

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА им. В. В. ДОКУЧАЕВА

ТОМ XLVIII

**МАТЕРИАЛЫ
ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОЦЕССОВ
ПОЧВЕННОЙ ЭРОЗИИ
И ПЛОДОРОДИЯ
СМЫТЫХ ПОЧВ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА—1955

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА им. В. В. ДОКУЧАЕВА

ТОМ XLVIII

МАТЕРИАЛЫ
ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОЦЕССОВ
ПОЧВЕННОЙ ЭРОЗИИ
И ПЛОДОРОДИЯ
СМЫТЫХ ПОЧВ

П-13894



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА—1955

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
профессор С. С. Соболев

П 13894
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А.Н. Киргивской ССР

ПРЕДИСЛОВИЕ

Борьба с эрозией почв — защита почвенного плодородия от разрушительного действия потоков талых, дождевых и ливневых вод — является важной народнохозяйственной проблемой, неотъемлемой частью общей проблемы повышения урожайности всех сельскохозяйственных культур.

В настоящий том вошли две работы по вопросам изучения процессов почвенной эрозии, по борьбе с засухой и эрозией почв путем задержания талых вод.

Работа Г. П. Сурмача посвящена изучению процессов стока и эрозии почв на щебнистых почвах Поволжья и борьбе с эрозией почв и поверхностным стоком преимущественно агротехническими приемами и лесомелиорацией. Щебнистые почвы наименее изучены в отношении процессов эрозии, между тем в Европейской части СССР щебнистые почвы, по подсчетам Г. П. Сурмача, занимают более 2 млн. га, в том числе около 620 тыс. га — в Нижнем Поволжье. Изучение водопроницаемости щебнистых почв и процессов стока и смыва на них позволило автору сделать ряд выводов, имеющих как теоретическое значение (исследование влияния факторов водопроницаемости, особенно щебнистости, на условия формирования стока), так и практическое (расчет ширины водорегулирующих противоэрозионных лесных полос). При проведении указанной работы, кроме наблюдений в природе, автор применял моделирование процессов эрозии и предложил более совершенные конструкции приборов. Свои исследования Г. П. Сурмач проводил на Камышинском лесомелиоративном пункте Всесоюзного института агролесомелиорации, а подготовку работы к печати — в Лаборатории эрозии почв Почвенного института Академии наук СССР.

Работа И. С. Терещенко посвящена вопросу задержания талых вод на полях путем обвалования. Этот метод борьбы с засухой и эрозией почв получает все большее и большее распространение. Автор детально рассматривает историю вопроса по использованию стока талых вод в нашей стране. В работе изложены результаты трехлетних экспериментальных исследований по использованию талых вод на полях Чкаловской сельскохозяйственной опытной станции, в зоне южного чернозема, причем

изучено влияние длительности стояния талой воды на поверхности опытного участка; талые воды задерживались в течение 2, 5 и 10 дней путем обвалования земляными валиками (этот способ задержания талых вод является как бы переходом к лиманному орошению). В среднем за три года при стоянии талых вод в течение 2 дней запас доступной влаги в двухметровом слое увеличился на 127 мм (при запасе на контроле 74,8 мм); при стоянии талых вод в течение 5 дней — на 231 мм, в течение 10 дней — на 390 мм. Такое дополнительное увлажнение повышало урожай яровой пшеницы; наряду с этим, задержание талых вод земляными валиками ликвидировало процессы смыва почвы на обвалованных участках. Опыты проведены в течение трех резко различных по метеорологическим условиям лет: один год был резко засушливым, с очень частыми сильными суховеями, другой в общем приближался к средним для района условиям и, наконец, третий год был влажным и без суховеев. Эффективность задержания талых вод обвалованием была достаточно велика в эти весьма различные по засушливости годы. Автор детально изучил урожайность твердой и мягкой яровой пшеницы при применении увлажнительных мероприятий в сочетании с удобрениями. Исследования сопровождались изучением роста и развития растений и динамики влажности почв. Большой интерес представляет также учет производственных опытов.

С. С. Соболев

Г. П. СУРМАЧ

ИЗУЧЕНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ, СТОКА И СМЫВА НА КАШТАНОВЫХ ЩЕБНИСТЫХ ПОЧВАХ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ НИЖНЕЙ ВОЛГИ В ЦЕЛЯХ ИХ МЕЛИОРАЦИИ

Директивами XIX съезда КПСС и решениями сентябрьского (1953 г.) и февральско-мартовского (1954 г.) пленумов ЦК КПСС предусматривается быстрый подъем социалистического земледелия. Поставлена задача существенного повышения плодородия почв во всех зонах СССР, борьбы с неблагоприятными природными явлениями, в числе которых значительное место занимают процессы эрозии.

В юго-восточной части РСФСР эрозионные процессы наиболее сильно выражены в южной части Приволжской возвышенности. Эта территория характеризуется широким распространением щебнистых почв. Приуроченные главным образом к более или менее крутым склонам, щебнистые почвы являются здесь ареной эрозионных процессов.

Проблема борьбы с эрозией в этих районах, в связи со строительством гидротехнических сооружений на Волге и необходимостью предохранения водохранилищ и лиманов от заиления, приобретает особую актуальность. Поэтому необходимость всестороннего изучения щебнистых почв, выявления их водного режима и других свойств, обуславливающих возникновение и развитие на них эрозионных процессов, а также лесорастительных условий в целях борьбы с эрозией и наиболее эффективного хозяйственного использования этих почв очевидна.

Размеры площадей, занятых щебнистыми почвами в Поволжье, в настоящее время точно не известны. По данным «Почвенной карты Европейской части СССР», в масштабе 1 : 2 500 000, изданной Почвенным институтом им. В. В. Докучаева, щебнистые почвы только в Нижнем Поволжье занимают около 620 тыс. га, всего же в равнинной (европейской) части СССР их насчитывается до 2,2 млн. га. Различные щебнистые почвы на участке Приволжской возвышенности Камышин — Сталинград занимают в виде мелких пятен не менее 15% территории.

Как известно, щебнистые почвы генетически связаны с твердыми, трудно поддающимися выветриванию материнскими породами, выходящими к дневной поверхности главным образом на крутых склонах гидрографической сети (лощин, суходолов¹, долин).

По схеме А. С. Козменко на правобережье Волги от Ульяновска до Камышина эти почвы занимают главным образом верхние и средние (на южных экспозициях) части крутых склонов с выходами твердых пород

¹ Лощины и суходолы часто называют более общим термином «балка».

меловой и третичной систем. Иногда их называют неразвитыми, так как, вследствие твердости почвообразующих пород, рыхлые слои почвы в процессе почвообразования здесь еще не развиты и имеют малую мощность.

Изучению водно-физических свойств щебнистых почв и развития на них эрозионных процессов, а также характеристике их лесопригодности до сих пор не уделялось должного внимания. Между тем щебнистые почвы при хозяйственном освоении и использовании требуют к себе особого подхода. Например, известно, что создание вновь лесных насаждений, после их уничтожения, на щебнистых почвах в суровых условиях южной части Нижнего Поволжья, связано с большими затруднениями, особенно, когда верхний горизонт их более или менее разрушен эрозией. Весьма часто щебнистая почва с незначительным по мощности гумусовым горизонтом может совершенно выйти из сферы хозяйственного использования и стать ареной развития интенсивного поверхностного стока, угрожающего заносом расположенных ниже более ценных угодий продуктами эрозии.

Учитывая, что формирование стока при прочих равных условиях определяется поглощением воды почвой, мы попытались, пользуясь методами искусственного дождевания и подтока, дополненными опытами и рекогносцировочными весенними наблюдениями над стоком поверхностных вод, прежде всего выявить и осветить главные факторы водопроницаемости в условиях, близких к естественным.

Полевая работа проведена нами в 1947—1949 гг. в окрестностях г. Камышина, отличающихся широким распространением щебнистых почв.

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЮЖНОЙ ЧАСТИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Климат

Для юго-восточных областей РСФСР, в частности Нижнего Поволжья, особенно его южной части, характерен сухой континентальный климат.

Согласно данным климатического справочника по Саратовской и Сталинградской областям (1939), амплитуды колебаний среднемесячных температур января и июля достигают: для Саратова — 33,2°; для Камышина — 33,7°; для Сталинграда — 33,6°. Амплитуды абсолютных максимальных и минимальных температур выражаются для тех же пунктов: для Саратова — 80,2° (от —41,4° в январе до 38,8° в июле); для Камышина — 73,0° (от —34,9° в феврале до 38,1° в августе); для Сталинграда — 74,5° (от —34,6° в январе до 39,9° в июле).

Низкие температуры воздуха зимой обуславливают глубокое промерзание почвы; по данным Камышинского лесомелиоративного опытного пункта (Шапошников, 1948), оно в среднем составляет 40—60 см.

В жаркие летние месяцы величины средней относительной влажности находятся в пределах 50—60% при абсолютной влажности 7—12 мм ртутного столба. В сухие годы относительная влажность в отдельные дни опускается ниже 10%, что губительно действует на лесные и сельскохозяйственные культуры. Самый сухой месяц — май, самый влажный — декабрь. К югу сухость климата увеличивается.

Средний годовой дефицит влажности воздуха (в мм ртутного столба) для различных пунктов выражается: для Саратова — 4,1; для Камышина — 4,5; для Сталинграда — 4,6 (Тихомиров и Рязанцева 1939). Средний

месячный дефицит влажности воздуха в летние месяцы по указанным пунктам даже несколько превосходит величины абсолютной влажности.

Такой большой дефицит влажности воздуха, наряду с влиянием сильных ветров, непосредственно обуславливает очень высокую величину полного испарения (с открытой водной поверхности), которая для различных пунктов выражается за год: Саратов — 905 мм, Камышин — 981 мм, Сталинград — 1138 мм. Более 95% этих сумм испарения приходится на период апрель — октябрь.

Количество выпадающих осадков намного меньше суммы полного (а также и диффузного) испарения. Средние годовые суммы осадков за период 1891—1930 гг. составляют: в Саратове 397 мм, Камышине 303 мм, в Сталинграде 382 мм.

Амплитуда крайних годовых сумм атмосферных осадков достигает значительных величин. Так, для Камышина по многолетним данным наименьшая годовая сумма составляет 180 мм, наибольшая 452 мм; для Сталинграда соответственно 196 и 715, т. е. наибольшая годовая сумма превосходит наименьшую в 3,6 раза.

С точки зрения формирования поверхностного стока и развития эрозионных процессов, особый интерес представляет характер выпадения осадков и их распределение по сезонам.

Осадки, выпадающие в холодный период, составляют 27—37% от их годового количества. Эти осадки участвуют в формировании весеннего стока. Максимум выпадения осадков падает преимущественно на июль; второй максимум отмечается ранней или, иногда, поздней осенью. Минимум падает на февраль или март, второй — чаще всего на август (Тихомиров и Рязанцева, 1939). Минимальные месячные суммы осадков обуславливают наличие двух типов засушливых периодов: в апреле — мае и августе.

Известно, что летние дожди в Нижнем Поволжье носят преимущественно ливневой характер. В обработанных Э. Ю. Бергом (1925) материалах о ливневых дождях ясно выступает закономерность, указывающая, что в общем с увеличением продолжительности дождя или ливня его средняя интенсивность падает и, наоборот, наибольшая интенсивностью отличаются кратковременные ливни. Им получена следующая зависимость средней интенсивности дождя от его продолжительности (данные различных метеорологических станций юго-востока РСФСР);

Продолжительность дождя или ливня	Пределы изменения интенсивностей, мм/мин	Продолжительность дождя или ливня	Пределы изменения интенсивностей, мм/мин
До 15 мин.	1—2,65	1—2 часа	0,37—0,83
15—30 »	0,72—1,50	2—4 »	0,21—0,40
31—60 »	0,54—1,19	4—6 »	0,14—0,18

Согласно новейшим данным, полученным путем учета ливней плювиографом, при длительных дождях также могут быть кратковременные периоды с очень высокой интенсивностью ливня (Богомазова и Петрова, 1948). По данным водного кадастра, наибольшая интенсивность ливня, зафиксированная 22 июля 1934 г. в Камышине, составила в первые 5 минут — 1,84 мм/мин, а в течение одного часа — 1,06 мм/мин (Ливни на территории СССР, 1940). Надо полагать, что преобладающие по количеству ливни продолжительностью 5—10 минут отличаются преимущественно наибольшей интенсивностью. Как будет видно из дальнейшего,

уже при 5-минутных ливнях на изучаемых нами объектах, как правило, бывает сток.

Из обработанных нами материалов 20-летних наблюдений (1929—1948 гг.) метеостанции Камышинского лесомелиоративного опытного пункта вытекает, что сильные ливни, превышающие по сумме выпавших осадков 25 мм, для района г. Камышина не являются редкостью. Так, из 20 лет только в течение 6 лет не было ливней с таким количеством осадков, но зато за другие 14 лет насчитывается 19 таких ливней. Следует заметить, что некоторые из дождей с высоким суточным количеством осадков могли и не носить ливневого характера. Однако ввиду невозможности восстановить истинную интенсивность выпавших дождей, а также учитывая, что масса осадков в 25 мм и выше, выпадавшая даже в течение нескольких часов, могла дать на более или менее крутых склонах значительный сток, мы, допуская некоторую погрешность, условно относим эти дожди к категории ливней. В 1929, 1934 и 1947 гг. выпали ливни огромной силы. Ливень 22 июля 1934 г., описанный Л. Т. Земляничным (1938), дал 106,8 мм, а 19 июля 1947 г. — 77,4 мм осадков.

Приведенные данные говорят о том, что и в условиях засушливого климата, при наличии пересеченного рельефа и отсутствия противоэрозийных мероприятий, в летний сезон¹ возможно широкое развитие вредоносных эрозийных процессов.

В условиях Нижнего Поволжья отрицательную роль играют также и ветры. В течение года преобладающими по направлению ветрами для Камышина являются юго-западные и западные, а также восточные и юго-восточные. Наиболее безветренные месяцы июль и август.

Средние месячные скорости ветров по наблюдениям в 13 часов, как правило, достигают 6 м/сек. Средняя годовая скорость по наблюдениям в это же время равна для Камышина 5,6 м/сек, для Сталинграда 5,5 м/сек. Наибольшие скорости ветров наблюдаются в зимние и, что наиболее пагубно для сельскохозяйственных культур, в весенние месяцы — март, апрель и май, когда они обычно совпадают с юго-восточным и восточным направлениями.

Ветры всех направлений отличаются высоким иссушающим действием, но особенно вредоносную роль играют восточные и юго-восточные ветры, отличающиеся от других более высокой температурой и низкой влажностью. Кроме того, ветры здесь, как известно, вызывают дефляцию почвы.

Метелистые ветры (верховые метели), по данным метеостанции Камышинского опытного пункта (Шапошников, 1948), бывают почти всех направлений, с преобладанием, однако, западного и восточных румбов. Преобладающие низовые метели имеют в общем те же направления. Определенной закономерности в распределении снежного покрова по склонам различных экспозиций не наблюдается. Сдувание снега происходит со склонов всех экспозиций. Величины этого сдувания составляют в среднем 26—36% (трехлетние данные) выпавшего снега. Повышенные потери снега отмечаются все же на склонах южных экспозиций, что, по нашему мнению, следует объяснять главным образом более интенсивным таянием и испарением его зимой.

Интенсивное сдувание снега с полей и его скопление в оврагах, балках и всевозможных понижениях также представляет один из неблагоприятных моментов для произрастания сельскохозяйственных культур.

¹ Глубокое промерзание почвы зимой и интенсивное таяние снега весной (вследствие быстрого нарастания положительных температур) способствуют интенсивному развитию эрозии также и в период снеготаяния.

Среди мероприятий по борьбе с неблагоприятными для сельского хозяйства климатическими условиями, в частности с иссушающим действием ветров, а также сдуванием снега с полей, важное значение имеют лесомелиоративные насаждения.

Геологические и геоморфологические условия

Наиболее сильно эрозионные процессы выражены в южной части Приволжской возвышенности — от Сызрани до Сталинграда¹, представляющей собой широкое плато, глубоко прорезанное речными долинами и расчлененное многочисленными балками и оврагами (Милановский, 1927).

А. С. Козменко (1938) Приволжскую возвышенность на участке Камышин — Сталинград характеризует следующими словами: «Главнейшей особенностью этих районов является глубоко расчлененный рельеф, определяющийся в основном сочетанием круто падающих склонов с густой сетью глубоких ложин и суходолов, дополняемых большим числом рвов и промоин, придающих всей территории облик гористой, сильно размытой местности, со всеми протекающими отсюда отрицательными последствиями для нормального ведения здесь сельского и водного хозяйства».

Абсолютные отметки Приволжской возвышенности в средней ее части колеблются от 200 до 300 м. Если принять во внимание, что абсолютная высота уровня Волги, являющегося основным базисом эрозии, у г. Хвалынска составляет 10,6 м, а у г. Камышина — минус 6,4 м, станет ясно, что приведенные выше абсолютные высоты одновременно являются (за небольшими погрешностями) и относительными высотами. Так, на широте Камышина, по Б. А. Можаровскому, «среднее превышение территории Волго-Донского водораздела над базисом — меженем р. Волги — определяется величиной 202,45 м при средней удаленности от р. Волги доминирующих высот в 10 км» (Можаровский, 1936).

К югу от Камышина возвышенность постепенно понижается и далее переходит в Ергени.

Наибольшее развитие в Нижнем Поволжье (от Сызрани до Сталинграда) имеют меловые и палеогеновые отложения; первые — главным образом в полосе от Сызрани через Хвалынский до района Вольска и от широты г. Маркса до Красноармейска, вторые — от широты г. Маркса до Вольска и севернее и на юг проходят узкой полосой из района г. Красноармейска через Камышин почти до Сталинграда. Эти отложения представляют для нас интерес в том отношении, что, заключая в себе напластования твердых пород — песчаников, опок и известняков, являются необходимым условием для развития щебнистых почв в районах их распространения.

Стратиграфия третичных отложений и их литологический состав в настоящее время представляются в следующем виде: нижний ярус палеоцена — сызранский — разделяют на два подъяруса: нижнесызранский и верхнесызранский. Нижнесызранские слои представлены мощной толщей опок и кремнистых глин. Они подстилаются глауконитовой песчаной и песчаниковой породой (Милановский, 1927).

Б. А. Можаровский отличает опок от кремнистых глин. Первые характеризуются содержанием SiO_2 от 84,42 до 90,8% и Al_2O_3 — от 2,23 до 8,48%, вторые содержат SiO_2 от 49,51 до 66,42 и Al_2O_3 — от 10,36 до 17,86% (помимо участия других соединений). Основные физико-механические свойства опок — их легкость, пористость, занозистый излом

¹ Рассмотрение более северных частей этой территории в нашу задачу не входит.

варьирование цветов от желтовато-серых до черных; они жадно впитывают воду, не набухая и не увеличивая объема; коэффициент фильтрации опок очень низок.

Нижнесызранские слои переходят в верхнесызранские серые и желтоватые глауконитовые глинистые песчаники. Отмечается пестрота литологического комплекса этих слоев, включающих в себя глауконитовые зеленчатые пески с прослоями опок и опоквидных песчаников, опок и мелкозернистые глинистые песчаники (песчаники с разводами).

Верхний ярус палеоцена распадается на нижнесаратовский и верхнесаратовский подъярусы. Нижнесаратовские слои в более северной части представлены кварцевыми песками с прослоями сливных очень твердых песчаников, а южнее, в Камышинском районе, — слюдистыми глауконитовыми песками. Верхнесаратовская толща также сложена песками, а в нижней ее части местами залегает горизонт опок и глауконитовых песчаников. В верхней части этой толщи в районе г. Камышина залегают песчаники с отпечатками хорошо сохранившихся растений и окаменелых стволов деревьев (верховье суходола Климущина).

Царицынский ярус (эоцен) также включает в себя наряду с толщей песков и песчаников и опокую толщу.

Непосредственно в районе г. Камышина местность, по исследованиям Можаровского, имеет следующее геологическое строение. На полуразрушенных древней эрозией отложениях маастрихта (верхний мел) залегают палеоценовые отложения, достигающие большой мощности, которая, начиная от верховьев р. Камышинки (где толща выклинивается), к р. Волге постепенно возрастает до 184 м. У основания нижнетретичных отложений залегают песчаники и пески мощностью 0,5—5 м. На них лежат пласты опок сызранского яруса, достигая вблизи Волги мощности 35—40 м. Падая на юго-восток, эти слои имеют уклон $0^{\circ}29'$.

Песчано-песчаниковая толща нижнесаратовского яруса распространена лишь в узкой прибрежной полосе р. Волги и далее от нее выклинивается. Поэтому склоны, падающие к р. Камышинке (в ее нижнем и среднем течении), сложены в своих нижних и средних частях опоками и местами песчаниками сызранского яруса, а в верхних частях — песками и песчаниками верхнесаратовского яруса.

Из приведенного описания видно, что среди широко распространенных в Нижнем Поволжье палеогеновых осадков большой удельный вес имеют твердые породы, на которых развиваются различные щебнистые почвы.

Приведем некоторые данные, характеризующие формы склонов и степень эрозионного расчленения Нижнего Поволжья.

Для прибрежной возвышенной части правобережья р. Волги на участке Ульяновск — Саратов — Н. Банновка А. С. Козменко в качестве типичной формы склона дает вогнутую форму для южных экспозиций и близкую к прямой — для северных. При этом верхние части склонов, сложенные твердыми породами, на которых почти полностью отсутствуют покровные суглинки, заняты «неразвитыми щебнистыми» почвами.

На участке правобережья от Камышина до Сталинграда профиль склонов, по А. С. Козменко (1947а), имеет преимущественно прямую форму. Здесь верхние части склонов заняты неразвитыми песчаными почвами.

В районе г. Камышина можно наблюдать склоны выпуклой, прямой и вогнутой форм.

Для характеристики степени эрозионного расчленения местности и глубин местных базисов эрозии приведем данные С. С. Соболева (1940). Согласно карте частоты эрозионного расчленения, в прибрежной части

Поволжья от Сызрани до Сталинграда густота овражно-балочной сети выражается величиной 0,5—0,6 км на 1 км²¹. По карте глубин главнейших местных базисов эрозии Европейской части СССР эта прибрежная полоса характеризуется глубинами 175—200 м и местами 125—150 м; последняя величина характерна и для излучины р. Дона в районе ст. Клетской, где щебнистые почвы также распространены.

Таким образом, глубокая и частая расчлененность рельефа, большое превышение территории над местными базисами эрозии, наличие длинных склонов, а также широкое распространение, наряду с твердыми, рыхлых отложений (песчано-глинистых) дают основание для общего заключения, что геоморфологические (а также и геологические) условия Южного Поволжья благоприятствуют развитию эрозионных процессов.

Почвы

В почвенной классификации В. В. Докучаева щебнистые и каменистые почвы известны как «перемытые», формирующиеся при систематическом воздействии смыва. Перемытые почвы «залегают обыкновенно в виде большей или меньшей величины островков, лысин среди всевозможных других почв, всегда по обрывам рек и оврагов, на куполообразных вершинах гор и холмов и на их более или менее крутых склонах» (Докучаев, 1950). В связи с этим В. В. Докучаев подчеркивал огромную роль рельефа, объясняя влиянием крутизны склонов как скелетность, так и малую мощность почв.

К. Д. Глинка (1902) группу почв, где материнская порода, и в частности ее химизм, берет верх над влиянием климата, называет «эндодинамоморфными» почвами. Они представляют собой почвенные образования, являющиеся «первыми стадиями разложения твердых коренных пород, каковы: граниты, гнейсы, диориты, диабазы, базальты, кварциты, кристаллические и полукристаллические сланцы и др.»

К. П. Богатырев (1940), подробно прослеживая генезис неразвитых почв, называет их «фрагментными». Подобно К. Д. Глинке, неразвитость он связывает с твердостью материнских пород и относительной молодостью этих почв и не ставит ее в зависимость от процессов денудации.

Н. М. Сибирцев (1900) отличает скелетные почвы от грубых, понимая под первыми такие, в которых «безусловно преобладают скелетные механические элементы (зернисто-песчаные, гравельные, хрящеватые)», под вторыми — почвы, в которых содержится значительное количество мелкозема, но «нет или почти нет перегнойно-растительного слоя». Среди других условий возникновения скелетных почв Н. М. Сибирцев видное место отводит смыванию мелкоземисто-перегнойного горизонта.

Г. Н. Высоцкий (1915) скелетные и неразвитые почвы относил к различным классам, подчеркивая этим коренное различие в условиях их образования. Под грубыми скелетными почвами он подразумевал почвы на песках, мелу и каменистых силикатных и карбонатных породах. Появление неразвитых почв он связывал с денудацией (и аккумуляцией), в связи с чем подчеркивал огромную роль рельефа в почвообразовании.

По С. А. Захарову (1914, 1914а), пояс распространения скелетных (щебнистых, каменистых) почв находится в верхних частях склонов, где прерывистый почвенный покров чередуется с выходами участков твердой горной породы. Появление неразвитых щебнистых почв ставится в связь с материнскими горными породами и рельефом, который обуславливает

¹ По мнению А. С. Козменко, эти цифры (густоты расчленения) занижены.

перераспределение почвенной массы действием силы тяжести и смыва. Здесь «в большинстве случаев почвообразование осложняется явлениями чисто геологического характера и постоянно поддерживается на начальных стадиях развития; почвы здесь постоянно обновляются». Щебнистые почвы по элементам крутых склонов распределяются в следующем порядке: на верхних крутых частях залегают более грубые скелетные почвы с меньшей мощностью, ниже по склону скелетность уменьшается, а мощность почвы увеличивается. Исходя из характера скелета различаются: 1) каменные почвы — содержащие больше 30% камней (частицы крупнее 10 см); 2) каменисто-щебнистые почвы (меньше 30% камней) и 3) щебнистые почвы, в которых камней нет.

Н. А. Качинский (1943) почвы, содержащие скелетные частицы (крупнее 3 мм), называет каменными. По степени каменности он различает: слабокаменные (1—10% скелета), среднекаменные (10—20% скелета) и сильнокаменные (больше 20% скелета). По характеру скелетной части (тип каменности) различаются валунные, галечниковые и щебенчатые почвы.

И. Н. Антипов-Каратаев и Л. И. Прасолов (1932) в результате изучения щебнистых почв района Крымского государственного лесного заповедника делят их на: 1) слабо развитые (денудированные) бурые почвы на глинистых сланцах; 2) слабо развитые (денудированные) бурые почвы на песчаниках и 3) слабо развитые бурые почвы на известняках. Появление этих почв ставится в связь с «ускоренной геологической денудацией», вызванной вырубкой лесов на горных склонах.

Таким образом, по вопросу об образовании щебнистых почв можно сделать следующие выводы:

1) образование скелетных почв в плакорных условиях связано с наличием у поверхности материнской горной породы, трудно поддающейся выветриванию. В зависимости от степени ее податливости выветриванию и возраста почвы, последняя может быть неразвитой скелетной или носить характерные черты данного типа, будучи в той или иной мере скелетной¹;

2) в условиях расчлененного эрозионного рельефа, где на почвообразовательный процесс в период сельскохозяйственной деятельности человека накладывается процесс смыва, образование скелетных почв связано как с наличием твердых почвообразующих пород, так и с систематическим влиянием смыва (в результате вырубки лесов, выпаса скота, распашки и т. д.). При этом в зависимости от интенсивности смыва могут сформироваться как слабо развитые щебнистые почвы, так и щебнистые почвы с хорошо выраженными чертами типа почвообразования, но с укороченным профилем.

В заключение коснемся вопроса о географическом распространении щебнистых почв и занимаемых ими площадей.

Согласно «Почвенной карте Европейской части СССР» (1947) «щебнистые почвы преимущественно на плотных породах» занимают следующие территории:

1) район Приволжской возвышенности на северо-восток от Саратова, включая район Хвалынского, — 4480 км² (обыкновенные черноземы);

2) участок юго-западнее Саратова почти до Щербатовки — 1725 км² (южные черноземы);

¹ На породах песчаного механического состава (песчаники) значительную роль в формировании скелетных почв в условиях сельскохозяйственной деятельности человека играет дефляция (в различных условиях рельефа).

3) территория в излучине р. Дона (правобережье) в районе восточнее Клетской — 1070 км² (южные черноземы);

4) район Донбасса — около 8300 км² (обыкновенные черноземы);

5) правобережье р. Урала в районе Орска — 2380 км² (обыкновенные и южные черноземы);

6) Северо-Западный Казахстан по рекам Б. Хобда, Илек, Уил и на смежных с ними территориях — 4180 км² (темнокаштановые почвы);

7) северный склон горного Крыма — 2345 км² (остаточнокарбонатные черноземы).

Перечисленные массивы щебнистых почв разных типов не исчерпывают площадей их действительного распространения. На упомянутой почвенной карте отмечены огромные территории каштановой и черноземной зон, где щебнистые почвы находятся в комплексе с нещебнистыми. В состав таких территорий входят: северная и южная часть Сталинской области, западная равнинная часть Крыма и часть горного Крыма, северо-западная часть Саратовской области, юго-западная часть Башкирской АССР, Чкаловская область, Северный Казахстан и др.¹

В Сибири щебнистые почвы широко распространены в Минусинской котловине, по берегам р. Абакана, в долине р. Енисея (каштановые), в Западном и Восточном Саянах. В большинстве почвы склонов Северного Забайкалья щебнистые (Горшенин, 1939).

Несмотря на широкое распространение, щебнистые почвы вообще и в частности на юго-востоке Европейской части Союза пока еще недостаточно изучены, особенно в отношении их физических и противоэрозионных свойств.

О водных свойствах горных щебнистых почв имеются некоторые цифровые данные в материалах горной экспедиции ВНИАЛМИ, работавшей в 1933 г. в районе г. Ташкента (60 км). Из этих данных видно, что как влажность, так и водопроницаемость щебнистых почв (последняя определялась приборами Качинского и Дояренко), при широкой амплитуде колебаний, в общем ниже, чем нещебнистых. Это подтверждается также данными о водопроницаемости, полученными С. И. Соколовым (1940) для горнолуговых почв горной части бассейна Алмаатинки (Казахская ССР).

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОКРЕСТНОСТЕЙ г. КАМЫШИНА

Непосредственным объектом для проведения полевых экспериментов был склон северной экспозиции, падающий к р. Камышинке в районе ее нижнего течения — 300 м ниже устья суходола Климущина (городская земля, 4 км западнее г. Камышина).

На основании осмотра береговых обнажений р. Камышинки и глубиной (2—4 м) промоины, проходящей вдоль склона, а также учитывая данные нивелирного хода вдоль этого склона, почвенно-геоморфологический профиль склона можно представить в следующем виде (рис. 1).

Непосредственно над меженным уровнем р. Камышинки залегает толща мелкозернистого зеленого глауконитового песка мощностью 3 м, относящаяся к нижнему палеоцену. Эта толща прослеживается лишь в обнажении и не принимает участия в формировании поверхности склона.

¹ Следует отметить, что значительные территории мелких комплексов, естественно, не могли быть отражены на мелкомасштабной карте. Так, например, в Камышинском районе, по нашим приблизительным подсчетам в натуре, по склонам одной только р. Камышинки и прилегающей к ней территории площадь щебнистых почв, главным образом на опоках, составляет около 20 тыс. га.

На ней до высоты 44 м (по отношению к уровню р. Камышинки) залегает опоковая толща. В литологическом отношении она представляет собою неоднородную массу. В нижней своей части, соответствующей нижнесызранскому ярусу (Sz_1), опока, в основной своей массе трещиноватая, местами имеет крупные плотные плиты, которые в промоине создают структурные перепады. В средней части склона залегает рыхлая толща, напоминающая выветрелую песчанистую опоку, мощностью около 4,5 м. Здесь щебенка и хрящ песчанистой опоки довольно редко разбросаны среди пестрой песчанистой массы с небольшим участием кварцевого песка. Эта толща, повидимому, является переходной между нижне- и верхнесызранскими ярусами. Будучи рыхлой, она наложилась отпечаток как на

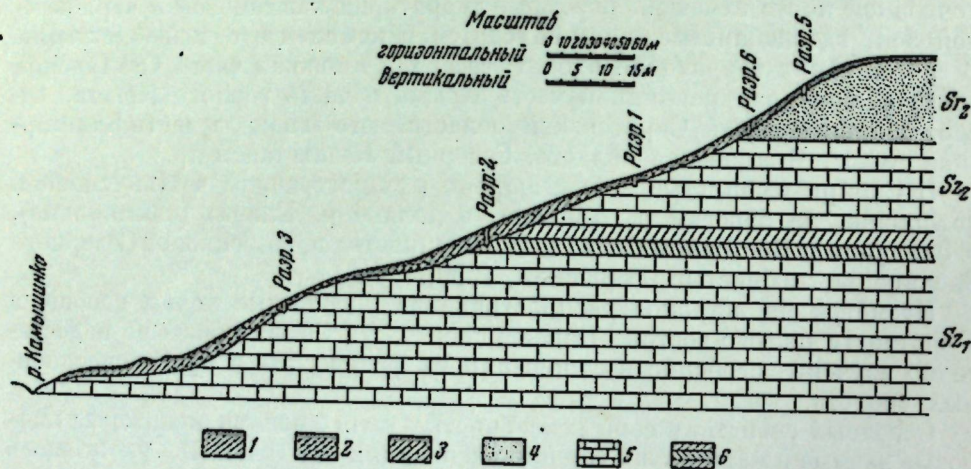


Рис. 1. Почвенно-геологический и геоморфологический профиль склона, место опытных работ.

1 — темнокаштановая песчаная почва; 2 — каштановая суглинистая среднескелетная на опоке; 3 — темнокаштановая слабоскелетная; 4 — пески кварцевые; 5 — опока; 6 — тонкозернистая опоковидная слабоскелетная порода.

форму профиля склона, так и на характер почвенного покрова. Выше рыхлой толщи опять залегает та же типичная опока с наличием более или менее плотных прослоек (Sz_2).

На высоте 44 м опока покрывается песчано-песчаниковой толщей верхнесаратовского яруса (Sr_2). В формировании верхней части склона эта толща участвует лишь своей нижней частью, мощностью 11 м. В этой ее части заметны часто выклинивающиеся прослойки песчаника, которым соответствуют пятна щебнисто-песчаных почв.

