале в 1934 г., по предложению Робинсона, была принята обработка почвы вместо NH_4OH , 4 см^3 $1N$ $NaOH$ на 500 см^3 H_2O и 10 г почвы.

Применение этого метода подготовки почв к механическому анализу почв Заволжья (в связи с исследованиями их для целей орошения) показало, что не всегда достигается устойчивая воспроизводимость результатов; что объясняется рядом причин, наиболее существенные из которых следующие: в методе А МАП обработка почвы производится достаточно концентрированным раствором HCl , что вызывает заметное разрушение почвенной массы и — самое главное — анализ суспензии начинается прежде, чем достигнуто равновесие ее с прилитой щелочью. По исследованиям И. Н. Антипова-Каратаева и сотрудников (2), это равновесие наступает лишь через несколько дней; далее стандартное количество приливаемой щелочи (4 см^3 $1N$ раствора $NaOH$ на 10 г почвы), конечно, не может обеспечить одинакового значения pH для различных почв. Все это заставляет считать метод А МАП недостаточно разработанным.

Физико-химический сектор Почвенного института (И. Н. Антипов-Каратаев) несколько уточнил этот способ подготовки почв к механическому анализу, и в последней редакции методической комиссии ИП он опубликован в сборнике № 2 «Проблем советского почвоведения». Однако ряд дальнейших вопросов подлежал доработке. Поэтому И. Н. Антиповым-Каратаевым было предложено мне произвести сравнительное исследование методов

диспергирования почв при помощи карбоната лития (или $LiOH$) и карбоната натрия (или $NaOH$) и разрешить вопрос о возможности замены обработки раствором кислоты двух навесок почвы обработкой только одной.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Опыты были произведены с 15 образцами темнокаштановых почв Заволжья.

Предварительная обработка производилась следующим способом: три навески одного и того же образца почвы по 20 г каждая промывались на воронке раствором $0.02N$ соляной кислоты до конца удаления растворимых солей и карбонатов (проба на Ca) и обменных оснований. В карбонатных горизонтах навеска почвы сначала обрабатывалась в фарфоровой чашке 3% HCl , а затем, как указано, на воронке.

Соляная кислота отмывалась водой до удаления хлора или до появления первой мути.

На промывание шло от 2500 см^3 до 3250 см^3 кислоты. Каждая проба одной партии образцов (15 проб) суспендировалась в 250 см^3 воды в эрленмейеровской колбе на 1 литр , насыщалась $0.1N$ раствором Li_2CO_3 до появления слабого окрашивания фенол-фталейна или соответствующей ($pH=8$) окраски универсального индикатора, взбалтывалась на шюттель-аппарате в течение 2 часов и оставлялась для установления равновесия на 5—6 дней, что согласно данным прежних работ И. Н. Антипова-Каратаева (3) и нашим наблюдениям считается вполне достаточным.

В продолжение этого времени суспензия взбалтывалась от руки. Не изменяющееся значение $pH=8.0-8.2$ (по универсальному индикатору) служило показателем окончания взаимодействия между щелочью и почвой. Другая серия образцов (15 проб) насыщалась при тех же условиях $0.1N$ раствором $NaOH$. И, наконец, 3-я серия (15 проб) высушивалась при $105^\circ C$ до постоянного веса и взвешивалась для определения потери при промывании, после чего насыщалась Li_2CO_3 по вышеописанному способу.

Полученные суспензии пропускались через сито с диаметром отверстий в 0.25 мм для определения фракций $>0.25\text{ мм}$; данные определения этой фракции приблизительные, так как на сите оставалось много волосков фильтра, которые попадали в суспензию при количественном переносе почвы.

Затем суспензия разбавлялась водой до 2100 см^3 , вливалась в два литровых цилиндра, в которых производились взбалтывание и отбор проб. Суспензия в цилиндре мешалась мешалкой с резиновой лопаточкой в продолжение минуты и оставлялась стоять на определенный, необходимый по закону Стокса, с температурной поправкой, срок. По истечении нужного времени отбиралась фракция с величиной частиц диаметром $<0.05\text{ мм}$; после взбалтывания и отстаивания отбиралась фракция частиц с диаметром $<0.02\text{ мм}$ затем с диаметром $<0.005\text{ мм}$ и с диаметром $<0.002\text{ мм}$.

Дисперсность темпоканта-
в % от су-

№ по порядку	Гори- зонт в см	Почва, насыщенная Li_2CO_3								Почва, высушенная при 105°C и насыщен- ная Li_2CO_3			
		> 0.25 мм	0.25—0.05	0.05—0.02	0.02—0.005	0.005—0.002	0.002—0.0002	< 0.0002	Потеря при промывании	> 0.25	0.25—0.05	0.05—0.02	0.02—0.005
1	0—15	0.16	0.56	18.97	24.08	8.68	15.52	27.67	4.51	0.27	2.49	17.76	26.06
2	15—25	0.08	1.50	19.61	24.17	8.75	16.70	25.79	3.49	0.11	3.33	18.56	25.57
3	25—35	0.004	0.26	18.61	25.13	8.26	15.50	25.66	6.58	0.21	1.04	18.94	25.28
4	35—50	0.36	6.59	17.92	21.90	7.49	14.96	24.83	6.31	0.41	11.49	16.46	23.53
5	50—65	0.74	1.13	18.06	21.23	7.31	13.37	24.36	14.54	0.35	4.18	16.84	23.03
6	65—85	0.02	1.95	17.34	20.54	6.26	11.69	24.68	17.53	0.26	2.37	17.68	22.45
7	85—105	0.02	4.74	16.04	19.97	6.65	10.86	23.65	18.07	0.16	4.51	16.30	21.56
8	105—130	0.10	2.35	16.70	21.97	6.49	11.69	23.49	17.34	0.07	2.89	17.94	22.87
9	130—150	0.07	1.78	15.16	22.83	6.10	11.68	24.84	17.60	0.08	1.57	15.48	24.99
10	170—190	0.05	0.10	17.89	22.39	6.87	13.33	24.96	14.46	0.01	2.78	17.94	20.53
11	190—210	0.01	4.28	17.47	22.72	7.39	11.63	25.35	14.16	0.01	2.59	17.47	22.49
12	230—250	0.001	0.93	17.25	22.64	6.88	11.79	26.18	14.33	—	—	—	—
13	270—290	0.005	4.20	16.55	20.97	8.00	10.72	27.48	12.08	—	1.96	16.12	23.03
14	330—350	1.19	2.05	14.15	20.36	6.40	14.10	28.22	14.73	0.21	—	14.94	22.93
15	390—410	0.03	0.99	16.02	19.56	8.09	12.30	27.26	15.78	—	2.42	13.74	20.91

Таблица 1

новой почвы, разрез № 26
хой почвы

Почва, высушенная при 105°C и насыщен- ная Li_2CO_3				Почва, насыщенная NaOH							
0.005—0.002	0.002—0.0002	< 0.0002	Потеря при промывании	> 0.25	0.25—0.05	0.05—0.02	0.02—0.005	0.005—0.002	0.002—0.0002	< 0.0002	Потеря при промывании
8.83	14.04	26.31	4.51	0.19	3.05	19.50	22.79	9.38	14.22	26.56	4.51
8.18	16.25	24.61	3.49	0.13	3.49	19.93	23.55	10.33	13.26	25.95	3.49
7.95	13.29	26.92	6.58	0.09	1.70	1.39	24.13	9.07	13.79	26.34	6.58
7.03	12.23	22.95	6.31	0.28	9.61	17.57	21.53	8.13	13.35	23.49	6.31
8.57	10.31	22.53	14.54	0.17	3.37	18.08	21.26	7.09	13.49	22.16	14.54
7.37	10.53	22.08	17.53	0.07	2.74	16.63	22.64	6.02	10.82	23.37	17.53
7.06	10.46	21.69	18.07	0.002	4.86	16.91	20.23	6.77	10.27	22.90	18.07
6.84	9.39	22.76	17.34	0.02	3.28	16.46	21.81	6.70	10.21	24.33	17.34
5.80	11.37	23.19	17.60	0.12	1.67	16.36	23.20	6.88	9.50	24.79	17.60
7.29	10.71	26.29	14.46	0.01	3.22	15.96	23.46	6.32	11.76	24.81	14.46
7.39	10.99	24.91	14.16	0.01	1.99	16.91	24.51	7.12	11.45	23.86	14.16
—	—	—	—	1.15	4.38	16.05	21.05	8.31	11.89	24.00	14.33
7.10	12.35	27.36	12.08	0.26	6.12	14.74	22.13	8.29	12.86	23.77	12.08
8.17	11.46	27.77	14.73	0.01	2.05	14.70	21.01	7.96	11.19	28.37	14.73
7.87	12.00	27.31	15.78	0.30	3.23	14.33	21.18	7.39	11.89	26.20	15.78

Таблица 2

Для 15 образцов почвы частиц														
	> 0.25		0.25—0.05		0.05—0.02		0.02—0.005		0.005—0.002		0.002—0.0002		< 0.0002 мм	
	от	до	от	до	от	до	от	до	от	до	от	до	от	до
Почва, насыщенная Li ₂ CO ₃	0.001—0.74	0.10—4.74	0.10—4.74	14.15—19.61	14.15—19.61	19.56—25.13	6.10—8.75	25.66—33.88	10.72—16.70	23.49—28.22	34.21—44.92			
	14.25—25.09													
Почва, насыщенная NaOH	0.002—1.15	1.67—6.12	14.33—19.93	20.23—24.51	6.02—10.33	9.5—14.22	22.16—28.37	31.66—44.59						
	16.00—27.20													
Почва, высушен. и насы- щенная Li ₂ CO ₃	0.01—0.44	1.04—4.51	13.74—18.94	20.53—26.06	5.80—8.83	9.39—16.25	21.69—27.77	31.08—44.02						
	44.79—23.86													

Таблица 3

Катионы	% соотнош. катионов	В % от сухого вещества фракц. част. с d =				
		1—0.25 мм	0.25—0.02 мм	0.02—0.005 мм	0.005—0.002 мм	2—0.25 μ
Li	100	0.57	9.96	24.43	41.51	16.19
Na	100	0.56	41.18	25.77	41.91	15.07

Пробы брались специальной пипеткой на 20 см³ с двумя боковыми отверстиями около западного нижнего конца. Суспензия набиралась в пипетку с постоянной скоростью при помощи аспиратора.

Полученные данные рассчитаны в процентах на промытую и на первоначальную почву и представлены в табл. 1 и на фигурах 1—15. На ординате нанесены количества частиц в процентах от почвы, на абсциссе — размеры фракций, диаметр частиц которых равен и меньше указанного на абсциссе.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Прежде всего полученную суспензию необходимо рассмотреть со стороны количественного распределения частиц по их размерам.

1. При всех видах обработки, независимо от горизонта, наблюдается одинаковая картина в распределении частиц. (табл. № 2).

Из табл. 2 следует, что содержание частиц диаметром > 0.25 и 0.25—0.05 мм наименьшее. Затем идет возрастание количества частиц меньшего диаметра, и максимальное содержание приходится на коллоидную фракцию с величиной частиц < 0.0002 мм. Эта картина почти одинакова для всех трех способов обработки.

Подобная же закономерность в распределении частиц была получена И. Н. Антиповым-Каратаевым и сотрудниками (2) при исследовании физико-химических свойств чернозема после насыщения его натрием и литием, что видно из табл. 3, т. е. и здесь преимущество Li перед Na в смысле диспергирования незначительно.

2. При более детальном сравнении результатов, полученных при обработке почвы Li_2CO_3 , с результатами обработки NaOH прежде всего необходимо отметить незначительные расхождения в абсолютных величинах (табл. 1 и фиг. 1—15). В табл. 4 приведены средние отклонения в процентах от Li-почвы по каждой фракции.

Таблица 4

Образцы почв	0.25—0.05 мм	0.05—0.02 мм	0.02—0.005 мм	0.005—0.002 мм	0.002—0.0002 мм	< 0.0002
Na-почва	+1.44	—0.29	+0.08	+0.41	—1.07	—0.93
Почва, высушенная и насыщенная Li_2CO_3	+1.17	—0.41	+1.23	+0.19	—1.26	—0.82

В виду сравнительно небольшой точности анализов способом пипетки, при которой допускается расхождение между параллельными определениями до 2—3% (в наших опытах максимальное расхождение = 1—1.2%), можно говорить лишь о тенденции лития диспергировать почву несколько лучше, чем Na, во всяком случае в литий-почве замечается немного повышенное

содержание мелких частиц с $d=0.002$ мм и мельче, в то время как крупная фракция уменьшается.

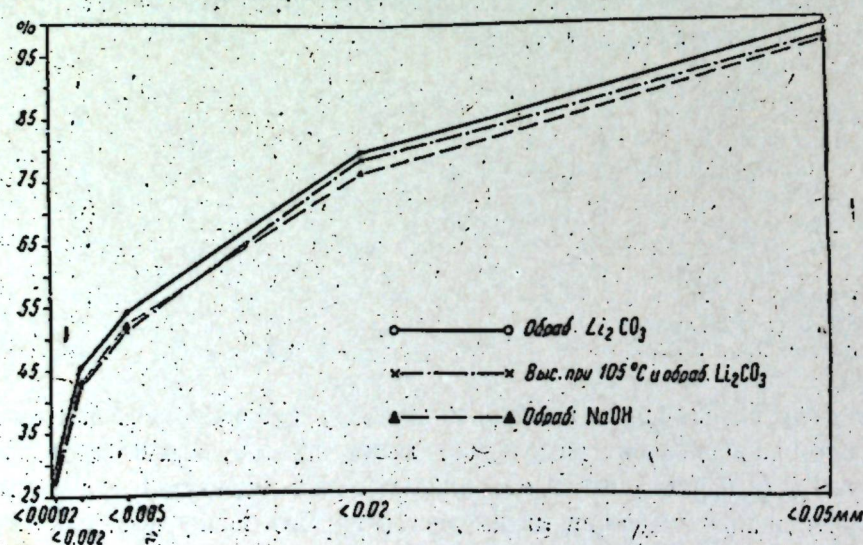
3. Из сравнения полученных данных с результатами микроагрегатного анализа, полученными ранее в нашей лаборатории на тех же образцах почвы, вытекает, что примененный нами способ обработки уменьшил содержание крупных частиц почти вдвое, а с другой стороны значительно повысил количество мелких частиц, что видно из данных табл. 5.

Таблица 5

Размер частиц в мм Содержание в %	Для 15 образцов почвы частиц		
	1—0.02	0.02—0.002	< 0.002 мм
1. Микроагрегатный анализ	от — до	от — до	от — до
2. Механический анализ Li-почвы	47.6 — 35.90	51.1 — 39.75	19.10 — 10.35
	25.09 — 14.25	33.88 — 25.66	44.92 — 34.21

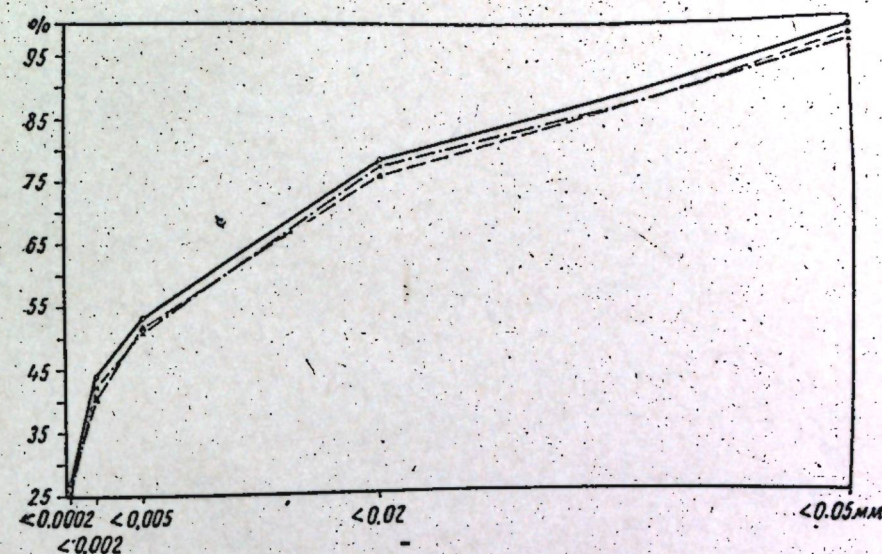
4. Предварительное нагревание почвы перед насыщением ее литием по сравнению с почвой, непосредственно насыщенной литием, немного снижает содержание мелких фракций порядка 0.002 мм и $<$ и повышает количество средних фракций частиц с $d=0.02—0.005$ мм. Нагревание, повидимому, дегидратирует мелкие частицы, что способствует их коагуляции. Однако эти отклонения незначительны.

Графическое изображение механического состава образцов почвы, насыщенных ионами лития и натрия

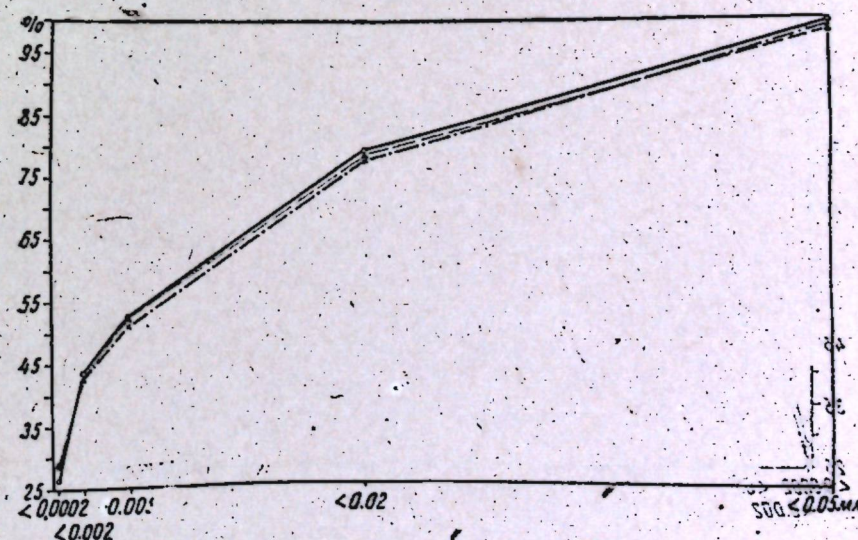


Фиг. 1. Разрез № 26, горизонт 0—15 см.

Графическое изображение механического состава образцов каштановой почвы, насыщенных ионами лития и натрия

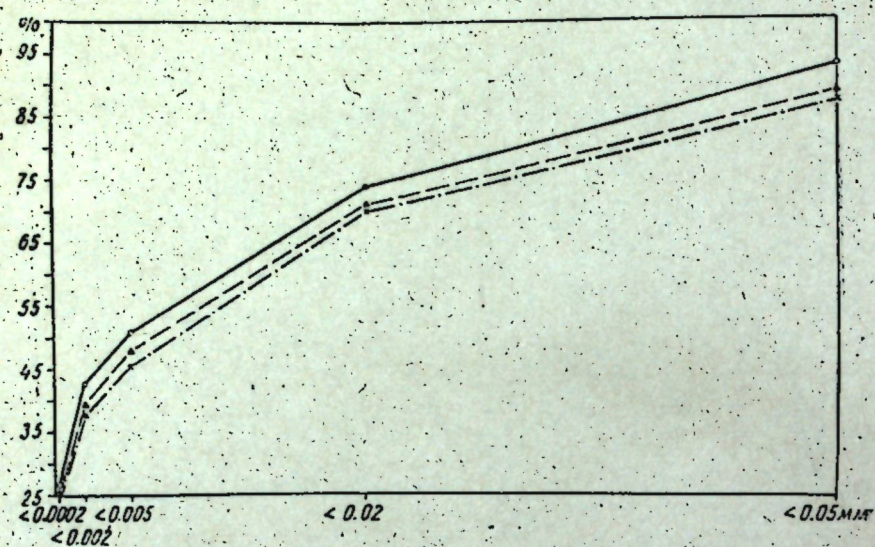


Фиг. 2. Разрез № 26, горизонт 15—25 см



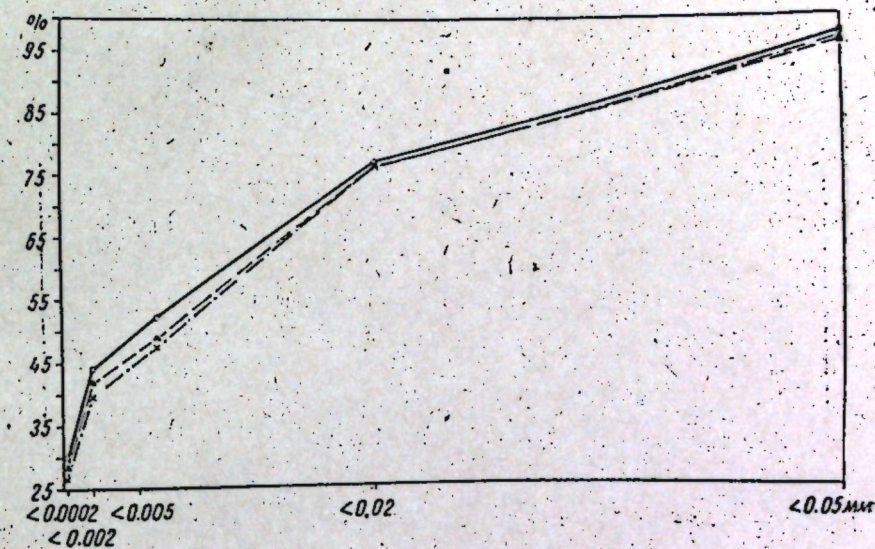
Фиг. 3. Разрез № 26, горизонт 25—35 см

Графические изображения механического состава образцов каштановой почвы, насыщенных ионами лития и натрия

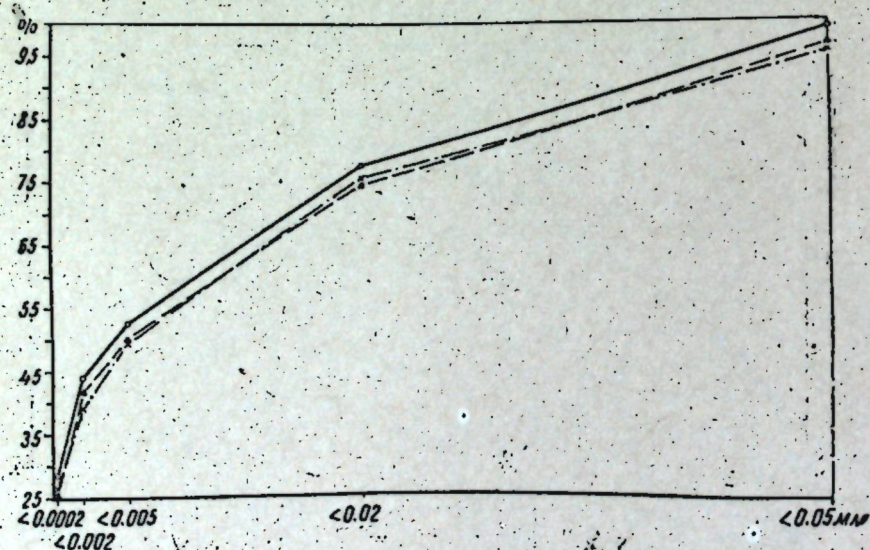


Фиг. 4. Разрез № 26, горизонт 35—50 см

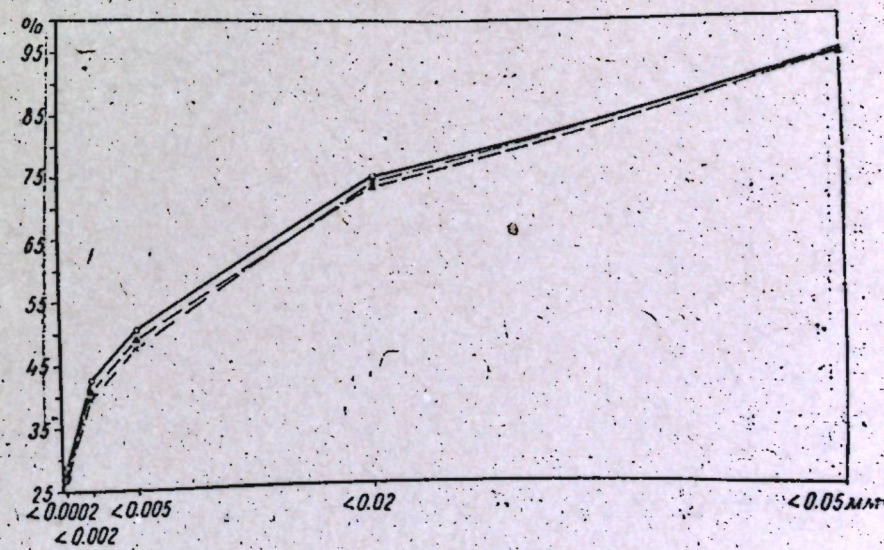
Графические изображения механического состава образцов каштановой почвы, насыщенных ионами лития и натрия



Фиг. 6. Разрез № 26, горизонт 65—85 см



Фиг. 5. Разрез № 26, горизонт 50—65 см



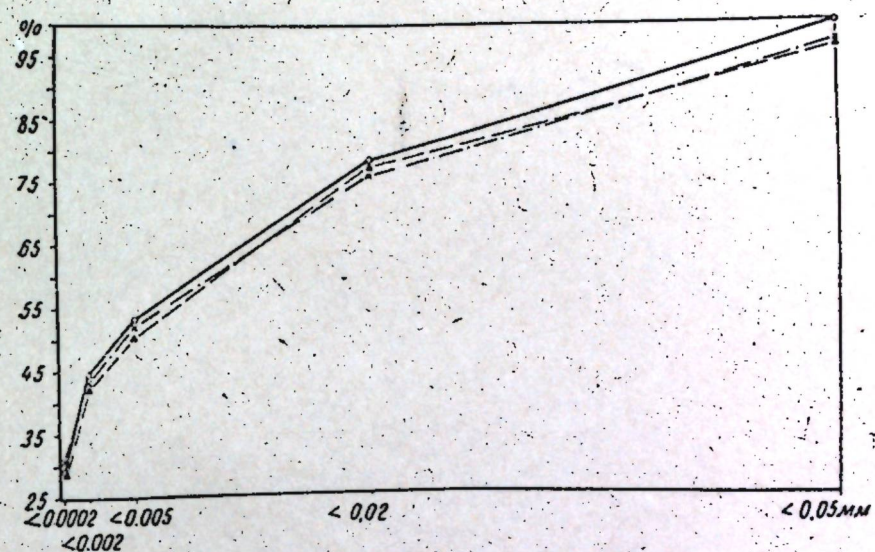
Фиг. 7. Разрез № 26, горизонт 85—105 см

Графические изображения механического состава образцов каштановой почвы, насыщенных ионами лития и натрия

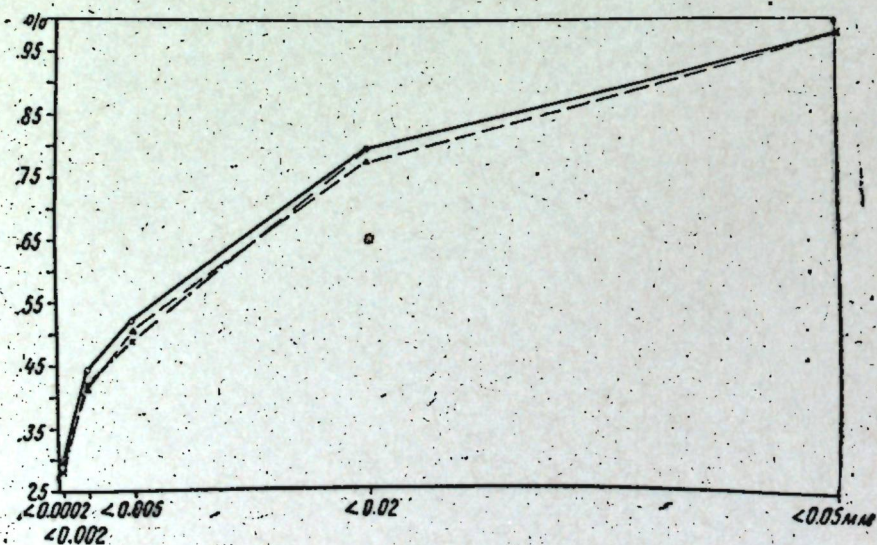


Фиг. 8. Разрез № 26, горизонт 105—130 см

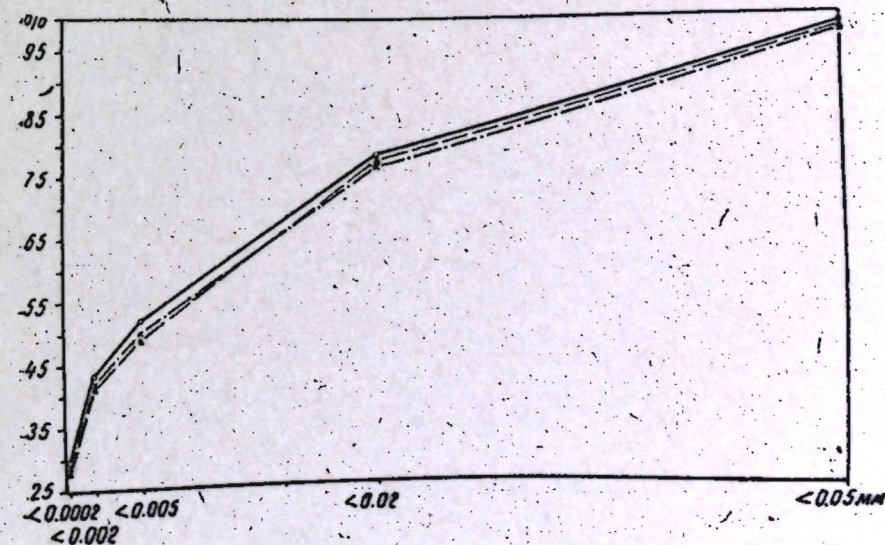
Графические изображения механического состава образцов каштановой почвы, насыщенных ионами лития и натрия



Фиг. 10. Разрез № 26, горизонт 170—190 см

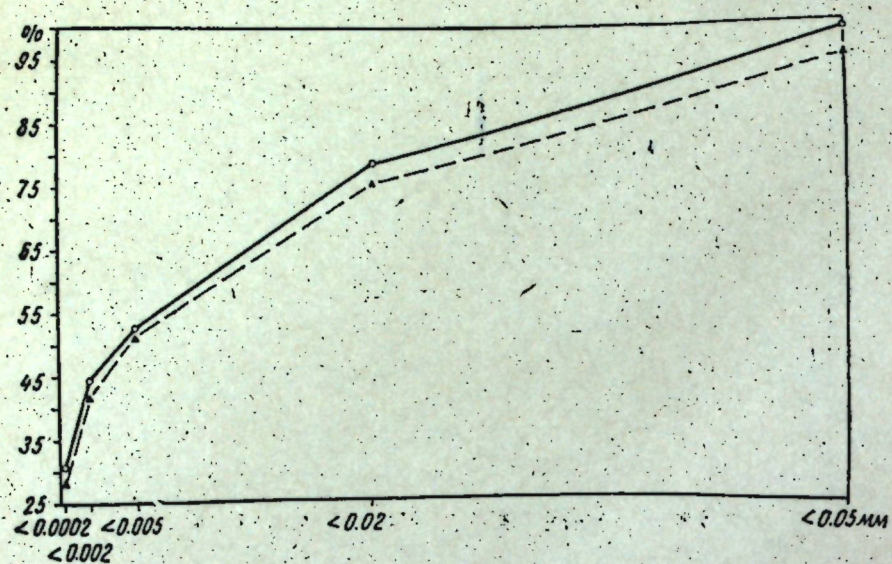


Фиг. 9. Разрез № 26, горизонт 130—150 см

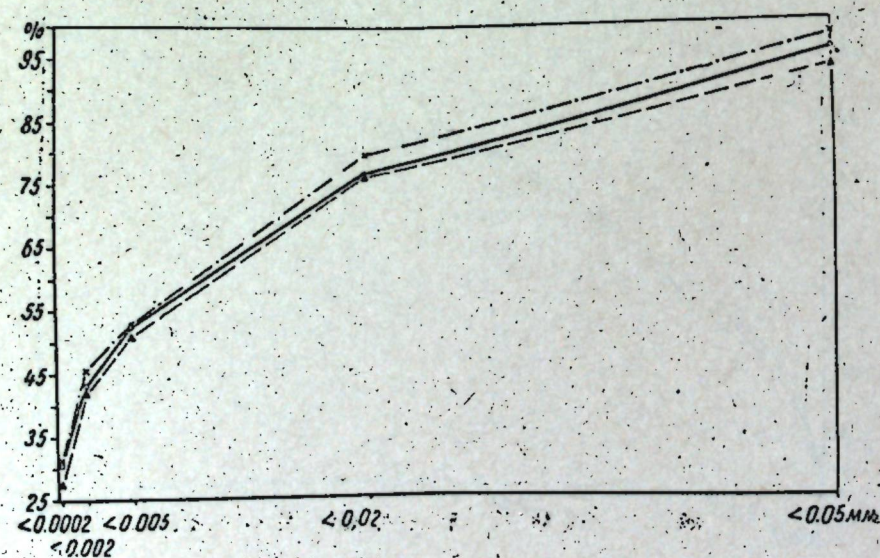


Фиг. 11. Разрез № 26, горизонт 190—210 см

Графические изображения механического состава образцов каштановой почвы, насыщенных ионами лития и натрия

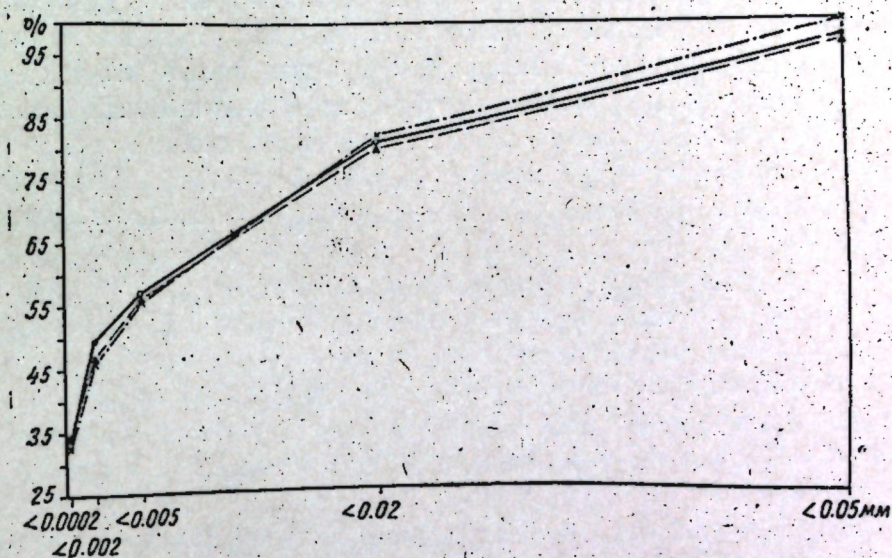


Фиг. 12. Разрез № 26, горизонт 230—250 см

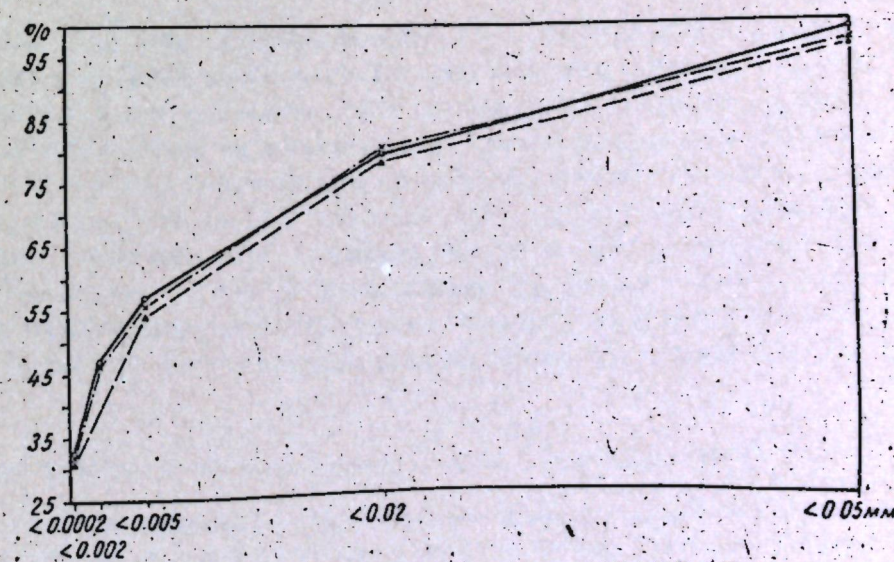


Фиг. 13. Разрез № 26, горизонт 270—290 см

Графические изображения механического состава образцов каштановой почвы, насыщенных ионами лития и натрия



Фиг. 14. Разрез № 26, горизонт 330—350 см



Фиг. 15. Разрез № 26, горизонт 390—410 см

ВЫВОДЫ

1. На исследованных нами образцах темнокаштановой почвы (то же для чернозема) литневый метод производит несколько полнее диспергирование, чем Na, но разница абсолютных величин для отдельных фракций не превышает в среднем 1.5%. Таким образом можно считать, что для предварительной подготовки почв к механическому анализу можно применять Na.

2. Нагревание не вызывает сильных смещений в дисперсности, и для массово-аналитических целей можно рекомендовать определения потери при промывании и производство самого механического анализа (отбор проб) из одной навески.

3. В результате наших исследований, а также учитывая литературные данные, можно рекомендовать следующую методику подготовки почв к механическому анализу по способу пипетки: навеска почвы в 10—15 г для глинистых образцов и 20—25 г для суглинистых промывается 0.02 N HCl, которая приливается по 50 см³ в стакан с почвой, хорошо перемешивается, отстаивается и сливается через плотный фильтр. Операция повторяется до удаления Са.

В карбонатных почвах навеска предварительно обрабатывается в фарфоровой чашке 3% HCl до прекращения вскипания, а затем 0.02 N HCl, как указано выше.

Соляная кислота отмывается водой до удаления Cl или до появления следов муты.

Отмытая от Са и HCl почва высушивается при 105° C до достижения постоянного веса (точность до 0.001 г), и определяется по разности потерь при промывании.

Затем почва суспендируется в эрлейнмейеровской литровой колбе в 250 см³ воды, постепенно нейтрализуется 0.1 N раствором NaOH до появления слабого окрашивания фенол-фталейна или соответствующей (pH=8) окраски универсального индикатора,¹ взбалтывается на шоттель-аппарате в течение 2 часов и оставляется для установления равновесия на 5—6 дней.²

В продолжение этого времени суспензия взбалтывается от руки, и через 2—3 дня проверяется pH; в случае снижения его величины ниже 8—8.2 (по универ. индикатору), прибавляется 0.5—1 м. экв. щелочи, смесь взбалтывается от руки и оставляется на 1—2 суток, после этого вновь проверяется pH. Надо остерегаться проникновения в раствор углекислоты воздуха.

¹ Проба суспензии в фарфоровом тюбике (для красок); после пробы суспензия возвращается в колбу.

² Расчет количества приливаемой щелочи лучше производить по емкости поглощения почвы (давать щелочи на 100 г почвы на 2—3 м-экв. больше емкости).

Далее суспензия пропускается через сито с диаметром отверстий в 0.25 мм для определения фракции >0.25 мм, разбавляется водой до 2100 см³, разливается в два литровых цилиндра.

Содержимое цилиндра минуту перемешивается мешалкой с резиновым кружком и оставляется стоять на определенный, необходимый по закону Стокса, с температурной поправкой по табл. Кёна для исследуемой фракции, срок. По истечении пужного времени отбирается проба, переносится в бюкс, выпаривается до небольшого объема на этеритовой плитке и досуха на водяной бане и сушится при 105° C.

Таким же способом берутся пробы для следующих фракций.

Пробы необходимо отбирать с постоянной скоростью (лучше при помощи аспиратора) специальной пипеткой с боковыми отверстиями во избежание засасывания суспензии снизу.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Novak V. Kurze Uebersicht der Entwicklung der mechanischen Bodenanalyse. Transactions of the Third International Congress of Soil Science, 1935.
2. Антипов-Каратаев И. Н. и сотрудники. Физико-химические свойства почв. Коллоидный журнал, т. I, вып. 3 и 4, 1935 г.
3. Антипов-Каратаев И. Н. Труды Комиссии по ирригации, вып. 4, 1935 г; Труды Комиссии по ирригации, вып. 1, 1933 г.

В. В. РОМАНОВ

ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ВОРОНКИ

ВВЕДЕНИЕ

С процессами инфильтрации или, как правильнее было бы говорить, с процессами просачивания, почвоведом приходится сталкиваться при самых разнообразных работах. Особенно большой интерес приобретает изучение просачивания в генетическом почвоведении.

Суждение о возрасте почв по условиям почвообразования, по возрасту материнских пород, рельефа и т. д. имеет много недостатков; для определения же возраста по внутренним признакам, по скорости почвообразовательного процесса, в числе прочих данных необходимо располагать достаточно доброкачественными определениями просачивания воды в естественных условиях.

Однако изучение процессов фильтрации и определение количества воды, просачивающейся сквозь почву в естественных условиях, довольно затруднительно. Все косвенные методы суждения о просачивании по тем или иным свойствам почвы, в том числе и по коэффициенту фильтрации, не надежны, так как фильтрация в поле зависит не только от тех или иных физических свойств почвы, но и от целого ряда внешних для почвы факторов, как состояние растительного покрова, интенсивность осадков и т. п. Поэтому, для перехода от водных свойств почвы (коэффициент фильтрации, водопроницаемость по Дояренко и т. п.) к фактическому просачиванию в данных гидро-термических условиях приходится создавать более или менее необоснованные гипотезы о влиянии отдельных внешних факторов на процесс просачивания.

Все эти соображения заставляют переходить от косвенных методов к непосредственному определению просачивания в поле при нормальных для данной почвы условиях.

Все полевые методы изучения просачивания можно разделить на две группы. В первой группе методов исследование производится при нормальном поступлении воды в почву, во второй же группе это поступление искусственно увеличивается, т. е. производится полив.

В методах с искусственным поливом, собственно говоря, изучается не просачивание как один из элементов водного баланса почвы, а некоторые свойства почвы, от которых зависит величина просачивания. Для перехода же от данных, получаемых при поливе (хотя бы и не сплошном, а дождеванием), к фактическому просачиванию приходится делать те же допущения о влиянии интенсивности осадков, температуры и пр., как и при перенесении лабораторных данных в полевые условия.

Таким образом, для изучения просачивания как одного из элементов водного баланса почвы (а такая постановка вопроса необходима в генетическом почвоведении, гидрологии, гидрогеологии и других дисциплинах), наиболее пригодны методы непосредственного определения просачивания в нормальных гидротермических условиях.

Все эти методы не дают того, что дает большинство лабораторных методов, а именно «потенциальных возможностей» фильтрации, так что прогноз изменения количества просачивающейся воды соответственно изменениям гидротермического режима при пользовании этими методами почти не возможен. Поэтому пользоваться этими методами можно только при длительном стационарном изучении водного баланса данной почвы.

К этой группе принадлежит целая серия различных методов, начиная от наиболее старых — лизиметрических и кончая электрической регистрацией промачивания почв дождями.

Наиболее интересны для генетического почвоведения те методы, в которых тем или иным способом собирается и измеряется просочившаяся сквозь почву вода, так как, определив ее химический состав, мы можем подойти к вопросу о скорости элювиального процесса, если только можно пренебречь боковым оттоком воды.

I

Методов, в которых собирается и измеряется просочившаяся сквозь почву вода, два: метод лизиметров и метод лизиметрических воронок.

Как известно, в лизиметрах определенный столб почвы изолируется стенками сосуда от всей остальной толщи почвы, и измеряется просочившаяся сквозь него вода. Обычно наблюдения по лизиметрам имеют еще и другую цель — учет испарения с поверхности почвы, так что лизиметр служит одновременно и эвапорометром.

Попробуем выяснить достоинства и недостатки этого метода.

Основным требованием, которому должны удовлетворять методы измерения фактического просачивания в полевых условиях, является требование наименьшего нарушения гидрологических и гидротермических условий исследуемой почвы. Этому требованию совершенно не удовлетворяет метод лизиметров. Не останавливаясь на термическом режиме и режиме испарения, так как это не входит в задачу настоящей статьи, попытаемся

разобраться в гидрологических условиях почвы, помещенной в лизиметр.

Прежде всего при работе с лизиметрами нарушается поверхностный сток, так как большей частью стенки лизиметра несколько выступают над поверхностью почвы. Второе осложнение при работе с лизиметром — просачивание воды между стенками лизиметра и почвой, в нем заключенной. Этого осложнения можно избежать, смазывая стенки лизиметра перед помещением в него почвы тем или другим несмачиваемым веществом, например вазелином.

Но указанные недостатки лизиметров не главные их недостатки. Основной недостаток лизиметров — отсутствие бокового стока. Хорошо известно, что боковой сток (трансфильтрация по Высоцкому) в некоторых почвах играет громадную роль. Так, в подзолистых почвах на суглинистых материнских породах верхние горизонты A_1 и A_2 обыкновенно (если только почвы достаточно сильно оподзолены) обладают очень большой водопроницаемостью.

В отличие от них горизонт В в подзолистых почвах на суглинистых породах обладает крайне малой водопроницаемостью.

Вследствие этого большая часть просачивающейся воды не проникает через горизонт В в материнскую породу, а уходит боковым стоком в пределах горизонтов A_1 и A_2 .

Конечно, этого явления не наблюдается на совершенно выровненных участках.

По наблюдениям Тосненской гидрофизической станции ГГИ, в 70-летнем березово-осиновом лесу с сомкнутостью 0.8 около 70% выпадающих осадков достигает поверхности почвы. Из дошедшей до почвы воды в условиях Тосненской станции (уклон 0.03, сильно- и среднеподзолистые почвы на валунном суглинке) около 7% уходит поверхностным стоком, 21% внутрипочвенным боковым стоком (в пределах горизонтов A_1 и A_2) и 70—72% просачивается в грунтовые воды, транспирируется растительностью и испаряется с поверхности почвы. Отсюда ясно, какие большие изменения можно внести в изучаемое явление, если исключить поверхностный и внутрипочвенный сток.

Благодаря отсутствию бокового стока с поверхности почвы, находящейся в лизиметре, выпадающие осадки должны неизбежно либо просочиться сквозь толщу почвы, либо испариться с ее поверхности, что совершенно не обязательно в естественных условиях. Таким образом, испарение, измеряемое лизиметрами-эвапорометрами, должно быть сильно преувеличено, за исключением тех случаев, когда грунтовые воды находятся очень близко к поверхности, т. е. на глубине значительно (в 2—3 раза) меньшей, чем максимальная высота капиллярного поднятия в данной почве.

Просачивание, казалось бы, также должно быть сильно преувеличено. Однако это не совсем так. А. Ф. Лебедев в своей классической работе

«Почвенные и грунтовые воды» указывает на образование в лизиметрах нижней капиллярной пленки, которая может выдержать значительное давление воды. Более подробно это явление будет разобрано дальше, когда мы будем говорить о лизиметрических воронках; сейчас же, забегаая вперед, укажем только, что оно сводится, по видимому, к влиянию верхних, а не нижних менисков. Это заставляет увеличивать глубину лизиметра до уровня грунтовых вод так, чтобы верхние капиллярные мениски располагались в лизиметре примерно на той же глубине, что и в остальной толще почвы. Если же глубина лизиметра меньше высоты капиллярного поднятия в данной почве, то в большинстве случаев никакая вода сквозь толщу почвы проникать не будет.

Но увеличение величины лизиметра приводит к целому ряду неприятных последствий. Лизиметр становится при этом настолько тяжелым, что для его вытаскивания необходимо применять систему блоков и даже лебедку. Практически невозможно увеличить глубину лизиметра более 125—150 см.

Если же мы имеем лизиметр, доходящий своей нижней поверхностью до уровня грунтовых вод, то для создания нормальных условий увлажнения необходимо, чтобы нижняя поверхность почвы была все время погружена в воду. Только в этом случае лизиметр может давать более или менее близкие к действительности величины просачивания и испарения. К сожалению, все эти видоизменения требуют коренной реконструкции лизиметров.

После реконструкции лизиметры, по всей вероятности, будут пригодны для изучения испарения с поверхности почвы, для изучения же просачивания их следует применять с большой осторожностью. В каких же случаях они могут быть применены именно как лизиметры, а не как эвапорометры? Очевидно в условиях совершенно ровного рельефа, на хорошо проницаемых почвах, не имеющих уплотненных горизонтов, т. е. в тех случаях, когда внутрипочвенный сток играет незначительную роль, так как основной недостаток лизиметров — исключение бокового стока, не поддается устранению.

Все возражения против лизиметров можно свести к одному определению: в лизиметрах, несмотря на то, что работа производится в поле, мы имеем дело не со всей массой почвы в целом, а с такими же изолированными кусками ее, с какими имеем дело в лаборатории. Это не может не приводить к искажению или исключению целого ряда почвенных процессов, что в свою очередь неизбежно отражается на качестве получаемых данных.

II

Желание устранить основной недостаток метода лизиметров — отсутствие внутрипочвенного стока ведет к созданию лизиметрических воронок, прибора, близко примыкающего к лизиметрам, но тем не менее отличного от них.

В методе лизиметрических воронок под ту или иную толщу почвы в природных условиях подводится воронка, в которую собирается вода, просачивающаяся сквозь данную массу почвы. Практически это обычно осуществляется так: роется почвенная яма, в одной из стенок которой делается более или менее глубокая ниша. В потолок этой ниши врезается воронка, под которую подставляется мерный сосуд для собирания воды.

Предполагается, что в этот сосуд должно поступать как раз то количество воды, которое в естественных условиях просачивается через площадь почвы, равную площади воронки. Верно это, конечно, только в том случае, если лизиметрическая воронка не вносит искажений в направление и скорость движения воды в почве. На практике же в большинстве случаев в лизиметрическую воронку никакой воды не попадает, и создается впечатление, что просачивание в природе отсутствует, что, конечно, явно нелепо.

Объяснение, которое обычно дается этому, в высшей степени странному явлению, заключается в следующем: на поверхности раздела почва-воздух образуется водная пленка, которая и удерживает воду от вытекания. Это явление, хорошо известное в учении о поверхностных явлениях, было обнаружено в почве, как уже упоминалось, А. Ф. Лебедевым.

Если принять по схеме А. Ф. Лебедева положительную кривизну мениска (т. е., что радиус кривизны может быть направлен внутрь жидкости), то для пор с диаметром в 0.006 мм давление водяной пленки будет равно 5 м водяного столба. Диаметр же поры в 0.006 мм в почве из идеальных шаров, рыхло уложенных, соответствует диаметру частиц примерно около 0.01 мм, т. е. пылеватым частицам. Тем же цифрами выражается влияние верхнего капиллярного мениска, и благодаря тому, что кривизна верхнего мениска всегда отрицательна, обе цифры надо сложить. Таким образом, мы получаем, что в грунте, сложенном из пылеватых частиц, нужен 10-метровый столб воды, чтобы заставить воду проникнуть в лизиметрическую воронку.

Однако, как известно из опыта, даже при значительно меньших давлениях вода способна (частично) вытекать из почвы. Для объяснения этого противоречия необходимо обратиться к рассмотрению процесса фильтрации воды в почве, состоящей из частиц формы идеальных шаров, так как это необходимо для оценки работы лизиметрических воронок и правильного подхода к устранению их недостатков.

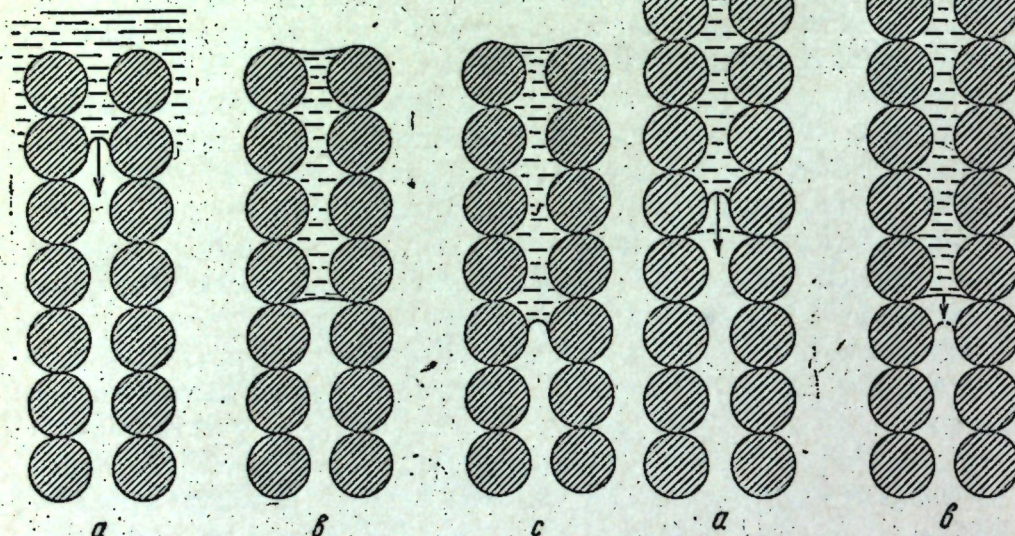
Рассмотрение этого вопроса необходимо начать с поступления воды в почву. В самом начале промачивания мы имеем некоторый слой воды над порой. Отчасти под влиянием силы тяжести, а главным образом под влиянием капиллярных сил вода будет поступать в поры почвы (см. а на фиг. 1).

Мениск в этом положении направлен вогнутостью вниз, а следовательно, его давление на воду будет отрицательное. При этом (эту стадию следует называть процессом впитывания) вода будет поступать в поры весьма

энергично, так как если пренебречь трением и сопротивлением вытесняемого воздуха, капиллярные силы не встретят никакого противодействия. В некоторый момент времени запас воды над поверхностью почвы истощится, и тогда наступит конец процесса впитывания и начало просачивания или фильтрации (*b* и *c* на фиг. 1).

При этом следует различать два случая (все дальнейшие рассуждения ведутся только для случая рыхлой укладки): когда образование верхнего мениска произошло при высоте столба, равной nd (см. в фиг. 1) и когда образование мениска произошло при высоте столба, равной $(n + \frac{1}{2})d$ (*c* на фиг. 1), где d — диаметр почвенных частиц.

Разберем сначала первый случай.



Фиг. 1 и 2. Схематическое изображение просачивания воды между частицами почвы, представленными в виде идеальных шаров.

Прежде всего посмотрим, какие силы действуют на столб воды, находящийся в положении *a* (фиг. 2). Мы видим, что он находится под действием следующих сил: силы капиллярного давления нижнего мениска, силы капиллярного давления верхнего мениска и силы тяжести.

Силы капиллярного давления обоих менисков равны между собою, имеют отрицательную величину и направлены в разные стороны. Вследствие этого столб воды не может быть сдвинут с места капиллярными силами; под влиянием капиллярных сил он только испытывает отрицательное давление, равное силе тяги мениска.¹ Под влиянием же силы тяжести столб воды будет

¹ Это отрицательное давление было совершенно иным путем выведено Haines и им же обнаружено на опыте.

опускаться. При этом тяга нижнего мениска при переходе в положение, изображенное пунктиром, будет уменьшаться. Тяга верхнего мениска также будет уменьшаться и притом с той же скоростью, так что равнодействующая этих сил $\text{const} = 0$.

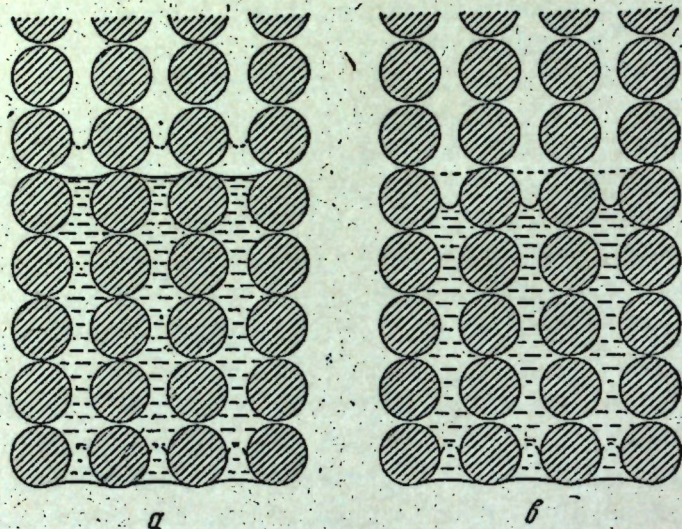
После всего изложенного может показаться, что любой столб воды будет передвигаться под влиянием силы тяжести. Однако это не так: столб воды в положении, изображенном пунктиром, имеет значительно большую поверхность раздела вода — воздух, чем тот же столб в положении, изображенном сплошной линией. Поэтому под влиянием силы тяжести будет опускаться только тот столб воды, вес которого достаточен для совершения работы по созданию этой новой поверхности раздела. Необходимо еще отметить, что скорость падения не будет вполне равномерна, так как в первый этап тратится энергия на создание пленки, во второй же эта энергия выделяется. Поэтому скорость движения будет меняться по гармонической кривой в первом приближении по косинусоиду, приподнятой над осью абсцисс.

В случае, если длина столба воды равна $(n + \frac{1}{2})d$, мы будем иметь несколько отличные условия (*b* на фиг. 2). Прежде всего при перемещении воды из положения, изображенного сплошной линией, в положение, изображенное пунктиром, затраты работы на создание водной поверхности не происходит, так как увеличение поверхности в верхнем мениске компенсируется таким же уменьшением в нижнем. Какой же столб воды будет падать и какой останется в подвешенном состоянии, изображенном на фиг. 2 *a*? Очевидно, опускаться может только тот столб, вес которого превышает разность капиллярных давлений верхнего и нижнего менисков. Будет ли равномерна скорость опускания? Очевидно, нет. В первой фазе тяга верхнего мениска уменьшается, нижнего же увеличивается, т. е. движение будет ускоренное. Во второй фазе мы имеем обратную картину: тяга верхнего мениска увеличивается, нижнего же уменьшается, т. е. движение будет замедленное. Изменение скорости будет очевидно происходить по гармонической кривой. И в случае $h = nd$ и в случае $h = (n + \frac{1}{2})d$ мы будем иметь простую гармоническую кривую при одинаковом диаметре шаров и сложную, если шары имеют разный диаметр. В случае плотной укладки скорость также будет меняться по гармонической кривой, но уже не по простой, а по сложной, с двумя периодами. Интересно отметить, что, судя по работам Haines, в некоторые моменты скорость движения воды в почве плотной укладки настолько возрастает, что движение приобретает скачкообразный характер.

Что же произойдет в обоих разобранных случаях, когда столб воды опустится до поверхности раздела почва — воздух?

Очевидно, мениски из положений, изображенных пунктирной линией, смогут перемещаться в положение, изображенное сплошной линией, так как для этого не нужно никаких добавочных сил, кроме действовавших

в пределах самой почвы. В этом новом положении все отдельные мениски, как это видно из фиг. 3, сливаются в одну общую поверхность раздела. Не разбирая вопроса о форме этой поверхности, укажем только, что ее общая кривизна равна нулю, а следовательно и давление ее на воду равно давлению свободной и плоской поверхности воды. Давление же верхнего мениска остается отрицательным (т. е. меньшим, чем давление плоской поверхности).



Фиг. 3. Схематическое изображение просачивания воды между частицами почвы, представленными в виде идеальных шаров. Момент соприкосновения нижней поверхности столба воды с поверхностью раздела почва — воздух.

и если столб воды весит меньше, чем «тяга» верхнего мениска, то вода выливается из почвы не будет и останется в подвешенном состоянии. Если же столб воды весит больше, чем эта величина, то и в случае $h=nd$ и в случае $h=(n+1/2)d$ избыток воды выльется, и в почве останется столб воды, уравновешивающий отрицательное давление мениска, расположенного в узкой части поры.

Возвращаясь к разбору лизиметров и лизиметрических воронок, мы можем теперь сделать следующие заключения:

Лизиметры в настоящем их виде (небольшой высоты) мало пригодны для измерения просачивания, так как если их высота меньше максимальной высоты капиллярного поднятия, то фильтрация в них будет происходить только до тех пор, пока над поверхностью имеется слой воды.¹

¹ В термин «максимальная высота капиллярного поднятия» мы вкладываем несколько иное содержание, чем обычно. Максимальной высотой мы называем максимальную тягу мениска, находящегося в наиболее узкой части поры, т. е. высоту капиллярного поднятия в трубке с диаметром, равным диаметру самой

Для определения испарения лизиметры также мало пригодны, так как верхние слои в них всегда будут капиллярно насыщены водой, тогда как в почве этого может и не быть.

Лизиметрические воронки могут давать правильные величины фильтрации только в том случае, когда они установлены на уровне грунтовой воды.

Не разбирая вопроса о путях устранения указанных недостатков в эвапарометрах, так как это не входит в задачу настоящей статьи, остановимся только на лизиметрических воронках.

Прежде всего необходимо отметить, что лизиметрические воронки могут дать правильные величины фильтрации только в том случае, если они (воронки) помещены на уровне грунтовых вод, так как в противном случае капиллярные силы почвы совершенно исказят всю картину. Однако, одно помещение воронок на уровне грунтовых вод далеко не гарантирует правильности полученных данных — все вышеприведенные рассуждения правильны только для почв, состоящих из частиц, по форме приближающихся к шару.

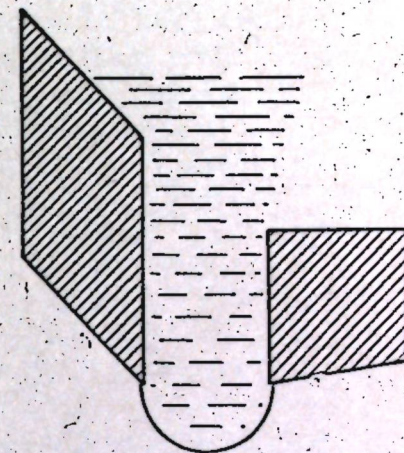
В случае же наличия частиц параллелепипедальной формы часть пор может открываться книзу отверстием с плоским срезом.

Эти поры будут «закупорены» нижним мениском так же, как и обыкновенные капиллярные трубки, и при большом количестве пор этой формы количество поступающей в воронку воды будет значительно меньше действительной фильтрации. Таким образом, необходимо не только помещать воронку на уровне грунтовой воды, но и предотвратить образование нижних менисков с положительным давлением на некоторые из почвенных пор. Предотвратить это проще всего можно, уничтожив поверхность раздела почва — воздух и превратив ее в поверхность раздела почва — вода, т. е. заполнив воронку водой. Кроме того, заполнение воронки водой позволяет создать установку, нарушающую водный режим значительно меньше, чем обыкновенные лизиметрические воронки.

Прежде чем переходить к описанию предлагаемой нами конструкции лизиметрических воронок, напомним основные достоинства этого метода:

1) Лизиметрические воронки дают не характеристику водных свойств

узкой части поры. В почве же капиллярное поднятие прекращается значительно раньше, а именно, когда вес столба воды больше давления мениска в широкой части поры.



Фиг. 4. Схематическое изображение просачивания воды в почве. Случай образования мениска между частицами параллелепипедальной формы.

почвы, а фактическое просачивание в данный момент при данных метеорологических условиях.

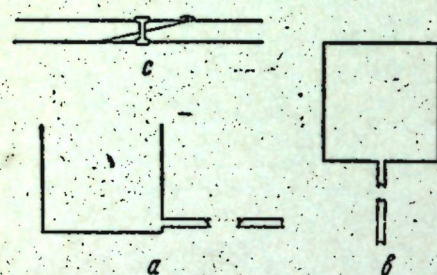
2) В методе лизиметрических воронок наблюдения производятся не над изолированным куском почвы, а над почвой в ее естественном залегании.

3) Искажение водного и теплового режима в методе лизиметрических воронок значительно меньше, чем в методе лизиметров.

4) Метод крайне прост.

Учитывая все это, можно предложить следующую установку (фиг. 5):

Воронка представляет собою квадратный ящик из оцинкованного или омедненного железа толщиной в 1—1.5 мм. Швы для придания прочности лучше не только пропаявать, но и укреплять заклепками (фиг. 5 и 6). Раз-



Фиг. 5. Вид лизиметрической воронки.

а—вид сбоку, б—вид сверху, с—деталь шва.

Для установки такой воронки роется яма, в одной из стенок которой делается глубокая ниша с горизонтальным потолком. Глубина ниши зависит от связности грунта, но во всяком случае необходимо сделать ее по возможности больше. После выравнивания потолка на нем намечается положение воронки и острым ножом прорезаются щели для ее стенок. Лучше всего в потолке вырезать небольшое углубление так, чтобы после установки дно воронки совпадало с потолком ниши, для отводной же трубки прорезать в потолке неглубокую капавку.

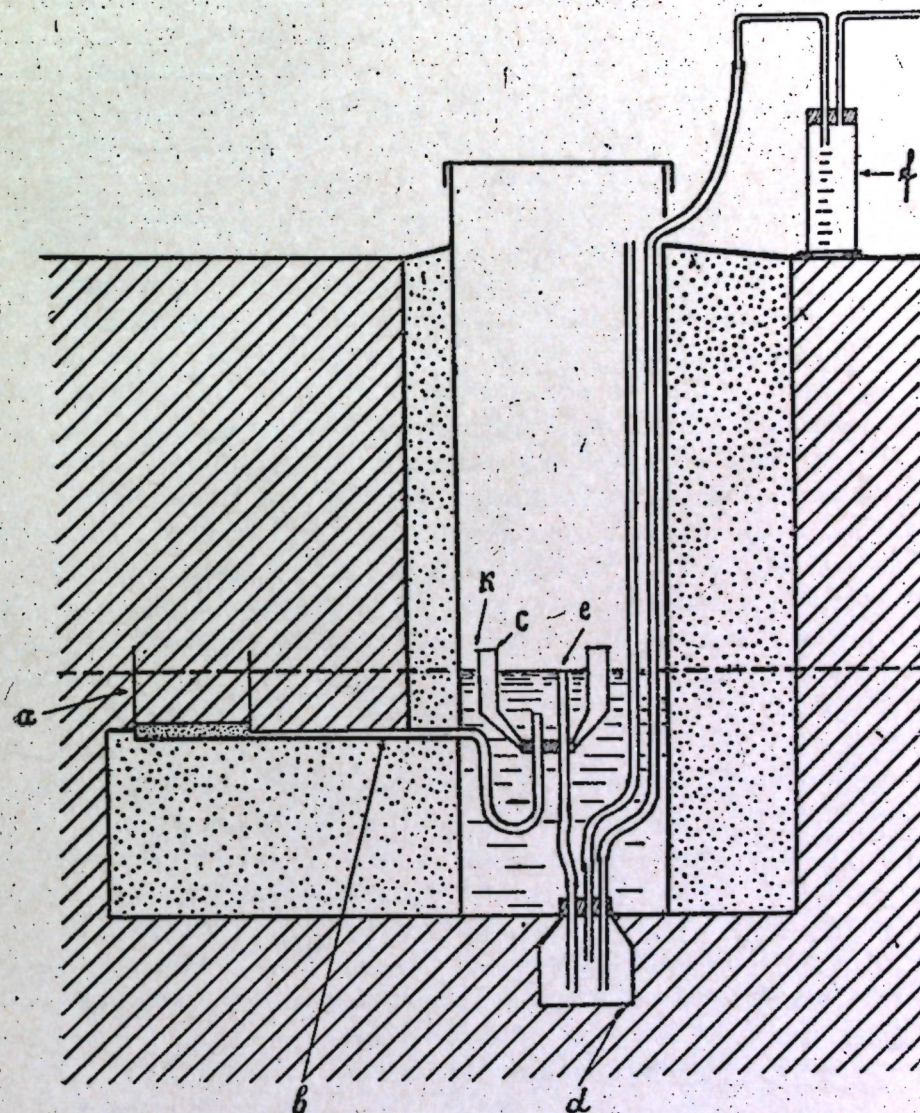
После этих предварительных работ на дно воронки насыпается слой песка в 1 см, и воронка вдавливается в приготовленные щели, для чего края ее должны быть остро заточены. Вдавливание лучше всего производить с помощью автомобильного домкрата, конечно, не давая сразу большого давления, чтобы не раздавить воронку.

После установки воронки нишу необходимо забить вынудой из нее землей, причем чем плотнее будет забивка, тем лучше.

Если есть опасение, что забитая в нишу земля при ее насыщении водой может поплыть, и, следовательно, воронка останется висеть в воздухе (вернее в воде), воронку необходимо подпереть во избежание оседания столбом, упирающимся в небольшую сваю, забитую в дно ниши.

После этого в середину ямы ставится узкий деревянный колодец так, чтобы конец латунной трубки был внутри колодца. К латунной трубке

перед установкой колодца присоединяется приемная воронка. Сначала для выпуска воды из лизиметрической воронки мы пользовались сифоном, но оказалось, что такое устройство, удобное в лабораторных условиях, почти



Фиг. 6. Схема конструкции установки лизиметрической воронки.

а—лизиметрическая воронка, б—отводная трубка, в—приемная воронка, д—приемный сосуд, е—сварная трубка, к—поплавок.

совершенно не применимо в поле. После весьма долгих опытов была выработана следующая конструкция (фиг. 6):

К латунной трубке б присоединяется гибкая тонкостенная резиновая трубка. Другой конец резиновой трубки присоединяется к трубке,

После описания конструкции и способа установки верёнок остановимся на их проверке. Установка для проверки верёнки в лабораторных газовых была следующей (фиг. 7):

а — стенки ящика, б — лизиметрическая воронка, в — сетка, д — сифон, е — железный бак, ф — мерный сосуд для воды из воронки, п — мерный сосуд для воды из бака, к — загнутая трубка для наблюдения за уровнем «грунтовых» вод, положение отводной трубки при работе с незаполненной воронкой показано пунктиром.

Размеры ящика следующие: высота — 70 см, поперечное сечение — 30×30 см. Стенки ящика заливались битумом за исключением его нижней части, где был проделан целый ряд затянутых медной сеткой отверстий для выхода фильтрующей воды. Сверху в ящик вставлялась (с заливкой

битумом) рамка с трубкой для поддержания над песком постоянного слоя воды. Около одной из стенок ящика была опущена латунная трубка с отверстиями для наблюдения за уровнем «грунтовых вод» в ящике. Весь ящик на подставках помещался в железный бак, наполненный водой. С помощью сифонов, сливавших избыток поступавшей из песка воды, в этом баке поддерживался постоянный уровень.

Во время опыта уровень воды в лизиметрической воронке поднятием сифона устанавливался на уровень грунтовой воды в ящике. Сливавшаяся из бака вода собиралась в мерный цилиндр, в другой же мерный цилиндр собиралась вода, поступающая из лизиметрической воронки.

Опыты ставились в следующих вариантах:

1. При постоянном уровне воды над поверхностью песка.
 - а) Уровень воды в воронке на уровне воды в остальной массе песка.
 - б) Уровень воды в воронке ниже уровня «грунтовой воды».
 - в) Уровень воды в воронке выше уровня «грунтовой воды».
2. При отсутствии верхнего слоя воды.

Уровень воды в воронке на уровне «грунтовой воды».

3. При отсутствии воды в лизиметрической воронке (в этом случае выводная трубка была наклонена вниз и выведена через стенку бака).

Очевидно, если лизиметрическая воронка не вносит никаких искажений в поток просачивающейся воды и если на поверхности почвы в воронке не развивается никаких особых капиллярных явлений, то должно быть следующее отношение: $\frac{a}{b} = \frac{S_1}{S_2 - S_1}$, где a — количество воды, поступающее в воронку, b — количество воды, фильтрующееся через остальную толщу, S_1 — площадь сечения воронки и S_2 — площадь ящика. В табл. 1 приведены результаты опытов.

Как видно из табл. № 1, лизиметрическая воронка, заполненная водой, не вносит никаких искажений в процесс просачивания, так как количество воды, поступающей в воронку, строго соответствует ее площади. Эта зависимость наблюдается в том случае, когда уровень воды в воронке находится на одной высоте с уровнем грунтовой воды; если же уровень воды в воронке ниже (т. е. если конец сифона ниже уровня грунтовой воды), то в воронку поступает заметно больше воды, чем следует по расчету, т. е. воронка оказывает некоторое дренажное действие.

Однако эти опыты еще не дают права говорить о пригодности воронок этого типа, так как в полевой обстановке над почвой не бывает сплошного слоя воды, как это было при нашем опыте. Поэтому были произведены испытания в условиях понижающегося уровня воды в песке.

В этом опыте так же, как и в первом, некоторое время поддерживался над песком постоянный слой воды, после чего приток воды сверху прекращался. Изучение фильтрации и в этих условиях (табл. 2) показало, что ни-

Таблица 1

Испытание лизиметрической воронки при постоянном слое воды над песком

Носик сифона на уровне грунтовой воды				Носик сифона на 2.0 см ниже уровня грунтовой воды				Носик сифона на 2.0 см выше уровня грунтовой воды			
№	количество воды, поступающей из воронки b	количество воды, поступающей из ящика a	отношение $\frac{a}{b}$	№	количество воды, поступающей из воронки b	количество воды, поступающей из ящика a	отношение $\frac{a}{b}$	№	количество воды, поступающей из воронки b	количество воды, поступающей из ящика a	отношение $\frac{a}{b}$
1	60.0	500.0	8.33	1	80.0	500.0	6.25	1	40.0	500.0	12.5
2	57.5	500.0	8.59	2	82.5	500.0	6.06	2	45.0	500.0	11.1
3	62.5	500.0	8.00	3	85.0	500.0	5.88	3	45.0	500.0	11.1
4	62.5	500.0	8.00	4	80.0	500.0	6.25	4	47.5	500.0	10.5
5	60.0	500.0	8.33	5	75.0	500.0	6.66	5	45.0	500.0	11.1
6	67.5	500.0	8.69	6	80.0	500.0	6.25	6	42.5	500.0	11.7
7	65.0	500.0	7.70	7	72.5	500.0	6.89	7	45.0	500.0	11.1
8	60.0	500.0	8.33	8	80.0	500.0	6.25	—	—	—	—
9	60.0	500.0	8.33	—	—	—	—	—	—	—	—
10	60.0	500.0	8.33	—	—	—	—	—	—	—	—
Средн.	60.5	500.0	8.26	Средн.	79.35	500.0	6.24	—	—	—	—

каких искажений в процесс фильтрации лизиметрическая воронка не вносит, так как так же, как и в первом опыте, поступление воды в воронку как раз соответствует фильтрации через ее площадь.

После этих опытов оставалось только проверить, не будут ли давать тех же результатов и воронки, не заполненные водой. Для проверки этого предположения был произведен опыт с незаполненной воронкой (положение выводной трубки обозначено пунктиром на фиг. 1).