С высоты 55 м склон полого поднимается к водоразделу (между р. Камышинкой и ее притоком — суходолом Климушиным), сложенному верхнесаратовской толщей пород и представленному в геоморфологическом отношении сложным комплексом отдельных высот, склонов и седловин с выходами к поверхности песков и, местами, песчаников. Выходы последних приурочены главным образом к гребневидным возвышенным частям местности. Здесь же залегают щебнистые почвы на песчанике.

По линии нивелирного хода склон характеризуется следующими показателями: длина (до надпойменной террасы) 450 м, средний уклон 0,11, уклоны отдельных отрезков колеблются в пределах от 0,06 до 0,17. Самая верхняя часть склона имеет уклон до 0,17, средняя часть — 0,06—0,11, нижняя — до 0,16. Вариации в крутизне средней части склона объясняются наличием упомянутой выше рыхлой прослойки среди двух свит более твердых опок.

Почвенный покров. Механический состав почвенного покрова по склону опытного участка полностью соответствует механическому составу материнских пород — песков и опок (за исключением участков, погребенных песком)¹.

Так, в верхней части склона, соответствующей верхнесаратовской песчаной толще, залегают песчаные почвы с незначительной примесью песчаникового хряща. Ниже по склону мощность песчаного слоя уменьшается и сходит на нет, сменяясь щебнистым суглинком. У границы этого перехода песчаный слой находится на погребенной суглинистой щебнистой почве.

Еще ниже, до самого основания склона залегает каштановая средне-суглинистая щебнистая почва на опоках (покровные отложения здесь отсутствуют). В средней части склона, соответствующей рыхлой материнской породе, полосой шириной 25—30 м залегает слабоскелетная темно-каштановая почва.

Ниже приводятся описания почвенных разрезов в различных частях склона.

Разрез 1. Средняя часть склона, уклон 0,08. 15—16-летняя залежь, поросшая главным образом морской полынью. Каштановая средне-скелетная суглинистая почва на опоке.

- | | |
|-------------|--|
| А 0—15 см | Серый, комковато-пылеватый, щебнистый, среднесуглинистый, уплотненный, сухой, содержит много корней; переход в следующий горизонт отчетливый, главным образом вследствие расщепки (в прошлом). |
| В 15—45 см | Коричневый, порошисто-щебнисто-каменистый, плотный, корни распространяются в мелкозем между щебенкой и камнями; переход отчетливый, вскипание (от 10% соляной кислоты) начинается с глубины 43—45 см. |
| С 45—95 см | Светлосерый, щебнисто-каменистый, свежий рухляк, белесый от карбонатов, между камнями — сильнокарбонатный мелкозем, местами — карбонатная корка; масса корней полыни достигает 55 см, отдельные корни — до 80—90 см. |
| С 95—160 см | Щебнисто-каменистый с расщелинами рухляк, влажный, вскипает до 115—120 см; в камнях опоки — тонкие рыжие, полоски. |

Мощность горизонта А по другим разрезам колеблется от 12 до 18 см; верхняя граница горизонта вскипания варьирует от 32 до 45 см.

Разрез 2. Средняя часть склона, 40 м ниже разреза 1. Уклон 0,11, та же залежь, почва темнокаштановая слабоскелетная, легкосуглинистая на песчанистой опоковидной породе.

- | | |
|--------------|--|
| А 0—30 см | Серый, легкосуглинистый, пылевато-комковатый, уплотненный, сухой, в нижней половине заметна слабая вертикальная трещиноватость; имеются редкие включения хряща и щебенки, много корней; переход постепенный. |
| В 30—65 см | Светлее предыдущего, с коричневым оттенком, легкосуглинистый, плотный, сухой, наблюдается вертикальная трещиноватость, грубокомковатый, с повышенной щебнистостью (щебнистая прослойка); встречаются кротовины; переход постепенный. |
| С 65—135 см | Желтовато-палевый песчанистый суглинок с темносерыми пятнами кротовин, сухой, бесструктурный; имеются частицы мелкого скелета (хряща), корней мало; слабо вскипает с 100—110 см и ниже. |
| С 135—190 см | Светлозеленоватый, свежий, каменисто-мелкопесчанистый (камни легко ломаются); отдельные корни прослеживаются на глубине 180 см. Слабо вскипает до глубины 150—160 см. |

Разрез 3. Нижняя выпуклая часть склона, уклон 0,15, целина (?), растительность, главным образом полынь морская. Щебенкой покрыто

¹ В связи с тем, что литературными данными по щебнистым почвам этого района мы не располагаем, ниже приводятся материалы, полученные в результате наших исследований.

40—70% поверхности. Каштановая сильноскелетная суглинистая почва на опоке.

- А 0—14 см Серый с коричневым оттенком, комковато-пылеватый, щебнистый, суглинистый, плотный, имеется много корней, переход в следующий горизонт отчетливый.
- В 14—35 см Серо-коричневый, порошисто-каменистый, суглинистый, содержит много корней, вскипает с глубины 35 см; переход постепенный.
- 35—120 см Щебнисто-каменистый, белесый от карбонатов, между камнями — карбонатный мелкозем, бурно вскипает, сухой.
- С 120—180 см Щебнисто-каменистый (опока), нижняя граница вскипания — на глубине 130 см; расщелины между камнями не заполнены мелкоземом, влажный, корни проникают до 140 см и глубже.

Мощность горизонта А в различных точках этой части склона варьирует от 12 до 30 см и больше (в зависимости от степени смытости). Верхняя граница вскипания также изменяется от 30 до 60 см.

Разрез 4. Нижняя, более пологая часть склона в стороне от профиля; уклон 0,10, та же залежь, покрытая пылью. Каштановая среднескелетная суглинистая солонцеватая почва на опоке.

- А 0—25 см Серый, комковато-пылеватый, переходящий книзу в порошисто-призмовидный, щебнистый (преобладает мелкая щебенка); суглинистый, в нижней своей части более темный, чем в верхней, плотный, содержит много корней; переход отчетливый.
- В 25—50 см Светлокоричневый, порошисто-щебнисто-каменистый, содержит много корней, вскипает с глубины 45—50 см.
- С 50—115 см Белесо-палевый от карбонатов, каменистый, бурно вскипает до глубины 115—120 см.
- С 115—150 см Щебнисто-каменистый светлосерый с желтоватым оттенком рухляк.

Разрез 5. Верхняя рыхлопесчаная часть склона, уклон 0,16, поверхность слабо задернована. Каштановая рыхлопесчаная почва на песке.

- А 0—18 см Светлосерый, бесструктурный, слабо гумусированный песок, саратовского яруса; переход постепенный.
- В 18—52 см Светлее предыдущего, бесструктурный, песчаный; переход постепенный.
- С 52—70 см Светлый песок.

Разрез 6. Верхняя песчаная часть склона. Уклон 0,17. Каштановая песчаная почва на погребенном каштановом скелетном суглинке.

- 0—17 см Светлосерый, песчаный, бесструктурный, переход в следующий горизонт отчетливый.
- 17—26 см Более темный, супесчаный, уплотненный, распадается на призмовидные отдельности, переход постепенный.
- 26—46 см По цвету такой же, пятнами светлее, книзу утяжеляется, переход постепенный.
- 46—70 см Грязнобурый легкий суглинок (погребенный).

Как видно из морфологического описания, щебнистые почвы на опоках имеют все основные черты каштанового типа, так что к ним было бы неправильно применить термин «перезрелые».

Результаты произведенного нами ситового анализа скелета щебнистых почв представлены в табл. 1.

Пользуясь классификацией Н. А. Качинского, рассматриваемые почвы можно разделить по степени каменистости на слабо-, средне- и сильно-каменистые. Наряду с этими терминами, будем соответственно употреблять, как их синонимы: слабо-, средне- и сильноскелетные.

Слабоскелетная почва (разрез 2) крупного скелета почти не содержит, частицы же 2,5—10 мм достигают 1,0—2,5%. Такое неболь-

Таблица 1
Результаты ситового анализа скелета щебнистых почв по горизонтам
(средние из 3—5 определений) *

№ разреза	Почва	Часть склона и уклон	Горизонт	Глубина, см	Размер частиц, мм				Сумма скелета (частицы > 2,5 мм)
					>10	10—4,5	4,5—3,5	3,5—2,5	
1	Каштановая среднескелетная (средне-каменистая)	Средняя, уклон 0,08—0,10	А	0—10	12,1	3,4	0,7	1,8	18,0
			В	20—30	56,9	9,5	0,7	2,2	69,3
			В	30—40	70,3	9,2	0,7	2,0	82,2
1а	То же	То же	А	0—10	10,2	5,6	0,8	2,7	19,9
			В	20—30	59,0	8,5	0,7	1,6	69,8
2	Темнокаштановая слабоскелетная (слабокаменистая)	Средняя, уклон 0,11	А	0—10	0,2	0,5	0,1	0,3	1,1
			А	20—30	0,5	0,7	0,1	0,3	1,6
			В	50—60	1,0	1,2	0,2	0,4	2,6
3	Каштановая сильноскелетная (сильнокаменистая)	Нижняя, уклон 0,15	А	0—10	21,2	6,3	0,9	2,2	30,6
			АВ	10—20	12,6	6,2	0,9	2,7	22,4
			В	20—30	50,3	8,3	0,7	2,1	61,4
3а	То же	То же	А	0—10	12,5	5,6	1,0	2,5	21,6
			В	20—30	22,6	5,0	1,0	2,1	30,7
			В	50—60	61,8	6,4	0,6	1,6	70,4
4	Каштановая среднескелетная (среднекаменистая)	Средняя, уклон 0,10	А	0—10	6,1	3,2	0,5	1,4	11,1
			В	30—40	47,2	6,9	0,6	1,6	56,3
5	Каштановая рыхлопесчаная слабохрищеватая	Верхняя, уклон 0,16	А	0—10	0,8	0,6	0,1	0,1	1,6

* Для сухого просеивания брались навески в 2 кг.

шое содержание мелкого скелета не может существенно влиять на водно-физические и противозерозионные свойства этой почвы. Поэтому эрозионные показатели, полученные для этой почвы, будут справедливыми и для других темнокаштановых почв такого же механического состава мелкоземистой части.

Содержание скелета в горизонте А среднескелетной каштановой почвы (разрез 1 и 1а) варьирует от 18 до 20%; в горизонте В оно достигает 82% (на глубине 30—40 см). Сильноскелетная почва нижней части склона в горизонте А содержит скелета от 21 до 31%, т. е. больше, чем почва средней части склона.

Здесь, главным образом в местах перехода к более крутым участкам, имеется в наличии на поверхности почвы сомкнутый слой щебенки — так называемый «панцырь» (С. А. Захаров). Наличием панцыря объясняется

более высокая скелетность в разрезе 3 на глубине 0—10 см, чем на глубине 10—20 см. Но этот слой не везде сомкнут; большая часть поверхности покрыта скелетными частицами лишь на 40—70%, ближе же к основанию склона — еще меньше. С глубиной щебнистость почв увеличивается.

Большинство исследователей признает, что скелетный панцирь образуется главным образом вследствие постепенного удаления мелкозема (денудацией) и относительного накопления на поверхности почвы скелета, а также вследствие выдувания, преимущественно на песчаных породах. Однако нам представляется, что образование щебнистого панциря происходит не на сформировавшейся почве, а на поверхности щебнистой материнской породы еще до ее формирования, так как при наличии почвы, покрытой девственной растительностью, смывание и выдувание мелкозема невозможно¹. Смывание и дефляция почвы в результате ее распашки или разбивания скотом также могут повести к образованию на поверхности панциря.

На склонах, сложенных опоками, объемный вес которых очень низок (1,3—1,4), такой путь образования панциря не является единственным. Скелетные частицы, вплоть до крупной щебенки, могут также сосредотачиваться на поверхности почвы во время ливней и весеннего стока путем выноса их ручьями и отложения в других местах, с несколько меньшим уклоном. Такая картина наблюдалась нами неоднократно. Кроме того, крупные землерои выбрасывают на поверхность щебень, который затем более или менее рассредоточивается от разных механических воздействий на некотором удалении от нор (рис. 2). Подсчет показал, что количество таких щебнистых холмиков и пятен на 14-летней залежи достигает 30—40 на гектар, а на целине — 120 на гектар.

Общие морфологические признаки почв склона представлены в табл. 2.

Обратимся к данным механического анализа (см. табл. 3, стр. 19).

Из таблицы видно, что почвы склона, за исключением его верхней части, по механическому составу мелкозема относятся к группе средне-суглинистых (разрезы 1 и 3) и легкосуглинистых (разрез 2). При этом обращает на себя внимание высокое содержание фракции песчаной пыли (0,25—0,05 мм) в почве разреза 2.

Известно, что опоки по своей природе представляют собой тонкозернистый материал, соединенный кремнистым цементом в твердую пористую массу. Поэтому опоксовая щебенка и вообще скелет, помимо внешней поверхности, имеют большую внутреннюю активную поверхность. Об этом свидетельствует высокая гигроскопичность скелета. Этот скелет активно влияет на режим влажности почвы в целом путем поглощения значительных количеств воды. Здесь нет места явлению, наблюдающемуся в почвах с ничтожной влагоемкостью скелета. Там, благодаря сосредоточению влаги главным образом в мелкоземистой части, повышается ее увлажнение, а значит, и количество доступной растениям влаги (Захаров, 1946).

Поэтому, несмотря на приведенное в табл. 3 соотношение механических элементов, указывающее на суглинистый механический состав почвы (на опоках), последняя ведет себя по водным свойствам, как глинистая.

Данные о содержании гумуса в щебнистых каштановых почвах приведены в табл. 4. Наименее гумусной является среднескелетная почва средней части склона (она же наиболее смыта, как будет видно из даль-

¹ Наблюдения в природе показывают, что при отсутствии интенсивных процессов смыва и выдувания панцирь из щебенки постепенно исчезает. Под влиянием жизнедеятельности дождевых червей и других мелких землероев щебенка и камни как бы проносятся в почву. Об этом подробно писал еще Ч. Дарвин. Смывание и выдувание почв происходит и под девственной растительностью, но очень медленно (так называемая геологическая или нормальная эрозия).—Ред.

Таблица 2
Общие морфологические признаки различных скелетных почв на склоне северной экспозиции в районе нижнего течения р. Камышинки

№ разреза	Почва	Часть склона и уклон	Расстояние от верхней точки склона, м	Мощность горизонта А, см	Мощность горизонта А+В, см	Глубина вымывания от НС, см		Карбонатные выделения, см		Содержание скелета в гор. А, %
						верхняя граница	нижняя граница	верхняя граница	нижняя граница	
1, 1а	Каштановая среднескелетная	Средняя, 0,08	200	12—18	40—50	32—45	115—130	45—65	100—115	18—20
2	Темнокаштановая слабоскелетная	Средняя, 0,11	240	30	65	100—110	150	Нет	Нет	около 3
3, 3а	Каштановая сильноскелетная	Нижняя, 0,15	400	12—35	35—60	30—60	135—150	45—75	115—130	22—31
4	Каштановая среднескелетная	Нижняя, 0,10	320	25	50	45—50	115—120	55—70	110—115	15
5	Каштановая рыхлопесчаная	Верхняя, 0,16	20	18	52			Не вскапает		1,6
6	Каштановая песчаная на щебнистом суглинке	Верхняя, 0,17	30	17	30					

Таблица 3
Механический анализ по Сабанину (в % к абсолютно сухой почве)*

№ разреза	Название почвы по механическому составу	Горизонт	Глубина, см	Размер частиц, мм				
				2,5—1,5	1,5—1,0	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01
								<0,01
1	Суглинок средний песчанопылеватый	А В С	0—10 20—30 70—80	3,2 2,0 2,2	3,3 1,6 2,0	9,4 5,4 9,7	22,6 18,4 25,8	31,0 30,9 28,5
								30,5 41,7 31,8
2	Суглинок легкий, песчаный	А В С	0—10 40—50 95—105	0,5 0,8 0,2	0,7 0,8 0,3	1,9 1,3 1,1	47,7 52,4 63,6	21,5 17,9 17,8
								27,7 26,8 17,0
3	Суглинок средний, песчанопылеватый	А В	0—10 20—30	3,2 3,0	3,8 2,7	6,3 4,1	27,3 30,3	26,4 28,4
								33,0 31,5

* Анализ выполнен нами в почвенной лаборатории ВНИИЛМИ. Анализировалась мелкоземистая часть почвенных образцов; скелетные частицы удалены путем просеивания через сито с отверстиями 2,5 мм. Расчет произведен на почву без каменной части (частицы крупнее 2,5 мм).

нейшего); наибольшей гумусностью мелкоземистой фракции отличается почва нижней части склона, которая, повидимому, не подвергалась распашке (разрез 3).



Рис. 2. Вынос опоковой щебенки на поверхность землероями.

Таблица 4

Гумус по Тюрипу (в % к абсолютно сухой почве)

№ разреза	Горизонт	Глубина, см	Гигроскопическая вода	Гумус	
				в мелкоземистой части	при пересчете на скелетную почву
1	A	0—12	4,69	2,13	1,70
	B	20—30	8,86	2,72	1,59
2	A	0—10	4,18	2,73	2,67
	B	40—50	4,52	1,06	1,03
3	A	0—12	5,77	3,15	2,50
	B	20—30	6,71	2,50	1,53
4	A	0—12	4,64	2,95	2,40
	B	25—35	7,77	2,95	1,69

Описываемые скелетные почвы по содержанию гумуса превосходят легкосуглинистые разности темнокаштановых почв Камышинского опытного пункта; по данным Л. Т. Земляницкого (1939), количество гумуса в последних не превышает 1,5—2%. Содержание гумуса в продуктах смыва песчаной почвы, соответствующей разрезу 5, составляет лишь 0,40%, в разрезе 6 — 1,57%.

В табл. 5 представлен состав обменных оснований (для анализа были взяты фракции меньше 1 мм). Несмотря на неполноту этих данных, они все же дают некоторое представление о емкости поглощения и соотношении величин поглощенных оснований. Бросается в глаза сравнительно невысокое содержание в почве (разрез 1) поглощенного кальция (около 63%) и весьма значительное — магния.

Таблица 5

Обменные основания по Гедройцу (в м-экв. на 100 г абсолютно сухой почвы) *

№ разреза	Глубина, см	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
1	0—10	18,29	10,08	Нет
	20—30	23,15	12,81	0,40
	70—80	—	—	0,40
	160	16,44	7,77	1,23
2	40—50	11,72	6,81	0,87

* Аналитик В. Николаева

Высоким содержанием поглощенного магния, повидимому, и объясняется некоторая солонцеватость рассматриваемой почвы (Прасолов и Антипов-Каратаев, 1930).

По разрезу 2 в нашем распоряжении имеются данные только для глубины 40—50 см, на которой, как известно, обычно проявляются признаки солонцеватости (если вообще этими признаками обладает данная почва). Содержание поглощенного натрия достигает здесь 4,7% от суммы поглощенных оснований; это дает некоторые основания к тому, чтобы считать эту почву слабосолонцеватой¹.

Результаты анализа трехминутной водной вытяжки приведены в табл. 6.

Как показывают эти данные, щебнистые почвы склона в различной степени засолены хлоридами и сульфатами.

В разрезе 1 значительная концентрация легкорастворимых солей, главным образом хлористых, начинается уже с глубины 20—30 см и на глубине 70—80 см достигает 2%. Здесь скопления сульфатов преобладают над хлоридами.

Гораздо менее засолена почва нижней части склона (разрез 3). Здесь значительное скопление легкорастворимых солей с преобладанием хлоридов, достигающее 0,25%, находится на глубине 70 см и повышается до 0,35% на полуметровой глубине (сульфаты).

¹ По исследованиям Л. Н. Прасолова и И. Н. Антипова-Каратаева (1930), признаки слабой солонцеватости проявляются при содержании поглощенного натрия не менее 5% от суммы поглощенных оснований.

Результаты анализа водной вытяжки (в % к абсолютно сухой почве)

Почва	Горизонты и глубина образцов, в см	Фракции	Сухой остаток	Прокисленный остаток	Щелочность		Cl ⁻	SO ₄
					общая в HCO ₃	от норм. карбонатов в CO ₃		
1 Каптановая среднескелетная суглинистая слабосолонцевато-солончаковатая	A 0-10	< 1 мм > 1 мм Пересчитано на скелетную почву	0,041 0,027 0,037	0,021 0,006 0,018	0,007 0,007 0,007	Нет » »	0,001 0,001 0,001	0,009 0,006 0,008
	B 20-30	< 1 мм > 1 мм Пересчитано на скелетную почву	0,515 0,241 0,315	0,374 0,172 0,227	0,013 0,010 0,010	» » »	0,243 0,115 0,149	0,033 0,027 0,029
	C 70-80 160	< 1 мм Мелкозем + дресва (без щебенки)	2,116 0,257	1,821 0,225	0,017 0,009	» »	0,465 0,084	0,868 0,058
2 Темнокаштановая слабоскелетная легкосуглинистая	A 0-10 B 40-50 C 95-105 180-190	{ Сумма всех фракций	0,050 0,075 0,150 0,249	0,038 0,039 0,070 0,131	0,008 0,011 0,018 0,054	» » » 0,002	0,004 0,019 0,006 0,004	0,002 0,004 0,005 0,005
	A 0-10 B 20-30 C 70-80 150-160	{ Сумма фракций без щебенки	0,036 0,058 0,259 0,355	0,024 0,036 0,214 0,294	0,006 0,014 0,023 0,010	Нет » » »	Следы » 0,097 0,066	0,010 0,013 0,032 0,173
3 Каптановая суглинистая сильноскелетная	A 0-10 B 20-30 C 70-80 150-160							

Слабоскелетная темнокаштановая почва (разрез 2) по распределению и содержанию легкорастворимых солей уже носит черты типичной темнокаштановой почвы.

При рассмотрении результатов анализа водной вытяжки разреза 1, полученной отдельно из мелкоземистой и скелетной фракции, видно, что легкорастворимые соли концентрируются главным образом в мелкоземистой фракции. Возможно, что степень различия этих концентраций в действительности меньшая, чем это отражают цифры таблицы, так как вода, контактирующая в большей степени с мелкоземом, чем с внутренней поверхностью скелетных частиц, способна извлечь из первого больше легкорастворимых солей, чем из последних; но различие все же имеется. А если это так, то тогда ясно и то, что в скелетных фракциях легкорастворимые соли концентрируются главным образом на внешней поверхности крупных механических элементов.

На основании данных табл. 7 можно заключить, что реакция рассматриваемых почв слабощелочная (щелочность от нормальных карбонатов, как правило, отсутствует).

Таким образом, скелетные почвы нашего склона характеризуются следующими данными:

1. Мощность гумусового горизонта (A + B) скелетной почвы нижней части склона (целина) варьирует в пределах от 35 до 60 см, а в средней его части — от 40 до 50 см. Мощность этого же горизонта у слабоскелетной темнокаштановой почвы (средняя часть склона) составляет 65 см. Горизонт вскипания от соляной кислоты для средне- и сильноскелетных почв проходит на глубине 30—50 см; с глубины 45—65 см начинаются карбонатные выделения. В слабоскелетной почве этот горизонт проходит на глубине 100—110 см.

2. Содержание гумуса в мелкоземистой части верхнего горизонта колеблется от 2,13 до 3,15%, что при пересчете на всю минеральную массу составляет 1,7—2,5% для средне- и сильноскелетных почв и 2,67% для слабоскелетной почвы. Для разностей, характеризующихся разрезами 1 и 4, имеются признаки слабой солонцеватости.

3. Профиль среднескелетной почвы средней части склона в значительной степени засолен хлоридами и сульфатами, что наиболее отрицательно характеризует эту почву с точки зрения ее лесорастительных условий. Почвенный профиль в нижней части склона также имеет признаки засоления, но более слабые.

Приведем некоторые данные, характеризующие физические свойства скелетных почв (табл. 7). При этом необходимо указать на сложность получения таких данных, что связано с трудностью взятия образцов щебнистых почв с ненарушенной структурой. Поэтому при определении объема веса был использован, помимо обычного метода взятия образца определенного объема (в стаканы Некрасова) с ненарушенной структурой, также метод, предложенный Заславским, заключающийся в том, что объем определенного куска почвы определяется в стакане с известным объемом путем заполнения просом незанятого почвой пространства и замера мензуркой объема этого проса (Раменский, 1938).

Скважность определялась путем насыщения водой образца с ненарушенной структурой по методу капиллярного поднятия (капиллярная скважность) с последующим погружением его в воду (полная скважность)¹.

¹ С. И. Долгов (1948) обращает внимание на условность таких данных; он отмечает, что количество поднимающейся по капиллярам воды зависит от высоты образца и что сами поры могут быть то капиллярными, то некапиллярными.

Таблица 7

Некоторые физические свойства скелетных каштановых почв

№ разреза	Горизонт	Глубина, см	Объемный вес	Связанность в % к объему		
				общая	капиллярная	некапиллярная
1	A	0—8	1,13	55,3	52,5	2,8
	A	12—18	1,17	55,2	52,0	3,2
	B	30—40	1,29	—	—	—
		(камень опоки)				
2	A	0—8	1,25	48,8	44,7	4,1
	A	20—25	1,31	49,1	45,0	4,1
	B	40—50	1,33	—	—	—

В связи с трудностью взятия таких образцов, определения проводились только для верхнего горизонта ¹.

Как показывает табл. 7, объемный вес сверху вниз увеличивается. При этом абсолютные его величины в разрезе 2 выше, чем в разрезе 1. Величина общей скважности, наоборот, в разрезе 1 выше, чем в разрезе 2. Бросается в глаза незначительность величин некапиллярной скважности в обеих разностях почв. В разрезе 2 некапиллярная скважность несколько выше как в абсолютном выражении, так и относительно общей скважности.

Однако, как будет видно из дальнейшего, водопроницаемость слабо-скелетной почвы (разрез 2) значительно выше, чем среднескелетной. Это объясняется главным образом тем, что в механическом составе почвы разреза 2 преобладает фракция песчаной пыли, что приближает эту почву по ее водным и физическим свойствам к почвам песчаным.

Результаты агрегатного анализа среднескелетной почвы (табл. 8) показывают на непрочность ее структуры ².

Таблица 8

Агрегатный анализ горизонта А среднескелетной почвы (разрез 1) по методу Савиннова (в %) *

Показатели	Размер агрегатов, мм							
	10	10—5	5—3	3—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	> 0,25 (сумма)
Всего агрегатов (сухое просеивание)	1,99	1,35	2,96	2,28	11,2	30,9	0,86	60,64
Прочных агрегатов вместе со скелетом (мокрое просеивание)	—	—	1,69	1,50	5,90	19,50	2,41	31,0
Прочных агрегатов за вычетом скелета	—	—	0,10	0,31	0,79	6,57	1,48	9,25

* Крупная дресва и щебенка из образца были удалены.

¹ Несмотря на 5-кратную повторность, эти данные не могут претендовать на большую точность.

² Ввиду высокой щебнистости нижележащие горизонты на прочность структуры не исследовались.

Следует отметить, что щебнисто-каменистый рухляк в засушливые летние месяцы содержит повышенное количество воды, которое на глубине 1,5 м достигает 44%, т. е. приближается к капиллярной влагоемкости (табл. 9). Это, повидимому, связано с затрудненностью передвижения в щебнистом рухляке воды по капиллярам, прерывающимся в каждом куске породы и сменяющимся капиллярами большего диаметра в мелкозем. По исследованиям А. Ф. Лебедева (1926, 1936), «почвы, разграниченные трещинами, задерживают воды значительно больше, чем без них».

Таблица 9

Влажность скелетных каштановых почв на опоках (в % к абсолютно сухой почве)

№ разреза	Дата взятия образца	Глубина, см										
		0—2	10	20	30	45	60	80	100	130	155	180
1	23.VII	7,3	11,3	19,0	24,5	35,2	34,0	37,3	40,0	—	—	—
1a	3.VIII	—	—	—	21,6	—	—	31,2	—	—	38,7	—
								34,6*			44,0*	
2	16.VIII	5,0	7,4	—	—	8,6	—	—	9,4	9,9	—	21,5
3	16.VIII	3,8	11,4	—	15,3	—	—	—	20,0	32,9	—	32,8

* Отмеченные цифры показывают влажность щебенки опоки, а не мелкозема.

При исследовании образцов на влажность обнаружилось, что влажность опоковой щебенки несколько выше, чем окружающего мелкозема, однако при сильной иссушенности грунта этой разницы не замечается.

Вследствие особенностей механического состава и главным образом наличия единой неразорванной капиллярной системы, слабоскелетные почвы (разрез 2) иссушаются сильнее и на большую глубину. Благодаря более свободному продвижению влаги вниз эти почвы теряют большее ее количество, чем среднескелетные, особенно же их нижние щебнисто-каменистые горизонты.

Следует отметить, что, согласно Б. А. Можаровскому (1936), трещиноватые опоки нижнесызранского яруса являются местом прохождения нижнего, наиболее мощного горизонта грунтовых вод. Их выклинивание можно видеть в разных местах по берегам р. Камышинки и в подошве правого берега р. Елшанки.

Растительный покров. Растительность (как травянистая, так и древесная) в ее девственном виде в пределах Нижнего Поволжья вряд ли где сохранилась, если не считать отдельных участков поймы рек. До интенсивного воздействия человека эта территория представляла собой в ботанико-ландшафтном отношении разнотравно-типчаково-ковыльные и типчаково-ковыльные степи (Лавренко, 1939). С развитием земледельческой культуры те участки степи, которые вследствие расположения на крутых склонах или по другим причинам остались нераспаханными, стали менять свой первобытный облик под воздействием выпаса.

Г. Н. Высоцкий (1906) на примере Ергеней так описывает этот процесс. «Прежде чем превратиться в почти непродуктивный сбой, степная непахь, теряя свой первобытный целинный покров, покрывается целым рядом сменяющихся растительных формаций, продуктивность которых и ценность составляющих трав постепенно понижается. В конечном

Видовой состав растительности в различных участках склона и степень задернения стоковых площадок (среднее из 2—3 определений)

Почва	№ разреза и соответствующих площадок	Задернение поверхности, %	Покровность поверхности, %	Уклон	Часть склона	Видовой состав растительности и число растений и кустов на 1 м²
Каштановая сильноосветная суглинистая	Разрез 3 { 16 17 18 18a	45 45 50 45	60 40 65 65	0,15 0,14 0,15 0,156	Нижняя	Полынь морская — <i>Artemisia maritima</i> L. (40—90), тысячелистник гребенчатый — <i>Achillea pectinata</i> Willd. (0—10), икотник сорный — <i>Berteroa incana</i> D. C. (2—6), костер растопыренный — <i>Bromus squarrosus</i> L. (0—50), мятлики живородящий — <i>Poa bulbosa</i> L. (0—20), лапчатка серебристая — <i>Potentilla argentea</i> L. (редко), кохия распростертая — <i>Kochia prostrata</i> Schrad. (0—10), гречиха птичья — <i>Polygonum aviculare</i> L. (30—50), комыль (тырса) <i>Stipa capillata</i> L. (единично), типчак — <i>Festuca sulcata</i> L. (редко), пырей ползучий — <i>Agropyrum repens</i> P. B. (пятнами), костер кроветельный — <i>Bromus tectorum</i> L. (0—15).
Каштановая среднеосветная суглинистая	Разрез 1 { 2 Б 1 2 3 4 5 6 7	35 30 35 50 30 40 Взрыхл. 30	3—5 1,5—2 1,5—2 10 3—5 5 — 10—15	0,091 0,09 0,08 0,093 0,08 0,096 0,10 0,091	Средняя	Полынь морская — <i>Artemisia maritima</i> L. (40—80), устелиполе — <i>Ceratocarpus arenarius</i> L. (0—300, пятнами), гречиха птичья (спорыш) — <i>Polygonum aviculare</i> L. (20—200), кохия распростертая — <i>Kochia prostrata</i> Schrad. (единично), тысячелистник гребенчатый — <i>Achillea pectinata</i> Willd. (до 150), лапчатка серебристая — <i>Potentilla argentea</i> L. (единично).

Темнокаштановая слабоосветная легкосуглинистая	Разрез 2 { 8 9 10 10a	28—30 30 Взрыхл. 30	<1 <1 <1 <1	0,11 0,112 0,104 0,11		
Каштановая скелетная суглинистая	Разрез 4 { 11 12 13 14 15 22 1—Б	40 40 45 45 Взрыхл. 40 35—40	2 2 10 16 — 10 4—5	0,096 0,10 0,096 0,096 0,10 0,10 0,096		
Каштановая рыхлопесчаная (слабо гумусированный песок)	Разрез 5 { 19 20	2 40	3—5 Нет	0,14 0,16		
Каштановая песчаная	Разрез 6 { 21 23	15 2	Нет <1	0,17 0,094	Верхняя	Кохия песчаная — <i>Kochia arenaria</i> Roth, костер кроветельный — <i>Bromus tectorum</i> L. (25—40), щетинник сизый — <i>Setaria glauca</i> P. B. (35—53), сухоцвет цилиндрический — <i>Xeranthemum cylindraceum</i> Sibth. (7—68), двузубка растопыренная — <i>Diplachnesquarrosa</i> Rich., гречиха птичья — <i>Polygonum aviculare</i> L., василек песчаный — <i>Centaurea arenaria</i> M. B., сушеница песчаная — <i>Gnaphalium arenarium</i> L., пырей ползучий — <i>Agropyrum repens</i> P. B., чабрец — <i>Thymus odoratissimus</i> M. B., гвоздика (перистая) — <i>Dianthus squarrosus</i> M. B., астрагал прутьяной — <i>Astragalus virgatus</i> Pall, козелец мечелистный — <i>Scorzonera ensifolia</i> M. B., полынь морская — <i>Artemisia maritima</i> L. (последние 10 видов встречаются редко).

результате типчаково-ковыльный покров, переходя через стадии типчаково-полынную и полынную, превращается в низкорослый малоценный покров однолетников, среди которых наиболее распространяется устели-поле (*Ceratocarpus arenarius* из сухих солянок) и спорыш (разности *Polygonum aviculare*).

В настоящее время щебнистые почвы, залегающие на не слишком крутых склонах, подверглись распахке и используются под сельскохозяйственные культуры (главным образом бахчи). Территория нашего склона также была распахана, за исключением нижней крутой части, и, по словам местных жителей, была занята под бахчей, а с 1934 г. под залежью.