Результаты этого опыта, приведенные в табл. 3, оказались несколько неожиданными: согласно изложенным выше соображениям следовало ожидать в первые моменты фильтрации, немного преуменьшенной по сравнению с нормальной. Однако, как видно из таблицы, с самого начала опыта поступление воды в воронку было очень неравномерно и преуменьшено по сравнению с нормальным в 2-3 раза. Кроме того, к концу опыта наблюдалось резкое уменьшение количества лизиметрической воды.

Таблица 2

Испытание лизиметрической воронки при понижающемся уровне воды

Время между сливаниями мин., сек.	Количество воды, поступающей из ящика а	Количество воды поступающей из воронки б	Отношение $\frac{a}{b}$	Время от начала опыта мин., сек.	Примечания
30	500.0	62.5	8.0	30	Прекращена подача воды
30	500.0	60.0	8.3	60	Вся вода впиталась
30	500.0	62.5	8.0	1 30	
30	500.0	60.0	8.3	2 00	
30	500.0	62.5	8.0	2 30	
30	500.0	60.0	8.3	3 00	
30	500.0	60.0	8.3	3 30	
31	500.0	62.5	8.0	4 01	
32	500.0	65.0	7.7	4 33	
32	500.0	62.5	8.0	5 05	
34	500.0	60.0	8.3	5 40	
34	500.0	60.0	8.3	6 14	
35	500.0	57.5	8.7	6 49	
36	500.0	62.5	8.0	7 20	
37	500.0	65.0	7.7	7 57	
40	500.0	65.0	7.7	8 37	
45	500.0	60.0	8.3	9 20	
50	500.0	60.0	8.3	10 10	
55	500.0	60.0	8.3	11 05	
60	500.0	62.5	8.0	12 05	
1 20	500.0	60.0	8.3	13 25	
1 40	500.0	62.5	8.0	15 05	
2 00	500.0	60.0	8.3	17 05	
2 30	500.0	62.5	8.0	19 35	
3 30	500.0	60.0	8.3	23 05	
5 00	500.0	60.0	8.3	28 05	
25 00	100.0	12.5	8.0	51 05	

Этот опыт позволяет сделать следующие выводы: пользоваться незаполненной водой лизиметрическими воронками невозможно; в песке (а возможно и в почве) поры, ограниченные не шаровыми, а параллелепипедальными и тому подобными частицами, встречаются очень часто. Действительно, только большое количество пор, ограниченных нешаровыми частицами (фиг. 4), т. е. подчиняющихся схеме А. Ф. Лебедева, может дать такое уменьшение фильтрации, какое наблюдалось при нашем опыте.

Полевые испытания воронок нашей конструкции производились на Тосненской гидрофизической станции летом 1935 г.

К сожалению, испытания были кратковременные, так как работают только две воронки, тогда как при большом размахе колебания грунтовых вод,

Таблица 3

Испытание лизиметрической воронки, не заполненной водой, при понижающемся уровне воды

№	Количество воды, поступающей из ящика а	Количество воды поступающей из воронки б	Отношение $\frac{a}{b}$	Время от начала опыта мин. сек.	Примечания
1	500.0	50.0	10	30	Прекращена подача воды
2	500.0	20.0	25	60	Вся вода впиталась
3	500.0	35.0	14	1 35	
4	500.0	40.0	12	2 35	
5	500.0	25.0	20	3 00	
6	500.0	25.0	20	3 32	
7	500.0	15.0	33	4 01	
8	500.0	20.0	25	4 33	
9	500.0	50.0	10	5 06	
10	500.0	45.0	11	5 45	
11	500.0	20.0	25	6 15	
12	500.0	25.0	20	6 47	
13	500.0	20.0	25	7 25	
14	500.0	15.0	33	8 00	
15	500.0	15.0	33	8 40	
16	500.0	20.0	25	9 25	
17	500.0	15.0	35	10 20	
18	500.0	10.0	50	11 15	
19	500.0	8.0	62	12 15	
20	500.0	10.0	50	13 20	

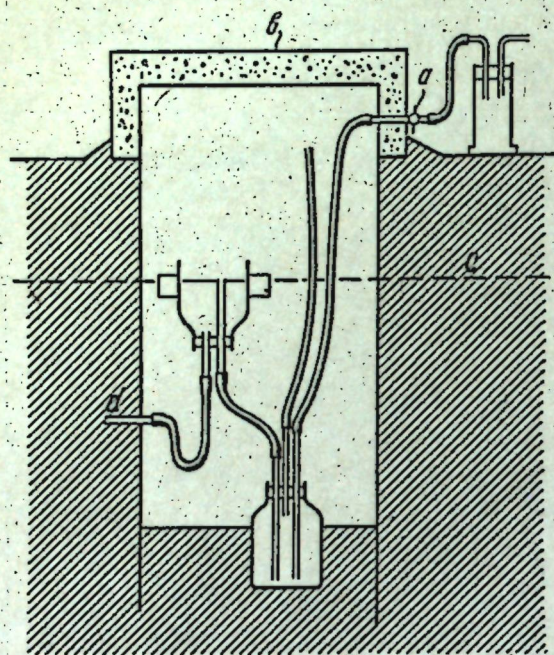
наблюдаемом на станции, следовало бы для получения непрерывных данных по просачиванию установить целую серию воронок на разных глубинах, что и предполагается сделать в 1936 г.

Те небольшие материалы, которыми мы располагаем, полностью подтверждают данные лабораторного испытания.

Прежде чем переходить к выводам, необходимо остановиться на одном, крайне важном обстоятельстве.

Дело в том, что, как уже указано, лизиметрические воронки могут давать правильные результаты только в том случае, если уровень воды в них на одной высоте с уровнем грунтовых вод. Уровень же воды в лизиметрической воронке нашей конструкции поддерживается на одной высоте с уровнем колодезной воды. Однако, как известно из работ Отоцкого и др., уровень колодезной воды в некоторых случаях может не совпадать с уровнем грунтовых вод. Объясняется это тем, что при быстрых изменениях атмосфер-

ного давления давление почвенного воздуха не поспевает за изменениями атмосферного давления. Благодаря разнице в давлениях на грунтовую и на колодезную воду высота их уровней может довольно значительно отличаться друг от друга. Во всех этих случаях лизиметрическая воронка описанной конструкции будет давать искаженные результаты.



Фиг. 8. Схема установки лизиметрической воронки, изолированной от колебаний температуры.

а—хорошо притертый кран, б—тепловая изоляция, с—уровень грунтовой воды, d—трубка из лизиметрической воронки.

колодце будет совпадать с уровнем грунтовой воды.

Трубка с, служащая для выпуска и впуска воздуха в сосуд d, кончается внутри колодца, трубка же k через патрубок с хорошо притертым краном выводится наружу и приключается к сосуду f.

При производстве измерений необходимо сначала откачать воздух из сосуда f, а затем уже открыть кран f. Как только вся вода из сосуда d перейдет в сосуд f, необходимо закрыть кран. Изменение давления воздуха в колодце будет ничтожно, так как объем отсасываемой воды ничтожен по сравнению с объемом воздуха в колодце (1 : 1000).

Желательно через крышу колодца провести еще одну трубку m, опускающую в воронку с. Эта трубка служит для пополнения потерь воды в периоды, когда уровень грунтовой воды стоит ниже воронки.

Поэтому, когда можно ожидать этого явления, следует несколько изменить устройство колодца, в котором помещена приемная часть, сделав его изолированным от атмосферы (фиг. 8).

Колодец, герметически закупоренный, имеет отверстие для сообщения с почвой только в нижней его части. Верхние отверстия должны располагаться на 5—10 см выше верхнего края воронки.

Благодаря тому, что воздух в колодце во все время работы воронки имеет сообщение с почвенным воздухом непосредственно над уровнем грунтовых вод, давление в колодце будет весьма близким к давлению воздуха на грунтовую воду, а следовательно, и уровень воды в

Крышу колодца, выступающую над поверхностью почвы, необходимо снабдить хорошей тепловой изоляцией, так как иначе колебания температуры вызовут колебания давления внутри колодца.

Такая установка нами пока что не применялась, но нет основания думать, чтобы работа ее чем-либо отличалась от работы описанной выше установки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате нашей работы можно сделать следующие выводы:

1) Для изучения ряда вопросов генетического почвоведения, для составления водного баланса почв и во многих других случаях наиболее удобен метод лизиметров или лизиметрических воронок.

2) Метод лизиметров имеет много трудно устранимых недостатков, лизиметрические же воронки поддаются усовершенствованию.

3) Лизиметрические воронки, не заполненные водой, дают в большинстве случаев искаженные результаты.

4) Лизиметрические воронки предлагаемой конструкции никаких искажений не восят и, судя по результатам предварительных испытаний, вполне подходят для применения.

5) Обращение с лизиметрическими воронками предлагаемой конструкции крайне просто, определение количества просочившейся воды занимает очень мало времени (2—3 мин.).

К недостаткам предложенной конструкции следует отнести:

1) Необходимость установки целой серии воронок на разных глубинах для того, чтобы получить данные по просачиванию при разном положении уровня грунтовых вод.

2) Большую затрату времени на установку воронок и сложность установки.

3) Возможность применения описанного метода лизиметрических воронок лишь в условиях относительно близкого к поверхности залегания уровня грунтовых вод. На обширных водоразделах южностепных районов с глубоко лежащим уровнем грунтовой воды этот метод, к сожалению, не применим.

И. С. ВАСИЛЬЕВ

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ИСПАРИТЕЛЕЙ-ЛИЗИМЕТРОВ СИСТЕМЫ В. П. ПОПОВА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВЛАГООБОРОТА ПОЧВЫ

СООБЩЕНИЕ 2-е

В сообщении 1-м (Проблемы советского почвоведения, вып. 1) уже приводились причины, побудившие рассмотреть вопрос, стоящий в заголовке настоящей статьи. Напомним только, что отправным пунктом в наших рассуждениях как прежде, так и теперь является идея, положенная в конструкцию приборов системы В. П. Попова: испарителя — эвапорометра, будучи переставлен в лизиметрическое положение, благодаря капиллярному замыканию в течение одних суток почти выравнивает свой запас влаги с запасом влаги в окружающей почвенной среде.

Исследование механизма действия испарителей-лизиметров системы В. П. Попова привело нас к получению формул для оттока влаги в глубокие слои и притока ее из глубоких слоев в изучаемый верхний 25 см слой почвы. Эти формулы:

$$\begin{aligned} \text{истинный отток} &= \frac{(-\text{ПГС}) + \text{ПР}}{2} \\ \text{» приток} &= \frac{+\text{ПГС}}{2}, \quad \text{где} \end{aligned}$$

+ ПГС — приток, наблюдаемый по испарителю-лизиметру,

— ПГС — отток, наблюдаемый по испарителю-лизиметру,

ПР — Просачивание в воронкообразный сосуд испарителя-эвапорометра.

Формулы выведены для случая, когда уровень грунтовой воды залегает достаточно глубоко и не достигает дна испарителя-лизиметра, т. е. в нашем случае, при применении лизиметров-испарителей в 25 см высоты, не поднимается ближе 25 см к поверхности.

При изучении влагооборота в почвах какой-либо территории нередко представляется необходимым знать величины испарения, оттока и притока влаги для пониженных мест — различного рода западин, подошв склонов, переходящих в депрессию, и пр. Грунтовые воды в таких местах залегают обычно неглубоко и часто после обильных осадков поднимаются близко

к дневной поверхности, оказываясь иногда на глубине всего лишь нескольких сантиметров.

В. П. Попов в своей книге¹ не предусматривает таких случаев, а поэтому, естественно, и не касается вопроса о том, можно ли и как пользоваться его приборами для получения надежных величин испарения, притока и оттока влаги для верхнего слоя почвы, если грунтовая вода появится в гнезде испарителя-лизиметра.

А между тем такие случаи бывают, и нам с ними пришлось столкнуться в работах, проводимых Волжско-Камской экспедицией Академии Наук СССР на территории Молого-Шекснинского междуречья. Сама необходимость поставила вопрос, можно ли и как пользоваться в таких случаях испарителями-лизиметрами системы В. П. Попова.

Наши исследования в этом направлении и составляют содержание настоящей статьи.

Представим себе, что в результате выпадения обильных осадков грунтовая вода поднялась до глубины менее 25 см от поверхности и, следовательно, появилась в гнезде испарителя-лизиметра. На основании этого наблюдения мы должны, казалось бы, отметить приток влаги в верхний 25-см слой из глубоких слоев. Дальнейшее повышение уровня воды будет указывать на дополнительный приток, а понижение его укажет происходящий отток влаги в глубокие слои. Если с этим согласиться, то, производя точные замеры уровня воды в гнезде испарителя-лизиметра, можно было бы легко определять и приток и отток влаги из 25-см слоя почвы. Кроме того, эти данные должны совпадать так или иначе с показаниями лизиметра в отношении передвижения влаги как в пределах верхнего 25-см слоя почвы, так и вне его. На самом же деле данные притока и оттока, получаемые по замерам уровня воды в гнезде лизиметра, отображают нередко явления как раз обратные тем, которые наблюдаются по испарителю-лизиเมตรу: в то время как испаритель-лизиметр показывает приток влаги, замер воды в его гнезде указывает на отток, и наоборот.

Объяснить это противоречие не трудно. Обильно выпадающие осадки, просачиваясь через верхний 25-см слой почвы, постепенно поднимают уровень грунтовой воды. Наконец, наступает такой момент, когда новая порция просочившихся осадков насыщает слой почвы на глубине выше 25 см, и вода появляется в гнезде испарителя-лизиметра. Испаритель-лизиметр будет показывать в это время просачивание осадков, действительно имевшее место, другими словами — отток влаги из верхнего 25-см слоя, но это же просачивание одновременно служит источником повышения уровня грунтовой воды, вплоть до появления ее в гнезде лизиметра. Стало быть, появление воды в гнезде лизиметра мы не можем рассматривать как приток

¹ Попов В. П. Почвенная влага и методы ее изучения. Труды Млеевской садово-огородной оп. ст., вып. 16, Млеев, 1928.

влаги по капиллярам из глубоких слоев, оно следствие полного насыщения просочившимися осадками слоев почвы на глубине 25 см и выше, т. е. превышения количества осадков над суммой величин испарения и оттока. Если здесь и можно говорить о притоке влаги, то лишь в том случае, когда имеет место гидростатический подъем, являющийся при соответствующих условиях (замкнутая или слабосточная депрессия, нижние части склонов и пр.) существенным фактором повышения уровня грунтовых вод и через это влияющий на увеличение запаса влаги в верхнем 25-см слое почвы. Разумеется, расчленив эти два фактора повышения грунтовых вод и решить, какая часть приходится на долю осадков и какая — на гидростатический подъем, не всегда представляется возможным. Мы можем наблюдать лишь суммарный результат совместного их действия. Последующие значительные осадки могут вызвать дальнейшее заметное повышение уровня воды в гнезде лизиметра, но и в этом случае испаритель-лизиметр покажет отток влаги. Очевидно, отток продолжается все время, но количество осадков больше величины оттока, что и вызывает поднятие зеркала грунтовых вод. Этому способствует также и гидростатический подъем, если он существует, который является причиной «истинного притока».

Понижение уровня воды в гнезде лизиметра происходит одновременно по двум причинам: во-первых, благодаря оттоку за счет гидростатического понижения грунтовых вод, во-вторых, через испарение. И если отток есть, то испаритель-лизиметр должен его фиксировать. Однако это не всегда имеет место, часто бывает наоборот: испаритель-лизиметр показывает приток влаги вместо оттока. Объяснить это можно легко путем рассмотрения самого механизма действия испарителей-лизиметров. Подробности, относящиеся к данному случаю, будут приведены при дальнейшем изложении, при анализе явлений оттока.

Таким образом, отток влаги из верхнего 25-см слоя почвы одна из главнейших причин повышения уровня грунтовой воды и появления ее в гнезде лизиметра. Вместе с тем тот же отток влаги при содействии испарения определяет понижение зеркала грунтовой воды. Отсюда становится очевидным, что колебания уровня воды в гнезде лизиметра не отображают точно действительных явлений в передвижении влаги, происходящих в верхнем 25-см слое почвы. Поэтому пользоваться замерами этих уровней для определения величины оттока и притока влаги нельзя, и для этой цели необходимо попытаться использовать те же испарители-лизиметры системы В. П. Попова, вводя в их показания соответствующие коррективы.

В своих рассуждениях для доказательства того или иного положения по затронутому вопросу мы будем исходить, помимо идеи, положенной в конструкцию приборов В. П. Попова, также из представлений проф. А. Ф. Лебедева¹ о силе пленочного натяжения, развиваемого на границе системы

¹ Проф. Лебедев. А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. Сельхозгиз, 1931.

почва — воздух. Эта сила пленочного натяжения уравнивает в почве такой же столб влаги, какой удерживается в ней силами, развиваемыми при капиллярном поднятии.

В этих условиях запас влаги в почве будет, очевидно, равен ее капиллярному насыщению, величина которого изменяется при прочих равных условиях в зависимости от высоты столба почвы над уровнем воды.

Рассмотрим отдельно явления просачивания избытка осадков, другими словами, оттока влаги из 25 см слоя почвы в глубокие слои, и приток влаги в 25-см слой из глубоких слоев, наблюдаемые по испарителям-лизи-метрам.

Как отмечалось, вода в гнезде лизиметра появляется в дождливый период с обильными осадками. Последние, падая на почву, увлажняют ее до величины ее водоудерживающей способности, которая количественно для одного и того же слоя изменяется в зависимости от уровня грунтовой воды: чем ближе к поверхности уровень воды, тем больше величина водоудерживающей способности. Эта величина, очевидно, представляет собою не что иное, как величину капиллярного насыщения почвы при каком-то определенном уровне грунтовых вод. Поэтому при появлении воды в гнезде лизиметра необходимо остановиться на двух случаях: когда вода покрывает дно гнезда лизиметра очень тонким слоем и, следовательно, почвенный слой монолитов и окружающей среды от поверхности до зеркала воды равен 25 см или очень близок к нему, и когда вода в гнезде лизиметра достигает значительной высоты, причем уровень ее заметно колеблется.

Необходимо отметить, что в момент достижения уровнем грунтовой воды дна гнезда лизиметра мы в праве ожидать, что запасы влаги в обоих монолитах испарителей и в окружающей их почвенной среде будут равны между собою, ибо причина, вызывавшая до сих пор расхождение в запасах влаги между монолитами и почвой, т. е. неполное капиллярное замыкание монолита лизиметра с почвой (и разобщенность от нее монолита эвапорометра), исчезает в данных условиях. В самом деле, сила пленочного натяжения у сетчатого дна монолита, находящегося в эвапорометрическом положении, будет удерживать в нем такое же количество влаги, какое удержит свободная поверхность воды в монолите, находящемся в лизиметрическом положении. А так как уровень воды в монолите лизиметра указывает на глубину грунтовой воды в окружающей почве, то и в слое почвы над уровнем грунтовой воды должен поддерживаться тот же столб влаги, что и в монолите лизиметра. Очевидно также, что запас влаги в обоих монолитах испарителей и в окружающей их почве будет равен капиллярному насыщению. В последнем едва ли можно сомневаться: почва отдает в глубокие слои из выпадающих осадков только ту их часть, которую сама не в силах удержать, значит, при длительных и обильных осадках, просачивающихся через верхний 25-см слой и поднимающих уровень грунтовой воды до уровня дна гнез-

да лизиметра, трудно допустить, что увлажнение верхнего слоя почвы меньше, чем капиллярное насыщение. В тех случаях, когда скорость фильтрации для верхнего 25-см слоя почвы мала, влажность этого слоя может временно превышать величину капиллярного насыщения. Но так или иначе, а влажность верхнего 25-см слоя почвы и обоих монолитов испарителей в условиях длительного дождливого периода придет в известное равновесие, и запасы влаги в них выравняются.

Таким образом, момент достижения уровнем грунтовой воды дна гнезда лизиметра необходимо считать первым днем, в который запасы влаги в обоих монолитах испарителей и в окружающей их почве выравнены, и именно с этого дня нам следует проследить в дальнейшем явления оттока, наблюдаемые по испарителю-лизи-метру.

Для первого случая нами принят неизменный уровень грунтовой воды, равный 25 см, что может иметь место, когда величины просачивания осадков и гидростатического притока грунтовой воды уравниваются ее оттоком. Равные запасы влаги в обоих монолитах испарителей и в самой почве будут продолжать оставаться равными в рассматриваемых условиях и для последующих дней, несмотря на ежедневный переход испарителей из эвапорометрического положения в лизиметрическое и наоборот. Абсолютно они могут измениться очень немного, оставаясь близкими к капиллярному насыщению при уровне грунтовой воды в 25 см. В самом деле, если в первый день запасы влаги в монолитах обоих испарителей и окружающей их почве равны, то на второй день выпавшие осадки, частично испарившись, в остальной своей части должны полностью или почти полностью просочиться, причем в равных количествах как в обоих монолитах, так и в почве. А раз так, то истинный отток в почве равен оттоку, наблюдаемому по лизиметру [—ПГС] и равен величине просачивания в воронкообразный сосуд эвапорометра [ПР], т. е.

$$\text{истинный отток} = [-\text{ПГС}] = [\text{ПР}] \text{ или}$$

$$\text{истинный отток} = \frac{[-\text{ПГС}] + [\text{ПР}]}{2}$$

Таким образом, формула оттока для данного случая получает известное уже нам выражение.

Обратимся теперь к рассмотрению второго, более общего случая, когда вода в гнезде лизиметра стоит выше его дна и уровень ее колеблется. Прежде всего необходимо еще раз подчеркнуть, что запас влаги в монолите, находящемся в эвапорометрическом положении, будет оставаться почти неизменным и равным капиллярному насыщению при одном и том же постоянном для него уровне воды в 25 см (мощность монолита 25 см); обозначим его через k мм. Запасы же влаги в монолите, находящемся в лизиметрическом положении и верхнем 25-см слое почвы будут постоянно изменяться в зави-

симости от колебания уровня воды в гнезде лизиметра, оставаясь все время больше запаса влаги в монолите эвапорометра на какую-то определенную для данного момента величину, которую мы обозначим через x мм и назовем избыточным запасом влаги. Последний будет вызываться тем обстоятельством, что в нижней части монолита лизиметра, а также 25-см слоя окружающей почвы все поры заполнятся грунтовой водой, благодаря чему запас влаги в нижних частях монолита лизиметра и 25-см слоя окружающей почвы несколько превысит запас влаги соответствующей нижней части монолита эвапорометра. Кроме того, должен слегка увеличиться запас влаги и в верхних их частях в силу хотя небольшого, но все же повышения зоны капиллярного насыщения по сравнению с неизменной зоной монолита эвапорометра.

Дальше, запасы влаги в монолите лизиметра и в почве при данных условиях всегда равны, если исключить разницу, зависящую от варьирования различных физических свойств, которую мы не учитываем, принимая оба монолита испарителей и окружающую их почву за однородные во всех отношениях. Поэтому величина избыточного запаса влаги x в монолите лизиметра и верхнем 25-см слое почвы, очевидно, одна и та же для одного и того же момента времени. Как это может отразиться на величинах просачивания в обоих монолитах испарителей и в почве?

Показания оттока по лизиметру уже не получают равным просачиванию в воронкообразный сосуд эвапорометра: при взвешивании монолита лизиметра получится некоторый дополнительный привес по сравнению с весом монолита эвапорометра, причем этот привес будет выражать собою избыточный запас влаги (x) монолита лизиметра против неизменного (или почти неизменного) запаса влаги эвапорометра. На эту же именно величину x просачивание в воронкообразный сосуд [ПР] должно быть больше оттока, показанного лизиметром [—ПГС], вследствие того, что из монолита, бывшего в лизиметрическом положении и переставленного в начале суток рассматриваемого периода в положение эвапорометрическое, вся влага сверх равновесной, т. е. равная x , должна вытечь в воронкообразный сосуд в течение этих суток. Другими словами, зависимость между рассматриваемыми величинами выразится формулой:

$$[ПР] = [—ПГС] + x$$

Дальнейший ход рассуждений: допустим, что запас влаги в монолите эвапорометра неизменен и равен K мм. В почве, а стало быть, и в монолите лизиметра пусть запас влаги к началу первых суток равен K , вторых суток — $K+x$, третьих — $K+x+x_2$, четвертых — $K+x_1$ и к концу четвертых — K . Отток в почве (истинный отток) примем за первые сутки равным a мм, за вторые сутки — b мм, за третьи — c мм и за четвертые — d мм, откуда истинный отток за четверо суток равен $a+b+c+d$. Осадки за эти

четверо суток примем соответственно равными $ОС_1$, $ОС_2$, $ОС_3$ и $ОС_4$, а испарение — $ИСП_1$, $ИСП_2$, $ИСП_3$ и $ИСП_4$, причем осадки всегда больше испарения.

В начале первых суток запасы влаги в обоих монолитах испарителей и верхнем 25-см слое окружающей их почвы равны по условию капиллярному насыщению K . Отток, показанный лизиметром за первые сутки, очевидно, будет равен истинному оттоку a мм. Также очевидно, что через монолит эвапорометра за первые сутки просочится весь избыток осадков, откуда величина просачивания в воронкообразный сосуд $ПР_1 = ОС_1 - ИСП_1$. В почве осадки за вычетом испарения тоже будут просачиваться, при этом просачивание сопровождается увеличением запаса влаги в верхнем 25-см слое почвы на x_1 . Увеличение же запаса влаги в верхнем слое почвы мы должны рассматривать как следствие повышения уровня грунтовых вод, которое могло произойти по двум причинам: в силу превышения избытка осадков над оттоком и благодаря влиянию гидростатического подъема. Принимая, что последний в данном случае отсутствует, остается один фактор воздействия — осадки. Случай же, когда в повышении уровня грунтовых вод принимает участие, помимо осадков, и гидростатический подъем, будет рассмотрен ниже. Значит часть осадков, равная x_1 , задержана в верхнем слое почвы, и отток избытка осадков выразится через $a = ОС_1 - ИСП_1 - x_1$, откуда $ОС_1 - ИСП_1 = a + x_1$. Подставляя $a + x_1$ вместо $ОС_1 - ИСП_1$ в уравнение для просачивания, получим: $ПР_1 = a + x_1$.

В начале вторых суток монолиты меняются местами. Монолит, занимавший вчера лизиметрическое положение, теперь окажется в эвапорометрическом положении; он может удержать лишь ту влагу, которая равна величине его капиллярного насыщения K , поэтому его избыточный запас влаги x_1 стечет в течение вторых суток в воронкообразный сосуд. По той же причине осадки, исключая из них расход влаги на испарение, должны полностью просочиться через монолит эвапорометра. Поэтому величина просачивания за вторые сутки будет равна $ПР_2 = x_1 + ОС_2 - ИСП_2$. Но так же, как и для первых суток, мы найдем, что $ОС_2 - ИСП_2 = b + x_2$. Подставляя $b + x_2$ вместо $ОС_2 - ИСП_2$ в уравнение для просачивания за вторые сутки получим: $ПР_2 = x_1 + x_2$. В лизиметрическое положение на вторые сутки встанет монолит, занимавший в первый день эвапорометрическое положение. Запас влаги этого монолита K мм; он должен выравняться до запаса влаги в почве, т. е. до $K + x_1 + x_2$. Это выравнивание запаса влаги монолита может происходить в силу увлажнения его нижней части до полного насыщения одновременно как просачивающимися осадками, так и той водой, которая стоит в гнезде лизиметра. Но последняя должна играть второстепенную роль, так как большая часть влаги, заключенная в порах предыдущего монолита, переходит с ним в эвапорометрическое положение, а в самом гнезде остается в сущности та вода, которая заполняет пространство между

стенками внутреннего и наружного цилиндров лизиметра и которая должна занять свое прежнее место, когда в гнездо встанет монолит, бывший накануне эвапорометром. И если какое-то количество воды, находящейся в гнезде лизиметра, и проникнет в поры этого монолита, то расход ее потом будет пополняться просачивающимися осадками, пока она не достигнет своего прежнего уровня между стенками цилиндров. Таким образом, выравнивание запаса влаги монолита до запаса влаги в окружающей почве происходит в конце-концов исключительно за счет просачивающихся осадков. Отсюда понятно, что через монолит просочится только тот избыток осадков, который останется после расхода их на испарение и выравнивание запаса влаги в монолите, т. е. $(-ПГС_2) = ОС_2 - ИСП_2 - (x_1 + x_2)$, или $(-ПГС_2) = b + x_2 - (x_1 + x_2) = b - x_1$.

На третий день монолиты опять меняются местами. Монолит лизиметра, занявший эвапорометрическое положение, отдаст свой избыточный против капиллярного насыщения запас влаги $(x_1 + x_2)$ в воронкообразный сосуд. Кроме того, через него просочится избыток осадков, равный $ОС_3 - ИСП_3$, так что величина просачивания выразится через $ПР_3 = x_1 + x_2 + ОС_3 - ИСП_3$. В почве за этот день запас влаги уменьшился по сравнению с запасом влаги за прошлый день на x_2 , очевидно, в силу превышения оттока над избытком осадков, полностью просочившимся через верхний 25-см слой. Отсюда отток в почве равен $С = ОС_3 - ИСП_3 + x_2$ и $ОС_2 - ИСП_3 = c - x_2$. Подставляем $c - x_2$ вместо $ОС_3 - ИСП_3$ в уравнение для просачивания в эвапорометре и получаем: $ПР_3 = x_1 + x_2 + c - x_2 = c + x_1$. В лизиметрическом положении очутится монолит, занимавший за прошлые сутки эвапорометрическое положение. Его запас влаги, равный вначале дня K , должен выравняться к концу дня до запаса влаги в почве, т. е. до $K + x_1$, что произойдет, как это было разобрано выше, за счет осадков. Поэтому через монолит лизиметра просочится избыток осадков, равный $ОС_3 - ИСП_3 - x$, но $ОС_3 - ИСП_3 = c - x_2$, отток, наблюдаемый по лизиметру, будет $-ПГС_3 = c - x_2 - x_1$.

Продолжая рассуждать подобным образом, мы получим за четвертые сутки следующие величины просачивания и оттока, наблюдаемые по испарителям: $ПР_4 = x_1 + d - x_1 = d$ и $ПГС_4 = d - x_1$.

Надо добавить при этом, что лизиметр вместо оттока, имеющегося в почве, может показать иногда приток. В самом деле, за третьи сутки отток по лизиметру $[-ПГС] = c - (x_1 + x_2)$. Не исключена возможность, что $(x_1 + x_2)$ превысит величину истинного оттока (c), в особенности когда c мало. Тогда $c - (x_1 + x_2)$ превратится в отрицательную величину и укажет на приток. Умножая обе части равенства $(-ПГС) = c - (x_1 + x_2)$ на (-1) , получим $(+ПГС) = (x_1 + x_2) - c$, т. е. равенство, выражающее собою наблюдаемый приток, причем правая часть равенства — число положительное, раз $(x_1 + x_2) > c$.

Подведем итоги этих величин за четыре дня:

Просачивание по эвапорометру	Отток по лизиметру
$ПР_1 = a + x_1$	$-ПГС_1 = a$
$ПР_2 = b + x_1 + x_2$	$-ПГС_2 = b - x_1$
$ПР_3 = c + x_1$	$-ПГС_3 = c - x_1 - x_2$
$ПР_4 = d$	$-ПГС_4 = d - x_1$

$$\text{Итого: } [ПР] = a + b + c + d + 3x_1 + x_2 \quad [-ПГС] = a + b + c + d - 3x_1 - x_2$$

Сложив почленно эти равенства, получим:

$$\frac{2(a + b + c + d)}{2} = \frac{[-ПГС] + [ПР]}{2}, \quad \text{откуда}$$

Т. е. величина истинного оттока равна полусумме величин из наблюдаемого оттока по лизиметру и просачивания в воронкообразный сосуд эвапорометра.

Таким образом, формула оттока, выведенная для случая, когда грунтовые воды залегают относительно глубоко (сообщение 1-е), действительно и для тех случаев, когда уровень их располагается в пределах 25 см слоя почвы.

Необходимо оговориться: величина оттока, получаемая по этой формуле для каждого дня, не будет соответствовать действительной:

	Вычисленный отток	Истинный отток
Первые сутки	$\frac{2a + x_1}{2} = a + \frac{x_1}{2}$	a
Вторые >	$\frac{2b + x_2}{2} = b + \frac{x_2}{2}$	b
Третьи >	$\frac{2c - x_2}{2} = c - \frac{x_2}{2}$	c
Четвертые >	$\frac{2d - x_1}{2} = d - \frac{x_1}{2}$	d
Сумма	$a + b + c + d$	$a + b + c + d$

Однако сумма вычисленных величин оттока за некоторый достаточно длительный период наблюдений соответствует, как видно, действительно, причем чем длиннее период наблюдений, тем полнее должны совпадать эти суммы.

Теперь перейдем к выяснению величины притока.

Идея, положенная В. П. Поповым в основу конструкции своих приборов — монолит испарителя в лизиметрическом положении в течение почти одних суток восстанавливает свой запас влаги до запаса влаги в окружающей

почве, подтверждается у него соответствующими опытами лишь для случая просачивания. Примем, однако, что это явление имеет место и для случая притока влаги из глубоких слоев, хотя это положение, разумеется, еще необходимо доказать на опыте.¹ Исходя из этого, мы пришли к выводу, что для случая относительно глубоких грунтовых вод истинный приток влаги в почве равен половине найденного притока по лизиметру. Посмотрим, верна ли эта формула для того случая, когда грунтовые воды залегают на глубине 25 см и менее.

1-й с л у ч а й: Сухой период. Притока в почве нет. Мы уже отмечали, что обильно выпадающие осадки, поднимающие уровень грунтовых вод до появления их в гнезде лизиметра, безусловно увлажняют верхний 25-см слой почвы и оба монолита испарителей до величины их капиллярного насыщения, выравнивая в них таким образом запасы влаги. Допустим, что с этого момента наступил сухой период, но вода в гнезде лизиметра продолжает оставаться еще в течение нескольких дней, постепенно понижая свой уровень. Пока стоит вода в гнезде лизиметра, приток влаги из глубоких слоев в верхний 25-см слой мыслим только в силу гидростатического подъема; понижение же уровня воды в гнезде лизиметра может происходить благодаря двум причинам — гидростатическому понижению, превышающему гидростатический подъем, и через испарение. Предположим, что гидростатический подъем и понижение грунтовой воды существуют, но взаимно уравниваются друг друга. Тогда понижение уровня воды в почве и в монолите лизиметра, а также и в гнезде лизиметра будет происходить только через испарение.

Пусть к началу сухого периода запас влаги в верхнем 25-см слое почвы, а следовательно, и в монолите лизиметра равен $(K+a+b+c)$ мм, где K — величина капиллярного насыщения этого слоя. Запас же влаги в монолите эвапорометра примем равным величине капиллярного насыщения K , что вполне допустимо, так как за предыдущий дождливый день расход влаги в нем на испарение восполнялся осадками. Испарение за первые сутки пусть равно $ИСП_1=a$, за вторые сутки $ИСП_2=b$, за третьи сутки $ИСП_3=c$ и за четвертые $ИСП_4=0$. Запасы влаги в верхнем 25-см слое почвы и в монолите лизиметра при таких условиях должны изменяться, уменьшаясь каждый день на величину испарения, так что в конце первого дня они будут выражаться величиной $K+b+c$, в конце второго дня — $K+c$ и в конце третьего — K мм. Таким образом вода в гнезде лизиметра исчезнет к началу четвертого дня.

В начале первого дня наблюдений монолиты испарителей переменили места. В эвапорометрическом положении очутится монолит с запасом влаги,

¹ Имеющиеся в нашем распоряжении данные позволяют поставить это положение под серьезное сомнение. Этот вопрос составит содержание нашего следующего (3-го) сообщения.

равным $K+a+b+c$, избыток которой против капиллярного насыщения K стечет в воронкообразный сосуд эвапорометра. А так как осадков нет, то величина просачивания за первые сутки очевидно выразится через $ПР_1=a+b+c$. За первые же сутки монолит эвапорометра испарит a мм, так что в конце дня его запас будет равным $K-a$.

Здесь необходимо оговориться: как в рассматриваемом случае, так и во всех последующих мы условно принимаем, что монолиты эвапорометра и лизиметра испаряют одно и то же количество влаги, несмотря на различную их влажность. Основанием для этого служит соображение, что при влажности монолитов обоих испарителей, довольно близкой в сущности к величине капиллярного насыщения, разница в величинах испарения не может быть значительной. Кроме того, более или менее точная зависимость величины испарения от величины влажности до сих пор не установлена, и мнения различных авторов по этому вопросу сильно расходятся.¹

В лизиметрическом положении придет монолит с запасом влаги K мм, который должен будет выравниваться до запаса влаги в окружающей почве, т. е. до $K+a+b+c$. Потеряв в течение суток a мм на испарение, монолит лизиметра придет к концу дня с запасом влаги в $K+b+c$, т. е. с большим против начального на $b+c$. На эту именно величину монолит лизиметра избыточно прибавится в весе и покажет приток, хотя его в природе и не существует. Приток $+ПГС_1=b+c$.

На вторые сутки монолиты испарителей опять поменялись местами. Монолит лизиметра с запасом влаги $K+b+c$, попав в эвапорометрическое положение, отдаст избыточный запас влаги $b+c$ в воронкообразный сосуд эвапорометра, а затем еще уменьшит свой запас влаги, равной теперь уже капиллярному насыщению K , через испарение на величину b и к концу дня придет с запасом влаги $K-b$. Просачивание за вторые сутки, таким образом, равно $ПР_2=b+c$. В лизиметрическом положении очутится монолит с запасом влаги $K-a$, который должен выравниваться до запаса влаги в верхнем слое почвы в начале дня, т. е. до $K+b+c$, а затем, потеряв на испарение в миллиметрах, монолит к концу дня будет иметь запас влаги, равный $K+c$. Избыточная прибавка в весе получится, таким образом, равной $K+c-(K-a)=c+a$, приток за вторые сутки выразится через $+ПГС_2=a+c$.

Подобные же рассуждения приведут нас в дальнейшем к получению величин просачивания и притока за третьи сутки: $ПР_3=c$ и $+ПГС_3=b$, а также к величине запаса влаги в монолите эвапорометра, равной $K-c$.

Так как к концу третьего дня запас влаги в почве и в монолите лизиметра равен K , то за четвертые сутки монолит, перешедший из

¹ Проф. А. Ф. Лебедев. Почвенные и грунтовые воды. Сельхозгиз. 1931 г.

Проф. А. Г. Дояренко. К изучению испаряющей способности почв. Н. А. Ж. № 5—6 1924 г.

лизи́метрического положения в эвапо́метрическое, не отдаст в воронкообразный сосуд эвапометра ни одной капли влаги. Отсюда: $ПР_4 = 0$. Монолит же, занимавший за третьи сутки эвапометрическое положение и имевший в конце третьего дня запас влаги $K - c$, попадает в начале четвертого дня в лизи́метрическое положение, где его запас влаги выравнивается до запаса влаги в почве, т. е. до K , увеличившись, стало быть, на c мм. Таким образом, наблюдаемый приток за четвертые сутки будет равен $+ПГС_4 = c$.

Суммируя наблюдаемые величины притока и просачивания, получим

Приток			Просачивание	
первые	сутки	$+ПГС_1 = b + c$	$ПР_1 = a + b + c$	
вторые	»	$+ПГС_2 = a + c$	$ПР_2 = b + c$	
третьи	»	$+ПГС_3 = b$	$ПР_3 = c$	
четвертые	»	$+ПГС_4 = c$	$ПР_4 = 0$	
Сумма			$[+ПГС] = a + 2b + 3c$	$[ПР] = a + 2b + 3c$

Вычитая почленно второе равенство из первого, получили: $(+ПГС) - [ПР] = 0$.

Но так как в почве притока из глубоких слоев нет, другими словами он равняется нулю, то:

действительный приток $= [+ПГС] - [ПР] \dots (1)$

Из этого уравнения вытекает, что если величина притока равна величине просачивания в воронкообразный сосуд, то никакого притока в почве не существует; если же $[+ПГС] > [ПР]$, то очевидно приток есть, а неравенство $[+ПГС] < [ПР]$ укажет на происходящий в почве отток.

Тут уместно еще раз отметить, что величины притока и оттока, регистрируемые приборами за целые сутки, представляют собою алгебраическую сумму из истинных величин тех же статей прихода и расхода влаги, т. е. притока и оттока, которые мы получали бы, если бы вели наблюдения непрерывно, а не раз в сутки. Поэтому, когда мы говорим, что в почве нет никакого притока, а есть отток, или наоборот, то это надо понимать в том смысле, что в результате влагообмена между верхним 25-см слоем почвы и глубже лежащими слоями за данные сутки отток превышал приток, или наоборот, на найденную нами величину. Кроме того, наблюдаемые величины просачивания и притока, как это видно из предыдущего, совпадают лишь за достаточно длительный промежуток времени, а для каждого дня они могут значительно расходиться между собою. Значит, по формуле: истинный приток $= (+ПГС) - (ПР)$ можно решать вопрос о наличии в почве притока или оттока не за каждый день, а для довольно длительного периода наблюдений.

2-й с л у ч а й: Сухой период. Приток в почве есть. В рассматриваемых условиях, т. е. когда после обильных осадков появляется вода в гнезде лизиметра, вполне возможен случай превышения гидростатического подье-

ма грунтовой воды над ее гидростатическим понижением и расходом на испарение. Значит, в верхнем 25-см слое почвы будет происходить приток. Попытаемся вывести формулу притока, выраженную через величины, показанные испарителями.

Предположим, что начальный момент наблюдения за сухой период совпадает с залеганием зеркала грунтовой воды на глубине 25 см. Тогда запас влаги в обоих монолитах испарителей и верхнего 25-см слоя почвы будет равен их капиллярному насыщению K . Пусть испарение за четыре дня наблюдений равно соответственно $ИСП_1$, $ИСП_2$, $ИСП_3$ и $ИСП_4$, причем $ИСП_4 = 0$.

Запас же влаги в почве и монолите, занимающем лизи́метрическое положение, допустим, изменяется следующим образом: в начале первого дня — K мм, в конце первого дня — $K + a$, в конце второго дня — $K + a + b$, в конце третьего дня — $K + a + b$ и в конце четвертого дня — $K + a + b$, откуда величина притока выразится за первые сутки через a мм, за вторые сутки через b мм, за третьи и четвертые сутки через 0 мм, а за весь период через $a + b$.

Все рассуждения по поводу изменений запаса влаги в монолитах обоих испарителей, а также в отношении величин притока и просачивания, которые должны наблюдаться в течение этих четырех дней, будут основываться на тех же положениях, что и в первом случае. Поэтому, чтобы избежать повторений, приведем лишь полученные данные, представив их в виде схемы:

	Монолит в эвапометрическом положении		Монолит в лизи́метрическом положении	
	запас влаги к концу дня	просачивание (ПР)	запас влаги к концу дня	приток (+ ПГС)
Первые сутки	$K - ИСП_1$	$ПР_1 = 0$	$K + a$	a
Вторые »	$K - ИСП_2$	$ПР_2 = a$	$K + a + b$	$ИСП_1 + a + b$
Третьи »	$K - ИСП_3$	$ПР_3 = a + b$	$K + a + b$	$ИСП_2 + a + b$
Четвертые »	$K - ИСП_4$	$ПР_4 = a + b$	$K + a + b$	$ИСП_3 + a + b$
Сумма	$[ПР] = 3a + 2b \dots (1)$		Сумма $[+ПГС] = 4a + 3b + ИСП_1 + ИСП_2 + ИСП_3 \dots (2)$	

Но так как $ИСП_4 = 0$, то во втором уравнении мы можем приписать в правой его части $+ИСП_4$, отчего равенство не нарушается, и получим:

$$[+ПГС] = 4a + 3b + ИСП_1 + ИСП_2 + ИСП_3 + ИСП_4 = 4a + 3b + [ИСП] \dots (3)$$

Вычитая почленно из третьего равенства второе, получим:

$$[+ПГС] - [ПР] = a + b + [ИСП], \text{ откуда} \\ a + b = [+ПГС] - [ПР] - [ИСП], \dots\dots\dots (II)$$

Величина истинного притока в почве равна величине наблюдаемого притока без величин просачивания и испарения.

Разумеется, эта формула будет верна опять-таки не для каждого дня, а для довольно продолжительного срока наблюдений, в чем легко убедиться, сопоставив величины истинного притока в почве и величины, полученные путем вычисления по формуле:

	Вычисленный приток	Истинный приток
Первые сутки	$a - ИСП$	a
Вторые >	$a + b + ИСП_1 - a -$ $- ИСП_2 = b + ИСП_1 -$ $- ИСП_2$	b
Третьи >	$a + b + ИСП_2 -$ $- (a + b) -$ $- ИСП_3 = ИСП_2 - ИСП_3$	0
Четвертые сутки	$a + b + ИСП_3 -$ $- (a + b) - ИСП_4 =$ $= ИСП_3 - 0$	0
Сумма	$a + b$	$a + b$

3-й с л у ч а й. выпадают осадки. Приток в верхний 25-см слой почвы из глубоких слоев имеет место. При рассмотрении этого случая необходимо учесть то, что количество осадков может быть меньше или больше испарения. Если осадки меньше испарения ($ОС < ИСП$), то вопрос сведется, очевидно, к первому или второму случаю. Если ж осадки превышают испарение ($ОС > ИСП$), то задача требует своего особого разрешения.

Прежде всего напрашивается такой вопрос: возможен ли вообще при этом условии приток влаги из глубоких слоев? Да, возможен. В самом деле, предположим, что гидростатический подъем равен гидростатическому понижению, а оттока в глубокие слои нет, тогда избыток осадков, просочившийся до зеркала грунтовых вод, будет на них насаиваться и повышать их уровень, а следовательно, и увеличивать запас влаги в верхнем 25-см слое почвы на величину $ОС - ИСП$. Одновременное превышение гидростатического подъема над гидростатическим понижением может еще повысить уровень грунтовых вод на несколько, скажем, на a мм, благодаря чему запас влаги в почве увеличится дополнительно на a мм. Очевидно, последняя величина (a) и будет представлять собою истинный приток.

Мыслимо и другое допущение: гидростатическое понижение несколько превышает гидростатический подъем, в силу чего часть избытка просачи-

вающихся осадков расходуется на выравнивание зеркала грунтовых вод до прежнего их уровня, а остальная часть идет на повышение уровня. Но наиболее вероятным все же будет предположение о равенстве гидростатического подъема с гидростатическим понижением грунтовых вод. При преобладании гидростатического подъема отток в глубокие слои немаловажен. Основываясь на этом, мы в дальнейшем ходе своих рассуждений будем принимать, что весь избыток осадков над испарением при превышении гидростатического подъема грунтовых вод над гидростатическим понижением задерживается в верхнем 25-см слое почвы.

Допустим, что в начале первого дня наблюдений запасы влаги в почве и обоих монолитах испарителей равны капиллярному их насыщению K . Затем пусть осадки за четыре дня наблюдений соответственно выражаются через $ОС_1, ОС_2, ОС_3$ и $ОС_4$, а испарение — через $ИСП_1, ИСП_2, ИСП_3$ и $ИСП_4$, причем $ОС_1 > ИСП_1, ОС_2 > ИСП_2, ОС_3 > ИСП_3$ и $ОС_4 = ИСП_4$. Предположим далее, что истинный приток в почве в силу гидростатического подъема за первые сутки равен a мм, за вторые — b мм, и за третьи и четвертые сутки — нулю, так что истинный приток в почве за весь период выразится величиной $a + b$. А так как избыток осадков по условию весь задерживается в верхнем слое почвы, то запасы влаги в почве и монолите, занимающем лизиметрическое положение, можно представить в виде следующего ряда:

В конце первых суток	$K + a + (ОС_1 - ИСП_1)$
> > вторых >	$K + a + b + (ОС_2 - ИСП_2)$
> > третьих >	$K + a + b + (ОС_3 - ИСП_3)$
> > четвертых >	$K + a + b + (ОС_4 - ИСП_4)$

Превышение осадков над испарением даст основание говорить о том, что запас влаги в монолите, занимающем эвапориметрическое положение, за все время наблюдений останется равным капиллярному насыщению K .

В начале первого дня наблюдений монолиты испарителей меняются местами. В эвапориметрическом положении очутится монолит, занимавший лизиметрическое положение и имеющий запас влаги K мм. Избыток осадков, равный $ОС_1 - ИСП_1$, просочится через него полностью, так что $ПР_1 = ОС_1 - ИСП_1$. Лизиметрическое положение займет монолит с запасом влаги K мм, который к концу дня должен выравниваться до запаса влаги окружающей почвы, т. е. до $K + a + (ОС_1 - ИСП_1)$, откуда найденный приток $+ПГС_1 = a + (ОС_1 - ИСП_1)$.

На следующие, вторые, сутки эвапориметрическое положение займет монолит с запасом влаги $K + a + (ОС_1 - ИСП_1)$, избыток которого против капиллярного насыщения стечет в воронкообразный сосуд эвапориметра: кроме того, в него же просочится через монолит весь избыток осадков равный $ОС_2 - ИСП_2$, откуда $ПР_2 = a + (ОС_1 - ИСП_1) + (ОС_2 - ИСП_2)$, лизиметрическое же положение займет монолит с запасом влаги опять-таки равным K ,

выравнивая который до запаса влаги в почве, т. е. до $K+a+b+(OC_2-ISP_2)$, он покажет приток $+PGC_2=a+b+(OC_2-ISP_2)$.

При дальнейших рассуждениях мы получим за третьи и четвертые сутки следующие наблюдаемые величины просачивания и притока:

$$PR_3 = a + b + (OC_2 - ISP_2) - (OC_3 - ISP_3); +PGC_3 = a + b + (OC_3 - ISP_3);$$

$$PR_4 = a + b + (OC_3 - ISP_3) + (OC_4 - ISP_4); +PGC_4 = a + b + (OC_4 - ISP_4)$$

Просуммируем найденные величины просачивания и притока, учитывая, что $OC_4 - ISP_4 = 0$:

	Просачивание	Приток
первые сутки	$PR_1 = OC_1 - ISP_1$	$+PGC_1 + a + (OC_1 - ISP_1)$
вторые »	$PR_2 = a + (OC_1 - ISP_1) + (OC_2 - ISP_2)$	$+PGC_2 = a + b + (OC_2 - ISP_2)$
третьи »	$PR_3 = a + b + (OC_2 - ISP_2) + (OC_3 - ISP_3)$	$+PGC_3 = a + b + (OC_3 - ISP_3)$
четвертые »	$PR_4 = a + b + (OC_3 - ISP_3) + (OC_4 - ISP_4)$	$+PGC_4 = a + b + (OC_4 - ISP_4)$

$$\text{Сумма} \quad [PR] = 3a + 2b + 2(OC_1 - ISP_1) + 2(OC_2 - ISP_2) + 2(OC_3 - ISP_3) + 2(OC_4 - ISP_4) = 3a + 2b + 2(OC) - 2(ISP) \quad (I)$$

$$[+PGC] = 4a + 3b + (OC) - (ISP)$$

Вычитая почленно первое равенство из второго, получим

$$[+PGC] - [PR] = a + b - (OC) + (ISP), \quad \text{откуда} \quad a + b = [+PGC] - [PR] + (OC) - (ISP). \quad (II)$$

Оговорка, сделанная для всех предыдущих формул в отношении пользования ими, уместна и для вновь полученной формулы, а именно: по ней можно вычислить отток, близкий к действительности, только для достаточно продолжительного периода наблюдений.

Приведем некоторый фактический материал из работ Волжско-Камской экспедиции, чтобы подтвердить, что рассмотренные положения действительно встречаются в природе (см. табл. 1).

Из табл. 1 видно, что период с 2 по 7 октября был сухой. Высота воды в гнезде лизиметра убывала очень медленно, а с 6 на 7 октября начала вновь прибывать. Величины притока значительно больше величин просачивания. Очевидно, приток в силу гидростатического подъема имеет место за этот срок наблюдений. То же получается и по формуле II: истин. приток $= [+PGC] - [PR] - [ISP]$, причем не только за весь период, но и для каждого дня наблюдений.

В период с 21 по 29 сентября наблюдается пестрая картина: явления притока чередуются с явлениями оттока. Обращают на себя внимание данные за 21 сентября: $OC > ISP$, но истинный приток существует, ибо по

Таблица 1

Опытная площадка № 7

Год, месяц и число	Осадки OC	Просачивание ПР	Испарение ISP	Приток +PGC	Отток +PGC	Высота воды в гнезде лизиметра в см
1935 г. сент.						
21	1.6	2.3	1.0	4.0	—	1.7
22	0.8	2.6	2.5	3.1	—	2.0
23	2.8	2.7	1.2	3.3	—	2.3
24	4.4	8.7	—	—	2.8	2.7
25	—	0.8	2.6	5.2	—	3.4
26	10.2	14.6	—	—	5.7	3.5
27	37.7	39.3	—	—	34.4	4.1
28						
29	—	2.6	0.9	2.2	—	2.5
Октябрь						
2	—	1.6	1.0	4.4	—	2.2
3	—	1.3	2.5	3.2	—	2.2
4	—	1.1	1.5	2.9	—	1.8
5	—	1.2	0.9	4.6	—	1.7
6	0.1	1.2	1.0	4.3	—	1.6
7	—	0.8	3.0	4.9	—	1.9

формуле III: истинный приток $= [+PGC] - [PR] + [OC] - [ISP]$ получаем положительную величину в 2.3 мм. То же самое имеем и за 23 сентября. Так обстоит дело, когда осадки на немного превышают испарение; если же осадков выпадает большое количество, то всегда наблюдается отток, как например за 26 и 27—28 сентября.

В рассматриваемых условиях, т. е. когда дно гнезда лизиметра покрыто водой, часто бывает необходимо знать, какую часть из просочившейся в воронкообразный сосуд эвапорометра воды отнести за счет просочившихся осадков, а какую — за счет стекания в сосуд избыточного против капиллярного насыщения запаса влаги монолита от предыдущего дня. Задача легко решается при помощи уравнения, неоднократно приводившегося выше: $PR_n = OC_n - ISP_n + x_{n-1}$, откуда избыточный запас влаги $x_{n-1} = PR_n - (OC_n - ISP_n)$.

Зная величину x_{n-1} , можно, например, вносить поправку к величине просачивания (PR_n) за каждый текущий день или вычислять ежедневный запас влаги в верхнем 25-см слое почвы.

Может возникнуть мысль, что не проще было бы перед взвешиванием монолита лизиметра давать стекать из него избыточному запасу влаги и

таким образом избавляться от излишней, усложняющей вычисления величины. Эта мысль, сама по себе правильная, встречает следующие возражения: прежде всего время, потребное для стекания избытка влаги, каждый день будет меняться в зависимости от изменения уровня грунтовой воды; во-вторых, это время трудно установить, как трудно установить и критерий для полного окончания стекания; в третьих, — и это самое главное, — это время довольно значительное, что не может не отразиться на величинах испарения для монолита, подвергающегося в открытом виде усиленному воздействию солнца и ветра.

В заключение необходимо отметить, что выведенные формулы притока и оттока для испарителей системы В. П. Попова не исчерпывают всех возможных случаев и не претендуют на непогрешимость как в достаточной мере схематичные. Однако они охватывают наиболее часто встречающиеся случаи и дают, как нам кажется, возможность вносить существенные коррективы в величины, наблюдаемые по испарителям.

Н. И. БАСАЛАЕВ

К ВОПРОСУ О ЗНАЧЕНИИ КАПИЛЛЯРНО ПОДНИМАЮЩЕЙСЯ ВОДЫ В ВОДНОМ БАЛАНСЕ ПОЧВЫ

(Лабор. подзолистых почв Почв. инст. Акад. Наук).

Предварительное сообщение¹

Одним из существенных вопросов, изучавшихся стационаром Волжско-Камской экспедиции, было выяснение основных факторов, управляющих водным балансом различных почвенных разностей и, в частности, участие в этом балансе грунтовых вод. В районе работ экспедиции (Молого-Шекснинское междуречье) глубины верхнего горизонта грунтовых вод колеблются в течение весны, лета и осени от 0 до 150—200 см. Величина капиллярного подъема в материнской породе (тонкие глинистые пески) достигает 100—150 см. Из сопоставления этих двух величин видно, что капиллярно поднимающаяся влага не может не участвовать в водном балансе верхних почвенных горизонтов. Попытка приближенной количественной характеристики этого участия и составляет задачу настоящей работы, являющейся дополнением ко всему остальному комплексу полевых и лабораторных исследований, проводившихся на стационаре.

Необходимо отметить, что в первые годы работы на стационаре были проведены наблюдения над скоростью и высотой капиллярного подъема в почвенных монолитах и распределением влаги в них по окончании опыта. Эти наблюдения, изложенные в отчете руководителя стационарной партии И. С. Васильева, производились на монолитах, взятых без нарушения естественного сложения, причем скорость подъема учитывалась по перемещению видимой границы смачивания. Однако эти опыты, во-первых, не давали возможности проследить всю динамику передвижения влаги при капиллярном подъеме в количественном ее выражении, а во-вторых, поставили вопрос о том, в каком соотношении находятся между собой передвижение видимой границы смачивания и истинное передвижение влаги. Этот последний вопрос составил вторую задачу нижеописываемых опытов.

Объектом для опытов была выбрана одна из типичных для Молого-Шекснинского междуречья почвенных разностей — дерново-подзолистая почва

¹ Из работ Волжско-Камской экспедиции Почвенного института Академии Наук.

на тонком озерном глинистом песке — с опытной площадки № 3 стационара экспедиции.

Площадка № 3 расположена на ровном месте, слабо наклоненном на NO, недалеко от края озерной террасы, перед переходом ее в пойму р. Шексны, на пониженном суходольном лугу (выгон) по старой залежи.

Приводим морфологическое описание этой почвы:

A₁O—10. Дерновый, очень пестрый, состоит из углисто-черных гумусовых пятен (горизонт A₀ и A₁), белесых (горизонт A₂) и ярко желтых (горизонт B). Бесструктурный тонкопесчаный.

A₂ 10—18(27). Очень неравномерной мощности, серовато-белесый, с редкими коричневыми, расплывчатыми пятнами. Рыхлее предыдущего, песчаный, бесструктурный. Граница извилистая.

B₁ 18(27)—22(30). Весь горизонт в виде извилистой полоски, темнокоричневый гумусово-железистый, песчаный, бесструктурный. Такой же плотности, как и предыдущий.

B₂ 22(30)—63. На серо-желтом фоне более яркие желтые пятна, песчаный, рыхлый, бесструктурный. Граница резкая.

C₂ 63—98. Полосчатый, на коричневом фоне сизоватые полосы, более плотный, чем предыдущий, слоистый тонкий глинистый песок. Граница резкой прямой линией.

В табл. 1 (см. в конце статьи) приводится механический состав этой почвы.

Чтобы по возможности исключить влияние неоднородности механического состава, нами было взято для опытов три одинаковых монолита, без нарушения естественного сложения из одной и той же ямы. Морфологически все три монолита близки друг к другу. Размер монолитов — 1 м длины, 40 см ширины и 10 см толщины. Монолиты были взяты обычным способом в деревянные ящики. Перед началом опыта все три монолита были высушены в лаборатории до воздушно-сухого состояния. После этого в них была определена влажность через каждые 5 см. Образцы на влажность брались особым буриком, сделанным из медной трубки 16 мм диаметром. Оставшиеся после взятия проб отверстия в почве монолита забивались плотно входившими деревянными пропарафинированными палочками во избежание разрушения монолитов. После этого монолиты были поставлены вертикально в ванночки с водой, причем одна широкая стенка монолита была заменена стеклом.

Перемещение границы смачивания отмечалось примерно через каждые 4 см восковым карандашом на стеклянной стенке монолита с одновременной отметкой времени. При достижении границей смачивания высоты 20, а затем 40, 60, 80 и 90 см монолиты вынимались из воды и при неизменном вертикальном их положении, через каждые 5 см, во всю высоту монолита, брались буриком образцы на влажность. Продолжительность этой операции составляла около 1/2 часа. Верхняя точка края бурика совпадала с видимой границей смачивания. Точки взятия проб на влажность в каждый срок опре-

деления (т. е. по достижении видимой границы смачивания 0, 20, 40, 60, 80, 90 см) располагались по одной вертикальной линии. При ширине монолита в 40 см эти линии отстояли друг от друга на 6 см.

При таком приеме все монолиты удалось сохранить в целости до конца опыта, который был закончен, когда граница смачивания достигла 90 см. К сожалению, на этом опыт за недостатком времени пришлось прекратить, хотя максимальная высота капиллярного подъема еще не была достигнута. Весь опыт продолжался 26 дней.

После окончания опыта монолиты были разрушены, причем в каждом из них были взяты образцы объемом по 100 см³ с ненарушенной структурой, особым буром, для определения в них капиллярной влагоемкости и объемного веса.

Таким образом в результате опыта мы получили следующие данные:

- 1) Скорость перемещения видимой границы смачивания до 90 см.
 - 2) Распределение влажности в монолитах до опыта, затем при достижении границей смачивания высоты 20, 40, 60, 80 и 90 см и, наконец, в момент времени, соответствующий 7.7-дневному стоянию после достижения 90 см.
 - 3) Капиллярную влагоемкость почв по всему профилю, определенную в цилиндрических образцах высотой 5 см, взятых без нарушения естественного сложения.
 - 4) Объемный вес, определенный в тех же образцах.
- Обратимся к данным распределения влажности (табл. 2, стр. 144—145). Отметим прежде всего, что колебания влажности выше границы смачивания не превышают 0.5% от веса абсолютно сухой почвы. Так:

при подъеме влаги до 20 см влажн. на 25 см высоте	1.0 %	а до подъема	1.3 %
» » » » 40 » » » 45 »	1.2 %	»	0.8 %
» » » » 60 » » » 65 »	1.7 %	»	1.7 %
» » » » 80 » » » 85 »	0.8 %	»	1.0 %

Эти колебания находятся в пределах точности определений влажности, так как взвешивание образцов производилось с точностью до 0.1 г при навеске от 25 до 30 граммов.

Таким образом, видимая граница смачивания, по крайней мере до высоты 90 см, в наших условиях является действительной верхней границей капиллярного передвижения влаги и никакого передвижения влаги над ней не происходит.

Мы могли бы ожидать над границей смачивания передвижения влаги в пленочной форме, однако рассмотренные только что данные не дают указаний на это явление. Правда, наши данные могут быть слишком грубы для учета этого явления. Напомним однако, что А. Ф. Лебедев в своей книге «Почвенные и грунтовые воды» (1931 г.) отмечает, что скорость передвижения влаги под влиянием молекулярных сил очень мала по сравнению со

скоростью капиллярного ее передвижения, и поэтому мы в праве предположить, что в условиях нашего опыта, даже в самом его конце, скорость капиллярного подъема была все-таки больше, чем возможная скорость передвижения пленочной влаги.

Это подтверждается тем, что величина влажности при капиллярном подъеме даже в самой верхней части монолитов была всегда значительно выше максимальной молекулярной влагоемкости, а передвижение влаги в пленочной форме возможно лишь при влажности более низкой, чем максимальная молекулярная влагоемкость.

В табл. 3 мы приводим величины максимальной молекулярной влагоемкости для нескольких горизонтов нашей почвы.

Сравнивая эти данные с данными влажности при капиллярном подъеме, видим, что влажность даже в верхних горизонтах (75 см) в 2—3 раза превышает величину максимальной молекулярной влагоемкости.

Влажность, обусловленная капиллярным подъемом в пределах до высоты 90 см от уровня воды, исключает возможность передвижения влаги в пленочной форме.

Теперь посмотрим, как изменяется влажность почвы при капиллярном подъеме ниже границы смачивания.

Из данных табл. 2 видно, что на глубине 80 см, т. е. на расстоянии 20 см от уровня воды, влажность в момент прохождения границы смачивания равна 11.8%, по достижении границей смачивания высоты 40 см влажность на той же высоте 20 см равна уже 16.9%, при достижении 60 см — 17.9%, 80 см — 18.4% и 90 см — 19.9%, а при дальнейшем стоянии, равном 7.7 суток, влажность достигает 22.8% от веса сухой почвы и 97.3% от капиллярной влагоемкости. На других глубинах аналогичное изменение влажности происходит в пределах

на глубине 40 см	от 9.1 % до 24.1 %
на глубине 60 см	от 7.8 % до 21.8 %
на глубине 80 см	от 7.2 % до 16.8 %
на глубине 90 см	от 6.7 % до 10.0 %

Другими словами, после того, как граница смачивания при своем подъеме минует некоторый слой, влажность этого слоя почвы продолжает расти. Этот рост в зависимости от физических свойств почвы и глубины водяного зеркала может довести влажность до величины в 2—3 раза большей, чем влажность в момент прохождения границы смачивания.

Механизм этого явления может быть, как нам кажется, объяснен следующим образом. В почве мы имеем целую сеть капиллярных ходов самой разнообразной формы и размеров. В начале капиллярного подъема вода будет подниматься прежде всего по более крупным капиллярным промежуткам, так как скорость капиллярного подъема находится в прямой за-

висимости от диаметра капилляра (для максимальной высоты поднятия существует, как известно, обратная зависимость).

Вот это заполнение более крупных капилляров и отмечается, повидимому, перемещением видимой границы смачивания. Однако вода продолжает, но более медленно, подниматься и по более тонким капиллярам, вследствие чего влажность данного слоя почвы продолжает расти, и весьма значительно, и после того, как граница смачивания пройдет через него.

Кроме того, влажность слоя почвы, через который уже прошла видимая граница смачивания, может возрасти еще и за счет медленного заполнения водой очень тонких капилляров, представляющих ответвления более крупных капилляров, т. е. тех капиллярных промежутков, которые не имеют непосредственной связи с зеркалом воды. Последнее может иметь особое значение в слоистых грунтах.

Следствием всего этого является то, что, определяя скорость капиллярного подъема по перемещению видимой границы смачивания, мы определяем скорость подъема лишь в наиболее крупных капиллярах, т. е. максимальную скорость, в то время как передвижение влаги в капиллярах более мелких от нашего наблюдения ускользает и может быть обнаружено лишь путем периодического определения влажности. Этот прием может быть, вероятно, с успехом применен для изучения многих дальнейших вопросов связанных с явлениями капиллярного подъема.

Обратимся еще к одному явлению, нами замеченному. Из табл. 2 видно, что при достижении границей смачивания высоты 80 см, влажность у поверхности воды равна капиллярной влагоемкости (105%). Выше, от 5 до 25 см от уровня воды, влажность несколько падает, и выраженная в тех же единицах колеблется около 78%. Еще выше она снова растет и на глубине 50 см достигает 89.4%. Примерно такую же картину мы наблюдаем и при достижении границей смачивания высоты 90 см, только абсолютные данные несколько выше. Таким образом, против ожидания относительная влажность почвы при капиллярном подъеме в данном случае в верхних горизонтах оказалась выше, нежели в нижних. При дальнейшем насыщении подобное распределение влажности меняется, и при общей продолжительности подъема в 26 суток мы наблюдаем уже «нормальное» распределение относительной влажности, при котором она равномерно уменьшается снизу вверх (табл. 2, последняя графа).

Объяснить временное преувеличение относительной влажности в верхних горизонтах по сравнению с нижними можно, вернувшись к данным механического анализа и описанию почвы. Из общего описания нашей почвы мы видим, что горизонт 63—98 см наиболее плотный и в то же время содержит наибольшее количество тонких частиц. Поэтому можно предположить, что в этом горизонте имеется большое число тонких капилляров, передвижение воды по которым совершается медленно. Вместе с тем влага, продвигу-

шаяся через этот горизонт по крупным капиллярам, быстро достигла вышележащего горизонта, более легкого по механическому составу, в котором количество крупных капилляров гораздо больше и который поэтому быстро насытился или почти насытился водой, в то время как нижний горизонт еще продолжает насыщаться и сравнивается с вышележающим лишь по прошествии 26 дней.

Перейдем теперь к основному вопросу нашей работы: о количестве влаги, передвигающейся при капиллярном подъеме.

Имея данные объемного веса, приведенные в табл. 4, и распределение влажности в различное время и на различной глубине, мы вычислили запас, влаги для отдельных монолитов в слоях 10—20, 20—40, 40—60, 60—80 и 80—100 см (табл. № 5), выразив его в миллиметрах водного слоя. Вычисление запаса влаги мы производили по следующей формуле:

$$\frac{V \cdot h \cdot a}{100} = \text{запасу влаги в мм водного столба.}$$

где V —объемный вес, h —высота слоя, a —% влажности.

Для пояснения приведем пример:

Предположим, что влажность столба почвы высотой в 5 см и с поперечным сечением в 1 см² равна 20% от веса абсолютно сухой почвы, средний объемный вес этого столба—1.6 г. Вес воды в столбе почвы высотой в 1 см, т. е. в одном см³ данной почвы при данной влажности (20%), будет равен

$$\frac{1.6 \cdot 20}{100} = 0.32 \text{ г или } 0.32 \text{ см водяного столба.}$$

Если для столба высотой в 1 см³ запас влаги=3.2 мм, то для 5-см столба очевидно — $3.2 \times 5 = 16$ мм. Объединив эти действия, получаем:

$$\frac{1.6 \cdot 20 \cdot 5 \cdot 10}{100} = 16 \text{ мм.}$$

Зная величины запаса влаги в разные моменты времени в некотором слое, приведенные в табл. 5, мы смогли высчитать величины приращения этих запасов в единицу времени при капиллярном подъеме, т. е. количество воды, проходящее при капиллярном подъеме через поперечное сечение на высоте нижней границы данного слоя.

Данные эти представлены в табл. 6. Последняя графа этой таблицы представляет собою суммы количеств влаги, проходящих через поперечное сечение на данной высоте за разные промежутки времени. Цифры последней графы не являются вполне точными, так как полного насыщения монолитов водой за 26-дневный срок наблюдений мы не достигли. Увеличение продолжительности опыта поэтому должно было бы повысить эти величины, но, вероятно, уже незначительно.

Каков физический смысл этих суммарных величин?

Общий запас влаги в том или ином слое представляет собою то количество ее, которое может быть поднято силами поверхностного натяжения в этот слой из нижележащего при данной глубине зеркала воды, при условии полного насыщения нижележащего слоя.

При наших опытах мы исходили из воздушно-сухой почвы, вследствие чего общий промежуток времени, потребного для капиллярного насыщения, данного слоя выразился в 26 суток (с оговоркой о несколько неполном насыщении). Однако его насыщение, как видно из табл. 6, шло очень неравномерно — очень быстро вначале и очень медленно в конце. Определив количества влаги «всасываемые» данным слоем в единицу времени за последовательные промежутки его, мы получили суммарную величину влаги, могущую быть «всосанной» данным слоем из нижележащего за одни сутки. Если теперь из данного 20-см слоя влага начнет тем или иным путем расходоваться (например, на транспирацию растений), то определенная нами суммарная величина Q явится максимальной пределью того количества влаги, расход которого из данного горизонта может быть компенсирован капиллярной подачей при данном уровне зеркала воды. Максимальной эта величина будет потому, что расходование влаги происходит здесь не во всей толще слоя равномерно, а так, что верхние части этого слоя расходуют ее в большей степени, чем нижние. Принимая во внимание, что и на передвижение влаги в пределах этого слоя необходимо некоторое время, фактический верхний предел расхода влаги, компенсированный за счет капиллярного подъема, будет несколько ниже.