За истекшие 15—16 лет с момента оставления почвы под залежь эта территория покрылась дикой растительностью, главным образом морской полынью. Почти все площади окрестностей г. Камышина, как щебнистые, так и нещебнистые, используемые в качестве выгонов, в большинстве случаев, за исключением песчаных территорий, покрыты этой полынью. Нам удалось встретить только один клочок земли около 100 м² на склоне южной экспозиции с темнокаштановой почвой, на котором произрастает естественная растительность в неизменном или мало измененном виде, — главным образом ковыль (*Stipa capillata* L.). Но этот участок, изолированный от остальной территории глубокими оврагами, повидимому, давно не подвергался воздействию выпаса.

Учет растительности на исследованном нами склоне был произведен на площадках в 1 м² (табл. 10), причем растения некоторых видов, занимающие незначительное участие в травостое, не попали в учетную площадку и поэтому в перечне не характеризуются числовыми величинами. Для каждой из площадок той или иной части склона, помимо подсчета общего количества растений, определялась задерненность почвы; последняя представляет собою «процент поверхности земли, занятой дерновинами растений» (Раменский, 1937). Эта величина (а не полнота и не проективное покрытие), по нашему мнению, является наиболее существенной для характеристики противоэрозионного влияния растительного покрова¹. Она определялась следующим образом. Квадратная рамка со стороной 1 м перетягивалась крест-накрест через каждые 20 см шнурами, которые разбивали площадь 1 м² на 25 квадратов. При наложении такого квадрата (сетки) на поверхность почвы можно сравнительно легко, на глаз, определить процент площади, занятой дерновинками различных растений. Определение задерненности на площадках производилось в двух-трехкратной повторности. Из таблицы видно, что в общем наиболее плотно покрыты растительностью площадки нижней части склона; наиболее разрежен растительный покров в верхней части склона на песках.

Как показывает табл. 10, скелет на поверхности почвы, в нижней части склона покрывает ее на 40—65%; выше по склону покрытие незначительно.

Все сказанное о характере растительного покрова, его распределении и задернении поверхности свидетельствует о том, что он не в состоянии защитить почву от смыва, особенно в средней части склона. Нижняя часть склона, более плотно покрытая растительностью и скелетными частями, лучше защищена от смыва, но, принимая на себя воды вышележащих участков склона, не может противостоять размыву.

О наличии размыва на склоне, особенно в его нижней части, свидетельствуют следующие данные. Подсчет густоты ложбин и промоин показывает, что в нижней части склона среднее расстояние между ними равно

¹ Полнота также играет большую роль в развитии процессов почвенной эрозии, так как сомкнутый растительный покров лучше защищает поверхность почвы от ударов капель дождя.—Ред.

34 м (при колебании крайних величин от 5 до 85 м). Глубина и ширина их колеблются в пределах: первая от 30—40 см до 2 м, а вторая — от 0,5 до 6 м.

Таким образом, нерациональная хозяйственная деятельность человека в прошлом и отсутствие мер борьбы с эрозией явились предпосылкой для широкого развития эрозионных процессов, в частности на щебнистых почвах. Проведение комплексных противоэрозионных мероприятий является в настоящее время первоочередной задачей.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Из числа применяемых в настоящее время методов изучения и количественного учета смыва следует назвать:

1) метод определения твердого стока (по мутности) с использованием переносных водосливов, впервые примененный Новосильской опытной станцией;

2) метод стоковых площадок (по твердому стоку);

3) метод монолитов, применявшийся у нас В. Б. Гуссаком (1935) и Н. Маниловым (1939);

4) исторический метод, применявшийся Новосильской опытной станцией, А. М. Панковым (1937) и др.;

5) метод учета смыва по объему водорослей; впервые был применен Л. Т. Земляничным (1937), затем Новосильской опытной станцией, М. И. Дрюченко (1938), С. С. Соболевым (1948) и др.;

6) метод дождевания мелких площадок; его применяли: С. А. Захаров (1936), М. В. Фалесов (1936), А. М. Поспелов (1940), Ф. П. Серик (1940), А. П. Шапошников (1940), М. Д. Кобезский (1940), Б. Д. Жилкин (1940), Г. П. Сурмач (1950, 1952), С. А. Коль (1950, 1952), С. Ф. Федоров (1950), В. П. Козлов (1953) и др.

При исследовании эрозионных процессов нами был принят, как основной, метод дождевания. Нами были использованы и некоторые другие методы, в частности метод стоковых площадок и твердого стока и исторический метод. Кроме того, была предпринята попытка исследования эрозии в ручье с выделением донной и взвешенной фракций. Дождевание осуществлялось в комбинации с подтоком.

Дождевание. Для осуществления искусственного дождевания нами был сконструирован и изготовлен специальный дождевательный аппарат.

Прибор состоит из трех латунных труб с внутренним диаметром 12 мм, скрепленных в рабочем положении деревянными подставками параллельно на расстоянии 56 см. Каждая из этих труб состоит из 7 звеньев, соединенных тройниками, в которые ввинчиваются насадки. На них навинчиваются наконечники-распылители (форсунки) ранцевого опрыскивателя РДП-3 (форсунка описана И. П. Яценко, 1948). Расстояния между форсунками равны 66 см, а общее количество их составляет 21 шт.

В рабочем положении трубы над площадкой расположены так, что форсунки распределены в шахматном порядке в 66 см друг от друга. Это обеспечивает равномерность покрытия площади в 8 м² водой, падающей в виде капель. Средний диаметр проекции дождя от каждой форсунки на горизонтальную плоскость равняется 75—80 см, с некоторыми колебаниями этих величин в зависимости от давления в приборе.

Каждая труба при помощи резинового шланга через коллектор соединялась с металлической бочкой, где находилась вода под давлением. Давление здесь создавалось через вторую бочку (бочка-баллон), соединенную с первой резиновым шлангом; в эту вторую бочку воздух накачивался

насосом от автомашины. Давление измерялось манометром, установленным на коллекторе. Здесь же помещалась металлическая сетка-фильтр (рис. 3).

Для нормальной работы давление в бочке-баллоне доходило до 1,5—2 атм.; рабочее давление в приборе в зависимости от интенсивности дождя, варьировало от 0,25 до 0,4 атм., а при очень высокой интенсивности — до 0,7—0,8 атм. Интенсивность дождя (расход воды) регулировалась в грубом приближении калибром форсунок (величиной выходного отверстия), а в пределах возможности каждого калибра — рабочим давлением в приборе.

Прибор мог давать в полевых условиях дождя различной интенсивности в пределах от 0,3 до 1,75 мм/мин (18—105 мм/час), но при желании эти пределы можно было расширить.

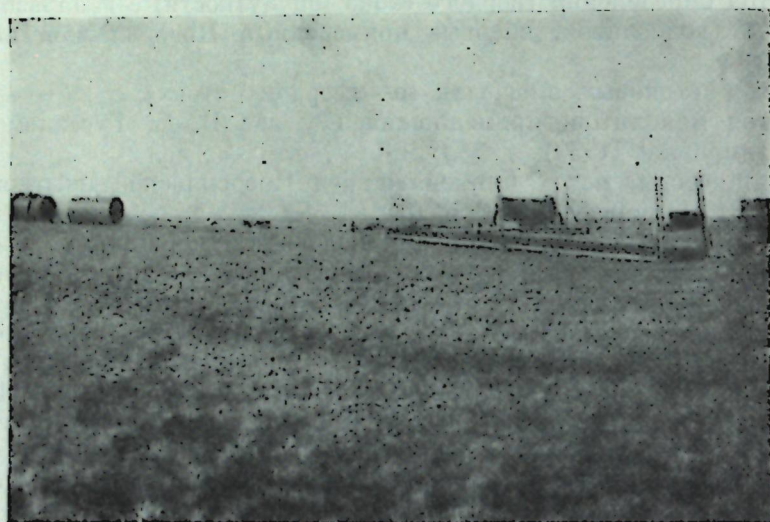


Рис. 3. Общий вид дождевателя сбоку. Нижняя часть склона.

Величина капель изменяется в зависимости от рабочего давления. При увеличении давления, а значит, и интенсивности дождя, величина капель (при одном и том же калибре форсунок) уменьшалась и, наоборот, с уменьшением давления — увеличивалась.

Средний диаметр капель, в виде которых выпадает основная масса воды при интенсивности дождя 0,5—1 мм/мин (при такой интенсивности в основном и проводилось искусственное дождевание), равен 1—1,5 мм. При интенсивностях 1,4—1,75 мм/мин величина капель уменьшается до 0,3—0,5 мм в диаметре. Это соответствует приблизительно каплям моросящего дождя (Оболенский, 1927).

Измерение капель производилось при помощи фильтровальной бумаги, без обработки ее; диаметр их (d) вычислялся по формуле:

$$d = \sqrt[3]{\frac{3D^2h}{2}},$$

где D — диаметр пятна, образованного каплей на фильтровальной бумаге (в мм);

h — толщина фильтровальной бумаги (в мм).

Правда, точность измерения капель при таком способе невысокая, но достаточная для того, чтобы иметь возможность сравнивать их величины с размером капель ливневых дождей. При естественных ливнях наибольший процент по массе воды составляют капли около 3 мм в диаметре (Оболенский, 1927).

Высота падения капель во время дождевания составляла 1,3—1,5 м. При этом их скорость у поверхности земли была сравнительно большой. При естественных сильных дождях и ливнях скорость падения капель составляет 5—7 м/сек.

В табл. 11 приводим расчет кинетической энергии падающих капель при дождевании и естественных дождях.

Таблица 11.

Расчет кинетической энергии падающих капель (по формуле $\frac{mv^2}{2}$)

Диаметр капель, мм	Вес, г	Скорость падения*, см/сек	Кинетиче- ская энергия в г/см ² /сек ²	Диаметр капель, мм	Вес, г	Скорость падения, см/сек	Кинетическая энергия, г/см ² /сек ²
0,5	0,0000654	200	0,0013	*2	0,00419	600	0,769
1,0	0,000524	400	0,0427	3	0,01413	700	3,53
1,5	0,001768	500	0,225	5	0,06542	700	16,34

* Данные о скорости падения капель взяты по Оболенскому (1927). По отношению к действительным скоростям и условиям дождевания они завышены, так как высота падения капель при этом очень мала.

Малая кинетическая энергия капель при дождевании по сравнению с естественным дождем указывает на заниженные величины смыва при определении их в условиях искусственного дождя.

Прибор строился из расчета покрыть дождем площадь 8 м² (4,6 м длины и 1,74 м ширины). Выбор такой площадки диктовался соображениями умеренного расхода воды.

Подготовка площадки к дождеванию проводится в следующем порядке. Выбранное для дождевания место ограничивают с боков на всю длину площадки деревянными рейками толщиной 2—2,5 см и шириной 10 см, которые ставятся на ребро и врезаются на глубину 5 см. Около нижней границы площадки устанавливается водосборный лоток треугольной (в плане) формы так, чтобы закраина площадки возвышалась над ним на 1—2 см и не было точек, лежащих ниже края лотка. Вода через лоток поступает в ведро, которое помещается в яме около нижней части лотка, откуда вместе с продуктами смыва ее собирают в бочку. Ведро тарируется на 10 л.

С боков, около внешних границ площадки, и у верхней ее границы укладываются желоба шириной 45 см, изготовленные из толя. Их назначение — принимать на себя капли дождя, падающие за пределы площадки, и отводить эту воду в литровые банки, при помощи которых она учитывается.

Над подготовленной таким образом площадкой устанавливается дождеватель на специальных стойках (рис. 4). Затем рабочая бочка объемом 270 л наполняется водой и герметически закрывается пробкой. Одновременно или перед этим накачивается воздухом бочка-баллон (на это требуется 20—30 минут), после чего установка готова к действию.

Прежде чем приступить к работе, площадку ограждают от ветра, для чего с трех сторон забивают колья (с упорами) в количестве 6—7 штук и на них при помощи гвоздей навешивают полог (брезент). Ширина полога, соответствующая высоте ограждения, должна быть не менее 2 м, длина — около 14 м. На устройство защиты от ветра требуется 30 минут.

После пуска прибора вода из форсунок под давлением выбрасывается кверху и затем падает дождем на поверхность, более или менее равномерно покрывая ее (рис. 5). Надо отметить, что все же существует некоторая разница в интенсивности покрытия водой различных точек площадки, по эти точки, вследствие колебания ветра (воздуха), не постоянны во времени и не приурочены к определенным местам.

Интенсивность дождя или ливня регулируется путем поддержания одинакового давления в приборе при помощи крана.

Прибор обслуживается двумя рабочими и одним техником.

Во время дождевания производится измерение скорости стока при помощи красителя флюоресценца. Для этого у верхней границы площадки выливают из бутылки краситель и одновременно фиксируют время по секундомеру. Окрашенная в изумрудно-зеленый цвет

вода продвигается в виде ручьев по площадке; момент подхода воды к нижней границе также фиксируется. Скорость стока вычисляется по формуле

$$v = \frac{l}{t},$$

где v — средняя скорость стока (в см/сек);

l — длина площадки (в см);

t — время (в секундах).

Вычисленная таким образом скорость является средней относительно различных частей площадки (верхней, средней и нижней); но она же является наибольшей по отношению к общей массе стока, так как у нижней границы площадки фиксируется момент подхода наиболее быстрых струй воды. В дальнейшем мы и будем пользоваться этим понятием скорости.

Расчеты основных результатов (величин) дождевания производились по следующим формулам:

$$Q = A - n, \quad (1)$$

где Q — количество воды (в литрах), поданное на площадку;
 A — общее количество израсходованной воды, равное объему бочки;
 n — количество воды (в литрах), попавшее за пределы площадки, на желоба.

$$h = \frac{Q}{8t}, \quad (2)$$

где h — интенсивность дождя (в мм/мин);
 t — время (в минутах).

$$W_{\text{ср}} = \frac{Q - C}{8t}, \quad (3)$$

где $W_{\text{ср}}$ — средняя водопроницаемость (в мм/мин);
 C — сток с площадки (в литрах).

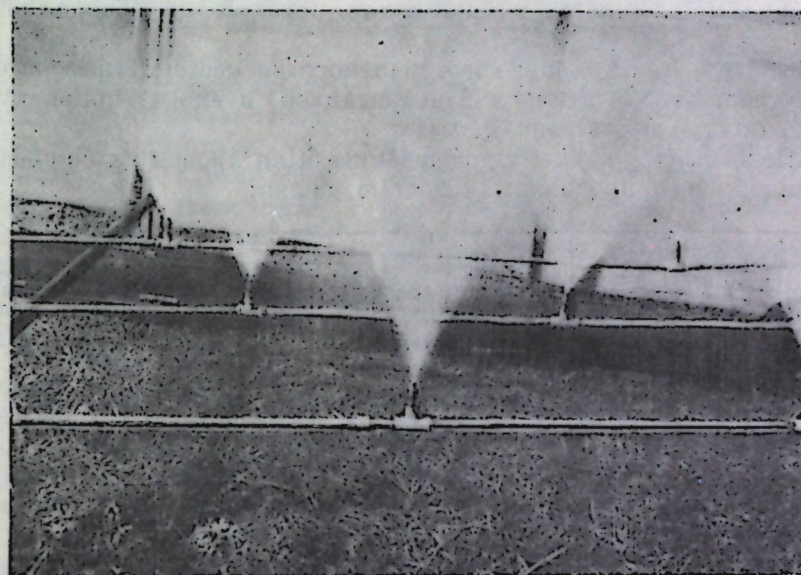


Рис. 5. Поверхность площадки 20 (во время дождевания), верхняя часть склона. Редко покрыта злаками.

(Коэффициент 8 вводится для перехода от площади 8 м² к единице площади 1 м².)

$$K_{\text{ср}} = \frac{C}{Q}, \quad (4)$$

где $K_{\text{ср}}$ — средний (за время дождевания) коэффициент стока.

По двум последним формулам определяются средние величины водопроницаемости и коэффициент стока за время t , в течение которого происходит дождевание данной площадки. Но, помимо средних, большой интерес представляют эти же величины за последовательные отрезки времени, меньше t . По ним можно построить кривые, которые могут характеризовать изменения водопроницаемости и коэффициент стока за период дождя. Их расчет производился за последовательные отрезки времени, в течение которых ведра (10 л) наполняются стекающей водой. При этом были использованы следующие выражения:

$$W = \frac{h(t_2 - t_1) - 1,25}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

и

$$K = \frac{1,25}{h(t_2 - t_1)}, \quad (6)$$

где W — величина водопроницаемости (в мм/мин);

K — коэффициент стока за время $t_2 - t_1$, в течение которого с площадки стекает 10 л воды (или 1,25 мм).

Величина стока (C) измерялась путем прямого улавливания ведром.

Учет смыва производится в следующем порядке. Мутная вода, собранная в бочку, отстаивается в течение 1—2 суток, а затем удаляется декантацией. После этого содержимое бочки переносят в ведро, а из него, после отстаивания муты и удаления излишка воды, — в тазик. Здесь муть также отстаивается, воду сливают, а продукты смыва высушивают на солнце до воздушно-сухого состояния и взвешивают. Затем берут пробу на влажность и производят пересчет на абсолютно сухую почву.

Кроме того, при помощи изготавливаемого на месте мутномера определяют мутность воды, удаляемой декантацией, и вносят поправку к навеске (если она существенна)¹.

Опыты по искусственному дождеванию были проведены со следующей интенсивностью и продолжительностью дождя:

№ варианта	Интенсивность дождя, мм/час	Продолжительность дождя, мин.	№ варианта	Интенсивность дождя, мм/час	Продолжительность дождя, мин.
1	30	48	5	60	40 ²
2	30	73 ²	6	86	21
3	50	34	7	90	20
4	60	30	8	105	18

Опыт показал, что при меньшем количестве вариантов можно получить те же результаты, имея при этом более удобный для сравнения и анализа материал. Некоторые излишние варианты, как, например, 3 и 6, были получены в условиях неполноты оттарированного расхода. Варианты 1 и 2 впоследствии были заменены одним — 30 мм продолжительностью 60 мин.

Искусственный подток был приурочен главным образом к периоду весеннего стока, когда обнаженная от снега почва оттаивает сверху лишь на несколько сантиметров. Но в небольшом количестве он был осуществлен и в летний сезон, чтобы иметь возможность сравнить интенсивность смыва в период весеннего стока и летом.

Этот вариант эксперимента состоит в следующем. Площадка для подтока подготавливается точно таким же способом и такого же размера, как и для дождевания (но без желобов). Дополнительно около верхней границы площадки по всей ее ширине укладывают в строго горизонтальном

¹ Мутномер представляет собой набор пробирок с различной заданной мутностью; при высокой концентрации твердых частиц их содержание определяется по осадку.

² При осуществлении этих вариантов были допущены некоторые методические погрешности, заключавшиеся в том, что, вследствие требуемого этими вариантами большого расхода воды, превышающего полную «зарядку» бочки (270 л), приходилось производить «перезарядку» ее, т. е. прерывать дождь на 20—30 минут. Позже эти варианты были сняты.

положении специальный деревянный водослив или порог — распределитель воды (рис. 6). Вода поступает с заданной интенсивностью через тарированную воронку и затем равномерно распределяется (стекает) на всей ширине площадки. Воронка устанавливается на треноге над водосливом. Тарировка ее путем регулирования отверстия при помощи специальной пробки по секундомеру. После установки водосборного лотка, водослива и тарированной воронки площадка считается подготовленной для опыта. Вода подается в воронку при помощи тарированного ведра или литровой банкой.

При определении интенсивности подачи воды на площадку в 8 м² мы исходили из следующих соображений.

В период весеннего стока по поверхности почвы текут часто рассеянные струи, которые собираются в ручейки; все больше концентрируясь, ручейки зачастую превращаются в мощные ручьи, протекающие по промоинам и ложбинам, производя размыв.

Расходы большой массы ручейков, производящих смыв, изменяются от самых незначительных до расходов в 6 л (и больше) в минуту. Для примера отметим, что со стоковой площадки в 160 м² (40 × 4) в период весеннего стока 1948 г. наибольший расход всей суммы ручьев составлял 8 л/мин. Наиболее крупными были два ручья, расход которых не превышал 4 л/мин. Этого же порядка величины интенсивности стока получены и при искусственном дождевании, что дало возможность сравнивать интенсивность смывов.

Поэтому, исходя из необходимости иметь расходы стока с площадок в пределах 1,5—6 л/мин, мы приняли при подтоке и соответствующие величины интенсивности подачи воды на площадки (в основном в пределах от 2 до 6—7 л/мин).

Надо также отметить, что на площадках длиной около 5 м крупных ручьев методом подтока создать нельзя, так как вода не успевала бы сконцентрироваться в крупные ручьи и стекала бы к низу площадки почти сплошным слоем. В случае же умеренной подачи воды она концентрируется уже в верхней четверти площадки в 2—3 основных ручьях, в виде которых и стекает к низу на водосборный лоток. При подтоке производилось измерение скоростей стока при помощи красителя флюоресценции.



Рис. 6. Дождевание в комплексе с подтоком. В верхней части площадки виден водослив-распределитель.

Подток обслуживается техником и одним-двумя рабочими.

Дождевание с подтоком. Этот комбинированный метод был осуществлен в летний сезон 1948 г. При этом методе площадка подготавливается обычным способом, как для дождевания, но одновременно у ее верхней границы устанавливается водослив для подачи воды подтоком.

Дождевание начинается раньше, а затем, после начала стока, на площадку подается вода и в виде подтока. В некоторых случаях (при высокой водопоглощательной способности почвы) подток начинался одновременно с включением дождевателя.

При таком проведении опыта встает вопрос об интенсивности подачи воды подтоком. Было бы наиболее рационально рассчитать интенсивность подтока, исходя из величины коэффициента стока (определенного при дождевании) и средней длины линий тока. Но так как их длина равна длине склона (Козменко и др., 1937) и вода в действительности движется в распыленном состоянии не по всему склону, а к нижней его части все больше концентрируется, переходя нередко в крупные ручьи, то для расчета интенсивности подтока можно было бы взять отрезок склона такой длины, на которой вода течет еще более или менее распыленно. Эта длина в зависимости от степени ложбинности может сильно варьировать. Но практически в наших условиях для этих целей могла бы быть взята протяженность склона в 100 м.

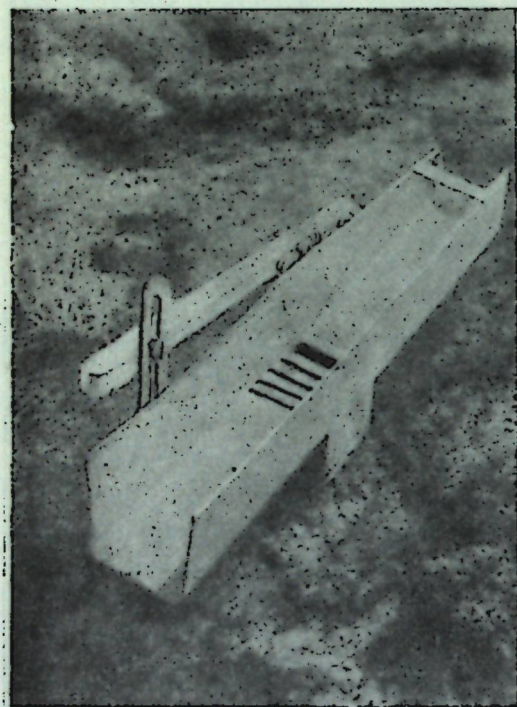


Рис. 7. Русловой прибор.

Однако, если бы мы приняли эту величину для расчета интенсивности подтока, то последняя оказалась бы настолько высокой, что в наших условиях ее невозможно было бы осуществить. Действительно, если допустить интенсивность ливня в 1 мм/мин и коэффициент стока 0,3 (реальный коэффициент), то, согласно нашим расчетам, на площадку за 30 минут поступило бы 1566 л воды, или 52 л в минуту. Такое огромное количество воды невозможно было бы ни подать на площадку, ни принять в виде стока. Поэтому одновременно с дождеванием нами подавались такие расходы воды, которые соответствуют длине линии тока для ливня с интенсивностью 60 мм/час — 12—15 м и для дождя с интенсивностью 30 мм/час — около 23—25 м.

Надо отметить, что подток не дал значительного дополнительного эффекта по сравнению с дождеванием без подтока, особенно на залежи. Поэтому пришлось обратиться к исследованию эрозии в более крупных, искусственно создаваемых ручьях — ручейковому смыву.

Ручейковый смыв. Постановкой опытов с ручейковым смывом преследовались две цели: 1) учет общего количества продуктов, переносимых

движущейся водой в ручьях, и 2) разделение этих продуктов на две группы: донную, в которую входят более крупные частицы, передвигаемые по дну русла, и группу частиц, передвигаемых во взвешенном (взмученном состоянии).

В соответствии с этими полями нами был сконструирован простой аппарат, так называемый русловой прибор (рис. 7). Он представляет собою изготовленный из оцинкованного железа лоток: длина — 80 см, ширина дна — 10 см, высота боковых стенок — 8 см. В средней части лотка дно прорезано тремя щелями шириной первая 3 см и две другие — по 1 см. Расстояния между щелями — 1,5 см. Под этими щелями к дну припаяны пластинки, образующие четырехугольник, на который снизу надевается коробка (для приема твердого стока) глубиной 10 см, имеющая площадь дна $12 \times 10 = 120 \text{ см}^2$. На одной из стенок прибора подвижно прикреплена деревянная планка (в виде рычага второго рода), которая дает возможность при помощи уровня определять уклон дна прибора (угломер).

Русловой прибор устанавливается в русло ручья так, чтобы его дно плотно прилегало к поверхности русла. При этом донная коробка опускается в вырытую по ее размерам яму. У нижнего конца прибора выкапывается яма, куда ставится ведро для приема стока. По угломеру определяется уклон русла.

Если прибор устанавливается в русло действующего (естественного) ручья, вода из последнего временно отводится в другое русло; при искусственных же ручьях в этом необходимости нет. Вода в русло пропускается через тарированную на определенный расход воронку, установленную на треноге (рис. 8). Общая длина русла у нас составляла около 5 м.

При прохождении ручья по прибору донная часть транспортируемого материала опускается в щели на дно коробки, а взвешенные частицы проносятся дальше и попадают в ведро. В дальнейшем продукты смыва отстаиваются, высушиваются и взвешиваются, как описано выше. Донная группа смытого материала подвергается сухому просеиванию на ситах.



Рис. 8. Русловой прибор в работе.

Обычно опыт проводится в течение нескольких минут, пока не наберется 20—40 л жидкого стока. На песчаных же почвах, где коробка прибора быстро заполняется наносом, продолжительность опыта сокращается до момента, пока не наполнится жидким стоком одно ведро. Начало и конец опыта фиксируются по секундной стрелке. Скорость стока в данном случае определялась, как описано выше.

Стоковые площадки. Наблюдения над стоком и смывом на стоковых площадках, имеющих гораздо большие размеры, чем площадка для дождевания, в условиях весеннего стока, а также при выпадении ливня дают возможность сделать некоторые важные поправки к тем цифрам смыва, которые получены в искусственных условиях дождевания и подтока.

У нас стоковые площадки были устроены следующим образом. Выбранная площадка ($40 \text{ м} \times 4 \text{ м} = 160 \text{ м}^2$ и $50 \text{ м} \times 5 \text{ м} = 250 \text{ м}^2$) была ограничена земляным валиком высотой в 30 см. Образовавшаяся по внешней границе канава делилась перемычками через каждые 3—4 м. В нижней части площадки был установлен приемный лоток, а около него — в яму помещена бочка для приема стока.

Бочка предназначалась на ночное время, когда сток затухал и наблюдения не проводились. Днем же, во время интенсивного снеготаяния, сток учитывался путем непосредственного улавливания тарированным ведром. Наряду с этим для учета твердого стока брались пробы на мутность и определялись по мутномеру через каждые 15 минут. Кроме того, для определения твердого стока в порядке контроля изредка (приблизительно через 1 час) наполнялись литровые банки, в которых путем отстаивания мути, просушивания и взвешивания определялось количество твердых продуктов. Затем вычерчивались кривые, по которым отчетливо выявляется картина стока и смыва.

Для учета смыва, производимого летними ливнями, в верхний край деревянной бочки, предназначавшейся для приема стока с площадки, был врезан и закреплен деревянный лоток, которому был придан уклон. При наполнении бочки до краев излишняя вода сбрасывалась через этот лоток и измерялась тарированным ведром. Бочка в данном случае играла роль отстойника, где осаждалась основная масса смытых во время ливня твердых продуктов. Другая часть твердого стока, которая удалялась вместе с водой (уже учтенной), определялась путем взятия проб на мутность (в ведро и литровую банку).

Учет выпавших осадков производился при помощи дождемера, установленного около площадки¹ (рис. 9). Запасы воды в снегу учитывались методом снегомерной съемки.

Наблюдения над влажностью, промачиванием, промерзанием и водонепроницаемостью почвы. Так как влажность почвы оказывает большое влияние на ее водонепроницаемость, то образцы на влажность брались перед началом каждого дождевания. В большинстве случаев влажность определялась на двух глубинах: 0—2 см (а в некоторых случаях 2—5 см) и 10 см. При необходимости образцы брались также с глубины 20 см. Выбор этих глубин был обусловлен глубиной промачивания почвы при дождевании; последняя же, за исключением особых случаев, обыкновенно не превышала 15—20 см. Образцы брались с двух- и трехкратной повторностью. В навеску входили мелкозем и мелкий скелет, щебенка отбрасывалась. Образцы на влажность крупного скелета брались отдельно.

¹ В дальнейшем мы ее будем называть для краткости «площадка 1Б» (большая). На площадке 2Б (размером $50 \times 5 = 250 \text{ м}^2$) также проводились наблюдения над весенним стоком, но непродолжительное время.

Влажность почвы вычислялась после 6-часового просушивания образцов при температуре 105° .

Промачивание почвы определялось путем наблюдения и измерения в траншеях. Для этого некоторые из площадок после дождевания прорезались вдоль и поперек двумя траншеями на глубину, допускающую наблюдение нижней границы промачивания. Площадки обычно подвергались дождеванию два-три раза, поэтому путем раскапывания определялась суммарная глубина промачивания от всех дождеваний. После же каждого опыта эта глубина приблизительно могла быть определена в выкопанной на границе площадки яме.

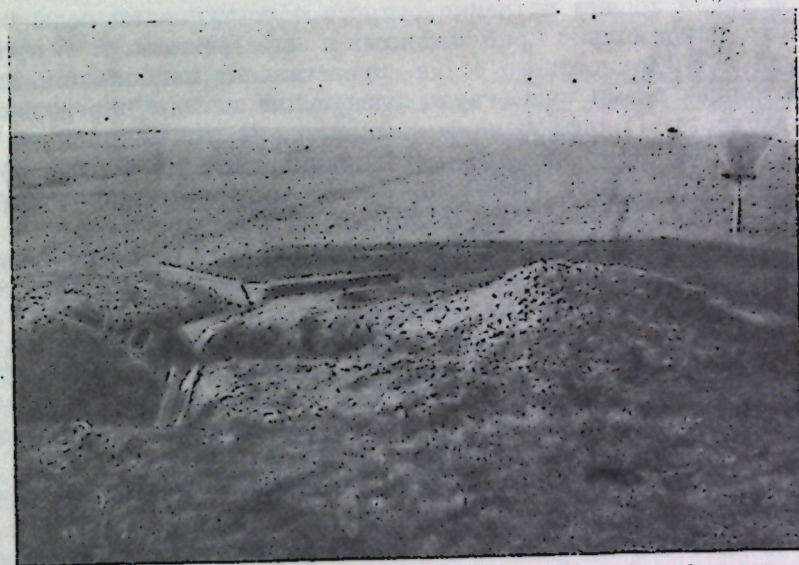


Рис. 9. Общий вид площадки 1Б (большая первая). Сбоку виден дождемер.

Глубина промерзания почвы к началу весеннего стока определялась в яме, выкопанной в мерзлой почве. Граница промерзания обнаруживалась по наличию кристалликов льда и твердости почвы. Глубина оттаивания сверху определялась при помощи металлической шпильки.

Водонепроницаемость почвы, помимо ее изучения методом дождевания, определялась также по принципу сплошного залива водой определенного участка почвы. Для этого был использован металлический цилиндр с площадью поперечного сечения 500 см^2 и высотой около 15 см, который врезался в почву на глубину 6—8 см. В центре круга устанавливалась деревянная шпилька с делениями через 1 см, по которой велись отсчеты скорости впитывания воды. Так как опыты проводились при уклонах 0,08—0,16, то разница в напоре между верхней и нижней точками ограниченного круга почвы составляла соответственно 2 и 4 см. Однако, как показали раскопки, это не отразилось заметно на форме вертикального профиля смачивания. Средний напор при опытах составлял 3—4 см, а на меньших уклонах — 2—3 см.

Опыты проводились без «водяной изоляции», т. е. с одним лишь цилиндром, в связи с чем результаты наблюдений оказались несколько завышенными. Скелет щебнистых почв представлял большое препятствие для

врезания в почву цилиндра на необходимую глубину, поэтому, прежде чем поместить последний в нужное положение, иногда приходилось несколько раз менять место опыта.

ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЧВЫ

Изучение эрозионных процессов, вызываемых разрушительным действием стекающей по склону воды, естественно, предполагает одновременное изучение самого стока. Но, как известно, размер стока при прочих равных условиях зависит от водопоглощающей способности почвы.

С этой точки зрения изучение вопроса о поступлении воды в почву в условиях, максимально приближенных к естественным, т. е. при наличии дождя и поверхностного стока, представляет наибольший интерес.

В настоящее время существуют следующие методы определения водопроницаемости: 1) дифференциальный метод Н. А. Качинского (1930); 2) метод А. Г. Дояренко; 3) метод заливаемых квадратов; 4) метод М. М. Протодяконова (1940); 5) «метод призм» (Антипов-Каратаев, 1934) или «полевых монолитов» (Созыкин, 1940а) и др.

Общим для этой группы методов является то, что во всех случаях наблюдения проводятся при наличии сплошного слоя воды, покрывающего исследуемую поверхность.

Этим методом учитывается максимальное количество воды, которое данная почва способна впитать и профильтровать через себя. Поэтому водопроницаемость, которая определяется при сплошном заливе поверхности, мы будем в дальнейшем называть «максимальной», в отличие от «реальной», учитываемой при наличии дождя и стока.

По словам С. А. Захарова (1936), «водопроницаемость зависит от многих свойств почвы и некоторых моментов, связанных с ними. Из свойств прежде всего нужно назвать механический состав и дисперсность почвы, ее структурность, сложение и порозность, кроме того, степень ее увлажнения и изменение ее рыхлости под влиянием приемов обработки». Перечисленные факторы, разумеется, влияют на водопроницаемость независимо от метода ее определения.