Таблица 1

Механический состав (по методу Судана) дерново-подзолистой почвы с площадки № 3

Глубина взятия образца в см	Ф р а к ц и и				
	1—0.25	0.25—0.02	0.02—0.006	0.006—0.002	< 0.002
1—5	7.07	72.39	4.79	1.38	14.37
10—15	2.23	79.19	2.11	5.02	11.45
20—25	2.85	78.29	3.04	0.86	14.96
35—40	0.07	88.48	1.81	0.60	9.04
60—65	0.16	90.21	0.20	0.80	8.63
77—85	0.68	84.18	1.82	0.91	12.41
97—102	0.21	83.85	0.50	0.91	14.53
127—133	0.74	84.82	0.81	1.82	11.81

Распределение влажности в моно
В процентах от веса абсолютно сухой почвы

Глубина от поверхн. в см	В просушен- ных монолитах до подъема						После подъема гра- ницы смачивания до высоты 20 см						После подъема гра- ницы смачивания до высоты 40 см						После подъема гра- ницы смачивания до высоты 60 см					
	МОНОЛИ- ТЫ			Средн.	% от кап. влагоем.	МОНОЛИТЫ			Средн.	% от капилляр. влагоем.	МОНОЛИТЫ			Средн.	% от капилляр. влагоем.	МОНОЛИТЫ			Средн.	% от капилляр. влагоем.				
	№ 1	№ 2	№ 3			№ 1	№ 2	№ 3			№ 1	№ 2	№ 3			№ 1	№ 2	№ 3						
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
10	0.5	1.1	1.8	1.1	—	0.5	2.4	2.0	1.6	—	1.1	1.2	0.8	1.0	—	2.3	1.5	1.7	1.8	—	—			
15	0.3	4.4	1.0	1.9	—	0.5	4.4	1.5	2.1	—	1.0	1.5	2.8	1.8	—	1.5	0.5	1.1	1.0	—	—			
20	1.7	2.6	2.4	1.9	—	4.9	3.3	5.6	4.6	—	5.2	3.2	6.6	5.0	—	3.4	2.5	4.7	3.5	—	—			
25	2.4	1.8	3.8	2.7	—	2.7	2.9	3.6	3.1	—	3.0	3.8	3.6	3.5	—	2.8	0.9	3.0	2.2	—	—			
30	2.8	1.4	3.6	2.6	—	1.7	2.0	2.3	2.0	—	1.1	2.7	2.0	1.9	—	1.8	0.5	2.0	1.4	—	—			
35	1.4	0.9	2.0	1.4	—	1.4	1.7	1.8	1.6	—	1.3	2.8	2.1	2.1	—	1.1	2.5	1.5	1.7	—	—			
40	1.1	0.6	1.0	0.9	—	1.4	0.8	2.2	1.5	—	1.3	2.4	1.7	1.8	—	8.4	6.6	8.3	7.8	30.2	—			
45	0.7	1.0	0.9	0.9	—	0.6	1.2	2.6	1.5	—	1.0	1.2	1.5	1.2	—	18.6	13.5	13.3	15.1	56.1	—			
50	0.8	1.2	0.8	0.9	—	0.7	0.8	2.0	1.2	—	1.0	0.4	2.1	1.2	—	20.5	18.2	20.0	19.6	73.6	—			
55	1.0	0.6	0.5	0.7	—	0.9	0.5	1.1	0.8	—	0.7	0.8	2.0	1.2	—	18.4	15.6	19.6	17.9	69.1	—			
60	0.7	0.5	0.8	0.7	—	0.8	0.3	1.3	0.8	—	8.0	9.6	9.7	9.1	35.5	16.9	14.2	17.3	16.1	63.3	—			
65	0.8	0.7	0.7	0.7	—	0.8	0.5	0.7	0.7	—	14.0	14.5	13.9	14.1	56.1	18.1	18.1	19.2	18.5	73.6	—			
70	1.3	0.8	1.3	1.1	—	0.8	0.9	0.5	0.7	—	—	—	14.9	14.9	61.8	19.1	19.4	18.3	18.9	78.3	—			
75	1.5	0.8	1.5	1.3	—	0.7	1.1	1.3	1.0	—	16.4	18.4	16.2	17.0	72.2	17.0	17.7	16.4	17.0	72.3	—			
80	2.0	1.0	1.6	1.5	—	10.6	—	13.0	11.8	50.2	16.9	17.1	16.6	16.9	71.9	16.8	19.1	17.7	17.9	76.1	—			
85	1.3	1.7	1.7	1.6	—	15.1	15.5	15.6	15.4	65.2	16.4	17.1	15.6	16.4	69.4	18.4	17.8	17.2	17.8	74.7	—			
90	—	2.1	1.8	2.0	—	14.9	15.7	18.4	16.3	69.0	16.2	16.8	20.3	17.8	74.7	16.6	17.7	18.5	17.6	73.8	—			
95	—	2.2	1.6	1.9	—	19.4	20.2	21.3	20.3	84.8	24.4	23.2	25.4	24.3	100	22.6	23.4	23.7	23.2	94.0	—			
100	—	—	—	—	В	—	О	—	Д	—	—	А	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

Таблица 2

литах при капиллярном подъеме
и в процентах от капиллярной влагоемкости

После подъема гра- ницы смачивания до высоты 80 см						После подъема гра- ницы смачивания до высоты 90 см						Через 7.7 суток по- сле подъема грани- цы смачивания до 90 см						Горизонты почвы
МОНОЛИТЫ			Средн.	% от капилляр. влагоем.	МОНОЛИТЫ			Средн.	% от капилляр. влагоем.	МОНОЛИТЫ			Средн.	% от капилляр. влагоем.				
№ 1	№ 2	№ 3			№ 1	№ 2	№ 3			№ 1	№ 2	№ 3						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	A1 0—8 }			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	A2 8—18 (23)			
1.8	2.2	0.7	1.6	—	7.2	8.2	4.7	6.7	28.5	9.4	8.6	11.9	10.0	42.5				
0.8	0.8	4.9	0.8	—	9.5	10.2	11.4	10.4	42.6	11.5	9.7	16.5	12.6	49.9	B 18—27 (32)			
8.3	6.7	6.6	7.2	24.6	12.8	11.4	10.8	11.7	40.1	15.6	17.7	17.1	16.8	50.6				
10.7	9.0	12.1	10.6	35.1	14.2	9.5	13.7	12.5	41.4	14.0	15.7	14.3	14.7	54.0	B2 27—63			
11.7	9.2	11.4	10.8	41.2	12.8	13.8	12.6	13.1	50.0	13.7	16.2	14.7	14.9	59.3				
17.2	13.1	13.3	14.5	57.7	14.2	—	14.0	14.1	56.1	15.7	16.2	18.3	16.7	66.5	C2 63—100			
18.8	14.9	19.5	17.7	68.5	19.3	—	21.1	20.2	78.2	23.8	18.8	22.8	21.8	86.8				
24.0	—	22.2	23.1	86.9	24.6	23.4	23.8	23.9	89.9	24.6	21.7	24.9	23.7	89.0				
23.0	24.1	24.4	23.8	89.4	26.1	25.0	25.2	25.4	95.5	24.3	24.8	26.2	25.1	94.2				
22.4	22.2	21.6	22.1	85.2	25.6	23.0	24.5	24.4	94.2	24.6	23.5	24.1	24.1	95.6				
22.1	22.4	21.8	22.1	87.0	23.1	22.9	24.2	23.4	92.1	24.5	23.9	23.8	24.1	94.5				
22.0	22.4	21.6	22.0	87.6	23.8	22.5	22.8	23.0	91.6	24.2	23.8	23.4	23.8	96.3				
20.2	21.2	18.8	20.1	83.3	23.0	22.4	21.1	22.2	92.0	23.2	22.6	21.7	22.5	95.6				
20.5	19.2	17.7	19.1	81.3	22.2	22.2	20.4	21.6	91.9	22.1	23.2	21.6	22.3	94.9				
18.6	18.6	18.1	18.4	78.2	20.5	18.9	20.3	19.9	84.6	23.8	22.9	22.5	22.8	97.3				
18.6	18.2	17.9	18.2	77.0	20.6	20.0	21.2	20.6	87.3	22.4	23.7	23.3	23.1	97.3				
18.5	18.5	19.7	18.9	78.7	20.1	21.1	22.2	21.1	86.4	25.1	23.2	26.7	25.0	100				
24.0	27.0	26.4	25.8	105.0	—	26.4	26.3	26.4	107.0	25.8	25.7	28.0	26.5	105				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									

В связи с этим представлялось интересным определить нижний предел той же величины, т. е. тот расход влаги, который может быть во всяком случае компенсирован за счет капиллярного подъема.

Нам известна скорость перемещения видимой границы смачивания на разной высоте. Кроме того, мы имеем величину влажности почвы непосредственно над границей смачивания. Вычислив запас влаги в слое мощностью в 1 см непосредственно под видимой границей смачивания и умножив этот запас на скорость перемещения этой границы, мы получим то количество влаги, которое проходит через данное поперечное сечение в единицу времени при прохождении через него границы смачивания.

В табл. 7 мы даем величины скоростей передвижения границы смачивания. Так как для тех высот, которые нас интересовали и для которых могли быть вычислены запасы влаги, т. е. для высот в 20, 40, 60 и 80 см, определенных скорости не было, то мы их получили путем линейной интерполяции из двух ближайших соседних.

В табл. 8 мы приводим полученные величины скоростей и запасов влаги и их произведения, т. е. интересующие нас количества влаги, проходящие через поперечное сечение на данной высоте при прохождении через нее видимой границы смачивания.

Из самого способа получения этих величин мы видим, что они представляют собою действительно минимальные количества влаги, поднимающиеся по капиллярам к тому или иному поперечному сечению, расположенному на той или иной высоте над зеркалом воды. Можно утверждать, что если расход влаги на данной высоте над зеркалом воды не превышает указанных величин, то влажность почвы на этой высоте во всяком случае не может уменьшаться.

Следует отметить, что в то время как для высот в 20 и 40 см эти минимальные величины меньше полученных выше максимальных (40.1 и 71.1 для высоты в 20 см и 33.8 и 55.0 для высоты в 40 см), для высот 60 и 80 см, эти величины больше «максимальных» (13.2 и 7.8 для 60 см и 1.4 и 1.1 для 80 см). Это противоречие можно объяснить тем, что начиная с 40 см и выше скорость капиллярного подъема и полностью перемещающейся при этом влаги быстро уменьшается, вследствие чего изменение этих величин в пределах данного слоя уже резко искажает суммарный результат.

Во всяком случае с точки зрения баланса влаги полученные нами «минимальные величины» являются вполне реальными и могут быть использованы при суждении о возможности участия грунтовых вод во влагообороте лежащих над ними слоев почвы.

В заключение отметим, что все наши данные относятся не к верхнему почвенному горизонту, а к подстилающим его горизонтам. Изучение описанных явлений по отношению к верхним горизонтам составит предмет наших дальнейших исследований.

Таблица 3
Величина максимальной гигроскопичности и максимальной молекулярной влагоемкости в процентах от веса сухой почвы

Глубина	Максимальная гигроскопич.	Максимальная молекулярная влагоемкость
15—25	—	—
25—35	1.13	5.24
35—45	1.19	4.03
55—65	1.15	3.90
75—85	1.53	4.62
95—105	1.68	4.86

Таблица 4
Величина объемного веса и капиллярной влагоемкости почвы площадки № 3

Глубина	Объемный вес (вес в граммах 1 см ³ сухой почвы)	Капилляр. влагоемкость (% от веса сухой почвы)
10—15	1.42	23.5
15—20	1.39	25.2
20—25	1.22	33.2
25—30	1.39	27.2
30—35	1.42	25.1
35—40	1.46	25.1
40—45	1.47	26.6
45—50	1.47	26.6
50—55	1.53	26.6
55—60	1.55	25.2
60—65	1.54	25.5
65—70	1.54	24.7
70—75	1.59	23.5
75—80	1.57	23.5
80—85	1.58	23.4
85—90	1.57	23.7
90—95	1.55	23.9
95—100	1.51	25.0

Таблица 5

Величина запаса влаги (в миллиметрах водяного столба) при капиллярном подъеме

Монолит № 1

Гори- зонты	В просуш. моно- лит. до подъема	Вода поднялась на высоту:					
		20 см	40 см	60 см	80 см	90 см	через 9 суток после подъема на 90 см
		Время поднятия:					
		10 ч. 35 м.	28 ч. 54 м.	51 ч. 24 м.	126 ч. 04 м.	406 ч. 04 м.	622 ч. 04 м.
10—20	0.6	0.7	1.6	2.7	1.9	12.3	15.3
20—40	5.9	7.9	7.9	6.5	33.8	37.6	41.8
40—60	2.7	2.7	3.00	49.6	66.4	71.8	73.0
60—80	2.5	2.5	41.6	55.2	65.8	71.4	72.9
80—100	5.0	47.4	58.1	58.4	62.6	66.0	76.4

Монолит № 2

Гори- зонты	В просуш. моно- лит. до подъема	Вода поднялась на высоту:					
		20 см	40 см	60 см	80 см	90 см	через 9 суток после подъема на 90 см
		Время поднятия:					
		9 ч. 30 м.	27 ч. 10 м.	44 ч. 45 м.	140 ч. 45 м.	404 ч. 00 м.	620 ч. 00 м.
10—20	4.1	4.9	2.0	1.4	1.4	13.3	13.3
20—40	4.7	7.0	8.6	4.5	26.4	33.4	45.9
40—60	2.7	2.4	3.6	41.1	53.4	66.4	67.5
60—80	2.2	2.2	45.9	54.3	66.5	70.3	73.4
80—100	5.6	43.7	57.6	60.5	63.9	67.0	74.2

Монолит № 3

Гори- зонты	В просуш. моно- лит. до подъема	Вода поднялась на высоту:					
		20 см	40 см	60 см	80 см	90 см	через 7 суток после подъема до 90 см
		Время поднятия:					
		8 ч. 30 м.	27 ч. 05 м.	50 ч. 40 м.	116 ч. 55 м.	502 ч. 55 м.	670 ч. 55 м.
10—20	2.5	2.4	2.4	—	3.7	10.6	48.6
20—40	8.1	9.2	10.1	7.8	30.5	35.8	45.1
40—60	2.4	6.0	5.4	45.9	65.8	71.2	73.6
60—80	3.5	2.8	42.4	55.9	62.8	69.4	71.0
80—100	5.4	52.7	60.1	59.5	63.1	69.4	77.4

Таблица 6

Количество воды в миллиметрах водяного столба Q, проходящее при капиллярном подъеме через поперечное сечение на данной высоте H в сутки, вычисленное по приращению запаса влаги A в 20-см слое над данной высотой H над зеркалом воды за время T перемещения видимой границы смачивания в пределах этого слоя

Высота над зерк. воды	Слой изме- нен запаса влаги	При достигнени гран. смачив. H=20 см				При достигнени гран. смачив. H=40 см				При достигнени гран. смачив. H=60 см				При достигнени гран. смачив. H=80 см				При достиг- нии гран. смач. H=90 см				Через 9 сут. после дост. гран. смач. H=90 см			
		T		A		T		A		T		A		T		A		Q		T		A		Q	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1—20	0.44	42.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	20—40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	40—60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	60—80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	80—90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1—20	0.40	38.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	20—40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	40—60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	60—80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	80—90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1—20	0.35	47.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	20—40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	40—60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	60—80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	80—90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1—20	0.30	42.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	20—40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	40—60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	60—80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	80—90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Среднее из трех монолитов

Таблица 7

Скорость поднятия видимой границы смачивания

Монолит № 1				Монолит № 2				Монолит № 3			
время наблюд. с 18/IX по 5/X				время наблюд. с 18/IX по 5/X				время наблюд. с 18/IX по 5/X			
интерв. наблюд. в мин.	выс. подн. в см	скорость подн. нтия		интерв. наблюд. в мин.	выс. подн. в см	скорость подн. нтия		интерв. наблюд. в мин.	выс. подн. в см	скорость подн. нтия	
		см/мин.	см/сут.			см/мин.	см/сут.			см/мин.	см/сут.
10	2.1	0.210000	302.40	5	2.5	0.500000	720.00	5	2.5	0.500000	720.00
20	3.7	0.080000	115.20	10	3.7	0.120000	172.80	10	4.0	0.150000	216.000
20	5.5	0.090000	129.60	20	5.3	0.080000	115.20	20	6.0	0.100000	144.000
30	7.0	0.050000	72.00	25	6.9	0.064000	92.16	25	7.9	0.076000	109.44
65	9.2	0.033846	48.74	30	8.2	0.043333	62.40	30	9.6	0.056667	81.60
60	11.3	0.035000	50.40	60	10.8	0.043333	62.40	60	12.2	0.043333	62.40
60	12.7	0.023333	33.60	90	13.2	0.026667	38.40	60	14.1	0.031667	45.60
150	15.7	0.020000	28.80	90	15.3	0.023333	33.60	60	16.1	0.033333	48.00
90	17.5	0.020000	28.80	120	17.8	0.020833	30.00	120	18.3	0.018333	26.40
120	19.8	0.019167	27.60	120	19.8	0.016667	24.00	120	21.5	0.026667	38.40
120	22.2	0.020000	28.80	157	22.3	0.015923	22.93	540	29.9	0.015555	22.40
120	24.1	0.015833	22.80	540	32.5	0.018889	27.20	240	34.5	0.0191688	27.60
540	33.2	0.016852	24.27	400	39.9	0.018500	26.64	241	37.3	0.011618	16.73
319	39.3	0.019122	27.54	242	43.8	0.016115	23.21	154	40.1	0.018182	26.18
285	43.0	0.012982	18.69	853	60.1	0.019109	27.52	741	50.9	0.014574	20.99
740	55.8	0.017297	24.91	482	62.6	0.003112	4.48	390	55.8	0.012564	18.09
326	59.3	0.010736	15.46	795	66.0	0.005786	8.33	325	59.6	0.011692	16.84
235	61.5	0.009362	13.48	1480	70.7	0.003176	4.57	605	65.8	0.01025	14.76
795	67.5	0.007547	10.87	760	73.9	0.004210	6.06	480	70.0	0.008750	12.60
480	69.7	0.004583	6.60	2260	79.4	0.002434	3.50	1000	74.2	0.004200	6.05
1000	73.5	0.003800	5.47	5700	85.0	0.000982	1.41	760	77.6	0.004773	6.44
760	76.0	0.003289	4.74	10140	89.8	0.000473	0.68	1090	79.9	0.002110	3.04
1210	79.1	0.002562	3.69								
6725	85.5	0.000952	1.37					6870	87.0	0.001033	1.49
10080	90.7	0.000516	0.74					16320	91.8	0.000294	0.42

Таблица 8

Количество влаги, проходящее через поперечное сечение на данной высоте при прохождении через него видимой границы смачивания

Высота над зеркалом воды	Монолит № 1			Монолит № 2			Монолит № 3			Среднее (из 3 монолит.) к-го влаги, проход. через попереч. сечение на данной высоте (мм водного слоя в сутки)
	приращение запаса влаги 1-см слоя при прохождении границы смачивания в мм водного столба	скорость передвижения границы смачивания в см/сут.	к-во влаги, проходящее через поперечное сечение на данной высоте (мм водного слоя в сутки)	приращение запаса влаги 1-см слоя при прохождении границы смачивания в мм водного столба	скорость передвижения границы смачивания в см/сут.	к-во влаги, проходящее через поперечное сечение на данной высоте (мм водного слоя в сутки)	приращение запаса влаги 1-см слоя при прохождении границы смачивания в мм водного столба	скорость передвижения границы смачивания в см/сут.	к-во влаги, проходящее через поперечное сечение на данной высоте (мм водного слоя в сутки)	
20	1.36	28.0	38.1	—	—	—	1.61	26.2	42.1	40.1
40	1.11	25.8	28.6	1.42	26.6	37.8	1.34	26.2	35.1	33.8
60	1.04	14.8	15.4	0.78	12.4	9.7	0.87	16.7	14.5	13.2
80	0.52	3.4	1.8	0.49	3.3	1.6	0.23	3.0	0.7	1.4

ВЫВОДЫ

1. Перемещение видимой границы смачивания при капиллярном подъеме в изученных почвах, в пределах 0—90 см над зеркалом воды, соответствует верхней границе истинного перемещения влаги.
2. Ниже видимой границы смачивания продолжается перемещение влаги, часто достигающее значительных размеров.
3. Истинное перемещение влаги при капиллярном подъеме может быть наблюдаемо только путем периодических послойных определений распределения влаги во время капиллярного подъема.
4. Исходя из периодических наблюдений над распределением влаги в почве при капиллярном подъеме воды и наблюдений над скоростью перемещения видимой границы смачивания, может быть вычислен наибольший расход воды, могущий быть полностью компенсированным капиллярно поднимающейся влагой.

Проф. И. В. ТЮРИН при участии В. В. ПОНОМАРЕВОЙ и Л. В. НОВОСЕЛОВОЙ

МАТЕРИАЛЫ ПО СРАВНИТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ВОДНЫХ ВЫТЯЖКАХ ИЗ ПОЧВ

Введение

При анализе водных вытяжек из почв, как известно, весьма широко применяется определение окисляемости, результаты которого совершенно условно принято выражать в виде воднорастворимого гумуса. Этот способ выражения, благодаря которому метод определения окисляемости обычно называется методом определения воднорастворимого гумуса, основывается на тех же (только еще более произвольных) допущениях, которые принимаются при объемных (титриметрических) способах определения валового гумуса, а именно: а) при окислении гумуса водных вытяжек тем или иным окислителем кислород последнего расходуется только на окисление углерода и б) содержание последнего в воднорастворимом гумусе равно 58%.

Таким образом, методы определения окисляемости водных вытяжек являются прежде всего косвенными или приблизительными методами определения органического углерода, а затем уже еще более приблизительными методами определения воднорастворимого гумуса, так как для определения углерода приходится делать только одно из указанных допущений, а для определения гумуса оба.

В настоящее время мы не располагаем пока никакими данными для обоснования или изменения второго допущения, что содержание углерода в воднорастворимом гумусе равно 58%; поэтому задачей дальнейшего изложения является сообщение данных, касающихся только возможности использования предложенных методов определения окисляемости водных вытяжек для приблизительного определения в них органического углерода.

Большая или меньшая точность этих методов в отношении определения содержания органического углерода зависит от двух условий: 1) от полноты окисления (или сжигания) воднорастворимого гумуса, достигаемой различными методами и 2) от того, насколько состав воднорастворимого

гумуса отличается от формулы $C_n : H_{2m} : O_m$, так как только при таком составе расход кислорода-окислителя в точности эквивалентен содержанию углерода в соотношении $O_2 : C$.

До настоящего времени в качестве метода определения окисляемости водных вытяжек и естественных вод почти исключительно применялся перманганатный метод Кубель-Тимана (1). В последние годы сделаны попытки применить для этой цели объемный (титрометрический) хромовый метод [Комарова (2), Тюрин (3)].

Сравнительное изучение перечисленных методов, произведенное Соколовым (4), показало, что метод Кубель-Тимана дает наиболее низкие результаты; наиболее высокие результаты дал метод Тюрина, а данные по методу Комаровой заняли среднее положение. Вместе с тем данные по методу Тюрина для подзолистых и черноземных почв оказались одинаковыми с результатами, полученными по весовому методу Кюпа (в сгущенных вытяжках); для солонцовых же почв и метод Тюрина дал результаты, несколько пониженные по сравнению с методом Кюпа.

Исследование Соколова позволяет таким образом сделать вывод, что перманганатный метод Кубель-Тимана дает наименее удовлетворительные результаты вследствие значительной неполноты окисления гумуса; хромовые методы дают более удовлетворительные результаты, причем в методе Тюрина имеет место более полное окисление, чем в методе Комаровой.

С нашей точки зрения причиной неполного окисления гумуса и, следовательно, низких результатов, полученных методом Комаровой, несмотря на применение сернокислого серебра в качестве катализатора, является недостаточно высокая температура кипения, в виду низкой концентрации серной кислоты, именно $10 \text{ см}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ на 25 см^3 водной вытяжки.

В методе Тюрина, который был испытан Соколовым, концентрация серной кислоты при определении была оставлена та же, что и в приблизительном методе определения общего углерода в почвах (5), именно $10 \text{ см}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ на 10 см^3 водной вытяжки; сернокислое серебро не применялось.

В настоящее время в эту первоначальную модификацию метода Тюрина автором введены некоторые изменения на основании результатов, полученных при изучении методов определения общего углерода в почвах. Эти изменения позволили, как будет видно далее, достигнуть значительно более полного окисления гумуса в водных вытяжках.

Вместе с тем разработка титрометрически-весового метода для одновременного определения углерода по CO_2 и по окисляемости дала возможность установить степень полноты окисления, которая достигается разными методами, и подойти к выяснению влияния другого фактора, обуславливающего неточность определения углерода по окисляемости, именно различной степени внутренней окисленности воднорастворимого гумуса.

Описание методов, подвергшихся сравнительному изучению

1. **Стандартный метод.** В качестве стандартного метода определения органического углерода в водных вытяжках был применен метод мокрого сжигания в модификации С, описанной в первой части работы, как дающий одинаково точные результаты с методом сухого сжигания. В применении к водным вытяжкам указанный метод состоит в следующем.

50 см^3 вытяжки помещается в колбу А прибора для сжигания, затем прибавляют около 0.5 г прокаленной пемзы (в порошке) и 7.5 см^3 крепкой серной кислоты, после чего колба присоединяется к прибору, через который протягивается воздух (очищенный от CO_2) в течение 30 мин. Присоединив затем поглотительные трубочки (с натрошной известью и хлористым кальцием), в колбу А вводят 0.5 г сухого сернокислого серебра (для чего отнимают на короткое время колбу от прибора), а затем 5 см^3 насыщенного раствора хромового ангидрида и 75 см^3 крепкой серной кислоты (то и другое вливают через делительную воронку). Содержимое колбы осторожно взбалтывается (не разъединяя колбы и прибора), после чего колба нагревается горелкой (через сетку) до кипения. Кипячение продолжается 15 мин., причем край делительной воронки должен быть закрыт, а предохранительная трубочка на конце прибора открыта, т. е. прибор и аспиратор разъединены.

По окончании кипячения свободный конец предохранительной трубочки соединяется с аспиратором, край делительной воронки открывается, и через прибор протягивается ток воздуха в течение 30 мин. Затем поглотительные трубочки снимаются и взвешиваются. Для вычисления органического углерода полученный привес от выделившейся при окислении гумуса углекислоты умножается на 3/11.

2. **Приблизительный (титрометрический) хромовый метод** (или хромовый метод определения окисляемости).

10 см^3 водной вытяжки берется пипеткой в коническую колбу, емкостью 100 см^3 , куда прибавляется 0.1 г сернокислого серебра и около 0.1 г прокаленного порошка пемзы (для спокойного кипения и устранения перегрева жидкости). В случае почв, содержащих хлориды, колба после прибавки сернокислого серебра оставляется на 1 час при периодическом взбалтывании для полного связывания хлора. После этого в колбу прибавляется, с помощью пипетки (одной и той же для всех определений и опоражниваемой каждый раз одним и тем же способом) 10 см^3 0.2 норм. раствора двуххромовокислого калия, приготовленного на крепкой серной кислоте.¹

Вставив в горло колбы маленькую воронку, ставят колбу на эфирную плитку, нагревают до кипения и умеренно кипятят в течение 5 мин. Дав охладиться, смывают содержимое колбы в стакан или эрленмейеровскую

¹ При приготовлении раствора требуемое количество бихромата калия (10 г) растворяется в 1 л крепкой серной кислоты при нагревании до 150° .

колбу на 250 см³, расходуя на смывание около 50 см³ воды; затем прибавляют 5 см³ фосфорной кислоты, 5—6 капель дифенил-амин и титруют остаток хромовой кислоты 0.1 норм. раствором соли Мора.

Результаты определения вычислялись условно в углероде, принимая, что 1 см³ децинормального раствора соответствует 0.0003 г углерода.

Кроме описанной модификации, была испытана также и первоначальная модификация, отличающаяся только отсутствием серпокислого серебра.

3. Перманганатный метод Кубель-Тимана применялся в модификации, описанной в руководстве Гедройца.

4. Титрометрически-весовой метод Тюрина для одновременного определения углерода по выделяющейся СО₂ и по окисляемости.

Простое сравнение методов определения углерода по окисляемости с методом мокрого сжигания недостаточно для оценки первых, имея в виду, что воднорастворимый гумус так же, как и валовой, может иметь различную степень внутренней окисленности. Более правильная оценка объемных, (титрометрических) методов может быть сделана только в том случае, если одновременно с определением окисляемости (по количеству кислорода, израсходованного на окисление) сделать определение и выделяющейся углекислоты в одной и той же порции водной вытяжки. Таким методом одновременного определения является титрометрически-весовой метод Тюрина, описание которого в применении к общему углероду в почвах было дано в первой части настоящей работы.¹

Для целей оценки приблизительного хромового метода определения воднорастворимого углерода по окисляемости мы применили названный титрометрически-весовой метод в следующем виде: 50 см³ водной вытяжки берется в колбу А прибора для мокрого сжигания; прибавив затем 0.5 г прокаленного порошка пемзы и 5 см³ серной кислоты, разведенной в отношении 1 : 1 (к объему) присоединяют колбу к прибору и пропускают ток воздуха в течение 30 мин. Затем в прибор вводятся взвешенные поглотительные трубочки, после чего в колбу с вытяжкой прибавляют 0.5 г серпокислого серебра и через делительную воронку вливают с помощью пипетки 50 см³ 0.2 норм. раствора двуххромовокислого калия, приготовленного на крепкой серной кислоте. Закрыв край делительной воронки и разъединив прибор и аспиратор, нагревают колбу до кипения и кипятят в течение 5 мин., после чего, соединив прибор с аспиратором, протягивают ток воздуха в продолжение 30 мин. затем снимают и взвешивают поглотительные трубочки.

Для определения окисляемости содержимое колбы А после сжигания смывается в мерную колбу на 250 см³, причем ополаскивается и делительная воронка. После охлаждения раствора колба доливается до черты, раствор

тщательно перемешивается и из него берется пипеткой две порции по 50 см³, которые титруются 0.1 норм. раствором соли Мора в присутствии 5—6 капель дифенил-амин и 5 см³ фосфорной кислоты.

Обсуждение результатов

Данные определений, произведенных описанными методами в водных вытяжках из различных почв СССР, приведены в табл. 1 и 2. В табл. 1 даны результаты определений в процентах углерода к почве, в табл. 2 для более наглядного сравнения методов результаты выражены в процентах к воднорастворимому углероду, принимая за 100 содержание последнего по стандартному весовому методу мокрого сжигания. Приведенные данные для всех почв представляют собою среднее из двух парных определений.

Сопоставляя результаты определений углерода, сделанных весовым способом по титрометрически-весовому методу, с данными определений, произведенных стандартным методом, можно видеть, что объемно-весовым методом достигается почти полное окисление органического углерода, так как средняя величина полученных этим методом данных составляет 97.7% от средней величины истинного содержания углерода, определенного стандартным методом. Отклонения от вычисленной средней величины, достигающие $\pm 5\%$ по отношению к углероду для отдельных почв, очень незначительны по абсолютной величине и объясняются неизбежной неточностью определений при малом содержании углерода в водных вытяжках.

Переходя к рассмотрению данных определения углерода по окисляемости, полученных по титрометрически-весовому методу и приблизительным титрометрическим методом с применением серпокислого серебра, можно отметить, что оба метода, как и следовало ожидать, дали в среднем одинаковые результаты (93.3 и 93.9%). Из этого можно сделать вывод, что обоими методами достигается одинаковая полнота окисления, равная, как уже было указано для титрометрически-весового метода, 97.7% по углероду. Следовательно, пониженная средняя величина, полученная этими методами для углерода по окисляемости, объясняется несколько повышенной степенью окисленности воднорастворимого гумуса по сравнению с формулой $C_n : H_{2m} : O_m$. Иными словами, для большей части исследованных почв состав воднорастворимого гумуса соответствует формуле $C_n : H_{2m} : O_{(m+x)}$.

В частности, это относится к некоторым подзолистым почвам, особенно к горизонту А₂ сильно подзолистой почвы № 3, к серым лесным почвам, к нижним горизонтам черноземов (№ 8, 11, 12) и корковостолбчатого солонча (№ 21, 22), к некоторым солонцам (особенно № 17) и бурозему из Ленкорани.

Сравнительно меньшая часть почв характеризуется нормальной или слегка пониженной степенью внутренней окисленности воднорастворимого

¹ См. «Проблемы советского почвоведения», сборник II, 1936 г.

Таблица 1

Результаты определения органического углерода в водных вытяжках различными методами в % С на возд.-сухую почву

№ по пор.	Почвы		Глубина образца в см.	Метод мокр. сжигания	Объемно-весов. метод Тюрин		Объемн. метод (по Тюрину)		Кубель-Тиман
	тип почвы	район			весовой	объемн. (титро-метр)	с Ag_2SO_4	без Ag_2SO_4	
1	Подзолистая супесчаная	Олонецкий район Карелия	0—6	0.074	0.074	0.074	0.073	0.061	0.059
2	Сильно подзолистая суглинистая	Охтенская дача Ленинград	A_1 7—11	0.053	0.051	0.048	0.050	0.043	0.032
3	То же	То же	A_2 11—16	0.035	0.033	0.030	0.027	0.020	0.017
4	Торфянисто-подзолистая	То же	A_0 0—15	0.148	0.144	0.130	0.136	0.128	0.095
5	Серая лесная	Тульские засеки	1—10	0.116	0.112	0.108	0.103	0.092	0.073
6	То же	То же	0—10	0.078	0.077	0.071	0.074	0.062	0.044
7	Выщелоченный чернозем	Орловка, Воронежск.	10—20	0.061	0.059	0.057	0.058	0.043	0.030
8	То же	То же	30—40	0.080	0.082	0.074	0.075	0.059	0.035
9	Типичный степной чернозем	Каменная Степь Воронежск.	0—10	0.046	0.045	0.044	0.046	0.036	0.028
10	То же	То же	10—20	0.048	0.048	0.049	0.050	0.040	0.028
11	»	»	20—30	0.042	0.041	0.038	0.038	0.030	0.020
12	»	»	30—40	0.036	0.035	0.033	0.033	0.029	0.018
13	Темнокаштанов. луговая	Кулунда	0—10	0.056	0.056	0.059	0.055	0.070	0.030
14	То же	»	20—30	0.023	0.023	0.024	0.024	0.026	0.008
15	Темнокаштановая	»	0—10	0.028	0.028	0.026	0.027	0.020	0.013
16	То же	»	10—20	0.028	0.027	0.026	0.026	0.019	0.013
17	Солонец	Нижне-Волж. край (Заволжье)	0—10	0.159	0.160	0.129	0.130	0.113	0.086
18	То же	То же	0—10	0.117	0.116	0.110	0.108	0.080	0.060
19	То же	То же	0—10	0.065	0.065	0.062	0.065	0.052	0.038
20	Корково-столб. солонец	Дагестан	0—5	0.038	0.037	0.038	0.038	0.030	0.016
21	То же	»	5—15	0.053	0.053	0.047	0.045	0.040	0.029
22	То же	»	15—25	0.043	0.042	0.036	0.038	0.030	0.019
23	Карбонатн. аллювиальн.	Ялама, Азербайджан	0—10	0.028	0.028	0.029	0.030	0.021	0.014
24	Аллювиальн. выщелоченная под лесом	То же	0—10	0.052	0.048	0.046	0.048	0.042	0.030
25	Бурозем	Ленкорань	0—10	0.036	0.035	0.031	0.032	0.026	0.016
26	То же	Кутанс	0—10	0.025	0.023	0.023	0.023	0.021	0.014
27	Желто-подзолистая	Очеччиры	0—10	0.024	0.022	0.023	0.023	0.020	0.014

Таблица 2

Сравнение данных определения органического углерода в водных вытяжках различными методами в процентах к углероду по стандартному методу мокрого сжигания

№ по пор.	Почвы		Глубина образц. в см.	Метод мокр. сжигания	Объемно-весов. метод Тюрин		Объемн. метод (по Тюрину)		Кубель-Тиман
	тип почвы	район			весовой	объемн. (титро-метр)	с Ag_2SO_4	без Ag_2SO_4	
1	Подзолистая супесчаная	Олонецкий район Карелия	0—6	100.0	100.0	100.0	98.6	82.4	79.7
2	Сильно подзолистая суглин.	Охтенск. дача Ленинград	A_1 7—11	100.0	96.2	90.6	94.3	81.1	60.4
3	То же	То же	A_2 11—16	100.0	94.3	85.7	77.1	57.1	48.6
4	Торфянисто-подзолист.	То же	A_0 0—15	100.0	97.3	87.8	91.9	86.5	61.2
5	Серая лесная	Тульск. Засеки	1—10	100.0	96.6	93.1	86.8	79.3	62.9
6	То же	То же	0—10	100.0	98.7	91.0	94.0	79.5	56.4
7	Выщелоченный чернозем	Орловка, Воронежск.	10—20	100.0	96.7	93.4	95.1	70.5	49.2
8	То же	То же	30—40	100.0	102.5	92.5	93.8	73.8	43.8
9	Типичный степной чернозем	Каменная Степь Воронежск.	0—10	100.0	97.8	95.6	100.0	81.8	60.9
10	То же	То же	10—20	100.0	100.0	102.1	103.1	83.3	58.3
11	»	»	20—30	100.0	97.6	90.6	90.5	71.4	47.6
12	»	»	30—40	100.0	97.2	91.7	91.7	69.0	42.9
13	Темнокаштановая луговая	Кулунда	0—10	100.0	100.0	105.4	98.2	125.0	53.6
14	То же	То же	20—30	100.0	100.0	104.3	104.3	113.0	34.8
15	Темнокаштановая	»	0—10	100.0	100.0	92.9	96.4	71.4	46.4
16	То же	»	10—20	100.0	96.4	92.9	92.9	67.9	46.4
17	Солонец	Нижняя Волга	0—10	100.0	100.6	81.1	81.8	71.1	51.1
18	То же	То же	0—10	100.0	99.1	94.0	92.3	68.4	51.3
19	То же	»	0—10	100.0	100.0	95.4	100.0	80.0	58.4
20	Корково-столб. солонец	Дагестан	0—5	100.0	97.3	100.0	100.0	78.9	42.1
21	То же	То же	5—15	100.0	100.0	88.7	84.9	75.5	54.7
22	То же	»	15—25	100.0	97.7	83.7	88.4	69.8	44.2
23	Карбонатн. аллювиальн.	Ялама, Азербайджан	0—10	100.0	100.0	103.5	107.1	75.0	50.0
24	Аллювиальн. выщелоченная (под лесом)	То же	0—10	100.0	92.3	88.5	92.3	80.8	57.7
25	Бурозем	Ленкорань	0—10	100.0	97.2	86.1	88.9	72.2	44.4
26	То же	Кутанс	0—10	100.0	92.0	92.0	92.0	84.0	56.0
27	Желто-подзолистая	Очеччиры	0—10	100.0	91.6	95.8	95.8	83.3	58.3
Среднее				100	97.7	93.3	93.9	79.0	52.9
									Исклю- чая № 13 и № 14 —75,9%

гумуса; для этих почв определения углерода по окисляемости дали одинаковые или немного повышенные результаты по сравнению с данными определений весовым способом. К числу этих почв относятся: супесчаная подзолистая, типичный степной чернозем (верхние горизонты), темнокаштановая луговая, верхние горизонты корково-столбчатого солонча, аллювиальной карбонатной почвы, бурозема и желто-подзолистой почвы Западного Закавказья.

Благодаря различной степени внутренней окисленности воднорастворимого гумуса данные определений углерода по окисляемости обнаруживают более значительные отклонения от вычисленной средней величины, чем это было отмечено для определений весовым способом. Так, например, для данных, полученных объемным способом по объемно-весовому методу при средней величине в 93.3% крайние колебания в ту и другую сторону характеризуются величинами в 83.7 и 105.4%, т. е. — 10.4 и +12.1%, а для данных, полученных приблизительным объемным методом с Ag_2SO_4 , при средней величине в 93.9% мы имеем отклонения до 77.1 и до 107.1%, т. е. — 16.8 и +13.2%.

При небольшом содержании воднорастворимого гумуса эти отклонения, однако, выражаются очень незначительными по отношению к почве величинами, не превышающими тысячных долей процента (табл. 8). Поэтому определение углерода по окисляемости с помощью предлагаемого видоизменения приблизительного титрометрического хромового метода с применением Ag_2SO_4 можно считать достаточно точным для большинства случаев. Исключения представляют в изученных нами случаях только торфянистый горизонт торфянисто-подзолистой почвы (№ 4) и один солонец (№ 17), для которых вследствие более значительной растворимости гумуса ошибка объемного определения выражается по отношению к почве сотыми долями процента (— 0.014 и 0.031%).

Что касается первоначальной модификации приблизительного метода Тюрина без применения сернокислого серебра, то результаты, полученные по этому методу, составляют в среднем 76% от данных стандартного метода (или 81.0% от данных, полученных по улучшенной модификации приблизительного метода). Таким образом, полученные нами результаты несколько расходятся с выводами, сделанными в отношении этой модификации Н. И. Соколовым (4). Причины этого расхождения, во-первых, в том, что, сравнивая титрометрический хромовый метод Тюрина с методом Кюпа, Соколов пользовался модификацией метода Кюпа, описанной в руководстве Гедройца (5), которая, как было выяснено в первой части настоящей работы, не дает полного окисления гумуса. Во-вторых, определения по Кюпу были сделаны Соколовым в вытяжках, сгущенных выпариванием на водяной бане. Эта операция для некоторых почв может, повидимому, сопровождаться потерей углерода вследствие улетучивания части воднорастворимых соединений.

Подтверждается это результатами специальных опытов, произведенных для изучения влияния выпаривания. Были применены два способа: 1) кипячение под уменьшенным до 40—30 мм давлением и 2) выпаривание на водяной бане. При том и другом способе вытяжка сгущалась в 2 раза. Результаты этих опытов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние сгущения водных вытяжек на результаты определения углерода (C) и окисляемости (C<) титрометрическим весовым методом

Почвы	Первонач. вытяжка		Сгущено под уменьш. давл.		Сгущено на водяной бане	
	C	C<	C	C<	C	C<
Темнокаштановая, луговая; Кулунда 20—30 см	—	—	0.023	0.024	0.020	0.023
Корково-столбчатый солонец; Дагестан 0—5 см	0.035	0.035	0.037	0.038	0.030	0.030
Типичный чернозем; Каменная степь 20—30 см	—	—	0.041	0.038	0.036	0.034
То же, 30—40 см . . .	—	—	0.035	0.033	0.035	0.032

Из таблицы видно, что в трех случаях из четырех сгущение вытяжки выпариванием на водяной бане послужило причиной заметного уменьшения содержания органического углерода.

Возвращаясь к характеристике первоначальной модификации приблизительного метода Тюрина, следует отметить, что результаты определений выраженные в процентах от воднорастворимого углерода по стандартному методу, в подавляющем большинстве случаев, дают сравнительно небольшие отклонения от средней величины, особенно для верхних горизонтов. Поэтому, применяя коэффициент 1.3, можно с помощью этого метода получить результаты, очень близкие к истинному содержанию углерода в водных вытяжках.

Но этот метод не применим для почв, содержащих хлориды, как показывают данные, полученные для луговой (солончаковой) каштановой почвы (№ 13 и 14); в этих случаях получаются сильно повышенные цифры содержания углерода вследствие расхода хромовой кислоты на разложение хлоридов.

Наименее удовлетворительные результаты дает перманганатный метод Кубель-Тимана. Прежде всего из-за значительной неполноты окисления, благодаря чему данные, полученные по этому методу, составляют в среднем только 52.9% по сравнению с данными по стандартному методу; во-вторых,

потому, что при определениях для отдельных почв обнаруживаются весьма значительные отклонения от указанной средней величины, давая колебания от 34.8% до 79.1%, что исключает возможность применения какого-либо коэффициента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задачей настоящей работы было выяснение вопроса о пригодности хромового и перманганатного методов определения окисляемости воднорастворимого гумуса для определения органического углерода в водных вытяжках.

Степень точности названных методов при применении их к определению органического углерода зависит от двух условий: от полноты окисления органического углерода до CO_2 и степени внутренней окисленности гумуса, т. е. от соотношения между С, Н и О, которое для полного совпадения результатов определений углерода по окисляемости и весовым методом (по CO_2) должно соответствовать формуле $\text{C}_n : \text{H}_{2m} : \text{O}_m$.¹

Изучению были подвергнуты следующие методы:

- 1) Хромовый метод, предложенный Тюриным, в двух вариантах: а) с прибавкой 0.1 г Ag_2SO_4 и в) без Ag_2SO_4 .
- 2) Перманганатный метод Кубель-Тимана, согласно описанию в руководстве Гедройца.

Точное содержание органического углерода было произведено весовым путем (по CO_2) по методу мокрого сжигания, предложенному и описанному в предыдущей работе, при соблюдении соотношения между серной кислотой и водой = 3 : 2 и с применением Ag_2SO_4 в качестве катализатора.

Для выяснения вопроса о полноте окисления, достигаемой хромовым методом определения окисляемости, и о степени внутренней окисленности, воднорастворимого гумуса были произведены параллельные опыты титриметрически-весовым методом Тюрина при условиях, одинаковых с вариантом, но с более значительной порцией вытяжек.

Результаты произведенного исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Хромовый метод определения окисляемости по Тюрину с применением Ag_2SO_4 дает высокую степень окисления, равную в среднем 98% по сравнению со стандартным методом мокрого сжигания. Однако вычисление содержания углерода по окисляемости (т. е. по израсходованному кислороду) дает более низкую цифру — 93—94%, очевидно, вследствие того, что в большинстве почв воднорастворимый гумус имеет повышенную степень внутренней окисленности.

Колебания результатов опытов для отдельных почв выражаются величинами от 81 до 105% по сравнению с истинным содержанием органического

¹ Исключая водород, который связывается с органическим азотом в виде аммиака.

углерода. Для значительного большинства почв, при малой величине растворимости гумуса, эти отклонения выражаются в процентах к почве незначительными величинами; поэтому указанный метод даст в этих случаях достаточно точные результаты. Но в ряде случаев, как например с некоторыми солонцами, торфянисто-болотными почвами, отклонения от величины истинного содержания углерода могут достигать сотых долей процента; тогда для точного определения органического углерода в водных вытяжках целесообразно применять весовой метод мокрого сжигания.

2. Хромовый метод Тюрина в первоначальном виде, т. е. без применения Ag_2SO_4 , дает для углерода, вычисленного по окисляемости, в среднем 76% по сравнению с стандартным весовым методом, причем колебания результатов для отдельных почв выражаются величинами от 70 до 86%. Таким образом, метод может применяться как приблизительный, при условии умножения полученных результатов на коэффициент 1.3.

3. Перманганатный метод дает наименее удовлетворительные результаты, так как средняя величина углерода, определенная этим методом, составляет только 53% по сравнению с стандартным методом, причем колебания для отдельных почв выражаются цифрами от 35 до 80%.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kubel u. Timann. Tiemann-Gärtner's Handbuch der Untersuchung und Beurteilung des Wassers, 1895.
2. Комарова Н. А. Труды Ленингр. отдел. Института Агропочвоведения, 13, 1933.
3. Тюрин И. В. Почвоведение, № 5—6, 1931.
4. Соколов Н. И. Труды Почв. Института Академии Наук, 10, вып. 5, 1934.
5. Гедройц К. К. Химический анализ почв, 1932.

А. И. ЛЕВЕНГАУПТ

ВЫСОКИЙ УРОЖАЙ НА СОЛОНЦАХ

Вследствие засушливого климата, в узкой приморской полосе степей Южной Украины, занимающей площадь около 200 000 га бывают недороды. Особенно губительно отражается засуха на местных солонцеватых почвах. Радикальной мерой борьбы с засухой может быть только искусственное орошение, и проекты в этом направлении разрабатывались еще до революции, однако они базировались исключительно на одном орошении, не учитывая комплексно-хозяйственных требований страны, и были нецелесообразны для прежней России.

Со строительством Днепростроя начались широкие изыскательские работы и на остальных участках Днепра, причем особое внимание уделялось работам на Нижнем Днепре, основной целью которых было комплексное разрешение вопросов ирригации, транспорта, добычи гидроэлектроэнергии и др. В виду разнообразия и малой изученности местных почв, сразу же было приступлено к организации опытной станции с рядом опорных пунктов на всех наиболее распространенных почвенных разновидностях.

Основными почвами на предполагаемой к орошению площади (около 1 000 000 га) являются малогумусные (южные) черноземы и темнокаштановые почвы, слабо солонцеватые. На этом фоне резко сказывается влияние близости моря в виде сильной солонцеватости по самому побережью, которая по мере продвижения вглубь степи становится все менее заметной. Эта полоса с комплексным солонцовым почвенным покровом, занимающая площадь свыше 200 000 га, до сих пор не имеет своего определенного места в общем плане орошения. Это происходит от неубедительности в достаточной эффективности орошения солонцов, хотя по высотным отметкам эти участки наиболее удобны. Для выяснения пригодности данных солонцовых комплексов к орошению был организован Скадовский опытный пункт, но кратковременность и недостаточно интенсивная его работа не привели к благоприятным результатам, между тем особые условия урожая 1933 г. дали очень ценный материал для суждения о пригодности приморских украинских солонцов для орошения. Этот вопрос я и хочу осветить более подробно в настоящей статье, пользуясь данными Брилевской опытной станции и Скадовского опорного пункта.

Считалось установленным, что чем ближе к морю, т. е. чем более солонцеваты почвы, тем меньше их урожайность, особенно в засушливые годы, да и в относительно влажные годы урожайность солонцовых почв была также меньше, чем урожайность несолонцовых, находящихся дальше от берега моря. Но 1933 г. принес совершенно новые данные, документально зафиксированные: урожай на солонцах Скадовского пункта значительно превысил урожай на черноземе Брилевской станции. Этот факт сам по себе говорит о том, что огульное исключение солонцовых комплексов из зоны орошения на Нижнем Днепре не обосновано, тем более, что еще при начале исследовательских работ были известны факты, противоречащие такой установке. Так, орошаемые сады и огороды г. Скадовска и совхозов «Красная звезда» и «Парижская коммуна», в значительной части расположенные на резко выраженном солонцовом комплексе, находятся в отличном состоянии, насколько можно судить при поверхностном осмотре, так как детального обследования не производилось.

Прежде чем попытаться дать объяснение этому явлению, я кратко приведу фактические данные по почвам, о которых будет речь.

Почвы Брилевской станции в основном представлены малогумусными супесчаными черноземами, без признаков солонцеватости; мощность гумусовых горизонтов — около 70—80 см, затем обычно имеется небольшой выщелоченный горизонт, и на глубине около 90 см отчетливая линия вскипания, ниже которой идет карбонатный легкий суглинок. С глубины около 2 м начинаются пески аллювиального происхождения. Водная вытяжка показывает чрезвычайно малое количество легко растворимых солей.

Почвенный покров Скадовского пункта очень пестрый, с преобладанием глубокостолбчатых осолоделых солонцов в комплексе с каштановыми солонцеватыми почвами. Глубина залегания горизонта коллоидного иллювия (столбов) — 20—30 см, над ним — ясно осолоделый, светло серый, пластичный горизонт. Столбчатый горизонт крайне плотный, интенсивно окрашен в буро-каштановый цвет, сильно трещиноват. Линия вскипания — между 40 и 70 см, здесь же обычно находится горизонт скопления гипсовых жилок.

Приводим некоторые химические характеристики описанных почв.

Физические свойства чернозема Брилевской станции вполне благоприятны, обеспечивают хороший водный режим и аэрацию почвы. Диаметрально противоположны физические свойства солонцов Скадовского пункта.

Именно плохие физические свойства солонцов, а не избыток вредных солей, как на это зачастую указывается (из таблицы видно, что в верхних горизонтах соли почти отсутствуют), при господствующих в районе сухих климатических условиях обуславливают очень небольшую сельскохозяйственную ценность почв и их крайне экстенсивное использование, заключающееся почти исключительно в выпасе овец.

Таблица 1

Место	Глубина	Гу- мус	Поглощенные основания						Сумма
			милли-эквиваленты			% от суммы			
			Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na	
Брилевская станция	5—10	1.16	5.6	1.7	менее 1 м. э.	77	23	менее 5	7.3
	20—25	1.24	9.2	2.4	»	80	20	»	11.6
	40—45	1.14	13.4	1.9	»	87	13	»	15.3
	60—65	1.08	8.7	3.7	»	70	30	»	12.4
	100—105	1.17	—	—	»	—	—	»	—
	190—200	0.40	—	—	»	—	—	»	—
Скадовский пункт	5—10	2.46	5.8	3.3	0.9	58	53	9	10.0
	15—20	1.11	5.0	0.9	1.6	67	12	21	7.5
	25—30	0.85	16.0	6.1	3.7	62	24	14	25.8
	50—60	0.61	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 2

Место	Глубина	Водная вытяжка							
		Щелочность		сухой остаток	минер. остаток	SO ₄	Cl	Ca	Mg
		общая	норм.						
Брилевская станция	5—10	0.024	Нет	0.04	0.02	0.002	0.003	0.006	0.002
	40—45	0.023	»	0.04	0.02	0.004	0.003	0.005	0.002
	100—105	0.041	»	0.05	0.03	0.006	0.003	0.007	0.004
	190—200	0.037	»	0.05	0.03	0.006	0.003	0.004	0.007
Скадовский пункт	15—20	0.018	Нет	0.06	0.03	0.007	0.001	0.003	0.001
	25—30	0.036	»	0.06	0.05	0.010	0.022	0.012	Сл.
	50—60	0.025	»	2.41	2.17	1.375	0.090	0.054	0.052
	80—90	0.065	0.005	1.28	1.22	0.587	0.226	0.034	0.024
	130—140	0.218	0.023	0.88	0.86	0.312	0.421	0.041	0.003
	200—210	0.184	0.013	0.18	0.15	0.014	0.035	0.016	0.001
	320—330	0.066	0.032	0.05	0.04	0.006	0.005	0.013	Сл.

К плохим физическим свойствам при орошении присоединяется опасность вторичного засоления — эти причины, усугубленные плохой излученностью почв, заставляли проектировщиков крайне осторожно подходить к включению этих почв в зону орошения. Однако опыт 1933 г. показывает,

что солонцы южноукраинских степей далеко не безнадежные почвы и при орошении от них можно ожидать очень многого.

Данные по урожаю в центнерах с гектара за 1933 г. и предыдущий «обычный» 1932 г. следующие:

	Озимая пшеница	Ячмень	Овес
Брилевская станция — супесчаный чернозем			
1932	4.5	6.7	4.5
1933	7.1	9.7	9.7
Увеличен	58%	45%	109%

	Озимая пшеница	Ячмень	Овес
Скадовский пункт — солонцы и каштановые солонцеватые почвы			
1932	4.5	4.0	3.0
1933	8.7	24.8	14.7
Увеличен	98%	520%	390%

	Озимая пшеница	Ячмень	Овес
Совхоз «Парижская Коммуна» — каштановые почвы и солонцы			
1932	6.7	—	—
1933	20.0	—	—
Увеличен	200%	—	—

Такое резкое превышение урожая на солонцовых почвах известно и в других случаях. Так, крымский агроном-гидротехник Никифоров указывает, что средний урожай на сильно солонцовых почвах Присивашья во влажном 1925 г. (580 мм осадков) составил 17.7 ц с га, в то время как черноземные почвы Северного Крыма дали только 16.4 ц. В следующем же 1926 г. со средним количеством осадков (375 мм) соотношение получилось совершенно иное: на солонцовых почвах — только 2.5 ц, а на черноземах 8.6 ц.

Проф. Воробьев указывает, что такое соотношение урожайности хорошо известно в Заволжье, где почвенные и климатические условия до некоторой степени близки нижне-днепровским. Превышение урожая на солонцах против других компонентов почвенного комплекса в Заволжье во влажные годы проф. Воробьев объясняет тем, что на несолонцовых почвах происходит слишком буйное развитие хлебов, что влечет за собой последующее полегание, в то время как на солонцах из-за несколько замедленного развития стояние хлебов хорошее. В то же время сорная растительность, в частности березка, пышно развивается на несолонцовых почвах и гораздо реже встречается на солонцах. Совместное действие обоих факторов и приводит к тому, что во влажный год урожайность на солонцовых пятнах больше, чем на несолонцовых.

В рассматриваемом конкретном случае, в 1933 году, полегания не было, а за счет влияния одних только сорняков отнести колоссальную разницу

в урожае никак нельзя, поэтому причину высокого урожая на солонцах надо искать в чем-то другом.

Обращаясь к годовому количеству осадков, мы видим, что явление становится еще более непонятным: неурожайный 1932 год имеет 504 мм осадков, из которых на вегетационный период (март-июнь) приходится 247 мм, в урожайном же 1933 г. осадки значительно меньше, — соответственно 375 и 155 мм. Однако изучение годового хода осадков по месяцам дает ключ к решению вопроса. Осадки за 1931, 1932 и 1933 гг. по Брилевской станции приведены в следующей таблице:

Таблица 3

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сумма
1931	26	7	17	25	51	55	14	77	46	15	26	24	383
1932	26	16	15	50	87	95	25	8	22	26	74	60	504
1933	8	31	28	20	67	40	56	43	18	54	8	—	375

Если мы из этой таблицы возьмем не только осадки за вегетационный период, но и за предшествующий ему осенне-зимний, то получим следующие цифры.

	Осенне-зимние осадки (ноябрь — март)	Осенне-зимние и вегетационные осадки (ноябрь — июнь)
1932	107	339
1933	201	328

Эти цифры уже показывают, что абсолютное количество осадков, имеющих значение для урожая, в обоих случаях приблизительно одинаковое. Но хорошо известно, что в условиях засушливой степи не столько имеет значение абсолютное количество выпавших осадков, сколько характер их выпадения. Осадки вегетационного периода в большинстве своем имеют ливневой характер и поэтому в значительной части теряются в виду бесполезного стока, а также испарения, так как приходится на жаркое время года. Иначе обстоит дело с осенне-зимними осадками — выпадают равномерно в период, когда нет потерь на испарение, они почти полностью поглощаются почвой и весной могут быть использованы растениями. Как раз эти осадки для 1933 г. вдвое больше, чем для 1932 г.

Таким образом, мы видим, что, несмотря на большое различие в абсолютном количестве выпавших осадков за 1932 и 1933 гг., распределение их выравнивает условия обоих годов и, пожалуй, даже дает перевес 1933 году. Но перевес этот все же не настолько велик, чтобы только за его счет отнести всю прибавку урожая 1933 г.

У нас нет точных цифровых данных о температурах и относительной влажности за это же время, но известно, что весна и начало лета 1933 г. были значительно холоднее, чем в 1932 г., что соответственно должно было обусловить более высокую относительную влажность за вегетационный период 1933 г. Этот фактор, наравне с очень благоприятными осенне-зимними осадками, очевидно оказал большое влияние на резкое увеличение урожая 1933 г., несмотря на небольшое общегодовое количество осадков. Надо, однако, оговориться, что данных по осадкам на Скадовском пункте у нас нет и, хотя он лежит всего в 30 км от Брилевской станции, его положение в 3 км от берега моря могло обусловить иное распределение осадков и относительной влажности воздуха.

Так обстоит дело при рассмотрении причин, обусловивших, несмотря на меньшее количество осадков, увеличение урожая в 1933 по сравнению с 1932 г. Остается, однако, неясным, почему прирост урожая на солонцах во много раз превосходит прирост на черноземах, когда почвенные условия говорят об обратном. Для объяснения этого явления можно привести следующие соображения.

Акад. Гедройц доказал, что все поглощенные катионы, встречающиеся в почве, кроме кальция, повышают подвижность азотистых, фосфорнокислых а также и калиевых соединений. Как раз солонцы и солонцовые почвы Нижнеднепровья содержат резко повышенные количества поглощенного натрия и особенно магния (в процентах от емкости поглощения) по сравнению с другими почвами района.

В то же время из работ акад. Гедройца известно, что поглощенный натрий, присутствующий в солонцах, способствуя ускоренному разрушению органоминерального поглощающего комплекса, сообщает подвижность почвенным коллоидам; органические коллоиды (гумус) при этом легко и быстро разрушаются (микробиологические процессы), а минеральные образуют уплотненные горизонты с очень плохими физическими свойствами.

Таким образом, влияние поглощенного натрия сказывается в обеднении солонцовых почв питательными веществами по сравнению с почвами несолонцовыми; общий запас питательных элементов в солонцах меньше, чем в несолонцовых почвах. Но в то же время они крайне подвижны и, очевидно, существует большая возможность ежегодной мобилизации их. Но если последняя происходит ежегодно, то потребление элементов питания растениями далеко не одинаково в различные годы. В сухие годы плохие физические свойства солонцов дают о себе знать очень сильно, и пятна их остаются вообще без растительного покрова; таким образом расходования питательных веществ не происходит, а малое количество осадков в свою очередь снижает возможность вымывания их из почвы.

После ряда сухих лет, что считается вполне обычным в рассматриваемом районе, в солонцах возможно заметное скопление питательных элементов,

которые и используются во влажный год, когда нет препятствий со стороны плохих физических свойств, с максимальным эффектом, как это произошло в 1933 г.

На почвах несолонцовых накопление и расходование питательных веществ происходит более или менее равномерно из года в год, и поэтому влажный год не вызывает такого резко бросающегося в глаза увеличения урожая.

Влияет также и различие механического состава почв, однако вряд ли это может иметь существенное значение.

Естественно, что если высокий урожай на солонцах во влажный год объясняется предварительным накоплением усваиваемых питательных соединений в течение ряда лет, а не постоянным содержанием их в почве, то при повторении ряда влажных лет или при орошении урожайность должна быстрее снизиться до предела, обусловленного общим малым запасом питательных элементов в почве.

Поскольку, однако, орошение на Нижнем Днепре не мыслится без применения удобрений, этот фактор не имеет существенного значения.

Гораздо более важен другой вывод, а именно, что во влажный год, при достаточном обеспечении питательными веществами, плохие физические свойства солонцов не препятствуют хорошему развитию растений, как это имеет место в сухих условиях, когда отрицательное действие их совершенно непреодолимо.

Брилевская станция указывает, что на поливных землях совхозов в районе солонцов травостой ровный, а комплексность почв можно обнаружить только при обследовании по шурфам. Продолжительное применение удобрений и поливов не только повысило валовую урожайность с единицы площади, но и, что не менее важно, выравнило урожайность по отдельным почвенным разновидностям солонцового комплекса.

Имея в виду, что плохие физические свойства могут быть значительно улучшены гипсованием, а также внесением навоза, мы можем рассчитывать, что вся полоса солонцовых почв вдоль Сиваша и Черного моря окажется вполне пригодной для орошения при условии применения соответствующих удобрений и химической мелиорации.

Однако при этом не следует упускать из виду, что при чрезмерных и неумелых поливах попрежнему не исключена опасность вторичного засоления.

Все изложенные данные обязывают к дальнейшему изучению описанного явления главным образом путем прямых полевых опытов на опорных пунктах Брилевской опытной станции.

При этом необходимо обратить особенное внимание на следующие вопросы:

1) Точное изучение значения относительной влажности воздуха — она может оказаться повышенной в приморской полосе, занятой солонцами,

и благодаря этому послужит положительной предпосылкой для орошения последних.

2) Значение осенне-зимних осадков или в условиях орошения — осеннего и весеннего предпосевного поливов.

3) Влияние гипсования и навозного удобрения как факторов, улучшающих физические свойства солонцов.

Положительное разрешение вопроса о пригодности солонцов нижнеднепровских степей для орошения даст возможность включить в орошаемую площадь около 200 000 гектаров земель с наиболее низкими высотными отметками в районе. Это будет ценным вкладом в народное хозяйство засушливого юга Украины.

С. П. МАТУСЕВИЧ

ГЛАВНЫЕ ЗОНЫ И ОБЛАСТИ ПОЧВ КАЗАХСТАНА¹

Сложность и неизученность почвообразовательного процесса затрудняют постановку непосредственной характеристики почв любой страны, особенно в рамках сжатого очерка. Сказанное более чем где-либо применимо к территории Казахстана, занимающей около 300 000 000 га., прошедшей сложную геологическую историю и далеко еще не изученной в почвенном отношении.

Обзор почв Казахстана мы будем производить преимущественно на основе имеющихся данных о главнейших условиях почвообразования в крае (климат, растительность, геологические условия и т. д.), дополненных материалами большей частью разрозненных наблюдений над основными типами и разностями почв Казахстана.

В Казахстане имеются черноземные почвы, каштановые, бурые, сероземы, солонцы, солончаки, луговые и т. д. Все эти почвы, точнее типы почв, представлены рядом форм (южные черноземы, средние черноземы, темно-каштановые почвы, корковые солонцы и т. д.) и их вариантов. Из многих намечающихся в настоящее время вариантов для территории Казахстана можно считать относительно установленными варианты западносибирских форм и типов почв и юго-восточных европейских.² Европейские варианты почв Казахстана, связанные с определенными климатическими и геоморфологическими условиями, отличаются друг от друга строением и химизмом входящих в их состав почвенных разновидностей, а также характером комплексов последних. Наконец, можно еще говорить о разновидностях почв в отношении их конкретного химизма, стадии почвообразовательного процесса, механического состава и пр. Количество таких видов почв

¹ Изложенная в этом очерке краткая характеристика главных зон и областей почв Казахстана дана на основе детальной разработки местных отличий климата этих зон и областей, составляющей предмет особой статьи, а также общей почвенной карты Казахстана в масштабе одна двухмиллионная.

² В результате последних исследований Казанского института удобрений и агропочвоведения достаточно определенно наметились еще два крупных варианта — один в Южном Казахстане (среднеазиатский или туранский) и один в Восточном Казахстане (восточноказахстанский или семиреченский).

(разновидностей) теоретически бесконечно, и они каждый раз могут уравниваться применительно к требованиям, возникающим при изучении почв в тех или иных специальных целях — применение удобрений, обработка, целевое районирование и т. д.

Своеобразие почвообразовательного процесса и пространственного размещения почв таково, что, взяв за основу любой из главных факторов (условий) почвообразования и учитывая соподчинение остальных факторов, можно сгруппировать вокруг исходного фактора и рассмотреть все известное нам многообразие почв.¹ Поэтому, мы перейдем к ознакомлению с главнейшими почвами Казахстана, исходя из наиболее проработанных нами данных по климату как основному фактору почвообразования. При этом наш обзор будет вестись в рамках выделенных нами климатических областей, в основном являющихся одновременно и общегеографическими областями.

Сами почвы мы будем рассматривать как фон для размещения и разведения культурных растений. В соответствии с этим больше внимания будет уделено почвам земледельчески освоенных климато-географических областей (Североказахстанская и Южноказахстанская), а в пределах последних почвам тех массивов и участков, которые отличаются наибольшим производственным значением при наименьшей их изученности (пример — гидроморфные почвы Юга).

Почвы Северного Казахстана

Основные почвы Северного Казахстана — черноземы и каштановые. В зоне лесостепи распространена форма средних (обыкновенных) черноземов, среди которых можно различать группу среднетощих черноземов с мощностью гумусового слоя в 70—80 см и группу маломощных с мощностью гумусового слоя около 50 см. Первые представляют собой многогумусные почвы (10—8%) достаточно однородного профиля с зернисто-комковатой или близкой к ней структурой и с достаточно низким для условий Казахстана залеганием солевых горизонтов (горизонт сульфатов — на глубине 1.5—2 м, горизонт карбонатов — на глубине 70—100 см). Обычно эти черноземы не засолены за исключением иногда встречающихся их карбонатных разновидностей, отличающихся несколько более угловато-зернистой структурой. Солонцеватые разновидности этих черноземов встречаются редко, чаще попадаются слабо слитые, развивающиеся на плотных бурых глинах и тяжелых суглинках. По механическому составу мощные средние черноземы обычно глинистые и тяжело суглинистые, с небольшим содержанием песчаных частиц. Распространены они по плоским увалам и отдель-

¹ Мы, конечно, предпочли бы производить группировку и рассматривать почвы на основе предварительного синтеза всех основных факторов почвообразования, а тем более на основе данных по ходу самого почвообразовательного процесса, но в настоящее время такой возможностью не располагаем.

ным несколько возвышающимся массивам. Если среди них встречаются березовые колки (с темноцветными почвами или слабо выраженными солодами), то такие колки обычно бывают несколько разреженными, образуя крупные поляны. Нечего и говорить, что эта группа черноземов, не дающая большого количества сколько-нибудь резко отличных разновидностей и достаточно богатая в отношении запаса питательных веществ, представляет собой лучшие пахотные угодья, полностью освоенные и, следовательно, обладающие признаками хозяйственной деятельности человека — иногда отрицательной, как выпашенность, засоренность и т. п.

К сожалению, такого рода почв в зоне средних черноземов Северного Казахстана не много. Гораздо значительнее группа маломощных средних черноземов. Последние кроме меньшей мощности отличаются и меньшей гумусностью (6—8%) и более близким (80, 100, 120 см) залеганием гипсового горизонта. Не менее характерной особенностью является и резкая неоднородность их профиля с бросающимися в глаза полосами гумусовых затеков, чередующихся с обратными заклинками материнской породы, часто не достигающими поверхности всего на 2—5 см. Следствие этого — неравномерность распределения в почве карбонатов (вскипание от соляной кислоты по заклинкам с 5—10 см и по языкам гумуса с 20—30 см и глубже) и, несомненно, и других соединений, в том числе и соединений питательного значения. Иначе говоря, профиль маломощных черноземов представляет собой как бы мозаику из выщелоченных, вплоть до деградации, вертикальных полос и такой же ширины (10—15 см) почти безгумусовых полос с повышенной концентрацией различных соединений, не исключаяющей явлений периодической слабой солончаковатости. В силу этого маломощные черноземы иногда квалифицируются как слабо солончаковатые или солонцевато-солончаковатые.

Не вдаваясь в подробный разбор генезиса данных почв, укажем только, что они всегда бывают приурочены к более молодым поверхностям суши, сложенным светлыми лессовидными глинами, подстилаемыми часто тяжелыми бурыми соленосными глинами.¹ В виду бессточности таких поверхностей, и значительной засоленности слагающих их пород, и ряда других причин, мы сталкиваемся с чрезвычайно большим развитием микрорельефа и почвенной комплексности. До 20% площади, а часто и больше, бывает занято западинами, блюдцами и тому подобными образованиями, в которых формируются различные почвы — то так называемые темноцветные, то выщелоченные, то слитые карбонатные, то солонцеватые, то заболоченные осолоделые, то яркие мощные солоды и другие близкие к ним почвы солонцеватого типа.

¹ Обычно это — сниженные, прихотливо выходящие участки бывших некогда, в начале послеледниковой времени, пресноводных озерных бассейнов и их ответвлений.

Указанные западинные почвы обычно окружаются узким кольцом деградированных солонцов или иногда пухлых солончаков. Микрогрядки и прочие формы положительных элементов микрорельефа часто бывают представлены комплексами из маломощных черноземов и их солонцеватых разновидностей или даже солонцов. Естественно, что описанный характер маломощных черноземов и их комплекса позволяет только условно (и то далеко не всегда) причислять занятые ими участки к пахотноспособным угодьям. Но среди этой группы черноземов нередки случаи, связанные с относительно большим возрастом соответствующей поверхности, когда сами черноземы отличаются несколько большей мощностью (до 66 см), а микрорельефный и почвенный комплекс их несколько затусован, и такие почвы обладают некоторыми чертами выщелоченности. Более однородные участки их уже свободно могут быть пущены в распахку. При этом надо иметь в виду, что даже обычные приемы обработки, нивелируя первоначальную мозаичность пахотного горизонта, ведут к приданию ему новых качеств. В числе их можно указать на выравнивание и снижение гумусности верхнего горизонта, сопровождающиеся быстро наступающей (по еще не изученной) сменой его структурности и питательного режима.

На ряду с указанными случаями некоторой выщелоченности маломощных средних черноземов гораздо чаще среди них встречаются карбонатные разновидности (так называемые нами вскипающие разности). Последние имеют не меньшее положительное производственное значение, чем более выщелоченные разновидности этих почв. Благодаря карбонатности прежде всего здесь не наблюдается солонцовой комплексности на грядках микрорельефа; солонцов нет совершенно, встречаются только особые формы еще не изученной солонцеватости почв, которые можно найти в большом количестве среди слитых темноцветных почв западин, называемых населением «джарыки». Кроме того, благодаря карбонатности сами маломощные черноземы несколько структурнее и часто несколько мощнее по сравнению с некарбонатными (невысоко вскипающими). В итоге высоко вскипающие разновидности маломощных средних черноземов почти всегда могут использоваться как пахотные земли. Правда, они являются далеко не лучшими, особенно из-за получающейся на них пестроты урожая (в отношении спелости зерна, сроков уборки и пр.), вызываемой различными условиями роста в западинах и на межзападинных площадках.

Вот основные вариации средних черноземов лесостепной и переходной к ней полосы степей Северного Казахстана. Имеется еще не мало и других вариаций, не выявленных вовсе, но мы полагаем, что и так уже достаточно подробно проиллюстрировали агропроизводственные возможности почв зоны средних черноземов Северного Казахстана и самое своеобразие этих почв. Мы нарочно подробно остановились хотя бы только на внешнем описании особенностей главных почв зоны, поскольку аналогичными чертами

отличаются и другие зональные формы этих, можно сказать, ведущих почв Северного Казахстана. Описанная резкая двучленность (в схеме) почвенного покрова, своеобразные черты строения почв, состава их комплексов и прочие качества послужили основанием для выделения особого варианта западносибирских форм и типов почв, территориально совмещающихся в Казахстане с областью развития типа климатов Северного Казахстана.

Южные черноземы — особая зональная форма черноземных почв, обусловленная достаточно заметной засушливостью климата. В условиях Северного Казахстана с ними связывается годовое количество осадков, равное 250—280 мм при почти тех же, что и для средних черноземов, градициях температур (1.5—2.2 градуса годовая температура зоны южных черноземов против 1.5—1.0 градуса для зоны средних черноземов). Отличаются южные черноземы Северного Казахстана от средних главным образом несколько меньшей гумусностью (7—5%) и несколько большей насыщенностью карбонатами. Отсюда такие внешние признаки их, как более светлая и, в частности, более серая окраска и несколько большая угловатость структурных отдельностей (для мощных вариантов).

Для маломощных вариантов южных черноземов характерно соответственное преобладание высоко вскипающих разновидностей. Последнее — одна из причин сравнительно небольшого развития солонцов во всей зоне южных черноземов Северного Казахстана. Вторая причина такого же значения — наличие больших площадей мощных разновидностей, так же, как и в зоне лесостепи, не сопровождающихся солонцовой комплексностью.¹ Также характерны для зоны южных черноземов достаточно большие массивы скелетных разновидностей почв (щебелчатых, дресвянистых и пр.), обязанных заходению зоны в область киргизского мелкосопочника.

Все указанные особенности почв зоны южных черноземов Северного Казахстана позволяют считать ее не менее продуктивной, чем зону средних черноземов, имея в виду зерновое направление полеводства первой. Само собой понятно, что массивы почв сопочника и некоторых других «неудобий» могут иметь только скотоводческое значение как пастбища.

На северо-западе Казахстана, к северу от Уральска распространены, также южные черноземы, преимущественно тяжело-суглинистые и развивающиеся на желто-бурых сыроватых глинах. В отличие от только что рассмотренных южных черноземов Северного Казахстана, эти черноземы прежде всего характеризуются однородностью признаков, так что и весь почвенный покров в области их распространения однообразный — всюду одни и те же

¹ Относительно большое количество черноземов мощных разновидностей обязано здесь тому, что рассматриваемая нами почвенная зона в значительной своей части совпадает с полосой повышенных предсопочных равнин, покрытых плащом незасолоненных мощных континентальных отложений, к тому же, очевидно, более древних, чем участки озерного происхождения.

(в основном) довольно мощные тяжело суглинистые черноземы, лишь на склонах сыртов отличающиеся несколько повышенной солонцеватостью, а иногда и комплексностью. Карбонатные разновидности и здесь редки, мощность горизонтов А и В выше 60—70 см. Горизонт скопления карбонатных выцветов всюду резко выражен и отличается исключительной плотностью. Гумуса в верхнем горизонте содержится не менее 5—6%. В производственном отношении южные черноземы Северо-западного Казахстана не уступают мощным южным черноземам Северного Казахстана. Весь же массив этих черноземов еще больше выигрывает от того, что в пределах его почти не встречается непахотнеспособных почв, с чем почти на каждом шагу приходится сталкиваться в зоне южных и особенно средних черноземов Северного Казахстана.

Если южные черноземы представляют собой засушливый ряд почв, в основном еще довольно холодного термического пояса, то развивающиеся к югу от них каштановые почвы являются представителями качественно нового типа почв, развитие которого зависит от более высоких температур.

Каштановые почвы связаны с самым широким развитием явлений солонцеватости в виде огромного распространения в зоне каштановых почв солонцов, а также обязательной, хотя иногда и очень слабой, солонцеватости самих каштановых почв.¹ Однако известное уже нам различие в соотношении тепла и влаги климатов зоны каштановых почв приводит к тому, что в северной части этой зоны, где годовые температуры еще не так высоки (2.5—3.5°) и количество осадков еще очень заметное (250—280 мм), развиваются темнокаштановые почвы, более гумусные и менее солонцеватые. Наоборот, в южной части зоны, с ее годовой температурой в 3.5—6 и 7° и годовыми осадками в 260(240)—220(200) мм, развиваются светло-каштановые почвы, менее гумусные (2—3%), более солонцеватые и всегда комплексные, главным образом за счет включения пятен солонцов.

В силу ряда исторических причин и климатических условий темнокаштановые почвы Северного Казахстана сравнительно не сильно отличаются от соответствующих им южных черноземов. Мощные варианты их так же структурны, так же карбонатны, но менее гумусны (около 5%). Но таких мощных вариантов в зоне темнокаштановых почв мало. Преобладают маломощные или среднемощные варианты. Они заметно выделяются своей каштановой окраской и всюду вкрапленными среди них пятнами солонцов.

На встречающихся иногда высоковыкипающих разновидностях маломощных темнокаштановых почв, не отличающихся заметной солонцеватостью, обнаруживаются обычная для почв этой группы неоднородность профиля, наличие пятен слитых темноцветных почв и пр. Наоборот, светлокаштановые почвы Северного Казахстана почти не имеют общих черт с поч-

¹ Само название каштановых почв обязано их окраске, обусловливаемой, главным образом, явлениями солонцеватости.

вами более северных зон, несмотря на то, что они также развиваются в условиях преобладания летних осадков, но уже очень незначительных по абсолютному их количеству и часто в очень близких условиях рельефа и материнских пород.