Еще в 1925 г. С. А. Захаров (1936) предложил метод определения водопроницаемости при помощи искусственного дождевания. Позже для этой цели им был сконструирован специальный прибор — дождеватель. При этом методе поверхность 0,25 м² покрывается водой лишь наполовину, после чего приток воды прекращается.

Однако здесь не создаются условия для естественного стока.

М. Ф. Срибный (1940) отмечает, что на водопроницаемость почвы, помимо присущих ей свойств, оказывают влияние рельеф местности и интенсивность ливня.

Ф. П. Серик (1940) при искусственном дождевании площадок (размером 1 м²) получил экспериментальный материал, указывающий на большое влияние уклона поверхности и интенсивности ливня на водопроницаемость. Последняя повышается с увеличением интенсивности ливня.

Однако М. М. Протодяконов (1940, 1940а), исходя из наличия подтока воды (во время дождя) с вышележащих участков, заключает, что «площадь впитывания, а следовательно, и интенсивность впитывания оказываются независимыми от интенсивности дождя и наклона поверхности». На основании приведенных нами исследований мы присоединяемся к точке зрения первых двух авторов (М. Ф. Срибного и Ф. П. Серика).

Результаты определения максимальной водопроницаемости (по методу сплошного залива поверхности)

Полученные по этому методу данные представлены в табл. 12. Средние величины интенсивности водопроницаемости вычислены за отрезки времени, в течение которых впитывается 30, 70 и 90 мм воды. Величина 30 мм взята из тех соображений, что это в дальнейшем даст возможность сравнивать ее с реальной водопроницаемостью (при дождевании).

Из таблицы следует, что наибольшей водопроницаемостью в состоянии залежи отличается песчаная почва верхней части склона; за ней в убывающем порядке (относительно водопроницаемости) следуют: слабоскелетная почва, сильноскелетная почва нижней части склона и среднескелетная средняя части склона.

Представляет некоторый интерес рассмотрение данных о максимальной водопроницаемости на взрыхленных площадках (площадки 6, 8, 15) в сухом и смоченном состоянии.

Сухая почва оказалась менее проницаемой для воды, чем смоченная, при дождевании на глубину 30—40 см. Этот результат получен во всех случаях при такой постановке опыта на взрыхленных площадках. На примере площадки 6 видно, что даже через месяц после первой группы дождеваний, когда почва уже более или менее уплотнилась, максимальная водопроницаемость почвы на площадке после двукратного дождевания (2ц)¹ оказалась приблизительно одинаковой с водопроницаемостью сухой взрыхленной почвы. На первый взгляд этот факт кажется парадоксальным, но он имеет свое объяснение.

Во время длительного дождевания взрыхленной почвы вся эта сложная система пор заполняется водой, образуя непрерывно связанную водную систему. При заливании такой площади, ограниченной металлическим кольцом, вода всасывается всей системой почвенных пор, в том числе и находящихся на ближайшем расстоянии за пределами кольца, и фильтруется дальше. Вода быстро растекается в стороны и меньше — вглубь.

Таким образом, в приведенных в табл. 12 примерах повышенную водопроницаемость влажной взрыхленной почвы следует объяснить активным рассасыванием воды в стороны всей системой смоченных пор, чего нет в сухой почве. Нет сомнения, что если бы заливаемая водой площадь была изолирована в глубину не на 6—8 см, как в наших опытах, а на 30—40 см, то смоченная почва пропускала бы воду медленнее, чем сухая.

Данный вопрос нас интересует сейчас главным образом с точки зрения проблемы «закупорки» почвенных пор в период дождя и стока. Дело в том, что в настоящее время широко распространено мнение, согласно которому в начальной стадии каждого значительного дождя происходит закупорка почвенных макро- и микропор обломками почвенных агрегатов и частицами, взвешенными в просачивающейся воде, вследствие чего резко снижается водопроницаемость почвы и появляется поверхностный сток.

Рассмотренные примеры свидетельствуют, что во время дождя закупорки капиллярных пор не происходит, во всяком случае процесс закупорки, если он вообще имеет место, весьма медленный и трудно ощутимый. В дальнейшем мы увидим, что при дождях сток формируется тогда, когда максимальная водопроницаемость почвы намного превышает интенсивность дождя.

¹ Здесь и в дальнейшем «2 ц» означает второй цикл дождевания, которое проводилось приблизительно через месяц после первой серии дождей.

Таблица 12

Максимальная водопроницаемость каштановых, скелетных и песчаных почв*

Почва и условия залегания	Состояние поверхности	Просочилось 30 мм		Просочилось 70 мм		Просочилось 90 мм	
		за время, мин.	со средней скоростью, мм/мин	за время, мин.	со средней скоростью, мм/мин	за время, мин.	со средней скоростью, мм/мин
Каштановая среднескелетная почва средней части склона, уклон 0,08—0,10	Залежь	23,0	1,30	66,0	1,1	Не опред.	
	Взрыхлена на 15—18 см, сухая	6,2	4,80	21,2	3,3	29,0	3,1
	Сразу после трехкратного дождевания	3,2	9,23	8,7	8,0	12,0	7,5
	После дождевания, последовавшего через месяц за первым (2 ц)	6,5	4,62	19,2	3,6	Не опред.	
	Взрыхлена на 15—18 см, сухая	9,5	3,15	26,0	2,7	» »	
	После трехкратного дождевания	7,0	4,24	20,0	3,5	» »	
Темнокаштановая слабо-скелетная почва, уклон 0,11	Залежь, сухая	16,0	1,88	51,0	1,4	» »	
	После двукратного дождевания, залежь	29,5	1,02	73,5	1,0	» »	
	Взрыхлена на 15—18 см, сухая	6,7	4,44	18,0	3,9	» »	
	После трехкратного дождевания	4,5	7,06	11,5	6,1	15,5	5,8
Каштановая сильноскелетная почва нижней части склона, уклон 0,15—0,16	У площадки 18 и 18а, залежь	18,0	1,67	56,0	1,2	Не опред.	
Каштановая песчаная почва верхней части склона, уклон 0,16—0,17	У площадки 19, залежь	4,7	7,06	19,2	3,64	» »	
	У площадки 20, залежь	10,0	3,0	34,0	2,06	» »	
	У площадки 21, залежь	10,2	2,93	28,0	2,5	» »	

* Опыты ставились с двукратной повторностью.

Мы допускаем, что под влиянием дождя происходит заиливание мелкоземом крупных некапиллярных скважин и превращение их в систему капилляров.

Запыливание поверхности, которое обычно наблюдается на свежевзрыхленных почвах (в большей мере на почвах с непрочной структурой, например подзолистых, и в меньшей — на структурных почвах, например на черноземах), представляет собой процесс разрушения водой крупных полостей и некапиллярных скважин и заноса их мелкоземом с образованием вместо них системы капиллярных пор.

Запыливание поверхности почвы сопровождается ее выравниванием и образованием при высыхании корки. Согласно исследованиям А. М. Поспелова (1940), в процессе запыливания под воздействием дождей структура поверхностного слоя (0—4 см) в значительной степени разрушается. Запыливание поверхности взрыхленной почвы и засорение скважин в ней сопровождаются увеличением объемного веса почвы (Созыкин, 1939).

Следует иметь в виду, что максимальная водопроницаемость почвы и после запыливания ее поверхности остается, как показали наши опыты, довольно высокой. Реальная же водопроницаемость, как увидим в дальнейшем, после этого сильно падает.

Заиливание, нередко не совсем правильно отождествляемое с закупоркой пор, действительно сильно снижает максимальную водопроницаемость. Еще А. А. Измаильский (1894), изучая влагоемкость лёсса, заметил, что образование наилка на поверхности образцов в результате подливания воды в стаканы и осаждения мути сильно снизило впитывающую способность лёсса. Заиливание — это процесс осаждения тонких взмученных в воде (преимущественно иловатых) частиц на поверхности почвы в лужах, возникших в результате дождя. Отстаивание мути в них действительно приводит к образованию малопроницаемой или вовсе непроницаемой для воды иловатой корки. Подобное свойство иловатой корки объясняется тем, что она состоит из частиц очень малых размеров, образующими тончайшую, малопроницаемую для воды пористость.

Однако образование такой корки на пашне имеет весьма ограниченное распространение. Дело в том, что во время дождя наиболее тонкая муть уносится стекающей водой. Поэтому заиливание приурочено главным образом к пониженным участкам микрорельефа, где, вследствие слабого впитывания, вода может длительное время стоять на поверхности (например, на дорогах).

Понятно, что в процессе выпадения дождя такое заиливание не может оказать заметного влияния на снижение водопроницаемости почвы, так как иловатая корка образуется гораздо позже — при отстаивании мути.

Реальная водопроницаемость почвы (при искусственном дождевании)

Общезвестно, что в природной обстановке условия редко складываются так, чтобы значительные площади почвы были покрыты сплошным слоем воды (исключая понижения). Даже при незначительных уклонах дождевые и талые воды быстро концентрируются в струи и ручейки и стекают вниз.

Поэтому наиболее близкие к природным условиям водопроницаемости могут быть созданы только при искусственном дождевании значительных по величине площадок (в наших опытах — 8 м²), располагаемых на склонах той или иной крутизны. При таких опытах часть воды впитывается почвой, другая часть стекает.

Результаты определений водопроницаемости и коэффициента стока в зависимости от интенсивности и продолжительности ливней при различной влажности почв и на разных уклонах приведены в табл. 13 и 14.

Большинство площадок подвергалось дождеванию два-три раза (в один день или через один-два суток), поэтому в соответствующих графах таблиц для каждого варианта в числителе указаны номера площадок, а в знаменателе — порядковые номера дождеваний.

В табл. 15 сопоставляется средняя скорость просачивания 30-миллиметрового слоя воды при сплошном заливе поверхности (максимальная водопроницаемость) со скоростью просачивания приблизительно такого же количества воды при дождевании (реальная водопроницаемость). Правда, цифры табл. 12 имеют погрешность в сторону увеличения максимальной водопроницаемости (вследствие наличия бокового растекания), но за время просачивания первых 30 мм эта погрешность не может быть большой. Во всяком случае, имеется налицо большой разрыв между водопроницаемостью максимальной и реальной.

Аналогичный вывод о несоответствии максимальной водопроницаемости — реальной сделан ранее М. Ф. Срибным (1940) на основе сопоставления опытных данных о водопроницаемости (максимальной) с фактом наличия стока с облесенного водосбора (под Москвой).

Во время сильного ливня (около 1,5 мм/мин) 19 июля 1947 г. в районе Камышина наблюдался громадный сток с облесенного водосбора (45-летний сосновый лес) с каштановыми суглинками, погребенными слоем песка мощностью от 30 до 150 см и больше. Максимальная водопроницаемость (интенсивность впитывания) песчаного слоя была выше интенсивности ливня.

Подобные примеры, а также данные табл. 15 показывают, что реальная водопроницаемость при дождях значительно ниже, чем при заливе почвы сплошным слоем воды. На первый взгляд может показаться, что главная причина такого разрыва заключается в гидростатическом давлении слоя воды, сильно увеличивающем водопроницаемость. Однако, по данным М. М. Протодяконова (1940), изменение толщин слоя воды оказывает незначительное влияние на водопроницаемость.

Из табл. 15 видно, что чем ниже интенсивность дождя, тем реальная водопроницаемость меньше, а чем выше величина максимальной водопроницаемости данной почвы, тем больше разрыв между ней и водопроницаемостью реальной.

Остановимся на внешних и некоторых внутренних факторах, обуславливающих водопроницаемость почвы.

Влияние интенсивности дождя. При рассмотрении цифровых данных табл. 13 и 14 видно, что с повышением интенсивности дождя возрастают и водопроницаемость и сток. Возьмем один из примеров. При первой подаче дождевой интенсивностью 0,5 мм/мин на площадках 11 и 12 (индексы 11/1 и 12/1¹) водопроницаемость и сток соответственно составили 0,37 мм/мин, 0,35 мм/мин и 27,14%, 35,5%; при интенсивности дождей 1 мм/мин, поданных на сравнимые площадки 5 и 13 (индексы 5/1¹ и 13/1¹), водопроницаемость и сток соответственно оказались равными 0,62 мм/мин, 0,60 мм/мин, 41,7%, 40,0%. Та же закономерность выявляется и при сравнении данных повторного дождевания площадок. Следовательно, повышение водопроницаемости происходит не за счет уменьшения стока, а наряду с его увеличением. Величина прироста осадков, с одной стороны, увеличивает интенсивность впитывания их почвой, а с другой — сток.

Причина повышения водопроницаемости с увеличением интенсивности осадков заключается в следующем.

Таблица 13
Результаты дождевания (без подтока) различных почв по водопроницаемости и стоку (1947 г.)

Почва и уклон	0,5 мм/мин в течение 48 мин.; подано 24 мм				0,5 мм/мин в течение 38,5 мм				0,83 мм/мин в течение 34 мин.; подано 28,3 мм				1,0 мм/мин в течение 30 мин.; подано 30 мм			
	Интенсивность, мм/мин	Водопроницаемость, мм/мин	Влажность почвы на глубине 0-2 и 10 см, %	% стока	Интенсивность, мм/мин	Водопроницаемость, мм/мин	Влажность почвы на глубине 0-2 и 10 см, %	% стока	Интенсивность, мм/мин	Водопроницаемость, мм/мин	Влажность почвы на глубине 0-2 и 10 см, %	% стока	Интенсивность, мм/мин	Водопроницаемость, мм/мин	Влажность почвы на глубине 0-2 и 10 см, %	% стока
Среднескелетная каштановая	Залежь, уклон 0,08-0,09	11/1 0,37 12/1 ¹ 0,35 2/1 0,46 11/3 0,22	15,1-10,3 10,4-11,1 7,5-16,5 22,4-23,8	27,1 35,5 7,3 55,7	3/1 0,48 4/1 0,34 12/1 ¹ 0,33 11/2 0,28	7,5-16,5 14,3-15,4 10,4-11,1 17,5-11,1	5,0 33,3 37,8 44,8	5,0	4/2 0,39 4/3 0,37	23,6-22,1 27,3-27,5	52,9 56,0	52,9 56,0	5/1 ¹ 0,62 13/1 ¹ 0,60 5/2 0,46 12/2 ¹ 0,41 13/2 ¹ 0,40	12,5-14,0 10,4-13,2 26,0-25,9 19,3 19,3	41,7 40,0 53,0 59,6 60,1	41,7 40,0 53,0 59,6 60,1
	Взрыхлена на 15-18 см, уклон 0,10	6/2	—	0,29	42,2	—	—	—	6/2 (2п) 0,58 15/3 0,63	15,4-19,5 22,9	—	—	6/2 (2п) 0,58 15/3 0,63	15,4-19,5 22,9	42,9 37,2	42,9 37,2
	Слабоскелетная темнокаштановая, залежь, уклон 0,11	9/3	22,9-22,5	0,41	15,7	—	—	—	9/1 0,85 9/2 0,61	3,4-7,4 18,7	—	—	9/1 0,85 9/2 0,61	3,4-7,4 18,7	15,1 40,0	15,1 40,0
	Сильноскелетная каштановая, уклон 0,15	Целина (?) 18/1 0,47 17/2 0,32	8,2-13,4 26,7	5,6 38,6	—	—	—	—	17/1 0,51 16/2 0,45	23,7-13,9 24,7-13,8	—	—	17/1 0,51 16/2 0,45	23,7-13,9 24,7-13,8	48,8 53,1	48,8 53,1
Каштановая рыхлопесчаная, уклон 0,16	Взрыхлена на 2-3 см	19/1	—	0,5	Нет	—	—	—	17/3 0,77 17/4 0,19	25,0 —	—	—	17/3 0,77 17/4 0,19	22,9 —	70,9 73	70,9 73
	Каштановая песчаная почва, залежь, уклон 0,17	—	—	—	—	—	—	—	20/1 0,97 20/2 0,88 20/3 0,87	9,5 11,5 12,0	—	—	20/1 0,97 20/2 0,88 20/3 0,87	9,5 11,5 12,0	72,1 72,1 72,1	72,1 72,1 72,1

Таблица 13 (продолжение)

Почва и уклон	1 мм/мин в течение 40 мин.; подано 40 мм				1,43 мм/мин в течение 21 мин.; подано 30 мм				1,5 мм/мин в течение 20 мин.; подано 30 мм				1,75 мм/мин в течение 18 мин.; подано 31,5 мм			
	№ площади/№ док- левания	Влажность почвы на глубине 0-2 и 10 см, %	Средняя водопони- цаемость, мм/мин	% стока	№ площади/№ док- левания	Влажность почвы на глубине 0-2 и 10 см, %	Средняя водопони- цаемость, мм/мин	% стока	№ площади/№ док- левания	Влажность почвы на глубине 0-2 и 10 см, %	Средняя водопони- цаемость, мм/мин	% стока	№ площади/№ док- левания	Влажность почвы на глубине 0-2 и 10 см, %	Средняя водопони- цаемость, мм/мин	% стока
Среднескелетная каштановая	Залежь, уклон 0,08—0,09	5/1 13/1	12,5—14,0 10,4—13,2	0,58/3,5 0,57/5,3	7/1 14/1	10,3—12,8 9,3—13,2	0,81/4,6 0,84/4,5	0,81/4,6 0,84/4,5								
		12/2 13/2	22,4 22,6	0,38/2,1 0,37/3,4	13/3 14/2	25,7 19,3	0,41/2,4 0,56/6,8	0,41/2,4 0,56/6,8								
	Взрыхле- на 15—18 см, уклон 0,10				6/1 6/2	11,1—14,5 33,4	1,42/4,2 1,04/2,2	1,42/4,2 1,04/2,2					15/1 15/2	7,4—10,6 20,8—21,5	1,75/0,5 1,26/2,8	
Слабоскелетная темнокашта- новая, залежь, уклон 0,11		10/1 (вар.)	Не опр.	0,98/2,1					8/1 8/2 8/3	3,4—7,4 13,0—18,8 —	1,04/3,0 0,78/4,4 0,63/5,4					
	Целина (?)				16/1	7,9—13,9	0,97/3,3	0,97/3,3								
Каштановая рыхлосекачная, уклон 0,16																
	Взрыхле- на 2—3 см															
Каштановая песчаная почва, залежь, уклон 0,17																

Таблица 14
Результаты дождевания (с подтоком) почв по водонепроницаемости и стоку (1948 г.)

Почва и уклон	Состояние поверхно- сти почвы	Подано подтоком (мм)/за время (мин.)	1 мм/мин в течение 30 мин.; подано дождеванием 30 мм				Подано подтоном, (мм)/за время, (мин.)	0,5 мм/мин в течение 60 мин.; подано дожде- ванием 30 мм					
			№ пло- щадок/ удон- дева- ния	Влажность почвы на глу- бине 0-2 и 10 см, %	Средний водопони- цаемость, мм/мин	% стока		Скорость сто- ка, см/сек	№ пло- щадок/ удон- дева- ния	Влажность почвы на глубине 0-2 и 10 см, %	Сред- няя во- дони- цаем- ость, мм/мин	% стока	Скорость стока, см/сек
Среднескелетная каш- тановая, уклон 0,09—0,10	Залежь	0 19/28	5/1 5/2	7,3—11,3 23,3—23,6	0,71 0,7	25,5 55,6	3,0—3,5 5,3—5,8	11/49	3/5	24,1	0,42	38,1	6,1
	Взрых- лена на 15—18 см	15,5/28	6/3	32,9	0,58	61,5	15,3—18,4	0 11/49	6/1 6/2	7,3 28,2—25,6	0,49 0,6	1,7 12,2	? 6,1—6,6 7,1—7,7
	Залежь	0 19/27	9/1 9/2	2,2—6,6 13,0—15,8	0,86 0,85	14,2 46,7	3,5—4,6 4,8—9,2	0 13/47	10а/1 10а/2	5,3—7,1 2,8—11,4	0,485 0,77	4,11 4,36	1,9—2,8 4,4—5,1
Слабоскелетная тем- нокаштановая, ук- лон 0,10—0,11	Взрых- лена на 15—18 см	0 17,4/29	8/1 8/2	9,3—15,4 32,9	0,91 1,02	5,83 35,28	5,0—6,9 9,2—12,2 13,1—15,3						
		16/28	8/3	26,3	0,75	47,25	15,3—16,4 18,4						
		0 14,3/28	10/1 10/2	3,2—11,6 18,1—19,4	0,97 0,99	3,2 30,3	— 10,2—14,0	19/50,5	10/3	17,9—19,0	0,59	27,55	9,0—10,0
Сильноскелетная каш- тановая, уклон 0,15—0,156	Целина	0 16/28	18а/1 18а/2	3,8—11,4 31,8	0,92 1,02	6,78 33,43	1,3—2,0 3,7—5,4 5,8—6,1						
	Взрых- лена на 15—18 см	0 11/15	18/1 18/2	2,1—3,1 14,2—21,4	1,0 1,31	0 0,6	— 6,6—8,4						
		19/29	18/3	29,0	1,21	20,51							

Сопоставление величин максимальной и реальной водопроницаемости (по данным табл. 12 и 13—14)

Почва и уклон	Состояние поверхности	Максимальная водопроницаемость. Средняя скорость просачивания 30-мм слой воды, мм/мин	Реальная водопроницаемость (мм/мин) при дождях с интенсивностью			
			1,5—1,43 мм/мин в течение 20—21 мин.	1 мм/мин в течение 30 мин.	1 мм/мин в течение 40 мин.	0,5 мм/мин в течение 48 мин.
Каштановая среднескелетная, уклон 0,08—0,10	Залезь Взрыхлена на 15—18 см (площадка 6) Через месяц после рыхления [6 (2а)]	1,3 4,8 4,62	0,81—0,84 1,42 —	0,60—0,62 — 0,58	0,57—0,58 — —	0,35—0,37 — 0,29
Темнокаштановая слабоскелетная, уклон 0,10—0,11	Залезь Взрыхлена на глубину 15—18 см	1,88 4,44	1,04 —	0,85 —	— 0,91—0,97	— —
Каштановая сильноскелетная, уклон 0,15	Целина	1,67	0,97	0,51	—	0,47
Каштановая рыхлосекая	Залезь, площадка 20	3,0	—	0,97	—	—
Каштановая песчаная почва	Залезь, площадка 21	2,93	—	0,78	—	—

Всякая поверхность состоит из неровностей, измеряемых миллиметрами и сантиметрами. Комплекс таких неровностей С. А. Захаров (1936) называет «мимикрорельефом». Ясно, что при дождях большей интенсивности отрицательные формы мимикрорельефа будут заполняться полнее, следовательно, площадь соприкосновения поверхности со сплошным слоем воды будет большей, чем при меньших дождях (рис. 10). А это ве-

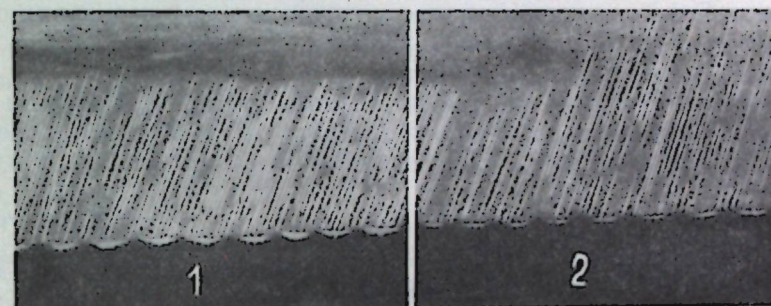


Рис. 10. Мимикрорельефные формы и их заполнение водой во время дождя.

1 — более высокой интенсивности; 2 — менее высокой интенсивности.

дет к повышению водопроницаемости, так как увеличивается площадь непрерывного впитывания. Но переполнение водой мельчайших понижений одновременно приводит к увеличению стока. Помимо этого, положительные формы мимикрорельефа при более высокой интенсивности дождя будут впитывать больше воды, чем в случае меньшего доступа ее сверху.

Ф. П. Серик (1940), на основании опытов по дождеванию площадок размером 1 м², также пришел к выводу, что «чем больше интенсивность дождя, тем больше впитывание».

Зависимость между средней водопроницаемостью и интенсивностью дождя имеет тенденцию к прямолинейности (рис. 11). Отклонение ветви кривой вверх следует объяснить уменьшением диаметра капель дождя (см. ниже).

Подток оказывает влияние на реальную водопроницаемость и сток в том же направлении, что и интенсивность дождя, т. е. с увеличением интенсивности подтока увеличиваются интенсивность впитывания и сток.

Влияние размера капель дождя на водопроницаемость. В процессе проведения опытов по искусственному дождеванию выявилось, что величина капель дождя оказывает весьма заметное влияние на интенсивность впитывания воды почвой.

Выше было отмечено, что при высокой интенсивности ливней, порядка 1,4—1,5 мм/мин и выше, диаметр средних капель, даваемых дождевателем, приблизительно в 3—4 раза меньше, чем при ливнях интенсивностью 1,0 и 0,5 мм/мин.

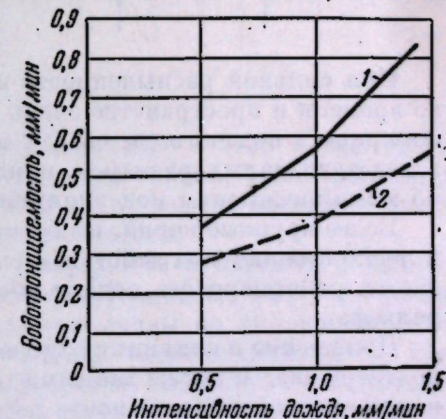


Рис. 11. Зависимость водопроницаемости от интенсивности дождя.

1 — первое дождевание; 2 — повторное дождевание.

При сопоставлении данных искусственного дождевания по площадкам 5/1¹, 5/1 и 13/1¹, 13/1, с одной стороны, и 7/1, 14/1 — с другой (табл. 13), а также 16/1-с 17/1 и др. обращает на себя внимание тот факт, что с повышением интенсивности ливней с 1 мм/мин до 1,43—1,5 мм/мин, при неизменном общем количестве осадков (30 мм), коэффициент стока почти не повышается (в случае площадок 16/1 и 17/1 он даже понижается, что стоит в связи с различной влажностью площадок перед дождеванием); при этом заметно огромное повышение интенсивности водопроницаемости, что можно отнести только за счет уменьшения величины капель и значительного увеличения их количества.

Подсчет показывает, что при интенсивности ливня 1 мм/мин количество капель различных размеров, падающих на 1 кв. дециметр поверхности за секунду, распределится следующим образом (табл. 16).

Таблица 16

Частота (расчетная) выпадения капель различной величины при интенсивности ливня 1 мм/мин

Диаметр капли, мм	Объем капли, мм ³	Число капель на 1 дм ² в секунду	Диаметр капли, мм	Объем капли, мм ³	Число капель на 1 дм ² в секунду
0,4	0,0335	4976	4	33,49	5
1	0,524	318	5	65,42	2,5
2	4,19	40	6	113,05	1,5
3	14,13	12			

При сильной распыленности и большом количестве их, капли падают во времени и пространстве очень часто, благодаря чему достигается равномерность подачи воды сверху ко всей массе почвенных пор. При этом, вследствие малых размеров, капли имеют слабую тенденцию к стеканию по мимикросклонам под влиянием силы тяжести.

Более крупные капли, наоборот, падают реже во времени и пространстве и легко стекают под действием силы тяжести. В этом случае не обеспечивается равномерность подачи воды к положительным участкам мимикрорельефа.

Положение о влиянии размеров капель на водопроницаемость косвенно подтверждается также данными табл. 17, показывающими, что при дождевании сток начинается почти через одинаковые промежутки времени как в случаях интенсивности ливня в 1 мм/мин, так и при 1,43—1,5 мм/мин и выше.

Сказанное дает основание утверждать, что во время естественных ливневых дождей повышение коэффициента стока происходит не только за счет их более высокой интенсивности, но и за счет большей величины капель по сравнению со спокойными затяжными дождями. К тому же крупные капли, благодаря значительной силе удара, способствуют сглаживанию мимикрорельефа (заплывание поверхности) и тем самым дополнительно снижают интенсивность впитывания.

Поэтому надо полагать, что при естественных дождях ливневого характера водопроницаемость должна быть ниже, а коэффициент стока выше, чем при соответствующих величинах интенсивности в условиях искусственного дождевания. Особенно большой разрыв между величинами водопроницаемости при естественных и искусственных дождях должен

Таблица 17

Быстрота появления стока после начала дождевания (в мин.)

Почва и уклон	Состояние поверхности	Интенсивность ливней					
		0,5 мм/мин		1,0 мм/мин		1,43—1,5 мм/мин и выше	
		1-е дожд.	2-е дожд.	1-е дожд.	2-е дожд.	1-е дожд.	2-е дожд.
Каштановая среднескелетная, уклон 0,08—0,10	Залежь Взрыхлена на 15—18 см	7—20 30	4 4—8	2 2	1—2 2—3	1—2 8—14	1—2 3
Темнокаштановая слабоскелетная, уклон 0,11	Залежь Взрыхлена на 15—18 см	6—5 —	— 13,5	4—7 13—14	2—4 2—3	3 —	1—2 —
Каштановая сильноскелетная, уклон 0,14—0,15	Целина Взрыхлена на 15—18 см	12 —	5 —	5—8,5 —	2—3,5 15*	4—6 —	— —
Каштановая рыхлопесчаная, уклон 0,16	Залежь	—	—	8	5—6	—	—
Каштановая песчаная, уклон 0,17	Залежь	—	—	2	1	—	—

* При дождевании с подтоном.

быть в случаях дождевания очень мелкой каплей. С этой точки зрения следует признать неудовлетворительными дождеватели, у которых крупные капли, падая на сетку, разбиваются на массу мелких капель с образованием морозящего дождя высокой интенсивности.

Влияние мимикрорельефных форм поверхности и наземного (живого и мертвого) покрова на водопроницаемость. Причины, способствующие увеличению площади контакта поверхности почвы со сплошным слоем воды, являются, понятно, факторами реальной водопроницаемости, приближающими ее к максимальной. Сюда относятся: наличие на поверхности щебнистого панциря, прочих почвенных комков и вообще постоянная выраженность мимикрорельефа и микрорельефа (борозды и другие замкнутые углубления), а также густота покрытия поверхности травянистой растительностью и мертвый покров (лесная подстилка и др.).

Наоборот, гладкая, выровненная поверхность, имеющая уклон, способствует уменьшению реальной водопроницаемости. На такой поверхности вода во время дождей (а также при снеготаянии) очень быстро концентрируется в струи и ручьи и стекает, до минимума сокращая площадь контакта с поверхностью почвы.

Приведем примеры. Площадка 6 во взрыхленном состоянии была подвергнута дождеванию в два срока. В первый раз — через две недели после обработки (21 августа 1947 г.). При этом было подано 60 мм воды в виде двух ливней интенсивностью 1,43 мм/мин и продолжительностью 21 минута (табл. 13). Помимо того, что сама почва после обработки была рыхло сложенной, на ее поверхности были хорошо выражены мимикрорельефные формы в виде комков и неровностей. Реальная водопроницаемость ее, как

видно из таблицы, оказалась очень высокой. В результате первого дождевания поверхность площадки заплывала, выравнилась, а после высыхания на ней образовалась корка.

19 сентября 1947 г. площадка снова была дважды подвергнута дождеванию [6(2ц) в той же таблице]. Результаты этого дождевания по водопроницаемости и стоку почти не отличаются от таковых на необработанных площадках (5/1, 13/1 и 11/2, 11/3).

Напомним, что, несмотря на некоторое неизбежное уплотнение почвы площадки 6, ее максимальная водопроницаемость ко времени этих последних дождеваний осталась очень высокой, что видно из табл. 12. Поэтому такое сильное понижение реальной водопроницаемости можно объяснить разрушением структуры, закупоркой макропор и заплыванием поверхности, которое сопровождается ее выравниванием и исчезновением микрорельефных форм. В результате этого выравнивания сильно уменьшается площадь контакта почвы со слоем воды и поэтому снижается интенсивность впитывания последней.

В качестве примера, освещающего этот же вопрос с несколько иной стороны, может служить площадка 17. В состоянии залежи она была подвергнута дождеванию два раза (17/1 и 17/2). При первом ливне (1 мм/мин) водопроницаемость составила 0,51 мм/мин, при повторном дождевании с интенсивностью 0,5 мм/мин — 0,32 мм/мин. После этого площадка была взрыхлена на 3—5 см. Поверхность ее в результате рыхления приобрела мелкие неровности, усугубляемые присутствием щебенки, и, самое главное, — крупные поверхностные скважины, которые, заполняясь сами водой, служили как бы передатчиками ее в систему водопроводящих пор невзрыхленной нижележащей почвенной толщи. Затем был дан ливень с интенсивностью 1 мм/мин (17/3). В результате, несмотря на то, что почва уже была насыщена водой от предыдущих дождей, реальная водопроницаемость составила 0,77 мм/мин. И только при четвертом ливне (по длине была взята половина площадки), когда, с одной стороны, поверхность почвы достаточно выровнялась (заплывала), а с другой — почвенная толща (горизонты А и В) сильно насытилась водой, реальная водопроницаемость снизилась до 0,29 мм/мин.

О том, какое влияние на реальную водопроницаемость оказывает наземный растительный покров, может дать представление сравнение результатов дождевания по находившимся рядом площадкам 2 и 3 (табл. 13), имевшим перед дождеванием одинаковую влажность, но отличавшимся плотностью растительного покрова (на площадке 3 она значительно выше) и небольшой разностью в количестве скелета на поверхности.

Несмотря на то, что площадка 3 дождевалась в течение 73 минут, в то время как площадка 2 — 48 минут, и что уклон площадки 3 круче, чем площадки 2 (табл. 10), реальная водопроницаемость на первой из них оказалась выше на 0,02 мм/мин.

При дождевании площадки 2 также в течение 73 минут ее средняя водопроницаемость, судя по аналогии с площадками 12/1' и 12/1, сократилась бы не менее чем на 0,02 мм/мин и составила бы 0,44 мм/мин против 0,48 мм/мин на площадке 3. Если бы мы выразили эти величины через коэффициент стока, то имели бы его значения равными: для площадки 2 — 0,12, а для площадки 3 — 0,05. Эту значительную разницу и следует отнести за счет влияния более сгущенной наземной массы растительного покрова¹. Значение наземной массы растительности состоит в том, что

¹ При определении максимальной водопроницаемости у площадок 2 и 3 заметной разницы установить не удалось.