Зону светлокаштановых почв Северного Казахстана и других областей можно рассматривать как зону солонцов, а сами светлокаштановые почвы как особую форму солонцеватых почв. Только на островках карбонатных глинистых пород среди сопочника можно еще встретить сероватые плотные и мощные карбонатные разновидности светлокаштановых почв. В основном же здесь распространены (если не считать огромных площадей сопочника, занятых различными скелетными почвами) маломощные светлокаштановые почвы, развивающиеся в межсопочных равнинах, ложбинах и т. п. При этом, в случае, когда слагающий эти долины и ложины крупнообломочный материал (галечники и пр.) залегает не глубже 3 м, развиваются сильно солонцеватые светлокаштановые почвы, усеянные сверху хрящом и дресвой. В тех случаях, когда такого дренирующего слоя нет, начинают развиваться маломощные солончаковатые светлокаштановые почвы, быстро сменяющиеся (в сторону частых здесь сухих ложков) различными лугово-солончаковыми почвами с пятнами солончаков и солонцов. Кроме того, среди светлокаштановых почв (и темнокаштановых) Северного Казахстана встречается много солончаков, корковых солонцов и солонцово-солончаковых скелетных почв, особого типа, которые развиваются преимущественно на сложенных известняками сопках и грядах южной части зоны.

Вполне естественно, что характер почвенного покрова зоны светлокаштановых почв Северного Казахстана не позволяет считать ее земледельческой. Только в выборочном порядке можно осваивать под распашку небольшие участки луговых и лугово-солончаковых почв, а также и отдельные полосы наименее скелетных и наименее солонцеватых разновидностей, маломощных светлокаштановых почв. Сюда же можно причислить и клочки более мощных серых светлокаштановых почв. Наоборот, в зоне темнокаштановых почв Северного Казахстана имеются иногда довольно крупные массивы неплохих пахотных земель — мощные темнокаштановые почвы (сероватые), маломощные высоко вскипающие темнокаштановые почвы и различные не сильно солонцеватые темнокаштановые почвы легкого механического состава. Последних особенно много в районе Павлодара, где ими составляются основные массивы освоенных под земледельческую культуру площадей.

Суммируя все сказанное о почвах Северного Казахстана, приходим к выводу, что значительная часть почвенного покрова его зоны средних черноземов представляет собой хороший фон для развития земледелия. На ряду с этим достаточно велики возможности молочного скотоводства, (за счет огромного количества вкрапленных почв микропонижений, почв

сильно комплексных участков и пр.). Почвенный покров зоны южных черноземов Северного Казахстана имеет, пожалуй, наиболее полное земледельческое значение — зерновое направление с применением сухого земледелия.

Однако и значительное место может занять скотоводческое хозяйство мясного направления за счет довольно большого количества скелетных почв, почти неосваиваемых маломощных черноземов и различных пестроземных почв.

Почвенный покров зоны темнокаштановых почв более соответствует развитию земледельческо-скотоводческого хозяйства с преобладанием последнего.¹ В зоне светлокаштановых почв возможно уже в настоящее время выборочное использование для земледелия наименее скелетных и наименее солонцеватых почв.

Почвы Центрального Казахстана

В пределах климатической области Центрального Казахстана мы встречаемся, главным образом, с бурыми почвами. Только в западной части области, южнее Уральска (от западной границы области до Мугоджарских гор) проходит полоса светлокаштановых почв. Последние здесь отличаются от светлокаштановых почв Северного Казахстана большей солонцеватостью и почти сплошной комплексностью, в состав которой входят солонцы (в среднем около 50% всей площади) и различные темноцветные почвы западин, в том числе и солонцеватые почвы типа темнокаштановых. По более крупным западинам (лимамы, лопатины) преимущественно развиваются темноцветные слитые почвы, солонцеватые и часто осолоделые. По понижениям, в виду разливов теряющихся здесь рек (Ильмени и пр.), развиваются солонцово-солончаковые комплексы, в состав которых также могут входить различные темноцветные почвы. Почвы неглубоких западин, а также участки светлокаштановых почв, среди которых преобладают почвы мелких западин, являются очагами пашенного земледелия.

В области подуральского мелового плато, так же, как и на Мугоджарах, встречаются светлокаштановые скелетные и песчаные почвы, которые приурочиваются больше к поверхностям столовых форм рельефа и менее комплексны.

По широким же плоским депрессиям распространены солонцовые комплексы.

Бурые почвы составляют основу почвенного покрова Центрального Казахстана и являются почвами северных пустынь, в то время как

¹ Встречающиеся в Северо-западном Казахстане участки темнокаштановых почв большей частью малокомплексны и полностью могут быть использованы для земледелия.

светлокаштановые — почвы полупустынь. В зоне бурых почв осадков выпадает в два раза меньше, чем в зоне светлокаштановых (100—160 мм), а годовая температура в два раза выше (6—11°). Естественно, что при этих условиях в зоне бурых почв относительно ослабевают явления солонцеватости и усиливаются явления солончаковатости почвенного покрова в целом.

Имеющийся крайне скудный материал о почвах бурой зоны позволяет говорить о том, что в восточной половине Центрального Казахстана преобладают хрящеватые и щебенчатые разновидности, а в западной (к западу от Мугоджар) — супесчаные и легко суглинистые. Первые почти всегда заметно солонцеваты, вторые чаще солонцевато-солончаковаты. И те и другие малогумусны (около 1%) и развиваются в условиях повышенного залегания солевых горизонтов почвы. Обычно у бурых почв горизонт сульфатов начинается на глубине около 0.5 м. Отсюда легкое варпирование бурых почв то в сторону оформления более солонцевого профиля, то в сторону более солончакового и одновременно с признаками слабого осолодевания.

В нашем представлении бурые солонцевато-солончаковатые почвы (восточный вариант) следует рассматривать как один из наименее засоленных членов «остепневающего» лугово-солонцевато-солончакового комплекса межсопочных понижений северной пустыни. Характерная черта строения солонцевато-солончаковатых бурых почв — наличие признаков глубокой проникающей, но не резко выраженной деградации (осолодевания), захватывающей всю толщу гумусовых горизонтов этих маломощных почв. Благодаря этому при полевом описании горизонт В не выделяется, и в почве фиксируется только горизонт А, сразу сменяющийся горизонтом С. Для иллюстрации строения солонцевато-солончаковатых бурых почв восточной половины Центрального Казахстана мы можем привести сделанное Л. И. Прасоловым описание разреза, заложенного в районе оз. Бакап-Куль (Прасолов «О почвах Лепсинского уезда» 1911 г.)

Горизонт А (до 7—8 см) — светлорыжий, сероватый, рыхло-комковатый, щебнистый. Вскипание с поверхности.

Горизонт А₂ (до 23—25 см.) — компактный, комковатый, но без глянца. Щебень с белой корой.

Горизонт С (с 35) — сплошная щебенка с белой корой до нижней поверхности.

В верхнем горизонте этого разреза содержится: гумуса — 1.69%, углекислоты — 2.48%, гигроскопической воды — 1.77%, химически связанной воды — 3.56%.

Для иллюстрации строения и химизма второго рода бурых почв (солонцеватых) может служить следующий, даваемый И. П. Герасимовым, свод

ный профиль бурых почв Сагизско-Эмбенского района (Герасимов. Почвенные зоны и области Закаспийских степей и пустынь, 1931 г.):

0—3 (4) см — корочка, хорошо выраженная, пористая, светлосерая;
3—10 см — рыхлая, листовая толща;
10—30 см — несколько уплотненный, призматично-комковатый, коричнево-бурый; с 19 см большое уплотнение. С 32 см — карбонатный горизонт, белесобурый, плотный, компактный. Гипсовый горизонт примерно с 0.5 м.

Герасимов указывает, что его бурые почвы содержат гумуса в верхнем горизонте 1%, что они не засолены в верхней части профиля, солонцеваты в средней и хлоридно-сульфатно-солончаковаты (с карбонатами) в нижней части.

Мы полагаем, что особой, зональной формой бурых почв следует считать, так называемые гипсоносные сероземы, развивающиеся в южной части области Центрального Казахстана (Бед-Пак-Дала и отчасти Усть-Урт).

В зоне бурых почв вполне возможно найти участки, с почвенной стороны более или менее пригодные для земледелия при применении орошения.

Почвы Восточного Казахстана

Почвы Восточного Казахстана впервые рассматриваются здесь как почвы особой почвенной области (провинции или фации). Такое рассмотрение почв Восточного Казахстана осложняется тем, что в северной его половине почвы формируются в условиях, близких к полупустыням Северного Казахстана, а в южной — к пустыням Центральной области. Правда, в последнем случае своеобразие рассматриваемых почв более заметно и не даром еще более двух десятков лет назад исследователь почв Семиречья А. И. Бессонов настаивал на том, что главный (ведущий) тип почв этой части территории Казахстана следует рассматривать как особые светло-бурные почвы, а не как сероземы, что принято в настоящее время.

С точки зрения этих положений в северной половине Восточного Казахстана (примерно от широты оз. Зайсан) мы всюду имеем дело со светлокаштановыми почвами, в значительной степени представленными щебенчатыми и хрящевато-суглинистыми разновидностями. Среди последних много места занимают луговые светлые слабосолончаковатые почвы под чем, а также пятна солонцов, солончаков, темноцветных почв микропонижений лугово-солончаковых и слабо заболоченных почв. По более крупным горным возвышениям (горы Семей-Тау и др.) встречаются темнокаштановые щебенчатые почвы. Вдоль северной периферии сопочникового массива (у г. Семипалатинска и южнее) распространены легкосуглинистые разновидности светлокаштановых почв, сравнительно мало комплексных. В этом случае солонцы больше приурочиваются к крупным депрессиям рельефа.

Отличительные черты всех перечисленных почв северной половины Восточного Казахстана — преобладание призматических форм солонцов. большое количество особых светлых луговых слабо солончаковатых почв (чиевых) и довольно значительная мощность самих светлокаштановых почв. Темнокаштановые почвы отличаются также слабой дифференцированностью почвенного профиля и скорее наличием признаков некоторой слабой выщелоченности, чем свойственной светлокаштановым почвам солонцеватости.

Эти же своеобразные признаки почв Восточного Казахстана так или иначе проявляются и в южной его половине, где форма солонцов преимущественно также призматическая и глыбистая. Но здесь преобладает последняя их форма, и сами солонцы большей частью бывают корковыми. Развиваются они на участках, связанных с условиями избыточного увлажнения, вследствие чего обычно переходят в разновидности слитых луговых почв. Кроме того, здесь не мало различных болотно-солончаковых почв, солончаков и такыров.

Среди основных почв южной половины Восточного Казахстана, называемых теперь сероземами, много легкосуглинистых разновидностей и слабо солончаковатых. Ближе к горам распространены суглинистые лессовые сероземы, наиболее полно отображающие своеобразие почв Восточного Казахстана. Эти сероземы (или иначе светлобурные Бессонова) малогумусны ($1-1\frac{1}{2}-2\%$); мало изрыты насекомыми, мало карбонатны ($1-2\%$), характеризуются особо большой мощностью верхнего слоистого горизонта (слоист весь горизонт А — до 19 см) и рядом других признаков, говорящих о некотором выщелачивании и как бы скрытой деградации.¹

Очень большое место в почвенном покрове южной половины Восточного Казахстана занимают массивы грядовых и бугристых песков с пятнами такыров, солончаковатых песчаных почв и малоформленных песчаных сероземов.²

Таким образом, на основании приведенного беглого обзора почв Восточного Казахстана можно прийти к выводу, что в южной его половине не пло-

¹ Г. Тумин так описывает эти почвы: Гор. А. — до 2—3 см — пористый, слоистый или ячеистый; ниже (до 8 см) — слабо слоистый; еще ниже (до 19 см) — слабо плотноватый без зернистости. Гор. В. — светлее, слабо плотноват, без зернистости. С 35 см появляются пятна извести. Общая мощность А+В — 55 см.

² Мы считали бы более правильным включить в состав почв Восточного Казахстана и почвы пояса так называемых горных светлокаштановых почв. Эти светлокаштановые почвы не выщелочены, вскипают с поверхности, достаточно мощны, не солонцеваты, обладают хорошо выраженной несколько угловато-зернистой структурой и еще в 1909 г. К. Д. Глинкой были названы темносерыми почвами. Они не плохо увлажняются (300—400 мм). Все это делает их хорошими пахотно-способными землями для зерновых, но плохо выдерживающими условия богарного земледелия.

хне пахотнеспособные земли только массивы суглинистых сероземов вместе с частью вкрапленных в них участков (ближе к горам) избыточно увлажняемых почв. Однако, если исключить пояс горных светлокаштановых почв, в настоящее время только последнего рода почвы значительно освоены под земледелие, несмотря часто на ряд неблагоприятных их свойств — солонцеватость (и слитое сложение), солончаковатость и даже некоторую заболоченность, что объясняется большей обеспеченностью поливными водами и удобством орошения таких участков, а также иногда и возможностью некоторого использования растениями грунтовых вод. Большие же массивы сероземов часто не осваиваются из-за недостатка воды для орошения, а если ее местами бывает и достаточно, то все же в первую очередь осваиваются наиболее низкие по рельефу участки сероземов. Эти участки большей частью в той или иной степени засолены или несколько избыточно увлажнены, что может усиливаться под влиянием орошения.

В северной половине восточного Казахстана пахотнеспособных земель еще меньше. Только легкосуглинистые светлокаштановые почвы являются здесь основным фондом земледелия, но их недостаточно, да и сами они редко лишены вредной солонцовой комплексности.

В области почв Восточного Казахстана в почвенном отношении фондов для дальнейшего освоения много, так же, как и велики возможности увеличения использования уже освоенных земель — за счет проведения несложных мелiorаций и т. п. Благоприятные климатические условия более теплой южной половины Восточного Казахстана настойчиво подчеркивают необходимость упорной работы в указанном направлении.

Почвы Южного Казахстана

Со времен исследований Неуструева, в б. Чимкентском уезде, в 1909 г., считается общепризнанным, что основной тип почв Южного Казахстана и Средней Азии — сероземы, преимущественно типичные, как назвал их еще сам С. С. Неуструев. В настоящее время, мы имеем основание считать, что типичные сероземы Неуструева наиболее хорошо представлены только в районе Чимкента, а также отчасти и южнее — по средним предгорьям Западного Тянь-Шаня. Точнее говоря, типичные сероземы территориально хорошо увязываются только с районом развития типичного варианта более прохладного климата Южного Казахстана. При этом менее мощные и мало гумусные формы типичных сероземов развиваются в более пустынных условиях.

В районах развития варианта более теплого климата Южного Казахстана (Келесский административный район, Пахта-Аральский, Кара-Кум-

ский и др.) сероземы, оставаясь по существу, может быть, еще теми же, теряют резкую выраженность своих отличительных черт. Чрезвычайно характерная для типичных сероземов серая окраска их гумусовых горизонтов вытесняется появлением новых палевых тонов; не менее характерная угловатая как бы псевдозернистая структура сменяется бесструктурностью и т. д. Прослеживая смену типичных сероземов на восток и северо-восток, мы видим, как они (в районе переходного варианта климатов — Аулие-Ата, Мерке) суживаются территориально и как при этом теряется различие между их светлой маломощной, более пустынной формой и более темной и мощной формой полустепей. В пределах же южной половины Восточного Казахстана вместо типичных сероземов, как уже отмечалось, в более пустынных условиях формируются достаточно своеобразные почвы (также называемые сероземами), обладающие признаками некоторого выщелачивания. В условиях же полустепей формируются достаточно многогумусные (около 3%) темносерые почвы, называемые уже горными светлокаштановыми.¹

¹ Мы полагаем, что типичные сероземы являются продуктом особого видоизменения почвообразовательного процесса бурых почв. В частности, основное значение здесь должно иметь вызываемое осадками весеннее охлаждение воздуха и почвы, проявляющееся в определенных рамках температуры. Благодаря этому охлаждению и в меньшей мере благодаря непосредственному значению увлажнения в типичных сероземах по сравнению с бурыми почвами прежде всего увеличивается количество гумуса (до 2%). Последнее, наряду с повышенной карбонатностью приводит к оформлению характерной серой окраски и не менее характерной угловато-псевдозернистой структуры и достаточно рассыпчатого сложения. Сказанным несколько не умаляется соответствующее почвообразовательное значение землероев, так как несомненно, что и сами они и вся их деятельность не изолированы от упомянутых особенностей среды.

Светлые разновидности типичных сероземов, находясь в полосе затухания охлаждающего влияния весенних осадков на стыке с условиями северных пустынь, не полностью отражают характерные черты типичных сероземов, одновременно обладая некоторыми новыми признаками — малая мощность (A+B около 30 см), несколько буроватая окраска горизонта A₂, относительно большая емкость поглощения (около 18 милли-эквивалентов) и т. д.

В южной половине Восточного Казахстана вызываемое весенними осадками охлаждение и прочие необходимые для оформления типичных сероземов условия могут наблюдаться (отчасти) только под горами, где абсолютное количество осадков велико. Но в силу более низкой температуры этой полосы (средняя годовая 8° вместо 11° и 12° в районе Чимкента) гумусность развивающихся здесь почв превышает гумусность типичных сероземов (3% вместо 2) при достаточно большом сходстве всех остальных признаков. В итоге часто можно встретить отдельные некрупные участки и клочки неширокой полосы темносерых почв, входящих в состав пояса горных светлокаштановых почв и поэтому, обычно, также называемых горными светлокаштановыми, что, конечно, далеко не точно. На ряду с этим в более теплом поясе подгорных равнин южной половины Восточного Казахстана охлаждающее влияние осенних осадков не может сколько-нибудь заметно проявляться прежде всего из-за абсолютно небольшого их количества, а главное из-за

На основании анализа почвообразовательного значения климатических условий Южного Казахстана мы уже можем в значительной степени не только понять своеобразие намечающихся вариаций сероземного типа почв, но и облегчить тем самым разрешение соответствующих вопросов повышения урожайности.

Вообще же сероземы являются хорошими землями, продуктивно используемыми при условии применения орошения. При этом следует иметь в виду, что орошение, интенсивно воздействуя на почвообразовательный процесс, быстро приводит к многообразным и часто отрицательным явлениям влияния культуры.

Параллельно с указанными изменениями основных (сероземных) почв Южного Казахстана изменяются и остальные типы встречающихся здесь почв. Из группы наиболее хозяйственно ценных прежде всего следует отметить на особом типе почв, формирующихся по плоским пониженным и пересеченным поверхностям подгорных террас, иногда верхних речных террас и по днищам неглубоких логов и полузамкнутых котловин. Растительность этих поверхностей в настоящее время находится в стадии остепнения бывших здесь ранее лугов, почему соответствующие почвы могут быть выделены как особая группа древнелуговых карбонатных почв.

Для этих почв, эволюционирующих от болотно-солончаковых (через лугово-солонцеватые, слитые и т. д.), чрезвычайно характерна их карбонатность при вымывости легко растворимых солей. Такое положение возможно только при определенном количестве осадков (около 300—500 мм) и фильтрационном характере увлажнения, обусловливаемом относительно неглубоким (3-метровым) залеганием галечника, слабой покатостью поверхности и т. п.

В условиях высоких предгорий, где осадков выпадает больше 500—600 мм и где вымываются не только легко растворимые соли, но и карбонаты, эти

сказывающегося в этих условиях относительного равенства сезонного их распределения, которого оказывается достаточным для получения некоторых признаков выщелачивания почв, примеры чему мы приводили выше. Иначе говоря, здесь мы имеем своеобразные почвы, называемые в настоящее время также сероземами, что безоговорочно нами принято быть не может.

В условиях теплой разновидности климатов Южного Казахстана типичный сероземный почвообразовательный процесс только несколько затухает, в частности в отношении накопления гумуса, и поэтому больше просвечивает окраска лёсса. Указанное явление происходит не оттого, что охлаждение от весенних осадков не имеет здесь места, а оттого, что это охлаждение проявляется на фоне более высоких температур. Одновременные же с охлаждением явления избыточного весеннего увлажнения почв остаются. Им обязаны своеобразно слабо увеличенные мощности сероземов полустепного пояса (A+B+CB—60 см) по сравнению с менее мощными сероземами пустынного пояса и ряд других признаков.

почвы деградируются и вообще не развиваются как отчетливо выраженный тип почв. С другой стороны, в более теплом и более засушливом поясе подгорных равнин, в силу преобладания восходящих токов почвенных растворов и иных гидрологических и геоморфологических условий, взамен таких карбонатных почв всюду преобладают различные болотно-солончаковые почвы, светлые луговые солончаковые или отакрытые, солонцеватые слабослитные и другие разновидности того же ряда.

Однако и в полосе наилучшей своей выраженности (пояс предгорных полустепей) тип древнелуговых карбонатных почв не остается всюду одинаковым и вместе с изменением основных сероземных почв изменяется и сам, отражая тем самым соответствующую смену климатических условий.

Так, на самом юге Казахстана, в районе более теплого климата, эти почвы представлены светлыми желто-бурыми почвами. Обычно они всегда бывают сильно окультурены (лучшие хлопковые земли) и поэтому в верхней части профиля серыми, оструктуренными и часто обогащенными пригационными наносами. Наносы не являются инертной примесью и очень быстро после отложения включаются в общий ход почвообразовательного процесса, совершенно утрачивая свой характер — перестают быть наносами. В районах развития типичных темных сероземов те же почвы распространены больше и представлены исключительно тяжелосуглинистыми бурыми мощными почвами, причем в более пустынном поясе, среди более светлых форм типичных сероземов на месте указанных мощных бурых почв развиваются почвы, больше напоминающие сероземы, в соответствии с чем они выделяются как сероземы с признаками гидроморфности. Наоборот, в поясе более увлажняемых горно-каштановых почв этих же районов развиваются деградированные мощные бурые почвы. Наконец, в районах развития переходного варианта климатов Южного Казахстана (Аулие-Ата, Мерке), а также и в южной половине Восточного Казахстана тип древнелуговых карбонатных почв представлен серыми почвами, более мощными в поясе горно-каштановых почв.

Все указанные варианты древнелуговых карбонатных почв являются лучшими пахотнспособными землями, обладающими несколько повышенным запасом питательных веществ (валовое количество гумуса — от 2½ до 4%) и хорошими физическими свойствами — рыхлое сложение, неплохая структурность, отсутствие резко уплотненных горизонтов и т. п. Ближе к поясу гор, более богатому осадками, эти почвы ухудшаются за счет деградации верхних горизонтов и уплотнения нижних. В сторону же засушливого пояса начинают исчезать перечисленные выше положительные их свойства — появляются пятна солонцеватых сероземов, а иногда и слабо солончаковых. Кроме сероземов и древнелуговых карбонатных почв, в Южном Казахстане имеют большое производственное значение и довольно

часто встречаются типичные влажпелуговые почвы, болотные и различные солончаковые почвы. Первые большей частью представлены вариантами светлых луговых, содержащих гумуса около 2—3% и обычно отличающихся той или иной степенью слабой солонцеватости (слитости сложения). Различные болотные почвы почти всегда содержат легко растворимые соли и часто бывают несколько отакырены с поверхности. Много такыров и такырно-солонцовых комплексов с участками маломощных, светлoluговых лиманных почв встречается по древним поймам крупных рек, главным образом в пределах развития более холодной разновидности климатов Южного Казахстана. Из всех этих почв луговые почвы и отчасти лиманные являются не плохими, еще пахотноспособными землями. По местоположению они наиболее удобны для орошения, но обычно легко засоляются от неумелого обращения с водой, не говоря уже о том, что и до орошения сами часто бывают несколько засолены. Все же остальные из перечисленных выше почв преимущественно могут использоваться для орошаемого земледелия после проведения соответствующей мелиорации.

В результате произведенного обзора мы можем сделать заключение, что почвенный покров Южного Казахстана складывается в основном различного рода лёссово-суглинистыми сероземами, древнелуговыми карбонатными почвами, преимущественно тяжелосуглинистыми, и светлыми луговыми почвами различного механического состава. К ним добавляются крупные массивы песков, отдельные массивы такырно-солонцово-солончаковых комплексов и участки болотно-солончаковых почв, такыров и многих других почв, не имеющих большого хозяйственного значения. Все эти почвы отражают установленные нами вариации климатов и все они, за исключением такырно-солонцово-солончаковых и близких к ним почв, являются хорошими пахотноспособными землями, обеспечивающими полное развитие всевозможных высокоценных культур. В частности, на сероземах более теплых районов Южного Казахстана и на желто-бурых «гидроморфных» почвах прекрасно развиваются ценные сорта хлопчатника, дающие урожай до 20 ц с га при удобрении азотом и фосфором. На типичных сероземах (лучше на светлых из них) и на бурых «гидроморфных» почвах при удобрениях также не плохо растет хлопчатник, но уже более скороспелые и менее ценные его сорта. Серые «гидроморфные» почвы вполне пригодны для разведения свеклы и т. д. Все это имеет место при применении орошения и соблюдении правил агротехники. При этом нельзя забывать, что под орошаемое земледелие большей частью осваивались более удобные для полива спущенные поверхности, почвы которых большей частью обладают той или иной степенью засоления, солонцеватости или некоторого избыточного увлажнения—признаками, или угнетающими рост культурных растений, или создающими несколько своеобразные условия роста.

Почвы горных областей Тянь-Шаня и Алтая (казахской части)

При описании горных почв Казахстана мы будем иметь в виду, главным образом, почвы пояса выщелачивания казахской части Тянь-Шаня и пояса избыточного увлажнения Алтая, также казахской его части. Как нам уже известно, оба эти пояса, отличающиеся большим количеством годовых осадков (500—600 и до 1000 мм и выше), совпадают с неширокой (10—20 км) полосой высоких средних и частью низких предгорий (называемых в районе г. Алма-Ата «прилавки») и прилегающих к ним самых верхних частей предгорных покатостей. Рельеф этой полосы преимущественно увалисто-грядовый. Сложены предгорья большей частью меловыми третичными и послетретичными конгломератами, переслаивающимися с толщами глинистых и песчаных сланцев или просто глинистыми и песчаными породами, часто пестроцветными. Самая прикная часть рассматриваемой полосы (предгорные покатости) складывается пролювиально-галечниковыми отложениями более молодого возраста. Все это покрыто чехлом лёссовых и лёссовидных пород, под которыми иногда (по склонам увалов) обнажаются перечисленные выше коренные породы. По более крупным конусам выносов, прорывающих лёссовую покрывку низких предгорий, также выходят на поверхность галечники. Последние, правда, часто бывают покрыты тонким слоем (около одного метра) мелкоземистого напоя, содержащего довольно большое количество песчаных частиц и отдельные включения гальки и хряща.

Почвенный покров юго-западной части Тянь-Шаня (казахского), где климаты наиболее теплы и где часто выходят на поверхность галечники и сланцы, представлен преимущественно горными светлокаштановыми почвами (типа светлых буроземов). Мощные их разновидности сильно выщелочены, содержат гумуса около 2—3% и вверху заметно деградированы. На южных склонах увалов и гряд они сменяются маломощными смытыми разновидностями, часто галечниковыми или щебенчатыми. На северных — мощными темноцветными почвами, выщелоченными или перегнойно-карбонатными. Наибольшее производственное значение из перечисленных почв имеют сейчас перегнойно-карбонатные почвы, к которым приурочены наиболее крупные из сохранившихся насаждений грецкого ореха. Правда, ореховые деревья здесь больше тянутся вверх, сильно загущены и поэтому малопродуктивны.

Есть основания думать, что разведение ореха на несколько более гумусных формах здешних светлокаштановых почв обеспечит большую продукцию деревьев и лучшее качество плодов — скороспелость и тонкокорость. Также большое значение имеют темноцветные выщелоченные почвы с их яблоневыми-альцевыми насаждениями. На различных смытых почвах хорошо вызревают фисташка и миндаль. Сами светлокаштановые выщелоченные

почвы в естественном состоянии сплошь покрываются густой кустарниковой растительностью (розариумы), а при обработке обеспечивают средние урожаи богарной пшеницы. Правда, пашни здесь страшно глыбисты, и на них легко образуется корка. Можно считать бесспорным, что по характеру почвенного покрова и климатических условий эта часть юго-западного Тянь-Шаня (главным образом Бастандыкский район) может и должна быть использована исключительно для развития садоводства.¹

Остальная часть почвенного покрова пояса выщелачивания западного Тянь-Шаня представлена преимущественно горными темнокаштановыми почвами (типа темных буроземов). Среди них часто встречаются мощные выщелоченные и деградированные разновидности, чередующиеся с различными выходами горных пород. По довольно крупным участкам высоких горных плато и по плоским вершинам отдельных гряд развиваются мощные черноземовидные горные почвы. А на тех же элементах рельефа, по относительно более низких, серые карбонатные почвы. Все эти земли, за исключением щебистных поверхностей, успешно могут использоваться и часто уже используются, под богарные посевы зерновых. Правда, большие затруднения создают трудности подъема, — особенно с орудиями обработки на такого рода участки.

Горные светлокаштановые почвы, встречающиеся по более низким и выровненным предгорьям, характеризуются относительно уже небольшой мощностью, вскипают с поверхности и почти всегда лёссово-суглинистого механического состава. В соответствии с этим они являются хорошими, даже лучшими пахотнспособными землями так называемой неустойчивой богары. Иногда эти светлокаштановые почвы используются как массивы суходольных сенокосов. По многочисленным «саям» и склонам с различными темноцветными почвами типа луговых разводятся сады, которые могут иметь гораздо большее распространение.

В Центральном Тянь-Шане (Запильский и Джуңгарский Ала-Тау) горные светлокаштановые почвы типа буроземов почти совершенно сходят на нет. Взамен их, но вне пределов пояса выщелачивания, как об этом мы уже говорили, главным образом развиваются темносерые почвы, также цизываемые горными светлокаштановыми. Нижняя часть пояса выщелачивания занята горными темнокаштановыми почвами типа буроземов (темных), представленных среднемоющими не сильно выщелоченными разновидностями — лёссово-суглинистыми на лёссовых массивах и грубосуглинистыми

¹ Несколько менее удобными для широкого развития садоводства южного типа здесь будут небольшие массивы горных темнокаштановых почв (темнобуроземных), развивающихся в условиях несколько более холодных климатов. На таких почвах хорошо развивается богарная культура зерновых, а на различных почвах понижений и склонов — заросли крупноплодного боярышника (даланы) и другие древесные породы.

(до тяжелосупесчаных и хрящевато-галечниковых) на конусах выносов. Среди тех и других попадаются небольшие полосы темноцветных почв и почв типа мощных серых карбонатно-луговых. Верхняя часть пояса выше-

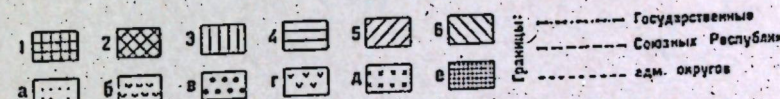
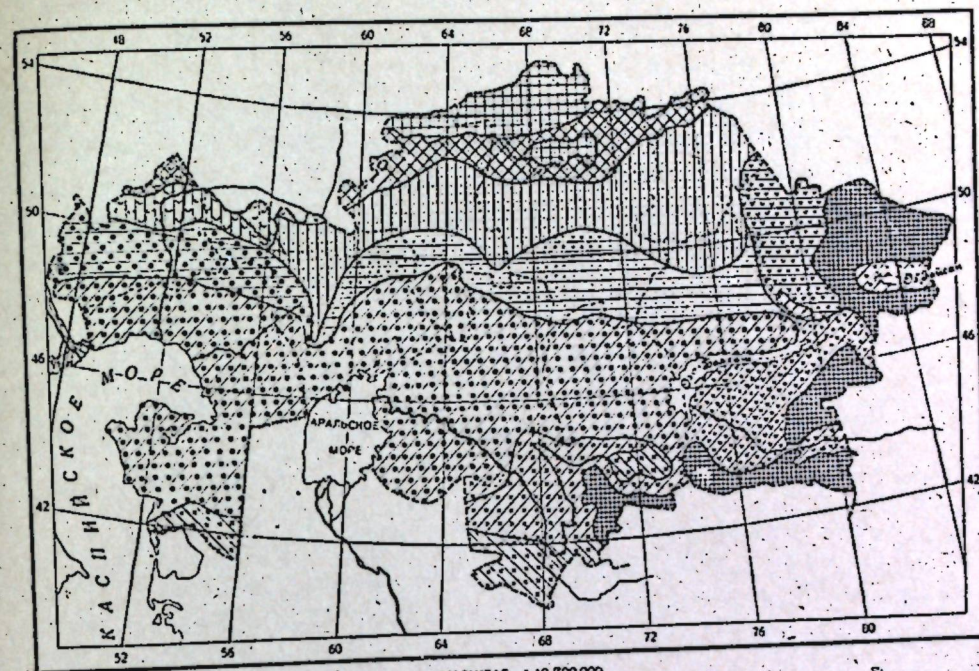


Схема почвенных зон в областях Казахстана

- Зоны: 1 — средних (обыкновенных) черноземов
2 — южных черноземов,
3 — темнокаштановых почв,
4 — светлокаштановых почв,
5 — бурых почв и типичных сероземов,
6 — сероземов юга («светлоземов»).

- Области (или фации): а — Северного Казахстана,
б — Северо-Западного
в — Центрального
г — Восточного
д — Южного
е — горные области (Алтай и Тянь-Шаня)

лачивания Центрального Тянь-Шаня («прилавки» и начало гор) занята мощными выщелоченными горными черноземами, в самом верху часто деградированными. В Джуңгарском Ала-Тау площади, занятые горными черноземами, увеличены за счет сокращения площадей, занятых горными темнокаштановыми почвами. Горные темнокаштановые почвы Центрального

Тянь-Шаня — лучшие богарные земли, на которых поливы применяются только для технических культур (свекла, табак и др.), развивающихся на этих почвах так же хорошо, как и зерновые. Массивы горных черноземов больше используются под посевы зерновых культур, однако, освоенность этих массивов чрезвычайно невелика из-за рельефа — главным образом трудность использования транспорта.

На Алтае уже не встречается горных темнокаштановых почв предыдущего типа. Здесь горные черноземы, а в верхней части пояса — лесные почвы так называемой алтайской черны. Всюду еловые леса, развитое промысловое хозяйство. Но немалое место, особенно в зоне горных черноземов, занимает и земледелие зернового направления.

М. Н. ЛАТЫШЕВА

К ВОПРОСУ О ДИНАМИКЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ГРУНТОВЫХ ВОДАХ¹

(Лаб. подзолистых почв Почвенного Института Акад. Наук).

В тех случаях, когда зеркало грунтовых вод колеблется в пределах не-больших глубин от дневной поверхности, содержание кислорода в них ока-зывает существенное влияние на почвообразовательные процессы и на ра-стительность.

Хессельманн² отмечает, что в условиях избыточного увлажнения водами, богатыми кислородом, наблюдается хороший рост леса, а по-этому отрицательное влияние заболачивания не столько вопрос степени увлажнения, сколько недостатка кислорода. По наблюдениям этого иссле-дователя, вода, проходящая через 10-см слой гумусовой почвы, теряет уже около $\frac{1}{3}$ своего кислорода.

Тамм³ в результате своих наблюдений в Северной Швеции установил, что вода, проходящая даже через тонкий слой торфа, обедняется кислоро-дом или вовсе лишается его. В то же время под мощными слоями торфа он находил часто воды, богатые кислородом. Это явление он объясняет тем, что вода, протекающая под слоем торфа, не связана с водой, содержащейся в последнем.

Быстров⁴ из своих наблюдений в окрестностях Детского Села в подзо-листых почвах нашел дефицит кислорода (т. е. количество его, недостаю-щее до насыщения воды при данной температуре и давлении) от 30% до 80%, чаще всего — 60—70%. В глеевой почве дефицит кислорода, найден-ный им, выражался в 75—90%. В гумусовых горизонтах (A₁) дефицит кисло-рода в среднем несколько ниже, чем в нижележащих.

¹ Из работ Волжско-Камской экспедиции Почвенного института Академии Наук СССР.

² Hesselmann H. Meddel. fr. St. Skogsförsöksanstalt, N. 7, SS. 91—126, Stockholm, 1910.

³ Tamm O. Meddel. fr. St. Skogsförsöksanstalt, N. 22, SS. 1—44, Stock-
holm, 1925.

⁴ Быстров С. В. Материалы к познанию подзолистого процесса.

Наши наблюдения были произведены на Покровском почвенном стационаре Волжско-Камской экспедиции у с. Покровское, на р. Шекспе. Наблюдения имели целью охарактеризовать кислородный режим грунтовых вод под несколькими почвенными разновидностями подзолистого, подзолисто-болотного и болотного типов.

Молого-Шекснинское междуречье и пойма р. Шексны представляют собой очень удобный объект для подобного рода исследований вследствие того, что глубина уровня грунтовых вод в течение весны, лета и осени колеблется в пределах от 0 до 150—200 см.

Участки, где брались пробы для определения кислорода, находились на опытных площадках стационара близ смотровых колодцев, расположенных по профилю, который начинался на озерной террасе и проходил до самого русла р. Шексны, пересекая ее правобережную пойму, представляющую собою серию валов и межгрядных впадин.

Первый участок, на котором велись наблюдения (опытная площадка № 2), расположен на озерной террасе в елово-березовом лесу. Почва — маломощный торфянистый подзол на тонких слоистых песках. Здесь были установлены три пьезометрические трубки на глубине 1, 1.5 и 2 м. Уровень грунтовых вод на этом участке за период наблюдения колебался от 3 см до 160 см, составив в среднем 65 см от поверхности почвы.

Второй участок (опытная площадка № 3) расположен на озерной террасе и представляет собой выгон на заброшенной пашне. Почва — дерново-подзолистая, на тонких слоистых песках. На этом участке тоже были установлены 3 трубки на тех же глубинах — 1, 1.5 и 2 м. Уровень грунтовых вод на этом участке за период наблюдений колебался от 2 см до 136 см., составив в среднем 43 см.