она противодействует концентрации стока и этим способствует увеличению площади контакта слоя воды с почвой.

Влияние наземной массы растительного покрова вместе со скелетным панцирем на интенсивность впитывания выявляется из сопоставления величин реальной водопроницаемости на площадках 9/1 (табл. 13) и 18а/1 (табл. 14). Эти площадки имели приблизительно одинаковую влажность перед дождеванием (на площадке 18а/1 она была даже выше), но различались по густоте растительного и главным образом скелетного покрова (площадка 18а задернована и покрыта скелетом более плотно, чем площадка 9 — см. табл. 10). Из сравнения видно, что, несмотря на менее высокую максимальную водопроницаемость почвы на площадке 18а (табл. 12, залежь) и большую крутизну ее поверхности, реальная водопроницаемость ее оказалась выше, чем на площадке 9/1 (0,92 мм/мин против 0,85 мм/мин).

Число подобных примеров можно было бы увеличить, но и этих достаточно, чтобы оценить огромное значение постоянных микрорельефных форм и растительного покрова на поверхности почвы как факторов реальной водопроницаемости.

Поэтому поверхностное рыхление, приводящее к разрушению корки на поверхности почвы и созданию «изолирующего слоя» (Вильямс, 1940), имеет значение не только с точки зрения предохранения почвы от испарения влаги. Оно исключительно важно также с точки зрения накопления запасов влаги в период последующего дождя. Это было установлено еще А. Н. Шишкиным (1876).

Заплывание почвы способствует стеканию воды вследствие сокращения реальной водопроницаемости.

Понятно, что такие факторы реальной водопроницаемости, как наличие на поверхности почвы устойчивого против воды комковатого слоя и густого растительного покрова, поддаются регулированию.

Структурная почва, как известно, отличается высокой максимальной водопроницаемостью. Наличие же на поверхности водопропрочного комковатого слоя или слоя из щебенки способствует приближению интенсивности реальной водопроницаемости к максимальной. Роль сомкнутого щебнистого слоя здесь особенно велика. Этому же способствует и густой травяной покров, который наиболее эффективно сокращает разрыв между максимальной и реальной водопроницаемостью на крутых склонах.

В соответствии с изложенным отметим, что значение создаваемых при увлажнительных вспашках на поверхности почвы более крупных микрорельефных форм (крестование, прерывистое бороздование, обвалование и т. п.) не ограничивается их водовместимостью. Эти формы являются также постоянно действующим фактором реальной водопроницаемости, так как увеличивают площадь контакта слоя воды с почвой. Поэтому в целях задержания стока и борьбы с засухой следует рекомендовать для широкого внедрения в производство агротехнические мероприятия по созданию искусственного микрорельефа. Следует также пожелать усовершенствования приемов создания этого микрорельефа путем конструирования новых специальных сельскохозяйственных орудий.

В связи с рассматриваемым вопросом коснемся значения лесной подстилки как фактора водопроницаемости.

Достаточным количеством собственных экспериментальных материалов по данному вопросу мы не располагаем, так как в полевых условиях (при наличии очень тонкого слоя подстилки) была подвергнута дождеванию только одна площадка и поставлено лишь несколько опытов по определению максимальной водопроницаемости (см. ниже). Но мы можем

сослаться на работы Лоудермилка (1936), Н. Н. Степанова (1938), Н. И. Рощина (1938), Г. А. Харитонов (1938), Н. Ф. Созыкина (1939), М. Д. Кобезского (1940) и др., из которых явствует, что лесная подстилка способна сохранять на высоком уровне водопроницаемость почвы и сильно сокращать сток.

Кроме того, по данным Х. М. Мустафаева¹, значение лесной подстилки как фактора водопроницаемости характеризуется нижеследующими цифрами:

Таблица 17а

Влияние лесной подстилки на водопроницаемость почвы и сток

Вариант опыта	Уклон	Всего по- дава воды, мм	Интенсив- ность дождя, мм/мин	Продолжи- тельность дождя, мин.	Время до начала стока, мин.	Средняя водопрони- цаемость, мм/мин	Коэффици- ент стока
С подстилкой	0,25	477,5	6,2	77,5	65,5	5,5	0,08
	0,16	746,6	4,9	152	136	4,9	0,035
Без подстилки (подстилка снята)	0,25	70,0	6,2	11	0,8	3,18	0,487
	0,22	70,0	5,7	12	1,2	2,6	0,53

Эти цифры были бы еще более разительны, если бы в обоих вариантах подавалось одинаковое количество воды.

Следует отметить, что достаточно полного объяснения гидрологической роли лесной подстилки до сих пор не имеется. Поэтому остановимся на затронутом вопросе.

Согласно существовавшим раньше представлениям, значение подстилки состоит только в поглощении ею воды атмосферных осадков благодаря высокой влагоемкости. В настоящее время выявилась большая роль подстилки как фактора водопроницаемости, функционирующего на протяжении всего дождя. Лоудермилк (1936) объясняет это тем, что подстилка не допускает образования муты на поверхности почвы при выпадении дождя и сама в состоянии задержать муть, если бы она образовалась; тем самым подстилка предохраняет почвенные поры от заиливания. Он пишет: «Частицы почвы, вымытые из поверхностного слоя и взвешенные в воде, стекающей по обнаженной почве, закупоривают поры и скважины в ней; этим объясняется заметная разница в скорости впитывания воды обнаженной почвой и покрытой подстилкой».

Отсюда можно предполагать, что процесс закупорки пор мыслится автором как протекающий очень быстро и дающий о себе знать в самом начале дождя, так как с почвы, обнаженной от подстилки, сток в самом начале резко увеличивается по сравнению с необнаженной почвой (по данным Лоудермилка, в 10—20 раз).

Признавая совершенно правильным положение о большом значении лесной подстилки как фактора водопроницаемости, нельзя, однако, со-

¹ В 1954 г. им было проведено под нашим руководством дождевание в лесных полосах закладки 1893—1895 гг. на Тимашевском опорном пункте ВНИИЛМИ Куйбышевской области (почва — чернозем обыкновенный). Был использован наш прибор, конструкция которого во многом отличается от описанного выше. Дождевателем охватывается площадь в 0,6 м² (0,6 м × 1,0 м), размер капель 3—4 м, высота падения капель 1,5 м.

гласиться с объяснением этого явления только предохранением от закупорки «водопроводящих пор».

Известно, что лесные почвы пронизаны различными, более или менее крупными ходами червей, насекомых и их личинок, особенно в верхнем слое, соприкасающемся с подстилкой, а также ходами от сгнивших корней. Подстилка, конечно, предохраняет во время дождя все эти воздушные полости от обрушивания и засорения. После же удаления подстилки они разрушаются стекающей водой и при ударе капель засоряются более крупными частицами и превращаются в капилляры; в связи с этим понижается максимальная водопроницаемость почвы. Но это уже будет процесс не закупорки тонких пор, а разрушения крупных пор и полостей, который можно сравнить с заплыванием поверхности свежеработанной почвы при сильном дожде. При заплывании, как это видно на примере дождевания площадки 6 (табл. 13), капиллярная система (в том числе, по видимому, и крупнокапиллярная) может успешно функционировать длительное время. Поэтому сводить роль подстилки как фактора водопроницаемости только к предохранению ею почвенных пор от закупорки будет неправильно.

Если под закупоркой почвенных пор понимать превращение капиллярных скважин верхнего слоя почвы (вследствие их обрушивания и засорения более крупными частицами) в некапиллярные, то этим лишь частично объясняется вопрос о роли лесной подстилки.

Следует принять во внимание, что сама лесная подстилка отличается большой влагоемкостью и водопроницаемостью. В. Р. Вильямс (1940) пишет: «Она обладает влагоемкостью в высшей степени ее проявления и одновременно отличается водопроницаемостью, также в высшей степени». «Прежде всего при соприкосновении с атмосферной водой сказывается водопроницаемость лесной подстилки. Она настолько велика, что всякое количество дождя или снеговой воды, какое возможно себе представить, проникает в массу лесной подстилки».

Подстилка является как бы передатчиком воды почве, распределяя ее более или менее равномерно по поверхности последней и предотвращая концентрацию стока. Поэтому почва с лесной подстилкой почти всей своей поверхностью соприкасается с водой, постепенно ее впитывая. Если бы на площадку, обнаженную от подстилки и подвергшуюся дождеванию, снова уложить подстилку, то последующее дождевание показало бы (несмотря на увлажненность почвы) большое увеличение водопроницаемости и сокращение стока по сравнению с дождеванием без подстилки.

Таким образом, лесная подстилка, с одной стороны, сохраняет на высоком уровне максимальную водопроницаемость лесной почвы, предохраняя крупные поры от обрушивания и засорения, а с другой — обеспечивает высокую интенсивность водопроницаемости реальной, т. е. способствует ликвидации разрыва между этими двумя видами водопроницаемости.

Понятно, что при удалении подстилки, т. е. покрова, который не только сам способен удерживать до 10 мм воды (Харитонов, 1938), но и регулировать подачу ее почве и тем самым способствовать реализации высокой водопроницаемости последней, сток будет возрастать в огромной степени, что и имеет место в таких случаях.

Влияние уклона поверхности на водопроницаемость. По мнению большинства исследователей, увеличение уклона поверхности соответственно увеличивает сток и снижает водопроницаемость. В экспериментах Дюлей (Duley, 1932), В. Б. Гуссак (1937), Ф. П. Серика (1940), С. Ф. Федорова (1950) эта закономерность выявилась достаточно отчетливо. В. Б. Гуссак на основании своих экспериментов на монолитах пришел к выводу, что

при увеличении угла наклона ливневой сток растет прямо пропорционально $\sqrt{J}$, где J — уклон.

Однако имеются утверждения и противоположного характера (Торгушников, 1935; Львович, 1950). М. И. Львович, например, по этому вопросу пишет: «Следует иметь в виду, что количество воды, стекающей по склонам, мало зависит от их падения. Это вытекает из уравнения баланса склонового стока, которое имеет следующий вид

$$R = p - I,$$

где R — интенсивность склонового стока, p — интенсивность водоотдачи из снежного покрова или интенсивность дождя, I — инфильтрационная способность почвы. Элементы правой части уравнения не зависят от уклона поверхности. В отношении элемента p это не требует пояснения. Инфильтрационная же способность почвы зависит от структуры почвы, от наличия или отсутствия промерзания, от влажности почвы и микро-рельефа. На эти элементы уклон поверхности почвы оказывает сравнительно небольшое косвенное воздействие. Влияние уклона на количество воды, просачивающейся в почву, и на объем стока заметно сказывается лишь после прекращения снеготаяния или дождя, т. е. относится к последней фазе остаточного стока...

Мнение, отрицающее влияние уклона поверхности на водопроницаемость и сток, свидетельствует о недостаточном учете значения внешних факторов водопроницаемости, определяющих площадь контакта почвы с водой, и влияния уклона на эти факторы.

По вопросу о сущности влияния уклона на водопроницаемость нет ясности. Многие считают, что с увеличением уклона сокращается время пребывания воды на территории и тем самым уменьшается продолжительность впитывания воды (Созыкин, 1939; Кобезский и Скородумов, 1939, и др.). Нам представляется, что время пребывания воды и продолжительность ее впитывания вовсе не сокращаются. Вода на склонах разной крутизны находится одно и то же время, в течение которого выпадает дождь. Но масса воды различная. На крутом склоне в каждый данный момент при прочих равных условиях воды бывает меньше и слой ее тоньше, чем на более пологом. Ввиду этого площадь контакта почвы со слоем воды в первом случае гораздо меньшая, чем во втором. Если уравнивать эту площадь путем, например, создания на крутом склоне микро- и мимикро-рельефа, то и интенсивность впитывания выравнивается. Поэтому, применяя вспашку и культивацию поперек склонов, а также обвалование, бороздование и другие приемы создания микро- и мимикрорельефа, можно в значительной степени уменьшить или устранить нежелательное влияние уклона на размеры водопроницаемости и стока. Однако эффективность названных приемов с увеличением крутизны склона уменьшается. Это связано как с уменьшением емкости микроформ, так и с увеличением возможности разрушения и сглаживания последних водой.

Итак, влияние уклона на водопроницаемость сводится:

- 1) к уменьшению емкости микро- и мимикрорельефа и тем самым к сокращению площади контакта поверхности почвы со сплошным слоем воды, что способствует уменьшению интенсивности впитывания;
- 2) к увеличению энергетической способности струй воды, усиленно разрушающих и сглаживающих микро- и мимикрорельефные неровности, что приводит к усиленной концентрации стока. Это опять же сокращает площадь контакта воды с поверхностью почвы и уменьшает интенсивность ее впитывания.

Таким образом, уклон способствует увеличению разрыва между максимальной водопроницаемостью и реальной. Этот разрыв может быть уменьшен при помощи трав. При этом эффективность трав с увеличением крутизны повышается. Это означает, что на более крутых склонах травы принимают на себя большую нагрузку по уменьшению стока, чем на менее крутых, и успешно справляются с ней.

Наличие слоя из щебенки на щебнистых почвах крутых склонов и берегов гидрографической сети также успешно способствует ликвидации разрыва между максимальной и реальной водопроницаемостью. Поэтому на участках, где не требуется частое рыхление почвы (сады, виноградники, лесные посадки), крайне полезно с точки зрения улучшения режима влажности создавать искусственный слой из щебенки. Кроме весьма значительного повышения реальной водопроницаемости почвы, такой слой, во-первых, способен эффективно защищать поверхность почвы от смыва и иссушения, и во-вторых, может явиться препятствием для произрастания сорняков.

В сельскохозяйственной практике различных народов уже давно известен прием покрытия почвы в садах и виноградниках щебнисто-каменной мульчей с целью предохранения ее от испарения влаги.

Увлажнительное и противоэрозионное действие такой мульчи в США изучали Лэмб и Чепмен (Lamb a. Chapman, 1943), у нас — Ф. Г. Кисриев (1951).

Влияние влажности почвы на ее водопроницаемость. Вопрос о влиянии влажности почвы, степени ее смоченности на водопроницаемость в специальной литературе затрагивался неоднократно (Павлов, 1922; Захаров, 1936; Коль, 1950, 1952; Федоров, 1950). Известно, что существует корреляционная связь между этими свойствами почвы, причем «наиболее чутко реагируют на увлажнение почвы и горизонты, склонные к набуханию и с нестойкой структурой» (Качинский, 1926).

Поглощение воды почвой в зависимости от степени ее увлажнения А. Н. Костяков (1932) выразил в математической форме (коэффициент поглощения).

При дождевании зависимость водопроницаемости от начальной влажности почвы проявляется в очень высокой степени. Например, при первом дождевании площадки 5 в 1947 г., когда влажность почвы равнялась 12,5—14,0%, водопроницаемость составила 0,62 мм/мин, а процент стока — 41,7; в следующем же году, когда влажность почвы составляла 7,3—11,3%, при той же интенсивности и продолжительности дождя эти величины оказались равными соответственно 0,71 мм/мин и 25,5 (табл. 13 и 14). Так сильно сказалось состояние влажности почвы перед дождеванием.

Эта же зависимость резко бросается в глаза и при сравнении данных каждого последующего дождевания с предыдущим на одних и тех же площадках, особенно на необработанных. Подобная же картина наблюдается и в природных условиях. При выпадении ливня или дождя на сухую почву коэффициент стока бывает значительно ниже, чем при его выпадении на более влажную почву.

Влияние щебнистости почвы на водопроницаемость. Различный характер скелетности и соотношение скелета и мелкозема могут по-разному сказываться на водопроницаемости. Общеизвестно, что на грубопесчаных почвах, а также на различных щебнистых осыпях вода просачивается вниз очень быстро. Так же быстро, не задерживаясь, она проникает и через щебнисто-каменную массу щебнистых почв нашего склона, начиная с глубины 1,2—1,5 м и глубже. Например, когда при учете весеннего

стока с площадки Б-2 (в 1949 г.) вода из бочки выливалась в яму глубиной 1,5 м и площадью дна 0,3 м², она уходила в щебнисто-каменистый грунт с интенсивностью 0,7 л/сек.

Иная картина получается при просачивании воды в щебнисто-мелкоземистую почву при умеренном содержании скелета. Например, при содержании скелета в верхнем горизонте до 20% (среднескелетная почва средней части склона) количество мелкозема достаточно для того, чтобы изолировать друг от друга скелетные элементы — обломки породы. В этом случае щебенка и вообще крупный скелет являются как бы чуждым включением в массу мелкозема, разрывающим систему водопроводящих

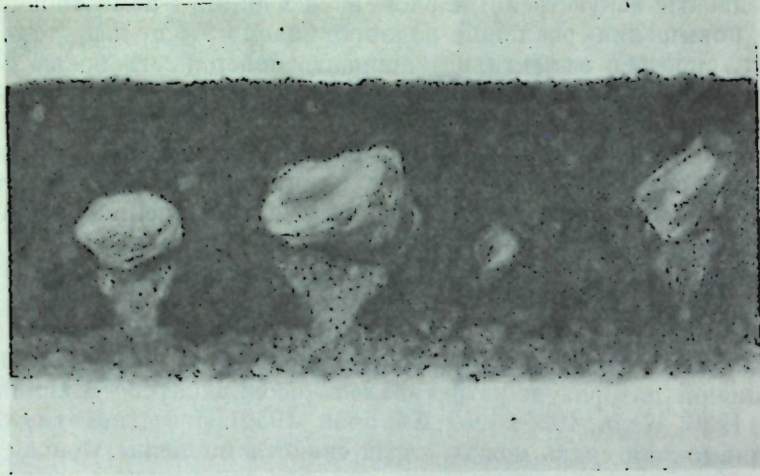


Рис. 12. Щебенка и камни, заключенные в почве, препятствуют продвижению воды вниз.

пор. Опоковый скелет обладает высокой пористостью и влагоемкостью, но очень слабо пропускает воду: сухой обломок опоки за 1 час обычно поднимал воду (смачивался) на 1 см. Поэтому при выкопке траншей на площадках, которые подверглись дождеванию, сплошь и рядом приходилось наблюдать такую картину: в то время как непосредственно под обломком породы почва находится еще в сухом состоянии, прилегающие кругом участки ее уже увлажняются на большую глубину (рис. 12).

Сумма крупных скелетных элементов мешает просачиванию воды вглубь почвы, вода вынуждена как бы обтекать их. Этот факт косвенно указывает, что наличие крупного скелета в почве при определенном его сочетании с мелкоземом способствует понижению максимальной водопроницаемости почвы.

Приведенные наблюдения указывают, что с уменьшением содержания крупного скелета в такой почве максимальная водопроницаемость должна увеличиваться и, наоборот, с увеличением его содержания — уменьшаться. Но последнее положение может быть верным при увеличении скелетности за счет мелкозема лишь до определенного предела. Эта тенденция сменяется на противоположную, когда количество мелкозема становится недостаточным, чтобы изолировать друг от друга скелетные элементы. Предел этот может служить естественной границей для разделения среднескелетной и сильноскелетной почвы.

На залегающих рядом песчаной и щебнисто-песчаной разновидностях почвы (процент щебнистости не определялся) нами были поставлены

опыты по определению максимальной водопроницаемости без изолирующего водного слоя. Результаты в одних случаях оказались неясными, в других — показали на повышенную водопроницаемость нещебнистой почвы.

Максимальная водопроницаемость нижележащего щебнистого горизонта (В) определялась также на среднескелетной почве нашего склона. Для этого был использован простой метод, дающий приближенный результат и состоящий в том, что вода заливалась в вырытую на необходимую глубину яму.

Результаты показали на небольшое превышение водопроницаемости щебнистого горизонта В (скелета около 75%) по сравнению с горизонтом А. Но оно, вероятно, было бы большим, если бы не происходило заплывания быстро обесструктурирующимся мелкоземом более крупных полостей (между скелетными частицами).

Начиная с глубины 120—150 см, вода очень быстро уходила в грунт. Наша попытка отвести поверхностную воду, протекавшую по ложбине во время сильного дождя, в грунт через заранее подготовленную яму оказалась безуспешной — дно ямы очень быстро было занесено мелкоземом.

Если считать положение о понижении максимальной водопроницаемости почвы содержащимся в ней в умеренном количестве крупным скелетом правильным, то выступает двойственная роль этого скелета. С одной стороны, находясь на поверхности почвы (панцырь), он значительно повышает ее реальную водопроницаемость, а с другой — способствует понижению максимальной водопроницаемости почвы. Однако ввиду больших количественных разрывов между максимальной и реальной водопроницаемостью, отмечающихся на склонах, значение сомкнутого панцыря на поверхности почвы безусловно выступает на передний план.

Динамика водопроницаемости при искусственном дождевании представлена кривыми на фоне кривых максимальной водопроницаемости (рис. 13). Построение кривых произведено по формулам (5) и (6). Форма кривых для дождей с интенсивностью 0,5 мм/мин более пологая, чем для более высоких величин интенсивности. Наибольшее падение имеют кривые при интенсивности дождей 1,43—1,5 мм/мин. Для более увлажненных почв крутизна падения кривых меньше, чем для сухих. Она меньше также

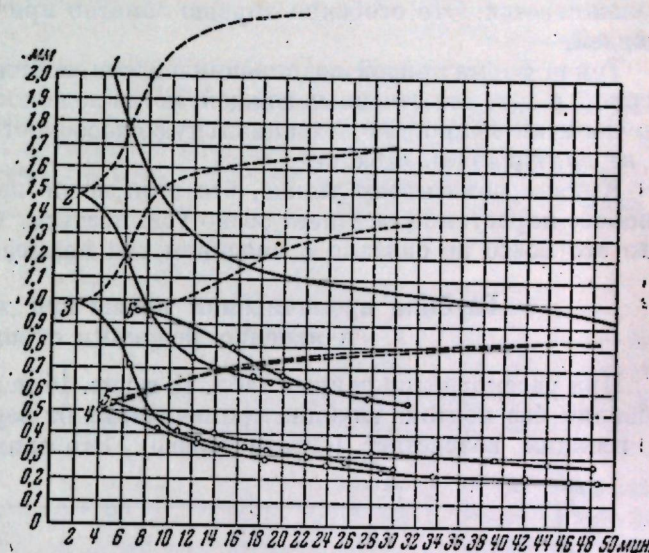


Рис. 13. Кривые водопроницаемости и стока при искусственном дождевании (каштановые щебнистые почвы):

1 — максимальная водопроницаемость среднескелетной почвы; 2 — водопроницаемость и сток при первом дождевании, площадка 14; 3 — водопроницаемость и сток при втором дождевании, площадка 12; 4 — водопроницаемость и сток при первом дождевании, площадка 12; 5 — водопроницаемость и сток при втором дождевании, площадка 11; 6 — водопроницаемость и сток при первом дождевании, площадка 5.

Сплошная линия — водопроницаемость; пунктир — сток.

и для почв с более высокой максимальной водопроницаемостью. В таких случаях эти кривые похожи на кривые максимальной водопроницаемости. Кривые наглядно показывают, что реальная водопроницаемость является функцией интенсивности дождя, а также увлажненности почвы.

Интересно отметить, что начальный отрезок кривой реальной водопроницаемости, в отличие от максимальной, показывает слабый темп ее падения. На следующем отрезке она падает очень круто и затем снова выполаживается. Это особенно хорошо заметно при высокой интенсивности дождей.

Такая форма кривой водопроницаемости, повидимому, является характерной и для естественных дождей, когда вода поступает в виде капель и, не насытив полностью потенциальную способность верхнего слоя почвы к ее впитыванию, стекает.

Кривые показывают также, что сток после периода формирования и слабого нарастания начинает резко усиливаться. Само собой разумеется, что это вовсе не связано с явлением так называемого добежания.

Глубина промачивания почвы при дождевании и явление редукции стока

При рассмотрении данных табл. 18 и рис. 14 легко видеть, что при дождевании без подтока глубина промачивания от верхних частей площадок к нижним возрастает (справа налево). Это свидетельствует о том, что

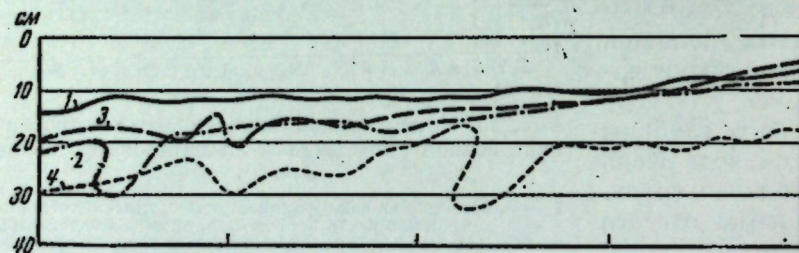


Рис. 14. Продольный профиль промачивания при искусственном дождевании площадок (без подтока):

1 — площадка 7; 2 — площадка 8; 3 — площадка 16; 4 — площадка 11.

вследствие подтока с вышележащих частей, увеличивающего к низу площадь соприкосновения почвы со сплошным слоем воды, интенсивность впитывания последней к низу увеличивается.

Иная картина промачивания наблюдается при дождевании с подтоком. В этом случае, благодаря равномерному покрытию водой почвы верхней части площадки, обусловленному равномерным распределением ее водосливом-распределителем, она впитывается здесь с более высокой интенсивностью, чем к низу площадки. Но такой ход глубины промачивания является результатом искусственности условий опыта и свидетельствует лишь о том большом влиянии, которое оказывает равномерность распределения воды по поверхности на интенсивность ее впитывания почвой.

График дает представление и о характере промачивания скелетных почв. Так, глубины промачивания соседних участков на площадках, подвергнутых дождеванию, разнятся не более чем на 10—15 см («карманы»).

Средние глубины промачивания в зависимости от количества впитавшейся воды, несколько колеблются. Надо иметь в виду, что вода подавалась на площадки в несколько приемов и притом иногда через один-

двое и даже три суток. Однако при сопоставлении глубины промачивания средне- и слабоскелетной (площадка 8) разностей почв видно, что при приблизительно одинаковых количествах впитавшейся воды первая промачивается на большую глубину, чем вторая, несмотря на то, что максимальная водопроницаемость слабоскелетной почвы выше. Это объясняется тем, что слабоскелетная почва, вследствие более сильного иссушения, содержала перед началом дождевания меньше воды, чем среднескелетная.

Таблица 18

Глубина промачивания почвы на площадках

№ площадки	Запас воды в 20-см слое поч- вы перед до- ждеванием, мм	Число дождей	Подано на площадку воды, мм	Впиталось воды, мм	Глубина промачивания, см		
					в верхней части пло- щадки	в средней части пло- щадки	в нижней части пло- щадки
При дождевании без подтока							
4	34	3	95,6	49,5	—	23—26	—
7	29	2	58,1	27,3	8—11	10—12	13—14
11	25	3	88,8	51,1	16—19	17—30	28—29
12	25	2	77,6	38,5	16	18—19	20—21
6 (2п) (обр.)	40	2	62,8	35,1	—	45—50	—
8	14	3	90,6	49	10—13	15—19	16—21
16	27	2	59,9	33,7	9—15	15—21	18—20
17	32	3	87,4	56,0	—	23—26	—
При дождевании с подтоком							
5	20	3	120,0	69,8	24—26	20—22	19—21
6 (обр.)	Не опр.	3	116,5	83,0	50	48—50	45—50
8 (обр.)	» »	3	110,5	79,4	39—41	35—36	29—35
9	12	2	80,3	52,8	20—21	20—21	20—22

Обратимся к явлению так называемой «редукции стока», которая обычно связывается с площадью водосбора (Поляков, 1940).

Насколько нам известно, вопрос о редукции стока на отдельных склонах детально не освещался, хотя известно, что, например, на более длинных площадках коэффициент стока бывает меньше, чем на более коротких. Экспериментальные данные такого рода были получены американскими исследователями (Соболев, 1948).

После разбора внешних факторов реальной водопроницаемости становится понятным явление редукции стока на склоне. Так как вместе с нарастанием к низу массы стока увеличивается и площадь сплошного покрытия почвы водой, а следовательно, повышается и интенсивность впитывания последней, то ясно, что это нарастание стока неизбежно должно сопровождаться его редукцией, т. е. уменьшением коэффициента стока.

Поэтому, чем длиннее площадка, тем при прочих равных условиях ниже коэффициент стока, и, наоборот, чем она короче, тем коэффициент стока выше. Особенно резко эта закономерность проявляется при небольшой длине площадок. Если судить по данным табл. 18, показывающим резкое увеличение глубины промачивания к нижней части площадок вследствие

резкого увеличения в том же направлении интенсивности впитывания воды, справедливость сказанного становится очевидной.

С увеличением длины площадки темп повышения интенсивности водопроницаемости вследствие концентрации стока в более крупные ручьи падает, а вместе с этим должна понижаться и редукция стока. Мерой редукции стока является степень повышения интенсивности реальной водопроницаемости к низу склона.

Простой расчет на примере площадки 5 (табл. 13 и 14) показывает, что редукция стока через 15 м достигла 0,24 мм/мин. Но эта величина явно преувеличена, так как вода при подтоке распределялась, в отличие от естественного подтока, равномерно. Надо полагать, что редукция стока бывает большей в начале дождя, когда почва еще достаточно суха, а также на почвах, покрытых растительностью, щебнистым панцирем и т. п.

Из изложенного вытекает вывод о неодинаковом увлажнении атмосферными осадками (главным образом дождями) различных частей склона. При отсутствии подтока с водораздельной площади верхней частью склона поглощается наименьшее количество воды, а нижней, вследствие подтока с вышележащих участков склона, — наибольшее. Средняя часть склона в этом отношении занимает промежуточное положение.

Но этот вывод в условиях распашки может быть приложим главным образом к склонам (и их частям) с прямой и вогнутой формой профиля при отсутствии на них резко выраженной ложбинности. Наличие ее способствует концентрации и отводу воды вниз непосредственно с верхних или средних участков склонов.

Выпуклая форма склона в условиях распашки, вследствие непрерывного нарастания уклона, особенно заметного в нижней части, может способствовать усилению концентрации стока в ручьи, что, повидимому, до минимума сокращает редукцию стока и мало способствует дополнительному увлажнению почвы. На целинных же участках и старых залежах нижние части даже выпуклых склонов увлажняются сильнее, чем средние и особенно верхние.

Понятно, что увеличение поступлений воды жидких осадков в почву по мере движения к нижним частям склонов является одной из главных причин нарастания в том же направлении и влажности почвы.

Факт этого нарастания для подзолистой зоны установлен Н. А. Качинским (1927), который нашел, что разница во влажности между верхней частью и подошвой склона выражается величиной 3—5%.

По данным В. П. Мосолова (1949), влажность почвы (Камско-Устьинский район Татарской АССР) в направлении от верхней части склона к нижней (склон вогнутой формы) также существенно изменялась в сторону увеличения. Для слоя 50 см это изменение выражается следующими цифрами (в %):

Часть склона и уклон	Во время засухи	После дождя
Нижняя, уклон 0°	19,6	21,6
Средняя, уклон 1,5—2°	13,7	18,9
Верхняя, уклон 4°	12,8	17,6

Увеличение влажности почвы в направлении уклона автор объясняет движением внутрипочвенной влаги в том же направлении. Однако уже одно то, что разница во влажности обнаруживается вскоре после дождя,

говорит против такого предположения. В самом деле, если бы оно было верно, то эту разницу можно было ожидать лишь через значительный промежуток времени, так как движение внутрипочвенной влаги в сторону уклона происходит чрезвычайно медленно. В действительности эта разница связана с увеличением интенсивности впитывания воды в направлении уклона во время дождя.

Надо полагать, что увеличение степени оподзоленности почв к нижним частям склонов, а также понижение в том же направлении уровня залегания углесолей находится в связи именно с явлением повышения в указанном направлении интенсивности впитывания воды почвой.

Из сказанного следует, что полученные при искусственном дождевании величины водопроницаемости ввиду малых размеров экспериментальных площадок являются заниженными относительно средних величин для склона в целом, а коэффициенты стока — завышенными.

Но так как при искусственном дождевании вследствие малых размеров капель по сравнению с естественными проявлялась также и противоположная тенденция — повышение реальной водопроницаемости за счет уменьшения стока, — то эти величины можно считать близкими при сходных условиях к естественным.

Опыт сравнительного исследования водопроницаемости почвы в лесной полосе и прилегающем поле

Кроме опытов по искусственному дождеванию щебнистых (на опоках) и песчаных почв на описанном выше склоне, дополнительно такие же опыты были поставлены в лесной полосе и поле на коротком склоне одного из гребневидных бугров водораздельного пространства балок Климушин — Кирпичный, имеющего песчаные и супесчаные почвы. Склон имеет вогнутую форму профиля с уклоном в верхней части 0,107.

В этой части склона почва песчаная, а ниже — супесчаная. Однако такой механический состав имеет только верхний 20-сантиметровый слой. С глубиной почва утяжеляется до легкосуглинистой. Такое довольно резкое изменение механического состава с глубиной объясняется тем, что вследствие развевания и смывания щебнисто-песчаного гребня на поверхность почвы наносится песчаный материал, который при обработке перемешивается с почвой.

Линия вскипания в верхней части склона лежит на глубине 95—100 см, ниже по склону (через 50 м) — на глубине 150 см.

Вдоль склона северной экспозиции с севера на юг, пересекая гребень высоты, в системе других полос проходит семирядная, полевая защитная лесная полоса.

Полоса была посажена в 1935—1936 гг. с следующей схемой чередования пород в рядах: 1 и 7-й ряды — лещина узколистная; 2 и 6-й — клен татарский + яблоня (или груша) лесная; 3 и 5-й — вяз обыкновенный + акация желтая; 4-й ряд — акация белая + аморфа.

Расстояния между рядами составляют 1,5 м, в рядах — 70 см. Однако в военные годы посадки были почти полностью вырублены (за исключением лещины) и к 1948 г. представляли собою кустарники и кустообразные деревца порослевого происхождения в возрасте 5—6 лет, высотой 1—3 м.

Для дождевания были взяты три площадки: две из них (24 и 26) — сбоку от полосы на скошенном поле и черны второго года и одна (25) — в лесной полосе. Площадка 24 находилась в верхней, наиболее крутой части склона, площадки 25 и 26 — приблизительно в средней его части на одном и том же уровне. Таким образом, с точки зрения рельефных и почвенных условий последние две площадки занимали сравнимое положение.

Следует, однако, отметить, что почва в полосе несет на себе слой песка мощностью 9 см, т. е. является погребенной. 30 м ниже площадки этот слой сходит на нет, а выше утолщается до 12 см.

Несомненно, что покрывающий почву слой песка нанесен за период с момента посадки полосы и прекращения обработки почвы.

На поле рядом с полосой, вследствие ежегодной обработки почвы, слой песка отсутствует. Поэтому на площадке 25 (лесная полоса) горизонт А, находящийся под слоем песка, имеет более темную окраску, чем соответствующий горизонт на площадке 24. Задернелость поверхности на площадках 24 и 26 составляет 35—40%. Поверхность почвы имела хорошо выраженные микрорельефные формы (следы от копыт животных и др.).

Обратимся к характеристике живого и мертвого покрова на площадке 25. Ввиду того, что протяженность лесной полосы совпадает с протяженностью площадки (вдоль склона), а ширина последней составляет только лишь 1,74 м, ширина же междурядий равна 1,50 м, площадка могла включить в себя только один ряд деревьев и кустарников, который проходит по всей ее длине. Экземпляры этого ряда на площадке характеризуются следующими показателями (табл. 19).

Таблица 19

№ древесного куста	Порода	Высота, см	Число побегов или стволчиков	Диаметры на высоте груди, мм
1	Вяз обыкновенный	270	5	12—13—20
2	Акация желтая	250	14	10—12—13
3	Вяз обыкновенный	250	5	8
4	Акация желтая	250	3	6—7—13
5	Вяз обыкновенный	300	7	18—21
6	Акация желтая	250	14	5—7—9—11
7	Вяз обыкновенный	170	3	5
8	Акация желтая	210	18	5—7—8

Сплошной слой рыхлой подстилки мощностью 1—2 см, состоящий из полусгнивших сухих, часто свернувшихся в трубки листьев (и древесного опада), располагается только непосредственно под кустами, в рядах. Почва же в междурядьях уже на расстоянии 50 см от кустов несет на себе не сплошной, а разорванный покров из сухих листьев. Непосредственно под кустами почва более рыхлая, чем в центре междурядий или вблизи мест, где деревья выпали или имеют жалкий вид.

В местах, непосредственно примыкающих к упомянутым площадкам, были поставлены опыты на водопроницаемость почвы методом сплошного залива ее поверхности (табл. 20); результаты искусственного дождевания представлены в табл. 21.

Данные таблиц свидетельствуют о чрезвычайно высокой максимальной и реальной водопроницаемости рыхлосесчаной почвы. Величина реальной водопроницаемости не полностью выявилась, так как при дождевании отсутствовал сток.

Водопроницаемость супесчаной почвы под люцерной также очень высокая. Она здесь выше, чем в средней части междурядий лесной полосы, где почва уплотнялась за длительный период отсутствия обработки и в то же время еще не подвергалась достаточному воздействию корневых систем древесных растений. Но зато в непосредственной близости от них максимальная водопроницаемость почвы намного превосходит таковую даже рыхлого песка.

Поперечный профиль промачивания почвы на площадке 25 (рис. 15) в полосе указывает на изменение водопроницаемости в разных участках полосы и косвенно характеризует воздействие корневых систем на занимаемую древесными растениями почву в смысле изменения ее физических свойств. В изменении последних немалая роль принадлежит и подстилке, которая является местом обитания для многочисленной фауны, воздействующей на почву своими ходами, и т. д. Полоса почвы шириной 60—70 см, непосредственно примыкающая к кустам, была увлажнена на глубину почти в два раза большую, чем почва, отстоящая от них дальше, хотя вода медленно стекала вниз как раз по правой (по направлению стока) стороне площадки вдали от ряда кустов.

Таким образом, под 13—14-летней полосой супесчаная каштановая почва в различных участках подверглась воздействию корневых систем древесных растений далеко не в одинаковой степени. Повидимому, понадобится еще длительное время для того, чтобы вся почва под полосой приобрела способность к высокому водопоглощению.

Однако, сравнивая данные о водопроницаемости и стоке на площадках 25 (лесная полоса) и 26 (поле), можно видеть положительное влияние лесной культуры на повышение водопроницаемости почвы, несмотря на ее легкий механический состав.

Таблица 20

Максимальная водопроницаемость на рыхлосесчаной и супесчаной почвах в поле и лесной полосе*

Почва	Местоположение по рельефу и уклон	Растительный покров	Просочилось 30 мм		Просочилось 70 мм	
			за время, мин.	со средней интенсивностью, м/мин	за время, мин.	со средней интенсивностью, м/мин
Каштановая рыхлосесчаная (площадка 24)	Верхняя часть склона, 0,107	Покос люцерны второго года	4,75	6,32	13,5	5,19
Супесчаная темнокаштановая (площадка 26)	Средняя часть склона, 0,067	То же.	8,5	3,53	22,72	3,08
Супесчаная темнокаштановая со слоем песка 9 см (площадка 25)	Средняя часть склона, 0,053	Лесная полоса, 30 см от кустов вяза и акации	2,92	10,03	8,58	8,16
То же	То же	Там же, 75 см от тех же кустов	11,0	2,73	32	2,19

* Опыты проведены двукратной повторности.

Таблица 21

Результаты искусственного дождевания (с подтоком) по водопроницаемости и стоку в поле и лесной полосе

Почва и уклон	Интенсивность дождя 1 мм/мин в течение 30 мин.					
	подано подтоком воды, мм	№ площадки дождевания	Влажность на глубине 0—2 и 10 см, %	Средняя водопроницаемость, мм/мин	% стока	Примечание
Каштановая, рыхлосесчаная, уклон 0,107	— 20,3	24/1 24/2	1,7—5,7 7,6—7,8	1,0 1,68	Местный микросток; вода занимает понижения микрорельефа	Перерыв между первым и вторым дождеванием — сутки
Темнокаштановая супесчаная, погребенная слоем песка 9 см, уклон 0,053	— 27,3	25/1 25/2	Не опред. » »	1,0 1,86	0 1,09	Дождевание проведено с получасовым перерывом
Темнокаштановая, супесчаная, уклон 0,067	20,1	26/1	1,7—5,5	1,54	3,53	

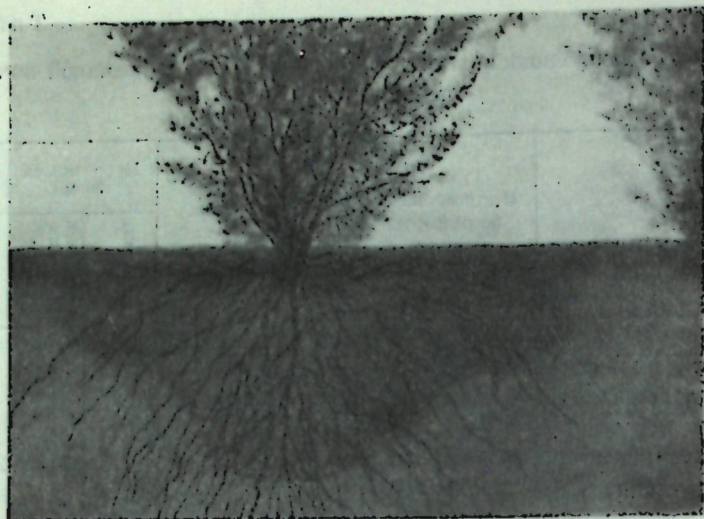


Рис. 15. Профиль промачивания на площадке 25.
Темнокаштановая супесчаная почва.

Выводы

Исследования водопроницаемости почвы привели к выявлению следующих закономерностей:

1. Величина максимальной водопроницаемости почвы, обычно выявляющаяся при сплошном заливе поверхности водой, не совпадает с ее реальной величиной, имеющей место при дождях. Первая является пределом, до которого вторая достигает лишь на отдельных участках (в понижениях).

2. Реальная водопроницаемость является переменной величиной, зависящей при прочих равных условиях прежде всего от интенсивности дождя и подтока воды с вышележащих участков. С увеличением интенсивности дождя повышается и интенсивность впитывания воды почвой, и наоборот. Подток воды с вышележащих участков склона влияет в том же направлении, т. е. по мере своего нарастания способствует увеличению к низу склона интенсивности впитывания воды, с чем связана редукция стока. Уяснение явления редукции стока на склоне имеет важное значение, так как дает возможность понять общую тенденцию в распределении влаги на склоне (особенно на целине и залежи) и объяснить некоторые результаты почвообразовательного процесса.

3. Реальная водопроницаемость зависит также от размеров капель дождя: при увеличении диаметра этих капель ее величина уменьшается, а при их уменьшении увеличивается.

4. Наличие на поверхности почвы микрорельефных форм скелетного панциря, прочнокомковатого слоя и т. д., а также растительного покрова оказывает большое влияние на повышение или сохранение на высоком уровне реальной водопроницаемости, так как способствует увеличению площади контакта почвы со сплошным слоем воды¹. Наоборот, сглаживание, заиливание поверхности, лишение ее растительного покрова сильно уменьшают реальную водопроницаемость.

¹ Здесь важное значение имеют прочная комковатая структура, ходы дождевых червей, личинок насекомых, стгнивших корней (макропоры).— *Ред.*

Увлажнительное и противозероизионное действие создаваемого агро-техническими приемами (крестование, прерывистое бороздование, обвалование и т. п.) микрорельефа не исчерпывается его водовместимостью. Увеличивая площадь контакта почвы со сплошным слоем воды, микрорельефные формы являются постоянно действующими факторами повышения водопроницаемости. В связи с изложенным искусственный микрорельеф следует рекомендовать для широкого применения в колхозном и совхозном производстве.

С целью улучшения режима влажности щебнистых почв склонов, находящихся под садами и виноградниками, можно рекомендовать создание искусственного слоя из щебенки. Этот слой, помимо повышения реальной водопроницаемости почвы, способен предохранить почву от смыва, иссушения, а также от зарастания сорняками.

Большую роль выполняет и лесная подстилка. Являясь своего рода передатчиком воды почве, предотвращающим ее концентрацию в ручьи и этим сохраняющим в течение всего времени дождя максимальную площадь контакта ее с почвой, подстилка тем самым намного повышает интенсивность впитывания воды. Кроме того, она, предохраняя крупные некапиллярные скважины от обрушивания и засорения, сохраняет на высоком уровне максимальную водопроницаемость почвы.

5. Реальная водопроницаемость очень резко реагирует на влажность почвы, особенно ее самого верхнего слоя. По мере насыщения почвы водой она падает; с этим связано уменьшение при длительных дождях ее средней величины.

6. На максимальную водопроницаемость оказывает некоторое влияние скелетность почвенной массы. Крупный почвенный скелет при наличии такого соотношения с мелкоземом, когда его элементы изолируются последним друг от друга, может способствовать понижению максимальной, а значит, и реальной водопроницаемости.

7. По абсолютным величинам, несмотря на широкую амплитуду колебаний в зависимости от различных факторов, реальная водопроницаемость (как и максимальная) изучаемых скелетных почв невысокая; с этим связаны большие потери воды в виде стока.

8. Воздействие корневых систем древесных растений на занимаемую ими почву в смысле изменения ее физических свойств распространяется в молодых полосах в непосредственной близости от дренажных экземпляров и дальше от них быстро ослабевает.

9. Проведенные исследования водопроницаемости показали, что для расчета ширины водорегулирующей лесной полосы нельзя пользоваться данными максимальной водопроницаемости, полученными при сплошном заливе поверхности почвы. Для этой цели необходимо исходить из определений, полученных методом дождевания в комплексе с подтоком, или найденных на стоковых площадках при естественных дождях.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТОК

Зарождение, скорость, коэффициент и интенсивность стока

Зарождение стока. Выше было показано, что сток на склонах формируется уже тогда, когда еще не исчерпана потенциальная способность почвы впитывать воду со скоростью, превышающей интенсивность выпадающих осадков. Почему же почва, обладающая максимальной водопроницаемостью, предположим 2 мм/мин, не в состоянии сразу же поглощать

капли дождя по мере их выпадения при интенсивности 0,5 мм/мин? Частично ответ на этот вопрос уже был дан.

Представим себе, что выпадает дождь с диаметром капель 1,5 мм. В первые минуты, до момента увлажнения почвы на несколько сантиметров и некоторого сглаживания микрорельефа, капли будут быстро впитываться иссушенной поверхностью. Следующие капли, если бы они могли удержаться на месте падения, образовали бы выпуклости в диаметре около 2 мм и высотой около 0,3 мм. Каждая такая капля могла бы поглотиться почвой не мгновенно, а при максимальной водопроницаемости 2 мм/мин — за 9 сек ($\frac{0,3 \cdot 60}{2} = 9$). Но на смоченной поверхности эта капля не удержи-

живается на месте, а сразу же дает начало струйке, которая будет двигаться по микросклону. Такие элементарные струйки будут усиливаться другими падающими каплями и стекать в отрицательные участки микрорельефа, откуда при наличии уклона будут брать начало элементарные ручейки.

Ясно, что почвенные поры положительных элементов микрорельефа будут поглощать воду лишь в местах падения капель и на путях движения элементарных струй в короткие моменты их стекания. Прерывистое поступление воды на поверхность почвы, т. е. выпадение жидких осадков в виде капель, не создает условий для выявления максимальной водопроницаемости почвы. Отсюда — разрыв между максимальной и реальной водопроницаемостью и в результате его — сток.

Как было отмечено выше, повышение коэффициента стока связано не только с повышением интенсивности дождя, но и с увеличением размеров его капель.

Скорость стока является важнейшей величиной, определяющей интенсивность смыва. Она связана сложной функциональной зависимостью с массой движущейся воды, уклоном и шероховатостью поверхности.

При искусственном дождевании скорости стока варьировали в широких пределах, различных для необработанных и обработанных площадок (см. табл. 14). Напомним, что эти скорости являются средними относительно длины площадок и максимальными в сечении каждого ручья. Из табл. 14 видно, что в средней части склона на залежи скорость стока составляет 3,5—6 см/сек на среднескелетной и 3,5—9 см/сек на слабоскелетной почве; на почве нижней части склона она составляет 1,3—6 см/сек.

Сравнение скоростей стока на обработанных и необработанных площадках (целина, залежь) показывает, что при приблизительно одинаковых размерах стока на первых они в 2—3 раза выше, чем на вторых. Уже одно это обстоятельство предвещает повышенный смыв с обработанных площадей.

Приведенные выше цифры (табл. 14) говорят о небольших скоростях стока на залежи. Но они относятся к весьма ограниченным участкам территории, где только формируется сток и нет хорошо выработанных русел. Понятно, что по мере концентрации стока в более крупные ручьи его скорость будет увеличиваться. Так, на нашем склоне в период весеннего стока скорость воды в ручье, протекавшем по промоине и имевшем живое сечение около 200 см², составляла 50—60 см/сек.

Коэффициент стока является также важной величиной, характеризующей не только потери воды атмосферных осадков, но косвенно также и эрозийные процессы, а поэтому его изучению уделялось большое внимание.

Попытка определения коэффициента стока при помощи искусственного дождевания была предпринята В. М. Фалесовым (1939) на Поволж-

ской агролесомелиоративной опытной станции (черноземы). Дождевание проводилось на площадках 4 м² (1,6×2,5) при неизменной интенсивности дождей (около 0,83 мм/мин). Однако полученные данные нельзя считать достаточно характерными, так как перед дождеванием каждой площадки почва предварительно сильно увлажнялась из лейки.

Б. Д. Жилкин (1940) изучал коэффициент стока в целях оценки водоохранной роли леса. При этом он дождевал площадки размером 1 × 2 м при помощи садовой лейки.

Более широко (в различных вариантах) была проведена работа по определению коэффициента стока с применением искусственного дождя А. П. Шапошниковым (1948) на Придеснянском опытном пункте на черноземе. Он приводит разнообразные изменения величин стока в зависимости от интенсивности и продолжительности дождя, уклона, обработки почвы, характера покровной культуры и т. д. Но вследствие отсутствия учета одного из важнейших факторов — влажности почвы — часто трудно и даже невозможно судить о степени влияния на сток упомянутых факторов в отдельности. Поэтому в таблицах можно встретить противоречивые цифры. Однако общая тенденция ясна: с увеличением интенсивности дождя, его продолжительности и крутизны склона коэффициент стока возрастает.

При помощи искусственного дождевания сток (одновременно с водопроницаемостью) изучали также Ф. П. Серик (1940), Г. П. Сурмач (1950, 1952), С. А. Коль (1950, 1952), С. Ф. Федоров (1950) и др. В этих работах показано влияние на коэффициент стока таких факторов, как интенсивность и продолжительность дождя, влажность почвы, уклон и состояние поверхности.

В. Б. Гуссак (1937) при изучении режима стока (а также смыва) на черноземах применил метод монолитов, которым придавались разные уклоны. Согласно его данным, верхние горизонты почвы дают меньший сток (и смыв), чем нижележащие.

Н. Маниловым (1939) на Клетском опытном пункте Сталинградской области (темнокаштановые солонцеватые почвы) сток изучался наряду со смывом на монолитах и делянках при воздействии естественного дождя. Результаты исследований говорят о широкой амплитуде колебаний коэффициента стока в зависимости от интенсивности и продолжительности дождя, величины уклона, состояния поверхности. Наибольшая величина его достигала 0,73—0,75, причем наряду с высокой интенсивностью ливня решающее влияние оказала величина предшествовавшего увлажнения. В отношении влияния на сток растительности автор делает вывод, что многолетний покров люцерны по сравнению с паром уменьшает сток в пределах от 43 до 88%.

По данным С. И. Небольсина (Небольсин и Надеев, 1937), полученным в результате многолетних стационарных исследований, сток с пашни (почва — подзолистый суглинок) при уклоне поверхности 0,023 в 2—4 раза больше, чем с залежи. Согласно этим же данным, в летний период сток вообще незначителен. В редких случаях, при сильной насыщенности почвы водой (весной и осенью), коэффициент стока достигал 0,3 (и иногда больше). Автор косвенным путем устанавливает зависимость величины стока от влажности почвы.

По данным Новосибирской опытной станции (Козменко и Ивановский, 1953), коэффициент стока ливневых вод для большого водосбора (500 га) колеблется в пределах от 0,015 до 0,09—0,1 и чаще всего бывает равен 0,07—0,08.

По данным С. Л. Щеклеина (1938), проводившего наблюдения над стоком и смывом около г. Кирова (подзолистые почвы) в стационарных условиях, при густопокровной культуре (овес) сток ливневых вод в несколько раз сокращается по сравнению с пропашной культурой (картофель) и паром.

По данным американских исследователей (Лоудермилк, 1936), эффективность трав в смысле сокращения стока в среднем в 5 раз превышает эффективность культур, требующих частой обработки.

Из приведенных данных видно, что коэффициент ливневого стока при различных условиях изменяется в очень широких пределах и что наличие травянистой (дикой и культурной) растительности в той или иной мере сокращает сток по сравнению с обнаженной в результате обработки поверхностью почвы (пар), несмотря на то, что максимальная водопроницаемость рыхлой почвы выше.

Перейдем к рассмотрению наших результатов искусственного дождевания по стоку.

Размер стока определяется теми же факторами, что и реальная водопроницаемость (имеющими, однако, противоположное направление), т. е. он зависит: от максимальной водопроницаемости данной почвы, степени ее увлажнения, интенсивности и продолжительности дождя, от размеров основной массы его капель, от факторов, определяющих концентрацию воды на поверхности почвы в струи (степень выраженности и постоянства микрорельефных форм, наличие растительности и др.), от уклона поверхности. Помимо этого, коэффициент стока, как было отмечено выше, зависит от длины склона, что связано с редукцией стока.

Зависимость стока от большого числа факторов, действующих в совокупности, и обусловила разнообразие его коэффициентов при искусственном дождевании (см. табл. 13 и 14). На среднескелетной залежи (средняя часть склона) процент стока при интенсивности дождя 0,5 мм/мин колеблется от 5,0 до 37,8—44,8. Этот огромный диапазон определяется главным образом степенью насыщенности водой верхнего слоя почвы и мощностью этого насыщенного слоя. В отдельных случаях процент стока при этой интенсивности достигал величины 55,7 (площадка 11/3).

С увеличением интенсивности ливня до 1 мм/мин (и сокращением его продолжительности до 30 мин.) процент стока на той же почвенной разности при первом дождевании повышается до 41,7, при повторном — до 60,1 и в некоторых случаях выше.

Процент стока на свежевзрыхленной на глубину 15—18 см почве при первом дождевании (с интенсивностью 1,43—1,75) составил 0,51—4,22, при повторном — 27,8—28,6. Напоминаем, что эти цифры получены на свежевзрыхленной, не слежавшейся почве. Процент стока здесь оказался незначительным по сравнению с таковым на залежи, покрытой польнью.

Но уже через месяц при втором круге дождевания взрыхленной почвы [6(2ц)] сток составил 42,9%, т. е. оказался даже выше, чем на необработанных площадках. В связи с тем, что максимальная водопроницаемость почвы на этой взрыхленной площадке была намного выше, чем на залежи, можно заключить, что на величине коэффициента стока сказались отсутствие растительного покрова, выровненность поверхности в результате запыливания во время предыдущих дождей, а также некоторая уплотненность почвы, которая произошла за месячный период.

На слабоскелетной темнокаштановой почве сток характеризуется значительно меньшими абсолютными и относительными величинами по сравнению с приведенными выше.

Процент стока на сильноскелетной целинной почве (нижняя часть склона) занимает промежуточное положение между величинами его на среднескелетной и слабоскелетной почвах. Для интенсивности 0,5 мм/мин он составляет 5,6—38,6; для 1 мм/мин — 6,78—53,1. Следует еще раз обратить внимание на результаты дождевания площадки 17. При дождевании почвы, взрыхленной лишь на 3—5 см, процент стока снизился по сравнению с предыдущим дождеванием с 48,8 до 22,9.

Это показывает, что рыхление самого поверхностного слоя почвы (обработанной) после каждого дождя имело бы большое значение для накопления влаги почвой во время последующего дождя. Наоборот, укатывание почвы гладким катком с этой точки зрения следует признать нецелесообразным. На рыхлопесчаной почве при уклоне 0,16 и ливне 1 мм/мин сток составил 2,73% при первом дождевании и 12,1% — при втором; на песчаной — соответственно 22,1 и 39%.

Коэффициенты стока при дождевании с интенсивностью 1,43 и выше во всех случаях являются заниженными относительно меньших значений интенсивности, что связано с очень малыми размерами капель при высокой интенсивности дождя.

Ранее было отмечено, что с повышением интенсивности ливня одновременно возрастают и реальная водопроницаемость и сток. О характере этого возрастания при дождевании среднескелетной залежи дает представление табл. 22. Здесь реальная водопроницаемость и сток при интенсивности дождей 0,5 мм/мин приняты за 100%. По отношению к ним вычислены соответственно коэффициенты реальной водопроницаемости и стока, полученные при интенсивности ливня 1 мм/мин.

Таблица 22

Распределение поглощенной и стекшей воды при увеличении интенсивности дождя с 0,5 до 1 мм/мин (в %)

Порядковый номер дождя на одной и той же площадке	Интенсивность дождя 0,5 мм/мин, продолжительность 45 мин.		Интенсивность ливня 1 мм/мин, продолжительность 40 мин.	
	водопроницаемость	сток	водопроницаемость	сток
1	100	100	158,3	144,6
2	100	100	132,2	141,2

Таблица показывает, что при первом дождевании увеличение реальной водопроницаемости превышало увеличение стока. Этот несколько неожиданный результат получился, повидимому, вследствие отсутствия равенства некоторых условий при дождевании, например, могла сказаться неодинаковая первоначальная влажность площадок.

Таблица все же дает представление о том, что при более высокой интенсивности дождей (ливней), несмотря на большие потери воды в виде стока, почва за одно и то же время увлажняется сильнее, чем при менее высокой. Здесь необходимо еще раз подчеркнуть, что прохождение стока в виде распыленных струй значительно сокращает его коэффициент и что это распыление в известной мере можно регулировать путем обработки (поверхностного рыхления).

Надо отметить, что динамика стока неразрывно связана с динамикой реальной водопроницаемости; кривые, изображающие динамику стока при дождевании, являются, как указывалось выше, отражением кривых реальной водопроницаемости (см. рис. 13).

Интенсивность стока обычно характеризуется модулем, под которым понимают количество воды (в литрах), стекающее с площади в 1 га за секунду (или куб. метров с площади 1 км²).

Ввиду небольших размеров наших площадок интенсивность стока мы характеризуем «условным модулем» стока, под которым будем понимать количество воды (в литрах), стекающее с площадки в 8 м² за одну минуту. Коэффициент перехода от условного модуля к общепринятому равен 20,83.

При искусственном дождевании условный модуль в различных условиях изменялся от 0 до 8,8 л/мин (табл. 30). Верхняя граница его в пересчете на 1 га/сек составляет огромную цифру — 183 л/сек.

Если брать в расчет условный модуль при первых дождеваниях и не принимать во внимание его величины, полученные при повторных дождях, то в пересчете на 1 га/сек для дождей с интенсивностью 0,5 мм/мин в течение 73 минут на среднещебнистой почве (залежь) он составит в среднем 31 л/сек, а при дождях с интенсивностью 1 мм/мин в течение 40 минут — около 74—85 л/сек. Последняя цифра больше, чем в 2,5 раза превосходит максимальный секундный расход, который был зарегистрирован Ново-сильской опытной станцией во время ливня с интенсивностью 2 мм/мин (32 л/сек). Правда, на Ново-сильской опытной станции сток учитывался с большого водосбора, поэтому и его коэффициент и секундный расход преуменьшены. У нас же, как уже отмечалось, ввиду наличия двух противоположно действующих факторов (небольшой длины площадок, способствующей увеличению стока, и малых размеров капель в сравнении с естественными ливнями, способствующих его уменьшению) и неопределенности их количественной выраженности вследствие сложности явления, — определенно судить, являются ли данные величины (коэффициент и модуль стока) в целом истинными для склона или имеют отклонения в ту или иную сторону и в какую именно, затруднительно. Для интенсивности искусственных ливней 0,5—1 мм/мин практически эти величины можно считать близкими к истинным, при более же высокой интенсивности ливня, повидимому, преувеличивает влияние размеров капель, вызывающее преуменьшение величины стока.

Во всяком случае, приведенные цифры показывают, что на нашем щебнистом склоне как коэффициент стока, так и секундные расходы весьма большие.

Опыт расчета ширины водорегулирующих лесных полос

Как уже отмечалось, на размеры стока воздействуют многие факторы, которые в самом общем виде могут быть выражены такой зависимостью:

$$Q = f(h, t, l, I, \delta, a, W_{\max}).$$

где Q — расход стока с единицы площади;¹

h — характеризует интенсивность дождя и размеры его капель;

t — продолжительность дождя;

l — длина склона;

I — уклон поверхности;

δ — коэффициент, характеризующий состояние поверхности и выраженность микро- и микрорельефа (зависящих в первую очередь от характера и направления вслешки и вообще обработки почвы, наличия и плотности растительности, лесной подстилки, щебнистого панциря и т. д.), определяющих площадь сплошного контакта почвы со слоем воды;

a — влажность почвы;

$W_{\max}$ — максимальная водопроницаемость почвы.

Коэффициент стока связан прямой зависимостью с факторами h, t, I, a и обратной — с факторами $l, \delta, W_{\max}$.

В связи с необходимостью расчетов пропускных сооружений, главным образом на железных дорогах, в прошлом было много попыток сложное явление стока выразить математически в виде различных формул (Соколовский, 1952).

Однако даже наиболее полные (по учету многообразия факторов) формулы А. Н. Бефани (1949) не охватывают всех факторов в отдельности; они включают в себя обобщенное понятие «интенсивность водообразования», которое означает интенсивность осадков за вычетом всевозможных «потерь» (главным образом на водопроницаемость). Наряду с этим в теории А. Н. Бефани не раскрывается в полной мере физический смысл некоторых факторов, определяющих водопроницаемость почвы, и не дается их характеристика.

Мы задались целью получить формулу для ориентировочного расчета ширины водорегулирующих лесных полос с таким расчетом, чтобы все входящие в нее значения определялись опытным порядком. При этом мы исходили из того, что упомянутые полосы предназначаются для регулирования максимальных расходов стока.

Разделим мысленно склон поперек параллельными линиями, отстоящими одна от другой на единицу длины (1 м), и ограничим на нем прямоугольник произвольной ширины. Тогда ограниченный с боков участок будет состоять из отдельных элементарных площадок, равных между собой по длине и ширине.

При интенсивности дождя h мм/мин и коэффициенте стока k за время t с первой площадки на вторую (нижележащую) стечет kht мм воды; всего на вторую площадку поступит в виде дождя и подтока $ht + kht$ мм воды. На третью площадку поступит всего воды $ht + 2kht$, на четвертую $ht + 3kht$ и т. д.; на площадку, находящуюся на расстоянии l от самой верхней площадки, поступит $ht + khl = ht(1 + kl)$ мм воды. Обозначив этот слой воды через A , будем иметь:

$$A = ht(1 + kl) \text{ мм.} \quad (1)$$

Ясно, что если вести расчет слоя воды для единицы времени (одной минуты), то выражение примет вид:

$$A_1 = h(1 + kl) \text{ мм/мин.} \quad (2)$$

Очевидно, если производить расчет количества воды, поступающей не на площадь, а на определенный рубеж, и не в миллиметрах в минуту, а в литрах в секунду, то, исходя из приведенного рассуждения, это количество можно выразить так:

$$Q = \eta k h l n, \quad (3)$$

где Q — расход (в л/сек);

η — переводный коэффициент (от миллиметров в минуту к литрам в секунду на 1 га), равный 166,67 (в случае исчисления площади водосбора в кв. метрах этот коэффициент будет равен $\frac{1}{60}$);

n — ширина водосбора. (Остальные обозначения прежние.)

Но так как $ln = F$ — площадь водосбора, то, заменив в выражении ln на F , будем иметь:

$$Q = \eta k h F. \quad (4)$$

Это выражение аналогично «приближенной формуле максимального стока ливневых вод» Д. Л. Соколовского (1940), полученной им путем подстановки, а также формуле А. Н. Костякова и другим формулам установившегося режима (Соколовский, 1952).

Выше отмечалось, что коэффициент стока, являясь функцией от многих переменных, отражает также и влияние уклона. Достаточно точно он может характеризовать режим стока лишь на участках склона, тождественных тем, на которых он получен. Поэтому при пользовании формулами, например (1) и (2), для расчета количества воды, поступающей к нижней части склона, имеющего выуклую форму профиля, необходимо коэффициент стока определять как для верхней, так и для нижней, более крутой части склона и подставлять в формулы средние арифметические из них, учитывая при этом, что все же полученный таким путем средний коэффициент стока лишь приблизительно будет соответствовать коэффициенту стока для склона в целом. Так же следует производить расчет и для вогнутой формы склона.

Расчет можно произвести и по отдельным однородным отрезкам склона и затем, суммировав, получить результат для склона в целом.

Практически, например для расчета ширины водорегулирующей полосы, может понадобиться коэффициент стока, средний для склона в целом (или его части), но в момент своего максимального выражения, например к концу ливня. При искусственном дождевании эту наивысшую точку легко получить, воспользовавшись кривой динамики коэффициента стока (или путем расчета, как указано выше).

Первая попытка обоснования ширины водорегулирующей полосы была предпринята Новосильской опытной станцией.

Г. А. Харитонов (1938) для расчета этой ширины предложил формулу¹:

$$P = 0,028 \frac{V \sqrt{\lg \alpha} L}{K} + N, \quad (5)$$

где P — ширина (в горизонтальном проложении; в м) водопоглощающей полосы;

L — длина линии тока (в м) от водораздельной линии до вхождения в водопоглощающую полосу;

l — максимальный секундный расход стока с гектара (в л/сек);

α — угол наклона, средний по линии тока;

N — ширина опушечной части насаждения (в м), остающейся промерзшей к периоду весеннего стока;

K — коэффициент водопоглощения (в мм/мин) почвой, занятой растительным покровом, из которого создается полоса.

В этой формуле выражение $0,028 V \sqrt{\lg \alpha} L$ соответствует нашему $h(1+kl)$, но не полностью совпадает с последним по количественному значению, так как в нем значение уклона представлено дважды (прямо — в виде $V \sqrt{\lg \alpha}$ — и в величине секундного расхода).

Совпадение получается лишь для уклона 0,05. При уклонах больше 0,05 расчетное количество воды (в мм/мин), поступающее на некоторую нижележащую площадь, получается завышенным, при уклонах меньше 0,05 — заниженным. Отклонению уклона в ту или другую сторону на 0,01 (от 0,05) соответствует разница в расчетном количестве воды, приблизительно равная 4–5 мм/мин. На отклонение расчетных величин оказывает некоторое влияние и коэффициент 0,028.

¹ Формула предназначена для расчета ширины полосы по стоку как талых, так и ливневых вод.

Но указанные погрешности и расхождения практически незначительны. Более серьезным недостатком формулы является то, что в ней содержится (в применении к случаю расчета полосы по ливневому стоку) ошибка; обуславливающая значительное занижение расчетной ширины полосы. Так, например, рассчитанная Г. А. Харитоновым ширина полосы в 9 м в действительности должна составлять 13 м. Ошибка состоит в том, что в знаменателе из коэффициента водопроницаемости не вычтена величина интенсивности ливня. Поэтому для расчета ширины полосы по ливневому стоку формула эта непригодна¹.

Нельзя согласиться с Г. А. Харитоновым (1938) и по существу вопроса, когда он считает, что в условиях центральной части лесостепной зоны полоса в 9 м может поглотить ливневой сток «при длине линии тока в 250 м, максимальном секундном расходе 32 л/га, среднем уклоне 0,05 и при коэффициенте водопоглощения 6 мм/мин».

Конечно, полоса шириной 13 м (а не 9 м; эта величина получается при неправильном расчете по формуле Г. А. Харитонova) могла бы поглотить этот сток, если бы действительно коэффициент водопоглощения составлял 6 мм/мин. Но надо иметь в виду, что автор определял не реальную, а максимальную водопроницаемость, притом под старыми лесными насаждениями, под которыми почва никогда не распаивалась (насаждения подвергались только вырубке). Вода подавалась на площадь 5 м², ограниченную специальной рамой, и, так как она была разделена на секции, то вода даже при наличии значительного уклона почти сплошным слоем покрывала лесную почву (Харитонов, 1940).

В действительности в условиях лесостепи полоса шириной 13 м не может справиться с поглощением ливневого стока, равно как не может быть полностью перехвачен и поглощен сток с пахотных угодий при его коэффициенте 0,15 и «лесистости около 5%, расположенной по гидрографической сети» (Харитонов, 1940).