Третий участок (опытная площадка № 6) расположен на нижней части склона озерной террасы. Почва — перегнойно-подзолисто-глеевая на легком суглинке, подстилаемом слоистым глинистым песком. Поросль серой ольхи, выгон. Здесь были установлены 3 трубки на глубине 0,5, 1 и 1,5 м. Уровень грунтовых вод на этом участке за период наблюдений колебался от 1 см до 173 см, составив в среднем 18 см.

Четвертый участок — вблизи смотрового колодца № 19, в черноольховой топи. Почва — перегнойно-глеевая на структурном глинистом аллювии. Здесь были установлены 2 трубки на глубине 1 и 1.5 м. Уровень грунтовых вод на этом участке за период наблюдений колебался от 2 до 43 см, в среднем составляя 7 см.

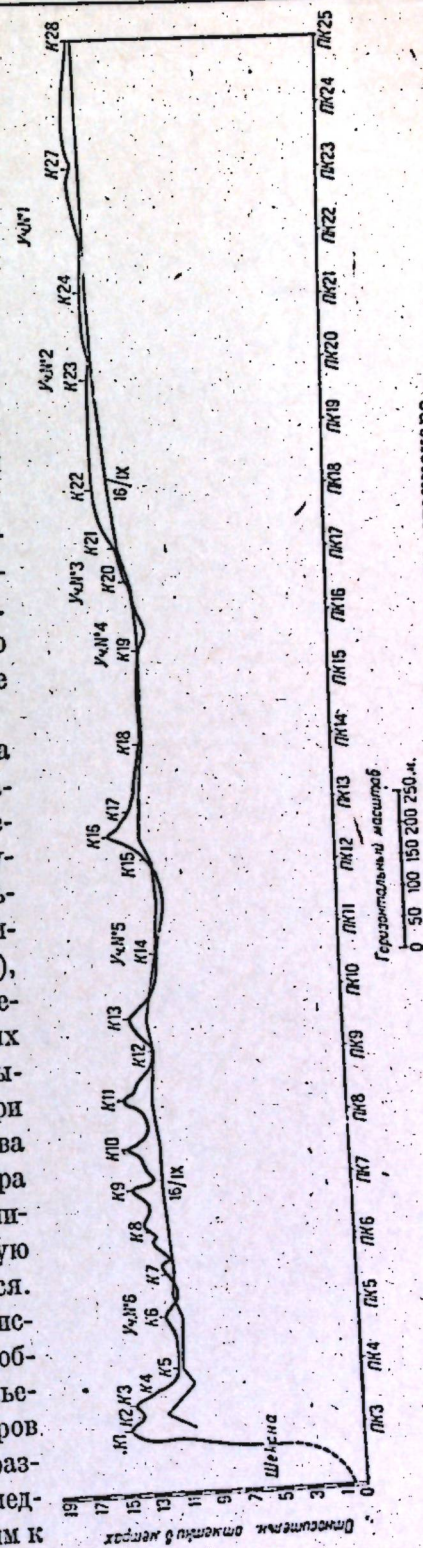
Пятый участок (опытная площадка № 7) расположен на платформообразной, почти горизонтальной, нижней части склона древнего прируслового вала. Почва — перегнойно-глеевая с признаками оподзоливания, на тяжелом суглинистом структурном аллювии. Щучково-разнотравный луг, выгон. Здесь была установлена 1 трубка на глубине 1 м. Уровень грунтовых вод

на этом участке за период наблюдений колебался от — 5 до 42 см, составив в среднем 6 см.

Шестой участок (опытная площадка № 10) расположен на плоском невысоком валу. Почва — аллювиально-подзолистая на структурном глинистом аллювии. Разнотравно-луковый луг. Сенокос. Здесь была установлена 1 трубка на глубине 3 м. Уровень грунтовых вод на этом участке в период наблюдений колебался от 10 см. до 228 см, в среднем составив 121 см.

Таким образом, мы шестью участками охватили самые характерные почвенные разновидности нашего профиля. Расположение участков по профилю изображено на прилагаемом графике (фиг. 1).

Определение содержания кислорода в грунтовых водах производилось 2 раза в месяц (в начале и в середине месяца) по методу Винклера. Для получения воды мы хотели сначала использовать специальный бур Тамма (описанный в цитированной выше работе), но наши попытки не увенчались успехом, так как все почвы исследуемых нами участков подстилаются слюдястыми тонкими песками, которые при насыщении водой приобретают свойства пльвунов, вследствие чего трубка бура забивалась этим пльвуном, а накачиваемая жидкость представляла густую суспензию, долго не просветлявшуюся. Невозможность в таких условиях использовать бур Тамма привела к необходимости сконструировать особые пьезометрические трубки по типу фильтров для смотровых колодцев, но малого размера. Эти трубки были сделаны из медных трубок диам. в 5 мм с припаянным к



фиг. 1. Гидрогеологический профиль Покровского стационара

основанию фильтром. Последний — медный цилиндр высотой в 5 см и диаметром в 3 см, на боковых стенках которого высверлено по окружности два ряда

отверстий в 3 мм диаметром. Цилиндр обтянут двумя слоями латунной сетки (с диаметром отверстий в 0,25 мм). Сетки между собой отделены тремя медными кольцами, диаметром в 3 мм, припаянными к цилиндру вместе с первой сеткой. Вторая сетка припаяна к этим кольцам снаружи (фиг. 2).

Такая трубка с фильтром вставлялась в почву, для чего буром Розанова высверливалась скважина на нужную глубину, на которую опускалась трубка с фильтром. Скважина засыпалась почвой, вынутой буром в той последовательности, в какой почва залегает. Эту последовательность нужно соблюдать для того, чтобы на самый низ не попадали органические вещества из верхнего гумусового горизонта. Почву, засыпанную в скважину, тщательно утрамбовывали, а трубку закрывали пробкой (чтобы создать некоторую герметичность). При помощи этих трубок нам удавалось доставать грунтовую воду с различных глубин без доступа воздуха и вполне прозрачную. Накачивание воды производилось обыкновенным автомобильным насосом с перевернутым поршнем. Для этого пьезометрическая трубка соединялась при помощи тройников и резиновых трубок с тремя параллельно включенными склянками. Вначале две из них на время выключали (при помощи винтовых зажимов), а через 3 пропускали воду при довольно слабом равномерном отсасывании до тех пор, пока не пойдет совершенно чистая вода. После этого и ее выключали и измеряли в ней температуру воды. Потом набирали воду в следующие две склянки (объемом в 70—80 см), включая обе сразу. Когда излишек воды начинал поступать в отводную трубку, склянки выключались и закрывались притертыми стеклянными пробками так, чтобы

Фиг. 2. Поперечный разрез пьезометрической трубки с фильтром.

не оставалось пузырьков воздуха. Сейчас же после наполнения склянок водой в них вводился раствор едкого натрия с подистым калнем (опускаемая кончик пипетки на дно склянки для того, чтобы как можно меньше

количество реактивов попадало в верхние слои воды в склянке). После этого вводили пипеткой раствор хлористого марганца и после взбалтывания и 20-минутного стояния вводили еще крепкую соляную кислоту. Затем склянки доставлялись в лабораторию для титрования. Анализы производились с двукратной повторностью. Результаты анализов приведены в таблице 1.

Рассматривая их, отметим прежде всего, что параллельные определения в большинстве случаев дали довольно хорошее совпадение, что позволяет считать полученные цифры достаточно надежными.

Для облегчения дальнейшего рассмотрения материала нами составлена табл. 2, в которой приводятся величины кислородного дефицита по площадкам и срокам. Сопоставляя между собой величины кислородного дефицита на разных участках, видим, что эти величины очень хорошо коррелируют со степенью заболачивания соответствующих почв. Прежде всего следует отметить, что все исследованные нами грунтовые воды на всех участках и во все сроки оказывались ненасыщенными кислородом. Наименьшие величины кислородного дефицита, т. е. наибольшее содержание кислорода, имело место на участке № 6 (площадка № 10). Аллювиально-подзолистые почвы, развитые на этом участке, не имеют никаких признаков заболачивания, тем не менее величины кислородного дефицита в этом случае не опускались ниже 38%. Несколько менее богатыми кислородом оказались грунтовые воды под участками № 1 и 2 (площадка 2 и площадка 3). В них величины кислородного дефицита колебались от 45 до 65% и лишь на участке № 1 в последний срок (27 октября) на метровой глубине дефицит достиг 93%. Почвы обоих участков характеризуются совершенно незначительными морфологическими признаками восстановительных явлений в виде оглеенных пятен и примазок. Напомним, что Быстров (см. цитированную выше работу), работая совсем в других условиях (почвы на тяжелых породах), находил для подзолистых почв величины дефицита от 30 до 80%, т. е. в общем близкие к полученным нами величинам. Еще более заметное увеличение кислородного дефицита мы наблюдаем на участке № 3 и 5 (площадка № 6 и площадка № 7). Здесь наиболее часто встречаются величины 80—90%, которые и осенью уже не понижаются. Почвы на этих участках имеют уже достаточно резко выраженные признаки заболачивания в виде глеевых горизонтов, темноокрашенных гумусовых горизонтов и т. д. Однако обе они сохраняют признаки и других почвенных типов: подзолистого — первая и аллювиально-подзолистого — вторая. Наконец, последний участок № 4 (у колодца № 19) характеризуется почти полным отсутствием кислорода в грунтовой воде, дефицит которого колеблется от 97 до 100%. Почвы на этом участке полностью принадлежат к болотному типу, хотя в пределах последнего их можно отнести к относительно сухим, так как в черноольховых топях поймы р. Шексны чаще встречаются более увлажненные плавотопей и торфяно-глеевые почвы.

Переходя к вопросу о сезонных колебаниях величины кислородного дефицита отметим, что наши данные определенно указывают на увеличение этого дефицита осенью. Это явление следует, вероятно связать с отмиранием растительного покрова и появлением в фильтрующихся через почву водах атмосферных осадков больших количеств водно-растворимых органических веществ, которые, разлагаясь, и потребляют кислород. Это тем более вероятно, что возрастание дефицита наблюдается в большей степени наверху, чем внизу.

Таким образом подзолисто-болотные и болотные почвы характеризуются достаточно резкими различиями в кислородном режиме своих грунтовых вод. Полученных нами данных, конечно, далеко не достаточно для того, чтобы вывести какие-либо более или менее точные пределы колебаний кислородного дефицита, характерные для каждой разности почв. Вместе с тем все же результаты наших наблюдений прибавляют некоторый материал к скудно освещенному в литературе, но очень важному вопросу кислородного режима грунтовых вод и его связи с почвообразовательными процессами.

Таблица 1

Определение содержания кислорода в грунтовых водах

Месяц и число	Глубина в метрах	Темпер. воды	Mг O ₂ в литре			Нормальн. количество O ₂ в мг на литр (при насыщении)	Колич. O ₂ в % от норм.	Дефицит в %
			опр. 1-о	опр. 2-о	среднее			
Участок № 1 (площ. № 2)								
31/VII	1.0	10.7	5.81	6.02	5.92	11.16	53.0	47.0
»	1.5	10.7	5.70	6.01	5.86	11.16	52.5	47.5
»	2.0	10.7	6.10	6.18	6.16	11.16	55.2	45.8
15/VIII	1.5	13.0	5.14	5.29	5.22	10.63	48.1	50.9
2/IX	1.0	14.5	5.55	5.64	5.60	10.31	54.2	45.8
»	1.5	11.8	5.54	5.15	5.35	10.91	49.0	51.0
»	2.0	11.7	6.35	6.25	6.30	10.93	57.6	42.4
15/IX	1.0	12.0	4.45	5.17	4.81	10.86	44.3	55.7
»	1.5	11.4	5.56	5.52	5.54	11.00	50.3	49.7
»	2.0	11.0	6.32	6.00	6.16	11.10	55.5	44.5
2/X	1.0	10.4	6.50	6.68	6.59	11.24	58.6	41.4
»	1.5	9.7	5.74	5.76	5.75	11.41	50.4	49.6
13/X	1.0	8.8	9.87	9.28	9.57	11.64	82.2	17.8
»	1.5	8.8	4.89	5.20	5.04	11.64	43.3	56.7
»	2.0	9.0	6.21	6.12	6.16	11.59	53.1	46.9
27/X	1.0	4.6	1.06	0.66	0.86	12.86	6.7	93.3
»	1.5	6.6	4.45	4.36	4.40	12.26	35.9	64.1
»	2.0	7.0	6.80	6.42	6.61	12.24	54.4	45.6

Продолжение табл. 1

Месяц и число	Глубина в метрах	Темпер. воды	Mг O ₂ в литре			Нормальн. количество O ₂ в мг на литр при насыщении	Коллич. O ₂ в % от норм.	Дефицит в %
			опр. 1-о	опр. 2-о	среднее			
Участок № 2 (площ. № 3)								
31/VII	1.0	14.2	6.09	6.18	6.14	10.37	59.2	40.8
>	1.5	14.2	5.40	5.41	5.40	10.37	52.1	47.9
>	2.0	14.2	6.97	7.31	7.14	10.37	68.9	31.1
15/VIII	1.0	18.5	4.95	4.90	4.93	9.53	51.8	48.2
>	1.5	16.0	4.48	4.31	4.40	10.10	43.6	56.4
>	2.0	14.4	6.66	5.69	6.18	10.34	59.8	40.2
2/IX	1.0	15.0	4.79	4.80	4.80	10.21	47.0	53.0
>	1.5	14.5	3.83	3.74	3.79	10.31	36.7	63.3
>	2.0	14.0	7.01	7.13	7.07	10.40	68.0	32.0
15/IX	1.0	12.8	5.02	5.08	5.05	10.68	47.3	52.7
>	1.5	12.6	4.19	4.09	4.14	10.72	38.6	61.4
>	2.0	12.5	6.88	6.88	6.88	10.74	64.1	35.9
2/X	1.0	11.0	5.40	5.22	5.31	11.10	47.8	52.2
>	1.5	11.2	4.39	4.34	4.37	11.05	39.5	60.5
>	2.0	11.0	7.26	7.40	7.33	11.10	66.0	34.0
15/X	1.0	9.0	3.75	4.19	3.97	11.59	34.2	65.8
>	1.5	8.0	3.59	3.90	3.74	11.86	31.5	68.5
>	2.0	9.7	7.28	6.99	7.13	11.41	62.5	37.5
27/X	1.0	7.7	4.53	4.40	4.46	11.94	37.3	62.7
>	1.5	8.0	3.96	3.92	3.94	11.86	33.2	66.8
>	2.0	8.8	6.82	7.09	6.91	11.64	59.4	40.6
Участок № 3 (площ. № 6)								
2/VIII	1.0	20.0	1.82	1.72	1.77	9.28	19.1	80.9
>	1.5	16.3	4.52	4.40	4.46	9.95	44.8	55.2
15/VIII	1.0	16.0	2.07	2.19	2.13	10.10	21.1	78.9
>	1.5	15.8	2.63	2.66	2.65	10.05	26.3	73.7
2/IX	0.5	15.8	5.06	5.14	5.10	10.05	50.7	49.3
>	1.0	15.0	1.53	1.66	1.60	10.21	15.6	84.4
>	1.5	14.0	2.45	2.45	2.45	10.40	23.5	76.5
15/IX	0.5	12.8	3.81	3.65	3.73	10.68	34.9	65.1
>	1.0	13.0	1.46	1.43	1.45	10.63	13.6	86.4
>	1.5	13.0	2.55	2.65	2.60	10.63	24.4	75.6
2/X	0.5	11.0	1.10	1.00	1.05	11.10	9.5	90.5
>	1.0	11.2	1.36	1.29	1.33	11.05	12.0	88.0
>	1.5	11.4	2.58	2.59	2.59	11.00	23.5	76.5

Месяц и число	Глубина в метрах	Темпер. воды	Мг. O ₂ в литре			Нормальн. количество O ₂ в мг. на литр. при насыщении	Кол-ч. O ₂ в % от норм.	Дефицит в %
			опр. 1-о	опр. 2-о	среднее			
13/X	0.5	10.5	0.86	0.65	0.75	11.21	6.7	93.3
>	1.0	10.2	1.05	1.01	1.02	11.28	9.0	91.0
>	1.5	9.5	2.53	2.41	2.47	11.46	21.5	78.5
27/X	0.5	6.2	0.68	0.76	0.72	12.37	5.8	94.2
>	1.0	7.5	0.94	0.96	0.95	12.0	7.9	92.1
>	1.5	8.0	2.48	2.40	2.44	11.86	20.6	79.4
Участок № 4 (у колодца № 19)								
2/VIII	1.5	14.5	0	0	0	—	—	100.0
15/VIII	1.5	13.0	0	0	0	—	—	100.0
2/IX	1.5	11.5	0	0	0	—	—	100.0
15/IX	1.0	16.0	0	0.11	0.06	10.10	0.6	99.4
>	1.5	11.5	0.30	0.22	0.26	10.98	2.4	97.6
2/X	1.0	12.2	0.22	0.20	0.21	10.81	1.9	98.1
>	1.5	10.4	0.10	0.10	0.10	11.24	0.9	99.1
13/X	1.0	10.5	0.22	0.11	0.16	11.21	1.4	98.6
>	1.5	9.2	0.11	0.11	0.11	11.54	0.9	99.1
27/X	1.0	5.0	0.22	0.23	0.22	12.73	1.7	98.3
>	1.5	7.0	0.10	0.005	0.07	12.14	0.6	99.4
Участок № 5 (плот. № 7)								
2/VIII	1.0	23.0	3.74	3.83	3.79	8.80	43.1	56.9
15/VIII	1.0	23.8	1.51	1.20	1.36	8.68	15.7	84.3
3/IX	1.0	15.4	1.81	1.45	1.03	10.13	16.1	83.9
3/X	1.0	11.4	2.11	2.06	2.09	11.00	19.0	81.0
15/X	1.0	9.5	0.43	0.33	0.38	11.46	3.3	96.7
30/X	1.0	6.8	0.67	1.01	0.87	12.20	7.1	92.9
Участок № 6 (плот. № 10)								
3/IX	3.0	17.4	5.87	6.21	6.04	9.73	62.1	37.9
17/IX	3.0	13.0	7.31	6.58	6.95	10.63	65.4	34.6
3/X	3.0	10.2	5.80	5.44	5.62	11.28	49.8	50.2
15/X	3.0	9.5	3.60	3.91	3.75	11.46	32.7	67.3

Таблица 2

Величины дефицита кислорода (содержание кислорода в процентах от количества его, насыщающего воду при данных температуре и давлении)

ратуре и Давлению

Глубина	Участок № 1 (площадь № 2)							Участок № 2 (площадь № 3)						
	31/VII	15/VIII	2/IX	15/IX	2/X	19/X	27/X	31/VII	15/VIII	2/IX	15/IX	2/X	15/X	30/X
	0.5 м	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	47.0	—	45.8	—	41.4	17.8	93.3	40.8	45.2	53.0	52.7	—	—	62.7
1.5	47.5	50.9	51.0	49.7	49.5	56.7	64.1	47.9	56.4	63.3	61.4	60.5	63.5	66.8
2	44.8	—	42.4	44.5	—	48.9	45.6	31.1	40.2	32.0	35.9	34.0	37.5	40.0
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Глубина	Участок № 3 (площадь № 6)							Участок № 4 (у колодца № 19)						
	2/VIII	15/VIII	2/IX	15/IX	2/X	15/X	27/X	2/VIII	15/VIII	2/IX	15/IX	2/X	13/X	27/X
	0.5 м	—	—	49.3	65.1	90.5	93.3	84.2	—	—	—	—	—	—
1	60.9	78.9	84.4	86.4	88.0	91.0	92.1	—	—	—	99.4	98.1	98.0	99.3
1.5	55.2	73.7	76.5	75.6	76.5	78.5	79.4	100	100	100	97.6	99.1	99.1	99.4
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Глубина	Участок № 5 (площадь № 7)							Участок № 6 (площадь № 10)						
	2/VIII	17/VIII	3/IX	17/IX	9/X	15/X	30/X	3/IX	17/IX	9/X	15/X			
	0.5 м	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
1	50.9	84.3	85.9	—	81.0	90.7	92.9	—	—	—	—			
1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
3	—	—	—	—	—	—	—	37.9	84.6	50.2	67.3			

I

**ИЗ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕКТОРА ГЕОГРАФИИ
И КАРТОГРАФИИ ПОЧВ ИНСТИТУТА ПОЧВОВЕДЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК СССР**

В научной деятельности сектора географии и картографии почв Почвенного института АН СССР в 1935 г. большое внимание было уделено организации периодических научных заседаний, на которых сотрудники сектора делали сообщения о подготовленных ими к печати работах. На эти заседания сектора привлекался научный актив других секторов института, в силу чего указанные сообщения делались объектом всестороннего обсуждения.

Приводим краткие сведения о первых трех заседаниях сектора с изложением содержания докладов и характеристикой прений, развернувшихся по ним.

1. Заседание 11 ноября 1935 г., доклад И. П. Герасимова — «Рельеф и поверхностные отложения Европейской части СССР».

В докладе излагалось содержание статьи-обзора, написанной для монографической сводки «Почвы СССР». Эта статья состоит из трех главных разделов: первого, вводного, посвященного описанию основных орографических областей Европейской части СССР, намеченных еще А. А. Тилло; второго, центрального, на тему о значении постлиценсовых оледенений в развитии рельефа и поверхностных отложений Европейской части СССР, и третьего, заключительного, о климатических фазах позднего и последующего времени и значении их в развитии почвенного покрова Европейской части СССР.

Вся статья в целом построена на принципе сжатого, но последовательного исторического обзора. Во втором разделе, наиболее оригинальном, автор устанавливает три основных периода в развитии учения о ледниковом периоде в Европейской части СССР: первый, связанный прежде всего с именем С. Н. Никитина, характеризующийся твердым установлением самого факта великого оледенения, его максимальных границ и того громадного значения, которое имел ледник в формировании современного облика Русской равнины; второй, характеризующийся глубоким влиянием

идей альпийского полигляционизма, связанный прежде всего с именами А. П. Павлова и Г. Ф. Мирчипка и характеризующийся главным образом разработкой стратиграфических схем постплицена, и третий, современный, кризисный по существу период (или лишь начало нового периода), характеризующийся в основном борьбой двух противоречивых тенденций — вновь возрожденной идеей моногляциализма (в его модернизированной форме) и идеями весьма усложненного новейшего полигляционизма.

Чрезвычайно важной особенностью этого последнего периода, по мнению автора, являются оформление и успешное применение геоморфологического в широком смысле этого слова (геолого-географического) метода к разрешению проблем четвертичной геологии (пока еще частных). Таковы, например, проблемы гляциального морфогенеза (образование конечных морен, озов, камов и т. д.), сейчас совершенно по-новому поставленные, лёссов и их стратиграфии и некоторые другие. Последовательное применение этого географо-геологического, исторического, по существу, метода позволит уточнить и разграничить крайне важные понятия о периодах стадияльных и фазах оледенения межледниковых и интерстадияльных эпох, что в свою очередь несомненно приведет к уничтожению многих противоречий и неясностей в наших современных воззрениях на историю великого древнего оледенения.

На основе изложенного выше автор выделяет основные геоморфологические области Европейской части СССР и кратко характеризует историю развития их поверхности.

В прениях по докладу И. П. Герасимова приняли участие акад. Л. И. Прасолов, Е. Н. Иванова, А. А. Роде, А. А. Завалишин, С. С. Соболев, А. И. Левенгаупт и др. Отмечалась большая работа, проделанная автором по своду весьма обильного и разноречивого материала, и целесообразность выбранного метода (сжатого исторического обзора), обеспечивающего более или менее объективный подход к оценке существующих взглядов и общих схем по четвертичной палеогеографии (акад. Л. И. Прасолов). Вместе с тем отмечалась необходимость более подробного рассмотрения вопроса о путях развития и свойствах поверхностных отложений Русской равнины, что особенно важно и интересно для почвоведов (А. А. Роде, А. А. Завалишин, Е. Н. Иванова и др.). Оживленную дискуссию вызвал «лёссовый вопрос», причем докладчика упрекнули в чрезмерно критическом отношении к существующему методу лёссовой стратиграфии (принцип погребенных почв — С. С. Соболев, А. И. Левенгаупт).

2. Заседание 19 декабря 1935 г. Доклад А. И. Левенгаупта — «Поды и подовые почвы Украины».

Краткое резюме доклада:

Замкнутые депрессии рельефа встречаются в самых различных географических условиях и очевидно должны иметь самое различное происхо-

хождение, однако исследователи, касаясь таких депрессий, обычно стараются дать их происхождению какое-либо универсальное объяснение.

Детальное изучение замкнутых депрессий — подов в южно-украинских степях показало, что здесь даже на сравнительно небольшой площади в 1 000 000 га имеются замкнутые депрессии, по которым по генезису могут быть разбиты на шесть резко различных групп, а именно:

1) Собственно «поды», расположенные на коренном берегу, образовались в миндель-риссскую межледниковую эпоху путем выдувания в условиях пустынного климата на поверхности кирпично-красных суглинков; затем они были перекрыты двумя ярусами лёсса без изменения формы.

2) Мелкие и частые «поды-террасы» с одним ярусом лёсса представляют собой отражение неровностей песчано-аллювиальных отложений, перекрытых одним ярусом лёсса.

3) «Поды» безлёссовой террасы-дельты — являются котловинами размывания и всегда обрамлены с одной стороны небольшим валом из переотложенного водою материала более легкого механического состава, чем окружающие породы.

4) Удлиненные «поды» Присивашья, дно которых всегда занято солончаками, — обособившиеся заливы Сиваша, с которыми они имеют несомненное сходство. Детального изучения этого вида подов не производилось.

5) Мелкие западинки на коренном берегу Днепра в зоне пылеватого легкосуглинистого лёсса имеют просадочное происхождение.

6) Обширные понижения на террасе-дельте, сопровождаемые скоплениями переветренных песков, — результат современной дефляции.

Тут указаны только те процессы, которые имели первенствующее значение в происхождении соответствующей депрессии, но безусловно одновременно имели значение в большей или меньшей степени другие процессы, усиливавшие или смягчавшие основной процесс. К ним могут быть причислены карстовые явления, вымывание легкорастворимых солей, просадка, калматаж, роющая деятельность животных и т. д.

Таким образом, не может быть универсальных способов происхождения замкнутых депрессий рельефа; в каждом отдельном случае мы имеем совокупное действие ряда факторов, и только путем тщательного изучения количественного влияния каждого отдельного фактора можно выделить ведущий среди них и тем самым установить генезис данной депрессии.

В прениях по докладу А. И. Левенгаупта приняли участие акад. Л. И. Прасолов, А. Ф. Лебедев, Е. Н. Иванова, И. П. Герасимов, С. С. Соболев, А. А. Завалишин и др.

Была отмечена правильная мысль докладчика о необходимости специального и подробного исследования в каждом отдельном районе замкнутых форм рельефа и их почв для разрешения вопроса об их происхождении и шаткости и неубедительности универсальных дедуктивных схем. С этой

точки зрения фактический материал, собранный А. И. Левенгауптом, весьма интересен. Очень оживленную дискуссию, однако, вызвал ряд конкретных выводов автора. Так, например, вызвали возражения высказанные докладчиком положения о подчиненном значении явлений просадок при образовании большинства подовых котловин (А. Ф. Лебедев, С. С. Соболев); о возможности «просветивания» гипотетических миндельрисских котловин выдувания через толщу 2 ярусов лёсса (И. П. Герасимов, С. С. Соболев); о «подзолистом», а не о «осолоделом» характере подовых почв (Л. И. Прасолов, А. А. Завалишин, С. С. Соболев, Е. Н. Иванова и др.).

С другой стороны, ряд выводов автора получил поддержку со стороны выступавших в прениях. Такова, например, мысль докладчика о периодичности подовых озер и некоторых весьма характерных чертах их режима.

Заседание 30 декабря 1935 г. Доклад П. Н. Федянцева — «О методике крупномасштабного картографирования».

Краткое резюме доклада:

Достижения науки в области почвоведения используются на практике в виде почвенных карт. Значение почвенной крупномасштабной картографии в борьбе за высокий урожай большое. Почва — внутренний ресурс хозяйства, использование которого обеспечивает успешное выполнение планового задания по поднятию урожайности.

Из 500 млн. га земель совхозов и колхозов обследовано в почвенном отношении на 1/1 1936 г. 113 млн. га, т. е. 22%. Поэтому вопрос о рационализации почвенной съемки крупного масштаба и разработки новых приемов и методов особенно актуален.

До революции опыта крупномасштабного картографирования не было. Крупномасштабное картографирование почв было вызвано к жизни требованием реконструируемого социалистического сельского хозяйства в первой пятилетке. Оно основано на генетическом принципе с преобладанием только рельефа и теоретически недостаточно разработано.

Из новейших методов картирования заслуживают внимания методы Л. Г. Рамецкого и сельхозкартографирования НИИОТ.

Почвенное картографирование в Германии с момента его возникновения является крупномасштабным геолого-агрономическим или агрохимическим по своим принципам. Картографирование почв в США, также крупного масштаба, в основе эмпирическое и агрономическое.

Вопрос о точности почвенной съемки не разработан совершенно. Он тесно связан с методами почвенной съемки и классификацией. Необходимо его экспериментальное изучение.

Почвенная съемка по своим приемам и методам примитивна и отстала от современного развития науки и техники. Очень важно и необходимо разрабатывать новые методы полевого исследования почв, рационализировать и механизировать работы по съемке.

Необходимо при территориальном изучении почв уже обследованных в мелком масштабе отделить почвенную съемку от собственно исследования почв.

Задача съемки — установить возможно точно географическое размещение почв на основании генетических, агротехнических и других диагностических признаков.

Задача исследования — выявление закономерностей в распределении почв в зависимости от геоморфологических условий, степени увлажнения, смытости, засоления, установления степени окультуренности почв и связи между физико-химическими свойствами и эффективностью агромероприятий. Надо установить руководящие признаки почв для почвенной съемки.

В процессе съемки применяются только лабораторно-полевые анализы (механический состав по набуханию, pH, гидролитическая кислотность и др.), но в массовом количестве и массовое взятие почвенных образцов, малых (объемом в 100 см³) для морфологических описаний и сравнений. Углубленное физико-химическое изучение почв производится по отдельному плану и территориально не связано с почвенной съемкой. Это возможно при проведении обследований в краевом, областном или республиканском разрезе.

Необходимо учесть при почвенной съемке агротехнический опыт колхозников. Следует так упростить методику, чтобы сделать ее доступной колхозному активу.

Ближайшие задачи в области крупномасштабного картографирования: Установление и стандартизация главнейших почвенных типов по основным почвенным провинциям, уточнение номенклатуры и диагностики тактовых.

Уточнение полевых определений почв, их объективизация путем применения лабораторно-полевых методов и более точного описания почв (введение эталонов, описание по руководящим признакам и пр.).

Уточнение приемов полевой почвенной съемки путем увеличения пунктов привязки, ускорения копания ям (замена их буром ручным и механическим) и др.

Ускорение картосоставительских работ и разрешения вопроса об издании почвенных карт.

В прениях по докладу П. Н. Федянцева выступили акад. Л. И. Прасолов, С. С. Соболев, И. П. Герасимов, Ю. А. Ливеровский, А. И. Левенгаупт и др.

Была отмечена большая и теоретическая и практическая актуальность темы доклада. Те положения доклада, в которых констатируется отсталость почвенной съемки, были поддержаны выступавшими. Точка зрения докладчика по поводу необходимости различать собственно почвенную съемку и специальное исследование почв была признана правильной. Также

весьма необходимо, как это отмечает докладчик, установление определенных стандартов в вопросе классификации и номенклатуре почв. Вместе с тем, однако, констатирован не вполне справедливый с точки зрения некоторых выступавших (Герасимов, Завалишин, Ливеровский) критический аспект доклада, выразившийся в подчеркивании главным образом технической, а не методологической отсталости почвенной съемки. Было высказано мнение, что чисто картографические погрешности почвенных карт и их точности определяются преимущественно качеством топографической основы. Было отмечено далее, что основные недостатки существующей массовой практики почвенной съемки (например в системе Госземтреста) заключаются не в технических погрешностях топографического порядка, а в недостаточно высоком научном качестве работы. Отсюда был сделан вывод о необходимости широкого внедрения новейших теоретических и методических достижений в практику почвенной съемки и такого построения всей работы в целом (в частности сочетания исследования почв и их съемки), при котором был бы обеспечен ее достаточно высокий качественный уровень. В заключение было признано необходимым включить в план сектора разработку поставленной докладчиком темы.

II

СООБЩЕНИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ КОМИССИИ ИНСТИТУТА ПОЧВОВЕДЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

Методическая комиссия Института почвоведения Академии наук с целью учета почвенных методических работ, ведущихся в различных институтах и лабораториях Союза, обратилась с письмом к руководителям этих институтов, прося регулярно информировать методическую комиссию о характере ведущихся в них методических работ.

К настоящему времени получен ряд ответов, указывающих, что методическим работам наши исследовательские учреждения уделяют недостаточное внимание. Лишь в некоторых институтах методические темы занимают самостоятельное место.

Так, Северный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (Ленинград, ул. Герцена, 37) проработал в 1935 г. вопрос о методах сравнительной характеристики органического вещества целинных почв на основе определения различных форм кислотности, обменных оснований, буферности, валового азота и углерода, степени гумификации и зольного состава и произвел сравнительную оценку некоторых способов определения коэффициентов фильтрации. Из сообщения института следует, что полевой метод Discrens по сравнению с методом монолитов имеет значительные преимущества; проверка закона Дарси в лабораторных условиях показала, что он оказывается неверным для тяжелых тел.

Опытная рисовая станция в Краснодаре (Пролетарская, 22) публикует специальный методический сборник по постановке опытов с рисом. В сборнике методике почвенных исследований в целях культуры риса отведен специальный раздел:

Всесоюзный институт зернового хозяйства (Саратов) также издает методический сборник для ведения опытно-исследовательских работ. Существенный раздел этого сборника — методика физических и химических исследований почв, состоящая из глав:

Взятие почвенных монолитов.

Объемный вес почвы.

Удельный вес почвы.

Общая скважность и аэрация.

Максимальная гигроскопичность.

Коэффициент завядания растений.

Влажность почвы.

Предельная полевая влагоемкость почвы.

Глыбистость и гребнистость почвы.

Питательный режим почвы.

Микробиологический анализ почвы.

В сборнике изложены проверенные институтом существующие в литературе методы.

Южный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (Одесса) издал в 1934 г. две работы:

Буданов М. Ф. Универсальный прибор для определения водных и физических свойств почвогрунтов. Новочеркасск.

Буданов М. Ф. К вопросу определения пластичности по Аттербергу. Там же подготовлены к печати следующие работы:

Буданов М. Ф. Определение окраски почв цветометром вертушкой и цветометром определение некоторых составных частей почвы.

Буданов М. Ф. Методы распознавания просадочности грунтов.

Буданов М. Ф. Величина максимальной молекулярной влагоемкости, как показатель характера механического состава.

Буданов М. Ф. Пестрота водных и физических свойств аллювиальных почв.

Буданов М. Ф. Влияние мульчирования на расслоение почвы.

Буданов М. Ф. и Лагутинская П. А. Изучение концентрации активного почвенного раствора.

Им же с 1935 г. развернуты работы почвенно-мелиоративной группы. В настоящее время группой ведутся работы по следующим разделам:

Изучение влияния степени солонцеватости почвы на урожай озимой пшеницы и люцерны (полевой метод).

Исследование влияния состава поглощенных оснований на физико-химические свойства почвы.

Разработка методов борьбы с комплексностью и солонцеватостью почв (полевые опыты).

Динамика солевого состава фильтрационных вод в солонцах при культуре риса и сахарной свеклы (метод лизиметрических воронок).

Институтом разработаны и осуществляются модели следующих приборов:

прибор для определения прочности корки (полевой динамометрический),

прибор для определения прочности структуры (в лабораторных условиях),

прибор для определения набухающей способности почв в естественном залегании,

прибор для определения скорости просачивания,

прибор для увеличения точности кондуктометрического метода путем вакуаскадного усиления.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Акад. Прасолов Л. И. III Международный конгресс по почвоведению	3
Проф. Польшов Б. Б. Доклады о генезисе почв на III Международном конгрессе почвоведов в Оксфорде	17
Проф. Лебедев А. Ф. Положение и перспективы изучения физических свойств почвы	29
Евсеев А. Д. Рентгеновские лучи в исследовании почв и грунтов	41
Проф. Голубев И. Ф., Моини С. А., Островский Е. П. Опыт применения ультразвука для диспергирования почвенных суспензий	59
Красникова А. С. О химическом методе подготовки почв к механическому анализу способом пипетки	79
Романов В. В. Лизиметрические воронки	97
Васильев И. С. К вопросу о применении испарителей-лизиметров системы В. П. Попова при изучении влагооборота почвы	117
Басалаев Н. И. К вопросу о значении капиллярно поднимающейся воды в водном балансе почвы	135
Проф. Тюрин И. В. (при участии В. В. Пономаревой и Л. В. Новоселовой). Материалы по сравнительному изучению методов определения органического углерода в почвах. Методы определения органического углерода в водных вытяжках из почв	151
Левенгаупт А. И. Высокий урожай на солонцах	163
Матусевич С. П. Главные зоны и области почв Казахстана	171
Латышева М. Н. К вопросу о динамике содержания кислорода в грунтовых водах	191

Научные заметки

I. Из научной деятельности Сектора географии и картографии почв Института почвоведения Академии Наук СССР	201
II. Сообщение Методической комиссии Института почвоведения Академии Наук СССР	206