Для того чтобы дать ориентировочный расчет ширины водорегулирующей полосы, предварительно надо исследовать реальную водопроницаемость типичных участков лесной почвы с определенными уклонами, которая даст представление о водопоглощающей способности почвы под будущим насаждением. Для этой цели следует использовать метод искусственного дождевания в комбинации с подтоком или метод стоковых площадок и при помощи одного из них получить максимальную величину коэффициента стока с полей. Можно также использовать данные о секундном расходе максимального ливневого стока с большого водосбора.

Имея эти данные, можно сделать ориентировочный расчет ширины водорегулирующей полосы по формуле:

$$X = \frac{h(1+kl)}{W-h}, \quad (6)$$

где X — расчетная ширина полосы (в м);

h — максимальная интенсивность ливня (в мм/мин);

k — максимальная величина коэффициента стока к концу ливня;

l — длина линии тока (в м) от водораздельной линии до полосы;

W — интенсивность реальной водопроницаемости водорегулирующей полосы (в мм/мин) (по опытным данным, полученным на типичных участках лесной почвы)².

¹ Для расчета ширины полосы на поглощение талых вод эта формула пригодна.

² Величина реальной водопроницаемости W (как и коэффициент стока k) в зависимости от уклона, разумеется, будет изменяться; значение уклона входит в эту величину при ее определении.

В предлагаемой формуле в знаменателе величина интенсивности ливня вычитается из величины реальной водопроницаемости (чего нет в формуле Г. А. Харитонова), так как в числителе дается количество воды, входящее в полосу только в виде подтока, и не учитывается поступление ее сверху, в виде ливня.

Например, сток при ливне с интенсивностью 1 мм/мин, к концу которого коэффициент стока будет составлять 0,15, может быть полностью поглощен полосой, отстоящей на 300 м от водораздельной линии, если ее реальная водопроницаемость будет составлять к концу ливня 2 мм/мин, а ширина будет равняться 46 м ($\frac{1 + 0,15 \cdot 300}{2 - 1} = 46$).

Следует отметить, что реальная водопроницаемость к концу ливня при насыщенности почвы водой, равная 2 мм/мин, — величина значительная, коэффициент же стока 0,15 нельзя считать завышенным. Поэтому, надо полагать, ширина водорегулирующей полосы в 45—50 м при длине линии стока 300 м для условий лесостепи не является преувеличенной.

Возникает вопрос: может ли быть полностью поглощен сток полосой при заданных выше условиях? Теоретически на этот вопрос можно ответить отрицательно по следующим соображениям.

Выше отмечалось, что при увеличении интенсивности подтока реальная водопроницаемость почвы повышается, а при уменьшении его — понижается. Это же явление, повидимому, имеет место и при наличии лесной подстилки. На этом основании можно полагать, что интенсивность реальной водопроницаемости — в нашем примере 2 мм/мин — сохранится на этом уровне лишь в том случае, если через всю ширину полосы будет проходить масса воды приблизительно с одинаковой интенсивностью. Но так как ширина полосы рассчитана на полное поглощение воды, то ясно, что интенсивность подтока воды, вследствие ее поглощения, по мере продвижения ручьев вглубь полосы будет ослабевать. Поэтому интенсивность реальной водопроницаемости к нижнему краю полосы также будет падать. Следовательно, поглотится не вся вода ручьев, какая-то часть пройдет через полосу.

Отсюда следует, что для того, чтобы полоса полностью поглощала сток, ее ширина должна быть увеличена по сравнению с расчетной. Но тогда уменьшится коэффициент ее полезного действия, так как нижняя часть полосы будет «работать» не на полную мощность.

Исходя из сказанного, было бы целесообразно создавать большее число водорегулирующих полос за счет уменьшения их ширины и сокращения межполосных расстояний, так как две полосы в сумме способны поглотить большее количество стекающей воды, чем равная по площади и водопоглощающей способности одна полоса. Кроме того, как известно по мере движения к нижней части склона сток концентрируется во все более крупные ручьи. При уменьшении расстояний между водорегулирующими полосами сток будет подходить к ним более равномерно, более мелкими ручьями, и поэтому будет поглощаться с большей интенсивностью, чем при наличии более широких полос, но расположенных реже. Понятно также, что в первом случае будут меньше развиваться процессы смыва, чем во втором.

Все вместе взятое указывает, что при создании системы водорегулирующих полос целесообразно ту общую расчетную ширину, при которой полоса способна поглотить сток, распределить по склону в виде нескольких более узких полос, расположенных на сближенных расстояниях, например, вместо двух полос шириною по 60 м заложить три по 40 м. Разумеется, и ширина водорегулирующих полос, и расстояния между ними по

возможности должны уточняться на местах (если это возможно по условиям расположения границ землепользования, полей севооборотов и т. д.) с учетом современных требований механизации.

Следует иметь в виду еще одно обстоятельство — наличие ложбин на склонах. Ложбинность способствует сильной концентрации стока и тем самым сильно снижает водорегулирующую эффективность лесных полос. При наличии ложбин подтекающая вода впитывается лишь той частью полосы, где проходит русло ручья или потока. Так, например, при частоте ложбин в среднем 50 м в «работе» по впитыванию может находиться лишь около 4—5% площади полосы. Увеличивать ширину полосы в таких случаях бесполезно, так как стекающая с полей и концентрирующаяся в ложбинах вода в ряде случаев не может быть поглощена почвой даже при полном облесении ложбины. В таких условиях необходимо комплексное применение противоэрозионных мероприятий.

В связи с тем, что в настоящее время нет подходящих объектов, на которых можно было бы ориентировочно определить реальную водопроницаемость будущих насаждений, трудно установить ширину лесных полос, которые могли бы эффективно регулировать ливневой сток на наших щебнистых почвах тяжелого механического состава и подобных им при условии их распахки, вполне возможной при несколько меньших уклонах. Следовательно, по данному вопросу возможно высказать только некоторые соображения более общего порядка.

Так, если бы даже принять расстояния между водорегулирующими полосами в 150 м и коэффициент стока при 30-минутном ливне интенсивностью 1 мм/мин, равным 0,4 (см. площадку 6(2 ц)), то к рубежу предполагаемой полосы вода будет поступать с интенсивностью $1 \cdot (1 + 0,4 \cdot 150) = 61$ мм/мин. Эти высокие значения коэффициента и интенсивности стока говорят о том, что регулировать их только лесной полосой нельзя, тем более, что в Нижнем Поволжье изредка разражаются ливни намного большей силы, чем ливень, принятый для расчета, и что неблагоприятные лесорастительные условия территории представляют затруднения для быстрого создания насаждения с высоким водопоглощающим эффектом. Поэтому вопрос о регулировании ливневого стока в условиях правобережья Нижней Волги, как и других сильно эродированных территорий, может решаться только при проведении комплекса противоэрозионных мероприятий в системе соответствующей организации территории.

Наряду с этим следует иметь в виду, что даже та часть стока, которая поглощается лесными полосами, представляет собой невосполнимые потери полезной для полей влаги. Поэтому необходимо стремиться к возможно более полному задержанию стока на полях агротехническими приемами.

Выводы

Из изложенных выше материалов об образовании дождевого и ливневого стока следует:

1. Коэффициент дождевого (ливневого) стока, вследствие зависимости его от многих факторов, изменяется в весьма широких пределах. Для всех разностей почв склона, находящихся в состоянии залежи и целины и подвергшихся искусственному дождеванию (в том числе песчаных), коэффициент стока оказался очень высоким. Особенно высокие величины его (60% и выше) можно констатировать для среднескелетной каштановой почвы в состоянии залежи. Это положение не вяжется с широко распро-

страненным представлением о том, что щебнистые почвы якобы являются сильно водопроницаемыми, в связи с чем на них отсутствуют условия для формирования стока.

2. На обработанной, несколько слежавшейся почве, уже испытавшей ранее воздействие ливня, коэффициент стока резко повышается по сравнению с коэффициентом при первом ливне. Одной из главных причин, наряду с некоторым уплотнением почвы, является выравнивание ее поверхности, способствующее быстрой концентрации воды в струи и ручьи и сокращающее этим площадь контакта почвы со сплошным слоем воды. Рыхление поверхности даже на глубину нескольких сантиметров значительно сокращает в этом случае коэффициент стока.

3. Скорость стока на залежи, когда он протекает еще распыленно, не превышает 9 см/сек. При обработке поверхности скорость стока резко возрастает (в 2—3 раза) и достигает в тех же условиях уклонов и расходов величины 18 см/сек.

4. Нарастание толщины слоя воды во время дождя (если бы сток проходил сплошным слоем) вниз по склону может быть выражено уравнением:

$$A = kt(1 + kl).$$

5. На основании исследования реальной водопроницаемости и стока при искусственном дождевании, принимая во внимание вышеприведенное выражение для толщины слоя воды, предлагается формула для ориентировочного расчета ширины водорегулирующей лесной полосы:

$$x = \frac{h(1 + kl)}{W - h}$$

и методика для определения входящих в нее величин.

ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ, СТОК И СМЫВ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО СНЕГОТАЯНИЯ

Сток

Размеры стока в период весеннего снеготаяния обуславливаются весьма слабой водопроницаемостью мерзлой почвы или иногда полной ее непроницаемостью для воды. Тот факт, что мерзлая почва способна пропускать воду, впервые был отмечен А. А. Шалобановым (1903).

Более обстоятельно осветил это свойство почвы Н. А. Качинский (1927) на основании опытов и наблюдений в природной обстановке. Он отмечает пятнистый характер водопроницаемости и непроницаемости для воды переувлажненной мерзлой почвы, «представляющей сплошной оледенелый слой».

Н. Ф. Созыкин (1940) экспериментально показал, что мерзлая подзолистая почва пропускает воду, однако, только после того, как оттекает сверху на несколько сантиметров. Самый же верхний слой ее, при наличии ледяной корки и будучи «прослоен льдом», для воды непроницаем.

Проницаемость для воды сухой мерзлой почвы подтверждается также примерами зимнего орошения. Так, М. М. Крылов (1939) указывает, что «вода хорошо проникает в сухую мерзлую почву, несмотря на отрицательные температуры перед поливом».

Таким образом, мерзлая почва бывает проницаемой или непроницаемой для воды в зависимости от степени ее увлажнения перед замерзанием и от наличия или отсутствия на ней ледяной корки.

С. И. Небольсин (Небольсин и Надсеев, 1937), проанализировав экспериментальные материалы, полученные на стоковых площадках Московской областной сельскохозяйственной опытной станции (Собакино), пришел к выводу, что коэффициент стока талых вод находится в обратной зависимости от продолжительности таяния, запасов снега, температуры почвы и в прямой зависимости от средней суточной температуры воздуха за время таяния и влажности почвы. Он рассматривает указанные условия как определяющие своевременность оттаивания почвы и готовность к более или менее интенсивному впитыванию талой воды. С. И. Небольсин отмечает также зависимость коэффициента стока от уклона и обработки почвы: на пашне и на озими при уклоне поверхности 0,023 сток больше, чем с залежи на 25—100%.

Многолетние наблюдения С. И. Небольсина показывают, что коэффициент стока в отдельные весны колеблется в пределах от 0,29 до 0,95, а в весну 1930 г. он равнялся 0,01.

По данным Новосильской опытной станции, коэффициент стока талых вод находится в пределах от 0,70 до 0,93 и в среднем составляет 0,85. Максимальный секундный расход весеннего стока составляет около 11 л/га (для водосбора 50 га) при средней величине 5 л/сек с гектара. По этим данным, максимальный модуль ливневого стока в 7—8 раз превышает максимальный модуль снегового стока (Козменко и Ивановский, 1953).

По данным Башкирской научно-исследовательской полеводческой станции, потери воды от весеннего стока в 1940 и 1941 гг. составили соответственно 80—85% и около 45% (Богомоллов, 1945 и 1945а).

П. Г. Кабанов (1938, 1940) на основании 12-летних стационарных наблюдений над весенним стоком в Поволжье (Саратов) делает вывод, что размер весеннего стока в условиях юго-востока зависит главным образом от характера предшествующей осени. При большом количестве осенних осадков и обильном увлажнении почвы последняя сильнее и глубже промерзает зимой и медленнее оттаивает весной, в результате чего сток проходит по замерзшей, слабопроницаемой почве и его коэффициент достигает большой величины. Наоборот, предшествующая сухая осень способствует значительно сокращению весеннего стока. По этим же данным, коэффициент стока на опытном участке в течение 12 лет изменялся от нуля и близких ему величин до единицы. При этом, вопреки существующему мнению, что дружная весна способствует повышению коэффициента стока, утверждается обратное, т. е. что в условиях юго-востока коэффициент стока в среднем бывает ниже при дружном снеготаянии. Зяблевая вспашка немалого уменьшает весенний сток: сток с озими на 30—40% больше, чем с зяби.

Обобщив большой фактический материал, касающийся факторов и размеров стока талых вод с необлесенных и облесенных водосборов в Каменной степи, Г. Ф. Басов (1941) устанавливает прямую зависимость коэффициента стока от осеннего увлажнения почвы.

Согласно данным этого автора, коэффициент стока находится в прямой зависимости от запасов воды в снегу и в обратной зависимости от температуры зимы. Что же касается эффективности лесных полос в отношении регулирования стока, то она очень высока: облесенность в 6% уменьшает сток на 50%, а облесенность в 18% сводит сток почти до нуля.

А. В. Процеров (1948), проанализировав данные метеорологических станций, также пришел к выводу о решающем влиянии предзимнего увлажнения на размер весеннего стока.

По данным Камышинского опытного пункта (Шапошников, 1948), полученным на стоковых площадках, величины стока в весны 1946 и 1947 гг. были следующими (в %):

	Уклон	1946 г.	1947 г.
Посев озимой ржи и жнивье ржи (с перекрестным бороздованием)	0,037	32,8	16,9
Залежь	0,045	76,3	50,1
Люцерна	0,026	48,8	21,3
Сосновый лес в возрасте 41 г.	0,066	14,8	1,0

Из приведенных данных видно, что характер обработки почвы, ее культурное состояние, степень осеннего увлажнения почвы перед ее замерзанием и погодные условия весны в основном определяют водопроницаемость почвы в период снеготаяния и коэффициент стока талых вод. Последний значительно колеблется, особенно на юго-востоке, снижаясь в отдельные годы до 0,0 и поднимаясь в другие до 1,0. Большое влияние на величину весеннего стока оказывает рельеф.

Переходим к рассмотрению наших данных.

В 1948 г. к началу снеготаяния общий запас воды в снегу и ледяной корке, имевшей распространение на площадке 1Б, был определен в 30 мм. Кроме того, уже в период снеготаяния дополнительно выпало осадков в виде снега 22,8 мм, что составило в сумме 52,8 мм. Малая величина снеж-

Таблица 23

Поступление (в виде осадков) и убыль (в виде стока) воды (в мм) на площадке 1Б в период снеготаяния в весну 1948 г.

Период снеготаяния	Дата	Запас воды в снегу и ледяной корке	Выпадение осадков	Сток	Остаток воды на площадке	Коэффициент стока
Первый	7 марта	30,0	0,0	0,0	30,0	1,0
	8 »	30,0	0,0	7,4	22,6	
	9 »	22,6	0,0	0,4	22,2	
	10 »	22,2	2,4	0,0	24,6	
	11 »	24,6	0,0	5,6	19,0	
	12—21 »	19,0	3,5	0,0	22,5	
	22 »	22,5	1,6	10,0	14,1	
	23 »	14,1	2,5	16,0	0,6	
	24 »	0,6	0,0	0,7	-0,1	
Второй	26—27 марта	0,0	11,8	0,0	11,8	0,50
	28 »	11,8	0,0	1,7	10,1	
	29 »	10,1	0,0	3,6	6,5	
	30 »	6,5	1,0	0,15	7,35	
	2 апреля	7,35	0,0	0,94	6,4	
Сток прекратился		Средний коэффициент стока				0,88

ного покрова к началу снеготаяния объясняется тем, что часть снега стаяла во время зимних оттепелей. На южных экспозициях к этому времени снега оставалось значительно меньше, чем на северных.

Время снеготаяния в весну 1948 г. можно разделить на два периода. В течение первого периода (7—25 марта) поля в основном очистились от снега; снег оставался только в лесных полосах, ложбинах, промоинах и других местах скоплений. За этот период снеготаяния коэффициент стока на склоне был близок к 1,0¹.

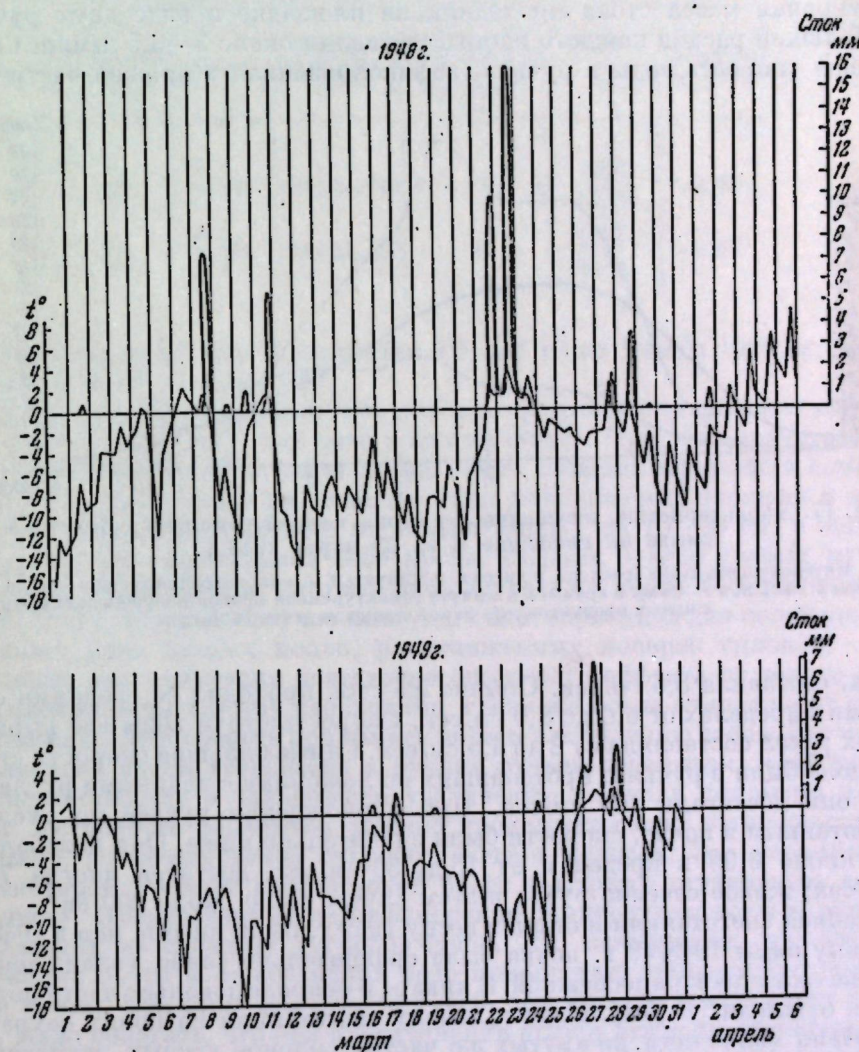


Рис. 16. Температура и сток в период весеннего снеготаяния (площадка Б).

Во второй период, с 26 марта до конца снеготаяния — 2—6 апреля, на почву, оттаявшую сверху на 6—7 см, выпало дополнительно 12,8 мм осадков в виде снега. Коэффициент стока за этот период составил 0,50. Средний коэффициент стока за весь период равнялся 0,88.

Картина поступления осадков и ход снеготаяния и стока на площадке 1Б в весну 1948 г. видна из табл. 23 и рис. 16.

¹ Некоторое превышение коэффициента стока над единицей объясняется неточностью определения запасов воды в снегу и ледяной корке.

Сравнительно невысокий коэффициент стока во втором периоде снеготаяния можно объяснить тем, что снег выпал на оттаявшую с поверхности почву. Суммарное количество воды, потерянное площадкой в виде стока, составило 7438 л, что означает 465 м³/га (46,5 мм).

Ход интенсивности стока в течение 23 марта, когда стекло наибольшее количество воды из всех дней периода снеготаяния, представлен на рис. 17. Падение интенсивности стока после максимума в 12—13 часов следует отнести за счет уменьшения снега на площадке.

Основная масса стока проходила на площадке в виде двух ручьев. Наибольший расход каждого из них составлял около 3—3,5 л/мин. Самая большая скорость воды в ручьях, зафиксированная в нижней части пло-

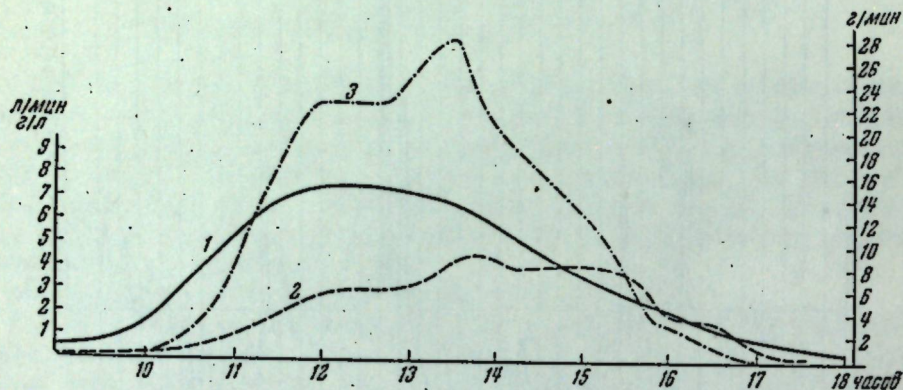


Рис. 17. Характеристика интенсивности стока, концентрации твердого стока и смыва на площадке Б за 23 марта 1948 г.

1 — Интенсивность стока (расход) в литрах в минуту; 2 — концентрация твердого стока в граммах на 1 л; 3 — смыв в граммах в минуту (окопированная кривой площадь дает сумму смываемых продуктов для данной площади всего 5550 г).

щадки, составила 8,6 см/сек. Обычно же сток проходил со средними скоростями в пределах от 6,0 до 8,0 см/сек. Скорость струй воды вне выработанных русел составляла от 2 до 4,5 см/сек. Самые большие скорости стока на склоне были в ручьях, протекавших по ложбинам с ледяными руслами; здесь они достигали 100 см/сек. При прохождении ручьев по руслам, выработанным в почве, скорости были значительно ниже. Они колебались при уклоне 0,09 в пределах от 15 до 50 см/сек, достигая иногда 70—80 см/сек; живое сечение русла в этом случае было около 200 см².

Условия снеготаяния и стока в весну 1949 г. были иными, чем в 1948 г. К началу зимы 1948/49 г. почва была сравнительно слабо увлажненной. Зима же оказалась малоснежной. В январе и феврале довольно часто повторялись оттепели. В результате к началу снеготаяния на полях сохранилось очень мало снега, на крутых же частях склонов южных экспозиций он совершенно отсутствовал. Оставшиеся скромные запасы снега на полях (3—8 см) постепенно таяли на протяжении всего марта под прямым воздействием солнечных лучей при отрицательных температурах воздуха. Талая вода медленно поглощалась мерзлой почвой. В середине третьей декады марта температура воздуха поднялась выше нуля, стали усиленно таять снежные сугробы (в лесных полосах и других местах скоплений) и мелкие острова снега. Зарождавшийся при этом сток в больших количествах поглощался почвой, обнаженной от снега и быстро оттаивавшей с поверхности. Все это привело к тому, что, как показали наблюдения, сток в весну 1949 г. был очень незначительным. Об этом говорят

цифры табл. 27, дающие общее представление о размерах стока по водосбору р. Камышинки в целом.

Тем не менее на наших щебнистых почвах коэффициент стока с площадки 1Б составил 0,84, а с площадки 2Б, где запас воды в снегу и ледяной корке был совсем небольшим, — 0,67 (табл. 24).

Таблица 24

Сток на щебнистых почвах в весну 1949 г.

№ площадки	Уклон	Размер площадки, м ²	Запас воды в снегу и ледяной корке к началу весеннего стока, мм	Сток, л/мм	Коэффициент стока
1Б	0,096	40×4=160	15	$\frac{2023}{12,64}$	0,84
2Б	0,091	50×5=250	6	$\frac{1010}{4,04}$	0,67

Ход стока талых вод с площадки 1Б для весны 1948 и 1949 гг. представлен кривой на рис. 16.

Таяние сугробов снега в лесных полосах продолжалось еще долго (около двух недель) после того, как снег стаял на полях. При этом значительная часть воды впитывалась частично на месте пятнами оттаявшей почвы¹. Другая часть ее стекала на лежащие ниже межполосные площади и здесь частично впитывалась почвой, оттаявшей сверху на 10—20 см, и частично, постепенно прокладывая себе русла, стекала в виде слабых ручьев по уклону. Аналогичная картина наблюдалась и в конце весеннего снеготаяния 1948 г. В данном случае выступает благоприятная для полей увлажнительная роль лесных полос, расположенных поперек склонов.

Однако для получения достаточно ощутимого эффекта от такого рода поступления воды в почву необходимо сразу же после очищения от снега межполосных пространств принимать меры к распылению стока. Это может выполняться путем устройства в руслах ручьев перемычек, которые будут способствовать в дальнейшем увеличению площади покрытия почвы водой. Устройство перемычек должно продолжаться по возможности непрерывно, до исчезновения сугробов снега в полосах. Это мероприятие до некоторой степени способствует более быстрому оттаиванию почвы в глубину. Произведенные нами измерения температуры воды в ручьях, вытекающих из снежных сугробов (табл. 25), показывают, что уже на расстоянии 6—10 м от последних вода приобретает температуру поверхности почвы, при этом чем мельче ручей, тем быстрее нагревается в нем вода. Надо полагать, что при просачивании вглубь эта вода, имеющая температуру поверхности почвы, будет способствовать оттаиванию нижележащего слоя мерзлой почвы.

Обратимся к вопросу о нарастании толщины слоя талых вод вниз по склону (если представить прохождение стока в виде сплошного слоя). Это нарастание может быть представлено в виде эмпирического выражения:

$$A_2 = 0,0062 \, q l,$$

где A_2 — интенсивность поступления воды на данный рубеж (в мм/мин);
 q — секундный расход стока (в л/сек с 1 га);

¹ Оттаивание почвы определялось путем прощупывания металлической шпилькой.

Таблица 25

Температура воды в ручьях (в °С) на различных расстояниях от питающих их сугробов (1948 г.)

Дата	Местоположение	Температура				
		воздуха	поверхности почвы	воды на расстоянии от тающего снега (в м)		
				рядом	4	6—10
28 марта	Щебиный склон Водораздельная площадь. Полоса	3	7	0	4	7
				0	1	1,5
				0	2,5	3,5
				0	4,5	8,5
29 марта	То же	1,5	6,5	0	3	6—6,5
3 апреля	» »	4	8	0	3,5	7

l — длина склона или его изолированного участка (в м), для которого производится расчет величины A_2 .

На основании этого выражения можно легко написать для ориентировочного расчета ширины водорегулирующей полосы, способной эффективно поглощать сток талых вод, следующую формулу:

$$X = \frac{0,0062gl}{W},$$

где X — ширина полосы в метрах;

W — реальная водопроницаемость почвы под полосой в период весеннего стока (в мм/мин).

Эта формула аналогична приведенной выше формуле Г. А. Харитонова (в нашем выражении отсутствует N — ширина опущенной части полосы, остающейся промерзшей к началу весеннего стока).

Однако следует отметить, что расчет по этим формулам ширины водорегулирующей полосы, предназначенной для поглощения весеннего стока, представляет определенное затруднение, так как остается довольно неопределенной величина реальной водопроницаемости. Дело в том, что в условиях юго-востока и, в частности, на Камышинском опытном пункте почва под полосами, как правило, сильно промерзает (до 40—60 см и больше) и не успевает оттаять ко времени прохождения талых вод с межполосных пространств. Поэтому она бывает неспособна к интенсивному поглощению стока. Лишь в отдельные годы (как, например, весна 1949 г.), отличающиеся небольшим стоком с полей, почва под полосами успевает оттаять к моменту его прохождения.

Поэтому при расчетах ширины водорегулирующих полос, повидимому, наиболее целесообразным было бы ориентироваться на поглощение ими ливневого стока. Наряду с этим они, конечно, будут функционировать и в период весеннего стока, но эффективность поглощения талых вод весной в разные годы будет различной.

Смыв почвы

В гидрологии речные наносы, влекомые по дну и переносимые во взвешенном и растворенном состоянии, принято называть твердым расходом или твердым стоком (Огиевский, 1936). Иногда под твердым стоком подразумевают лишь взвешенные и влекомые наносы (без растворенных веществ). В дальнейшем при изучении эрозионных процессов мы будем придерживаться этого последнего понимания твердого стока.

Твердый расход (сток) выражают как в абсолютных цифрах — в граммах в секунду или в килограммах в секунду (проносимые через живое сечение русла), так и в относительных — в килограммах на куб. метр — и называют его мутностью. В данной работе затруднительно обходиться одним термином «мутность», тем более при таком общем его значении. Наряду с тем, что при анализе экспериментальных данных нам приходится отдельно учитывать взвешенные и донные фракции, возникает необходимость характеризовать также и суммарную насыщенность ими единицы объема стока. Поэтому мы считаем целесообразным термин «мутность» оставить для характеристики фракций, переносимых во взвешенном состоянии. Суммарное же количество твердого стока в единице объема будем называть «концентрацией твердого стока». Ввиду малых расходов поверхностного стока в качестве единицы объема возьмем литр.

Таким образом, под концентрацией твердого стока мы будем понимать суммарное весовое количество твердых продуктов, транспортируемых во взвешенном состоянии и влекомых по дну русла (в граммах), приходящееся на 1 л жидкого стока.

В отличие от нее, мутность — это весовое количество твердых продуктов, переносимых во взвешенном состоянии, содержащееся в 1 л жидкого стока.

В весну 1948 г., до 22 марта включительно, сток на площадке 1Б проходил по руслам, выработанным в корке льда, и лишь кое-где — по замерзшей почве. Поэтому во все эти дни концентрация твердого стока была ничтожной — она не превышала 0,5 г/л. 23 марта из-под ледяной корки стала обнажаться поверхность почвы, одновременно с этим оттаивая. Вследствие этого концентрация твердого стока резко возросла, достигнув к 14 часам 4,5 г/л (см. кривую на рис. 17). Концентрация твердого стока определялась при помощи мутномера через каждые 15—30 минут и дублировалась через 30 минут — 1 час путем наполнения литровых стеклянных банок с последующим отстаиванием в них муты, высушиванием и взвешиванием¹.

Кривые (рис. 17) показывают, что концентрация твердого стока 23 марта достигла наибольших величин тогда, когда сток (его интенсивность) шел уже на убыль, вследствие все большего уменьшения запаса снега на площадке. На основании кривых интенсивности стока (расхода воды) и концентрации твердого стока, путем перемножения значений точек, находящихся на одинаковом удалении от оси ординат, построена кривая, изображающая ход интенсивности смыва в течение 23 марта. Эти и другие данные о величине и интенсивности стока и концентрации твердого стока позволяют рассчитать величины смыва почвы с 1 га. Так, за первый период снеготаяния с площадки в 160 м² смыто 6,37 кг, что составляет при пересчете на 1 га около 400 кг; общее количество смытой за весь период снеготаяния почвы в 1948 г. составило около 0,5 т/га.

В первые дни снеготаяния на склоне в целом, как и на площадках, вода в ручьях была довольно прозрачной. Резкое помутнение ее наступило 23 марта, когда обнажилась из-под снега значительная часть поверхности почвы. Подобная же картина хода мутности стекающей воды во времени наблюдалась и в весну 1949 г.

Данные о мутности ручьев на склоне на 28 марта 1949 г., когда она достигла наибольшей величины, приведены в табл. 26. Надо заметить, что мутность не полностью отражает интенсивность выноса мелкозема, так как в нее не входит та часть его, которая передвигается по дну русел.

¹ Ввиду того, что пробы брались с лотка (а не в ручьях), концентрацию твердого стока можно было определить по мутномеру путем сравнения осадка с эталоном.

Таблица 26

Мутность воды в ручьях 28 марта 1949 г. (по мутномеру)*
(уклоны 0,08—0,11)

Местоположения ручьев, где брались пробы на мутность	Приблизительная характеристика ручья (скорость, расход) или его русла	Мутность, г/л
Борозда у площадки 1	Слабый, v (скорость) = 15 см/сек	30
Нижняя часть склона	Ледяное русло, ручей небольшой	6
	Ручей довольно сильный, $v = 50$ см/сек; в месте взятия пробы ледяное русло	14
	Небольшой ручей	30
	Довольно крупный ручей	24
	Крупный, $v \approx 70-80$ см/сек, расход 8 л/сек	20
Дорога, растительность отсутствует	Мелкий ручей	40
Нижняя часть склона	Выработанное русло отсутствует, вода продвигается широким фронтом по поверхности, покрытой пылью	0,5
	Промойна, расход 2,5—3 л/сек	36
	Тот же ручей после прохождения поверхности, покрытой щебенкой	8
	Ручей средних размеров при подходе к снежному сугробу	28—30
	Он же по выходе из-под снега	7—8
Нижняя часть склона, менее подверженная скотобойю	$v = 25$ см/сек, расход 2,5—3 л/сек, ручьи средней силы	8
		4
		10
		10
		20
Крупная промойна, заполненная снегом	Сильный ручей	0,3—0,4
Средняя часть склона	Расход около 1 л/сек	7—8
Поле, находившееся под бахчей. Средняя часть склона; с верхней части сносится тонкопесчаный материал	Ручьи средней силы, движутся по ложбинам	25
		40
		24
		22
		25
		80
		40
		25
		100
	Расход ручья 3—5 л/сек, пульсирует	100—200—80
Водораздельная площадь	Ручей средних размеров	7—8

* При больших величинах мутности ручьев сравнение взятых проб с эталоном (пробирами мутномера) производилось по осадку.

Из таблицы видно, что от ручья к ручью мутность изменяется часто в огромном диапазоне, достигая в некоторых ручьях очень больших величин, причем часто это не находится даже в связи с живой силой того или иного ручья. Это указывает на различную податливость русел стока размыву (вследствие оттаивания почвы и других причин).

Обращает на себя внимание явление пульсации мутности и скоростей в некоторых ручьях. Поток (ручей), развив значительную скорость, берет предельно большую нагрузку по переносу твердых продуктов (мелкозем), которая соответствует лишь этой скорости, развитой при меньшей нагрузке. Но увеличение до предела массы взмученного материала, т. е. увеличение совершаемой потоком работы, сейчас же приводит к падению скорости течения. Следствием этого падения является частичное отложение мелкозема, сопровождающееся характерными явлениями — образованием волновой ряби в днище ручья в самом потоке. Частичная «разгрузка» ручья снова приводит к нарастанию скорости течения, что опять способствует повышению работы по переносу мелкозема, и т. д.

Это явление бывает выражено наиболее ярко на песчаных и супесчаных почвах при значительных уклонах, где твердые продукты легко отрываются и захватываются водой, вследствие чего поток и получает в определенные моменты перегрузку.

Вообще, когда вода течет по слабошероховатой (относительно) поверхности, мало поддающейся разрушению, например по замерзшим или оледенелым руслам, то ввиду незначительной работы, совершаемой ею по переносу твердых частиц, она развивает большую скорость. При вступлении же в русла, способные размываться, она «включается» в работу, частично теряя при этом свою скорость.

Таким образом, если рассматривать энергетические показатели данного ручья, то можно видеть обратную зависимость между его живой силой и совершаемой им работой.

А. Н. Костяков (1938) пишет, что «текущая по поверхности склонов вода обладает механической силой, пропорциональной ее живой силе $\frac{mv^2}{2}$, где m — масса стекающей воды, а v — скорость стекания». Живая сила $\frac{mv^2}{2}$ выражает здесь лишь потенциальную возможность произвести

работу (по переносу твердых продуктов), и как только начинает совершаться эта работа, так соответственно уменьшается живая сила ручья. Это одно из проявлений закона сохранения энергии.

Следует подчеркнуть, что масса воды, на которую приходится высокая мутность, составляет небольшой процент от общей массы стока. В весну 1948 г. она составила, если судить по площадке 1Б, 25,6%, или 12 мм. В 1949 г. она определяется более высокой относительной величиной — около 85%, что связано с малыми запасами снега к началу снеготаяния, но ее абсолютная величина — около 11 мм. Таким образом, в первом приближении можно сказать, что главная масса твердых продуктов была удалена водой, соответствующей 12-миллиметровому запасу ее в снегу. Лишь это количество воды производит смыв почвы в период весеннего стока. Остальная же масса талой воды скатывается по закрытой снегом (или ледяной коркой) почве и не причиняет ей большого разрушения. Само собой разумеется, что это происходит лишь в тех случаях, когда снег распределен равномерным слоем по всей поверхности или же когда его мощность увеличивается к нижней части склона, защищая почву от смыва во время прохождения главной массы талых вод.

По нашим наблюдениям, вода, проходящая даже большой массой по ложбинам или промоинам, заполненным уплотненным снегом, не производит размыва. Наоборот, в таких местах на поверхности снега происходит кольматаж значительной массы твердых продуктов (рис. 18).

Общую характеристику размеров стока и выноса твердых продуктов с водосбора р. Камышинки в целом дает табл. 27. Из этой таблицы, как и из данных, полученных на площадке 1Б, следует, что наибольший смыв почвы и размыв происходят в конце снеготаяния, когда на значительной площади обнажается из-под снега и оттаивает с поверхности почва.

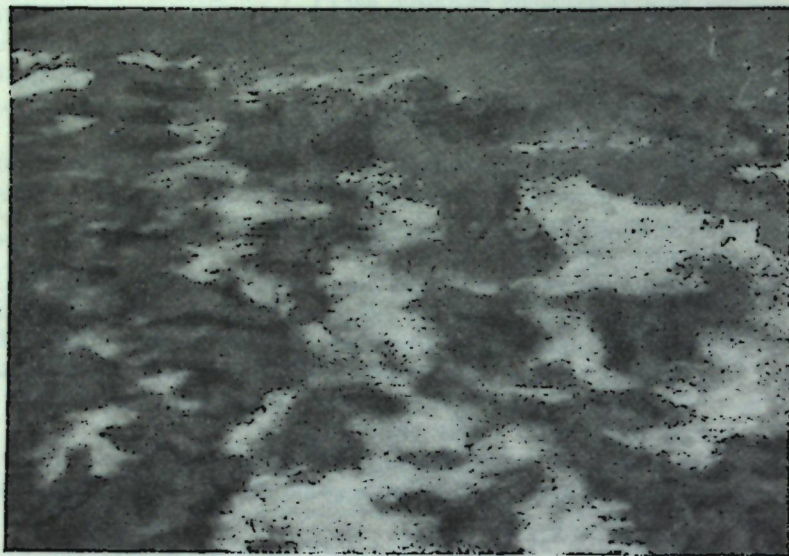


Рис. 18. Кольматаж продуктов смыва на поверхности снега (в ложбине).

Если принять, что интенсивный вынос твердых продуктов совершается ежедневно в течение 6—7 часов, то за весь период снеготаяния и стока 1948 г. Камышинка без своих притоков — р. Елшанки и суходола Кирпичного, которые впадают в нее ниже, — выбросила в Волгу около 50 тыс. м³ мелкозема, а если учесть и влекомые наносы, то эта цифра повысится до 80—100 тыс. м³. Высокая мутность воды (1948 г.) в р. Камышинке свидетельствует о наличии процессов смыва и размыва на водосборе.

Оттаивание почвы и ее влажность

Высокие коэффициенты стока на наших почвах определяются своеобразными условиями их оттаивания.

Н. А. Качинский (1927) различает два типа оттаивания почвы. «Первый тип, когда почва целиком размрзается снизу еще до схода снега за счет тепла глубинных горизонтов». При втором типе «размерзание почвы идет в двух направлениях: снизу, за счет тепла глубинных горизонтов, и сверху, после схода снега, за счет солнечного тепла». «Второй тип размерзания почвы (с поверхности) невозможен, если почва перекрыта снегом и если нет затечи талых вод под снегом со стоны».

Таблица 27

Режим вод в р. Камышинке в период весеннего стока и выноса ими твердых продуктов

Дата	Скорость воды *, м/сек	Приблизительный расход, м ³ /сек	Мутность **, г/л	Количество твердых продуктов, проходящее через поперечное сечение реки в 1 сек, кг
Весна 1948 г.				
8 марта . . .	2,5	6—7	2	12—14
11 » . . .	2,5—3,0	9—12	3	27—36
22 » . . .	3,0—3,5	18—21	6	108—126
23 » . . .	3,5—4,0	25—28	9	225—252
24 » . . .	3,5—4,0	25—28	20	500—560
4 апреля	3,0	12	40	480
5 »	3,0	12	40	480
7 »	1,0	0,6	2	1,2

Весна 1949 г.

28 марта	1,2	0,85	4	3,4
29 »	1,1	0,75	4	3
2 апреля	1,3	1,0	5	5
3 »	2,0	3,0	7	21
4 »	1,4	1,7	6	10,2

* Измерения скоростей течения производились при помощи поплавка на протяжении 50 м в 16.00 часов.

** Пробы на мутность брались у поверхности воды путем наполнения литровой стеклянной банки.

Оттаивание щебнистых и нещебнистых почв на нашем склоне, как и на других территориях района г. Камышина, в весны 1947, 1948, 1950 и 1952 гг. происходило главным образом сверху; оно начиналось после полного исчезновения снега в каждой данной точке. Этот тип оттаивания, повидимому, наиболее характерен для случаев, когда почва замерзла в сильно влажном состоянии (слабовлажная мерзлая почва отличается значительной водопроницаемостью). Однако оттаивание почвы после полного схода снега происходит только на полевых и других безлесных участках, где мощность снежного покрова невелика. В лесных же насаждениях, например в лесном массиве Камышинского лесомелиоративного опытного пункта и лесных полосах, имеющих более мощный снежный покров (35—40 см и больше) и лесную подстилку, оттаивание почвы идет иначе.

Сверху почва вначале оттаивает пятнами (это легко обнаруживается при прощупывании металлической шпилькой), затем процесс оттаивания распространяется на всю ее поверхность. В результате, как показали измерения на двух стоковых площадках, в указанные годы сток в лесу отсутствовал. В некоторых местах лесного массива он происходил, но был крайне незначительным и питался главным образом за счет снега дорог и малоснежных опушек.

Учитывая, что при таянии температура снега поднимается выше нуля и находится на уровне +0,1, +0,2° и выше (Небольсин, 1925; это же подтверждается и нашими данными), можно полагать, что оттаивание

почвы сверху при наличии снежного покрова идет за счет теплоты просачивающейся в почву талой воды, которая также имеет температуру несколько выше нуля.

Оттаивание почвы сверху на глубину 7—10 см происходит преимущественно после двух-трехдневной оттепели. В дальнейшем оно быстро увеличивается.

Во время ночных заморозков и даже в периоды похолодания оттаявший поверхностный слой предохраняется от повторного промерзания снегом и подстилкой; при наступлении оттепели этот процесс продолжается до полного оттаивания почвы.

Следует отметить, что в описанных условиях ледяная корка в лесу к началу снеготаяния, как правило, отсутствует. Исключение составляют лишь небольшие участки приствольных кругов, где снег успевает стать зимой.

Описанный тип оттаивания почвы наблюдался нами и на полях под сугробами снега мощностью 50—60 см, а в 1949 и 1951 гг. и при нормальной мощности снежного покрова.

Таким образом, можно констатировать, что на каштановых почвах (а согласно нашим последним данным, и на черноземах Заволжья) оттаивание сверху происходит не только после обнажения почвы из-под снега, но, при соответствующих условиях, также и при наличии снежного покрова — за счет тепла воды, просачивающейся в почву из тающего снега.

Этот тип оттаивания наблюдается при отсутствии ледяной корки и небольшой прослоенности верхнего слоя почвы льдом; так бывает, когда почва замерзает в более или менее сухом состоянии и не переувлажняется во время оттепелей. Чаще всего оттаивание сверху при наличии снега наблюдается: 1) на почвах, вспаханных под зябь, а также не сильно обесструктуренных и уплотненных обработкой и 2) при повышенном количестве снега, что наиболее часто встречается в лесу, лесных полосах и в местах снегозадержания. При таком характере оттаивания почти вся талая вода поглощается почвой и коэффициенты стока бывают минимальными. Полного оттаивания почвы снизу (под снегом) за счет тепла глубинных горизонтов нами вообще не наблюдалось.

Некоторые материалы о влажности оттаивающей почвы представлены в табл. 28.

Эти данные прежде всего говорят о крайне небольшом количестве талой воды, впитавшейся в почву. Наибольший интерес представляет факт очень резкого изменения влажности поверхностного слоя почвы в связи с его последовательным оттаиванием и замерзанием (во время утренних заморозков). Так, например, влажность образцов оттаявшей сверху почвы, взятых в середине дня, составляет около 40%¹. Образцы же, взятые в том же месте утром следующего дня с поверхности мерзлой почвы, имели влажность более 60%. Этот опыт много раз повторялся нами, и всегда результат, в смысле порядка величин, был один и тот же.

Изменение влажности верхнего слоя почвы в таком большом диапазоне в течение суток под влиянием замерзания и оттаивания нельзя объяснить передвижением воды в парообразной форме. Такое объяснение можно дать, допустив лишь капиллярное передвижение большой массы воды к замерзающей поверхности. В данном случае наблюдается та же картина, что и при образовании ледяной корки. Она может образоваться не только в результате замерзания на поверхности талой воды, но и вслед-

¹ Непосредственно перед этим был проведен опыт с искусственным подтоком, о чем будет сказано ниже.

Таблица 28

Влажность оттаивающей почвы в период весеннего снеготаяния 1948 г.

Состояние поверхности	Дата взятия образца	Глубина промерзания почвы, см	Глубина оттаивания почвы сверху, см	Влажность почвы в %, и абс. сухой навеске на глубине, см				
				2—4	10	20	30	40
Многолетняя (15 лет) залежь	9 марта	35—40	0	58,3	26,1	24,2	14,1	15,1
	24 »	35—40	5—7	37,9	—	—	—	—
	2 апреля	30—35	0	51,6	25,7	27,6	17,5	15,8
	6 »	0	Полное	29,4	25,3	27,9	16,6	16,6
Площадка с зяблевой обработкой	9 марта	Не опр.	2—3	41,6	Образцы влажной почвы взяты непосредственно после опыта с подтоком			
	24 »	»	5—6	39,3				
	25 »	»	0	60,8	Образцы взяты на следующий день утром. Почва промерзла			

ствие притока воды по капиллярам из незамерзшего насыщенного водой верхнего слоя почвы. Этому способствует образовавшийся на поверхности почвы тонкий слой льда, который затем «начинает сосать воду из незамерзшей почвы» (Туманов, 1940).

Физическая сущность явления притока воды к замерзающему слою почвы, по нашему мнению, состоит в следующем. Тончайший поверхностный слой почвы при замерзании прослаивается кристаллами льда, имеющими непосредственный контакт с капиллярной влагой почвы. Эта влага постоянно стремится образовать на поверхности ледяных частиц (или на структурных отдельностях, затянутах льдом) поверхностную пленку. Однако пленка быстро замерзает, и вода как жидкая фаза изымается. В результате воздействия поверхностных сил следующие порции воды подтягиваются к замерзающему слою и также превращаются в лед. Ввиду того, что почвенные поры образуют единую мозаику, вода по ним беспрепятственно продвигается вверх. При достаточно низкой температуре и наличии капиллярной влаги этот процесс проходит довольно быстро. Он сопровождается увеличением объема почвы и некоторым поднятием ее поверхности, что нередко приводит к выпиранию растений (Клушный, 1935).

При оттаивании верхнего слоя почвы высвобождающаяся вода, не удерживаемая почвой, быстро опускается вниз, сильно понижая тем самым влажность верхнего слоя.

Описанное явление наблюдается только в сильно увлажненной почве. Поэтому оно наиболее ярко проявляется весной, когда поверхность почвы периодически замерзает и оттаивает в течение суток. Наоборот, в начале

зимы, особенно когда почва замерзает в более или менее иссушенном состоянии, это явление выражено слабо; вода в виде льда у поверхности накапливается медленно, главным образом после оттепелей¹.

Опыты с искусственным подтоком

Искусственный подток в период весеннего стока в основном был проведен на тех же площадках, которые подвергались дождеванию летом 1947—1948 гг.

В большинстве случаев на площадки подавалось 100 л воды, в других опытах — больше или меньше, в зависимости от способности мерзлой (оттаивающей) почвы поглощать воду. Подток осуществлялся при различной глубине оттаивания почвы с поверхности, а на песчаной почве — при полном ее оттаивании. Он проводился на многолетней залежи, на почве, взрыхленной осенью предыдущего года, и на почве, взрыхленной перед опытом.

По интенсивности подачи воды на площадку выдерживались в основном два варианта: 6 л/мин (3,5 л на погонный метр) и 3 л/мин (1,75 л на погонный метр площадки).

Вода для подтока бралась из ручьев, протекавших по ложбинам с ледяными или снежными руслами, и была достаточно прозрачна (мутность около 0,05—0,2 г/л). Ее температура к моменту попадания непосредственно на площадку поднималась выше нуля, так как, проходя через воронку и водослив-распределитель, она несколько подогревалась.

Материалы по результатам искусственного подтока сведены в табл. 29. Оттаивание почвы и водопоглощение при искусственном подтоке приведены в графах 5, 6 и 13. Как видно из этих данных, при проведении подтока наблюдалось значительное оттаивание почвы, которое могло произойти только при соприкосновении мерзлого слоя с просачивающейся водой за счет ее тепла.

Различные глубины оттаивания почвы во время подтока, повидимому, находятся в зависимости от степени прогретости верхнего оттаявшего слоя почвы перед началом каждого опыта.

Водопоглощение на экспериментальных площадках следует рассматривать не только как просачивание воды вглубь мерзлого слоя, но и как размещение ее в оттаявшем за время опыта слое до полного его насыщения².

В некоторых опытах (площадка 15, 24 марта) при повторном подтоке интенсивность впитывания не уменьшается, а увеличивается, что связано с дальнейшим оттаиванием почвы (менее увлажненный нижележащий мерзлый слой почвы более водопроницаем).

Абсолютная величина интенсивности водопоглощения выражается сотыми долями миллиметра в минуту и редко достигает 0,1 мм/мин (графа 13). В нижней части склона (площадка 18) эта величина выше, чем в средней, что следует объяснить отчасти различием в степени покрытия поверхности почвы скелетом, способствовавшим распыленному прохождению стока на площадке 18, и отчасти тем, что поверхность почвы здесь к началу опытов, проведенных в более поздние сроки, была более иссушенной. На невзрыхленной почве интенсивность водопоглощения при подтоке выше, чем на взрыхленной.

¹ В сезонном разрезе процесс сосредоточения воды у поверхности почвы и накопления ее в виде льда подробно описан Н. А. Качинским (1927).

² Из табл. 28 видно, что уже на глубине 10 см мерзлая почва содержит гораздо меньшее количество воды, чем то, которое эта почва способна вместить в себе в незамерзшем состоянии.

28 марта был поставлен опыт по определению водопроницаемости мерзлой щебнистой почвы при сплошном заливе ее поверхности. Для этого в выдолбленный в ней четырехугольник ($35 \times 30 = 1050 \text{ см}^2$) глубиной 3—3,5 см была залита вода слоем 1,5—2,5 см. Температура воды перед заливом составляла 1,5°; вскоре после залива она поднялась до 4°, а через 40 минут, к концу опыта, — до 7°. Температура воздуха во время опыта была 2,5°. За 40 минут впиталось 9 мм воды. Таким образом, водопроницаемость почвы равнялась 0,225 мм/мин. За время опыта почва оттаяла на 4—8 см, а в отдельных местах — на 20 см (по металлической шпильке). Этот опыт показал, что впитывание воды обнаженной от снега мерзлой почвой в солнечные дни сопровождается ее оттаиванием.

В природной обстановке подобные условия, т. е. когда вода протекает из тающих снежных сугробов на обнаженную от снега оттаивающую с поверхности почву и поглощается ею, имеются на полях в системе лесных полос. В этих случаях при благоприятных условиях подтекающая талая вода при поглощении ее почвой может способствовать оттаиванию последней.

Как уже отмечалось, наибольшее количество воды может поглотиться при распыленном прохождении стока. Поэтому мероприятия, направленные на распыление стока, являются одновременно мероприятиями и по борьбе с эрозией, и по борьбе с засухой.

Коэффициент стока при прохождении воды по мерзлой щебнистой почве (оттаявшей сверху на несколько сантиметров) колебался от 0,7 до 0,88 и в отдельных случаях достигал величины 0,96. На взрыхленной почве он выше, а залежи — ниже (табл. 29, графа 12).

Скорость стока на обработанных площадках также значительно выше, чем на необработанных (графа 14). Так, например, при одной и той же интенсивности стока (1,5 л/мин) его скорость на площадке 15 при первом опыте в 2 раза выше, чем на площадке 22. По мере выработки русел скорость стока на этой площадке возрастает и при повторном опыте уже превышает эту величину на площадке 22 в 3 раза.

Во всех опытах с подтоком скорость стока на обработанных площадках в 2—3 раза выше, чем на необработанных (залежь, целина). Исключение представляют опыты на песчаной почве, отличающейся очень бедным растительным покровом, где к тому же вода пропускалась отдельными ручьями, а не по всей площади. Здесь превышение скоростей стока на обработанных площадках в сравнении с необработанными выражается коэффициентами 1,3—1,4.

При сравнении скоростей на отдельных почвенных разностях можно видеть, что в нижней части склона, где поверхность в значительной степени покрыта щебнистым панцырем, они в 2 раза ниже, чем в средней, где нет панцыря, несмотря на то, что уклон в первом случае значительно выше. Сток здесь проходит равномерно по всей площадке, слабыми струями. На песчаной почве и среднескелетной суглинистой, находящихся в обработанном состоянии, скорости стока мало отличаются между собой.

Интенсивность стока при проведении искусственного подтока была в пределах от 1,5 до 3,1 л/мин (лишь один раз достигнув 5,5 л/мин), что соответствует колебаниям модуля от 31 до 65 л/сек с 1 га. Эти цифры в 3—7 раз превышают секундный расход с 1 га, рассчитанный по опытным данным, полученным на площадке 1Б. Но это вовсе не значит, что при подтоке воспроизводятся ручьи той силы, какие бывают в природной обстановке. Такие ручьи здесь не могут быть воспроизведены из-за незначительных размеров площадок и отсутствия той концентрации стока, какая возможна только при большой длине линии тока.

Почва, состояние ее поверхности	Уклон	Дата	Время опыта	Глубина оттаивания почвы (сверху, см)		Продолжительность подтока, мин.	Продуктивность подтока, мм.	Интенсивность подтока, л/мин	Концентрация подтока, г/л	Сток, л	Коэффициент стока	Средняя интенсивность впитывания, мм/мин	Скорость стока, см/сек	Интенсивность стока, л/мин	Средняя расходная концентрация (при пересчете, г/л)	Смыв	
				до подтока	после подтока											с 1 м ² , г	с 1 га, кг
Каштановая средне-скелетная	0,108	24. III	15/1 15/2 15/4	5—6 Не опр. До 13 (почва в трещинах)	Не опр. 8 Не опр.	56 26 36	60 27 23	1,8 3,85 5,56	10088 10083 20070	0,88 0,83 0,35	0,88 0,83 0,35	0,027 0,062 —	5,8—8,1 11,0—16,2 12,8—15,3	1,5 3,1 3,0	31,3 64,6 62,5	2321 2801 3824	19
		25. III	15/2	Не опр.	14—15	3,67	5	2,7	10,8	0,8	0,03	—	13,1	1,6	33,3	165,2	206
		25. III	22/1*	7—8	До 2	32	35	3,1	10070	0,70	0,11	—	4,4—4,7 2,6—2,9	1,5 2,0	31,3 41,7	240 105	300
		3. IV	18/1	До 2	5	43	42	2,33	10076	0,76	0,07	—	5,9—6,5 5,1—7,7	1,8 5,5	37,5 115,2	380 412	475
Каштановая сильно-скелетная	0,15	5. IV	18/2	5—9 Не опр.	Не опр. 10—12	7,5	9	6,67	5048	0,96	0,028	—	—	—	—	—	515
		6. IV	20/2**	15—18 19—20	19—20 Полное	17,5 19,5	13 7	5,7 6,0	10017 12045	0,17 0,125	0,798 —	—	13,5 18,4	1,3 2,1	27,3 43,7	855,0 1027	1069
Каштановая песчаная	0,122	23. IV	23/1**	Полное	»	22	6	6,0	13010	0,077	—	—	12,7	1,7	35,4	275	—
		7. IV	23/2**	»	»	9	4,5	6,1	55	0,18	—	—	16,8	2,2	45,8	834	—

* Оттаивание верхний слой почвы на площадке 22 и начале опыта был уже довольно сильно иссушен и покрылся трещинами; поэтому он впитывал в себя много воды при подтоке.
 ** Вода на этих площадках пропускаясь по одному руслу (одним ручьем).

Данные по смыву (графа 17) показывают, что на площадке 15 величинам интенсивности стока 1,5; 3,1; 3,0 и 1,6 л/мин соответствуют следующие величины концентрации твердого стока: 20,6; 27,0; 43,7 и 20,7 г/л. При этом первая и последняя из этих цифр, соответствующие близким (по количественному выражению) величинам интенсивности стока, почти совпадают между собою. Другие две цифры — 27,0 и 43,7 — намного разнятся, хотя они также соответствуют почти одинаковым значениям интенсивности стока, что можно объяснить следующим. Величина 27,0 г/л получена 24 марта при повторном опыте в условиях, когда перед этим на площадке уже были выработаны русла. Интенсивность же выноса мелкозема при прохождении воды по готовым руслам значительно ниже, чем когда эта же масса воды сама вырабатывает себе русла. Но так как при повторном опыте интенсивность стока была в 2 раза большей, то в связи с этим оказалась повышенной и концентрация твердого стока.

Через 12 дней на той же площадке подток был повторен также в двух вариантах. К этому времени старые русла в значительной мере заплывали, так что ручьям пришлось почти заново выработать их. Поэтому при той же интенсивности стока 3 л/мин концентрация твердого стока составила 43,7 г/л (против 27,0).

Вслед за этим при повторном опыте, продолжавшемся 5 минут, когда интенсивность стока была снижена до 1,6 л/мин, концентрация твердого стока составила 20,7 г/л. Она, несомненно, была бы значительно меньшей, если бы опыт продолжался не 5 минут, а более продолжительное время.

Последовательное взятие проб с взвешиванием на определение концентрации твердого стока при подтоке, а также при искусственном дождевании показало, что концентрация твердого стока в начале опыта бывает намного выше, чем в середине и тем более в конце опыта, и в каждом первом опыте выше, чем в последующих повторных, поставленных в тех же самых условиях. Поэтому кратковременные опыты с подтоком дают более высокую концентрацию твердого стока, чем длительные.

Подток на площадке 22 (залежь) дал при интенсивности стока 1,5 л/мин концентрацию твердого стока 7,5 г/л. На площадке 1Б эта величина, как уже было сказано, не превышала 4,5 г/л. Превышение первой из этих цифр над второй можно объяснить краткостью проведения опыта на площадке 22 и невыработанностью здесь русел.

Концентрация твердого стока при опытах на площадке 18 намного ниже, чем на площадках 15 и 22. Это одинаково верно как для взрыхленной поверхности, так и для находящейся в состоянии залежи или целины. Это обстоятельство, несомненно, связано главным образом с наличием скелетного слоя на площадках нижней части склона, тормозящего сток и предохраняющего почву от смыва.

При приблизительно одинаковой интенсивности и скорости стока концентрация твердого стока на песчаной почве в несколько раз выше, чем на суглинистой щебнистой почве.

Изложенное дает основание расположить почвы склона по податливости смыву в следующий нисходящий ряд: песчаная, щебнистая средней части склона (без щебнистого панцыря, многолетняя залежь), щебнистая нижней части склона (целина, покрыта щебенкой)¹.

Каждая из названных почв во взрыхленном состоянии смывается в несколько раз сильнее, чем в состоянии залежи (или целины). Превышение выражается следующими коэффициентами: для песчаной почвы 3—4, для

¹ В данном случае не рассматриваются условия формирования стока, которые на песчаной почве отличаются от условий на других почвах, а имеется в виду интенсивность смыва при наличии одинакового стока.

среднескелетной почвы средней части склона 4—8, для щебнистой почвы нижней части склона 3—5. Эти коэффициенты при наличии более плотного растительного покрова могли быть гораздо более высокими.

Зависимость концентрации твердого стока от скорости стока достаточно сложна, причем здесь не всегда отмечается прямая зависимость. Например, при наличии выработанных русел скорость стока может быть высокой и при малой массе воды (площадка 15/2—5 апреля), но концентрация твердого стока при этом может быть сравнительно небольшой. Это значит, что вода, вследствие ослабления трения, совершает недостаточную работу по переносу твердых частиц. Повышение массы воды в этих условиях может дать резкое повышение интенсивности смыва (перенос твердых частиц) при почти неизменной скорости. Увеличение выработанности русел сопровождается увеличением скорости воды в них и одновременно понижением концентрации твердого стока.

Это явление, представляющее большой интерес и требующее дальнейшего изучения, показывает, что при неизменной интенсивности стока в начальный период образования русел интенсивность смыва на пашне бывает наибольшей. При увеличении интенсивности стока интенсивность смыва при некоторых условиях может находиться на одном и том же уровне. Уменьшение же стока, проходящего по путям, выработанным при более высокой его интенсивности, сопровождается резким снижением смыва.

Величины смыва, перечисленные на 1 га (графа 19), в значительной мере относительны, так как характеризуют смыв лишь в условиях опыта. Эти данные, если их перенести в естественные условия, с одной стороны, могут быть преувеличенными вследствие кратковременности опыта, а с другой — преуменьшенными, так как в естественных условиях ручьи по своей силе нередко значительно превосходят ручьи, создававшиеся искусственно. Во всяком случае, эти величины смыва являются высокими, особенно на обработанной почве.

Чтобы определить величину смыва с площади в 1 га на нашем склоне за период весеннего стока, необходимо знать среднюю концентрацию твердого стока и объем стекающей воды, производящей смыв. Величины концентрации твердого стока получены на площадке 1Б и при искусственном подтоке. О них можно судить также по приведенным выше данным о мутности ручьев (как будет показано далее, концентрация твердого стока выше, чем мутность, приблизительно в 2 раза).

Данные, полученные на площадке 1Б, характеризуют плоскостной смыв на 16-летней залежи без признаков мелкоструйчатого размыва. В этом случае величина смыва за период весеннего стока составила 0,5 т/га (в весну 1949 г. — 0,2 т/га).

Но на склоне вынос почвы происходит с гораздо более высокой интенсивностью ручьями значительной силы. В местах, где проходят выбитые скотом тропы, мутность ручьев выше. Наиболее высокая мутность наблюдается на площади, находившейся под бахчей (табл. 26).

На основании данных табл. 26 и 29 средняя концентрация твердого стока для залежи может быть принята равной 20 г/л (с учетом размыва в мелких промоинах и руслах), а для обработанной поверхности — 30—40 г/л. Запас воды в снегу, который в период стока может иметь такую высокую концентрацию твердого стока (вследствие прохождения по обнаженной от снега почве), был определен на площадке 1Б в 12 мм. Взяв для расчета величину 15 мм, можно вычислить величину смыва на щебнистых почвах в период весеннего стока. Для залежи эта величина выразится цифрой 3 т, для обрабатываемых площадей 4,5—6 т. Эти цифры могут несколько повышаться за счет смыва, производимого в какой-то

степени массой воды сверх 15 мм. В условиях, когда вода подтекает на склон с водораздельного пространства, смыв, конечно, будет увеличиваться. Известно, что на величину смыва большое влияние оказывает последовательность обнажения из-под снега различных частей склона (данные Новосибирской опытной станции).

При концентрации твердого стока на песчаной почве (для значительных уклонов) 50 г/л (табл. 29) величина смыва в зависимости от массы стока будет различной. При стоке 15 мм смыв составит 7,5 т/га.

Наблюдения в районе г. Камышина показывают, что на песчаных и щебнисто-песчаных почвах, занимающих здесь возвышенные части (бугры, высотки) водораздельных площадей и верхние части крутых склонов, снега, вследствие сдувания и таяния в солнечные зимние дни с оттепелями, к началу весеннего стока остается мало. Поэтому здесь и сток не может быть большим. При залегании же песчаных почв в таких местах, куда возможен подток, смывы на них при достаточно больших уклонах могут достигнуть больших величин. По мере уменьшения крутизны склона интенсивность смыва на песчаной почве падает, повидимому, более резко, чем на почве суглинистой или глинистой.

Выводы

Наблюдения над водопроницаемостью, стоком и смывом при весеннем снеготаянии приводят к следующим выводам:

1. Коэффициент стока талых вод на щебнистых почвах тяжелого механического состава, залегающих на достаточно крутых склонах (3—9° и выше), почти ежегодно бывает высоким. В годы с низким общим коэффициентом стока он достигал величин 0,7—0,8, в менее благоприятные годы был близок к 1,0.

2. Скорость стока на залежи при распыленном его прохождении не превышает 9 см/сек. На пашне (обработанная почва) она в 2—3 раза выше. В массе более крупных ручьев скорость стока в зависимости от их размеров при уклоне 3,5—5° колеблется от 15 до 50 см/сек.

3. Расход стока (модуль) на склоне северной экспозиции (залежь) не превышает 9 л/сек с 1 га.

4. Основная масса смываемых продуктов при более или менее равномерном распределении снега по элементам склона падает приблизительно на 12—15 мм стекающей воды. Остальная масса воды, проходящая еще до обнажения почвы от снега (или ледяной корки), смыва почти не производит. Поэтому в целях борьбы с эрозией необходимо такое регулирование снегоотложения, которое способствовало бы повышенному сосредоточению снега в нижних выпуклых частях склонов.

5. Скорость воды в ручьях сама по себе еще не является показателем интенсивности выноса твердых продуктов, так как в одном и том же ручье в одинаковых условиях высокая скорость течения иногда может быть связана с небольшой мутностью воды. Таким показателем является концентрация твердого стока, которая зависит не только от живой силы ручья (в том числе и его скорости), но и от податливости почвы смыву.

6. В процессе выработки русел и по мере этой выработки (ручейковый размыв) концентрация твердого стока, т. е. интенсивность выноса твердых продуктов, при неизменном расходе со временем падает. При прохождении стока по руслам, выработанным более мощными ручьями, концентрация твердого стока бывает значительно ниже, чем в процессе самостоятельной выработки мелких русел.

7. Во время суточного чередования замерзания и оттаивания почвы (в период снеготаяния) происходит сильное изменение влажности ее верхнего слоя: при замерзании — нарастание, при оттаивании — падение. Это объясняется быстрым капиллярным поднятием к замерзающему верхнему слою находящейся в почве воды и опусканием ее избытка при оттаивании.

8. Мерзлая почва обладает значительной водопроницаемостью (0,03—0,07 мм/мин), когда самый верхний ее слой оттаивает на 5—10 см. Это объясняется тем, что верхний слой, замерзая при избыточном увлажнении, оказывается наиболее прослоенным кристалликами льда, закупоривающего поры. Слои же почвы, лежащие ниже, замерзающие при меньшей влажности, оказываются более водопроницаемыми в мерзлом состоянии.

9. После обнажения почвы от снега подток воды с вышележащих участков при распыленном прохождении способствует оттаиванию и интенсивному увлажнению почвы. Это явление наблюдается при поступлении талых вод из сугробов в полосы (при расположении лесных полос поперек склонов) на нижележащие поля, когда снег в основном уже стаял, а также при неравномерном сходе снега вследствие наличия сугробов, возникших при снегозадержании.

10. Смыв на щебнистых почвах в период весеннего стока выражается следующими величинами: на 16-летней залежи в межложбинных пространствах, где отсутствует мелкоструйчатый (ручейковый) размыв, — около 0,5 т/га; на той же территории, включая ручейковый размыв, — до 3 т/га; на обработанной почве — 4,5—6 т/га.

ПРОЦЕССЫ СМЫВА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Факторы смыва

Рельеф местности — крутизна, длина и форма склонов — является одним из основных условий, определяющих процессы эрозии.

По данным Новосильской опытной станции (Козменко и др., 1937; Козменко, 1948), по мере движения от верхней части выпуклого склона к нижней мутность воды, а следовательно, и интенсивность смыва, увеличивается. Размеры смыва в указанном направлении увеличиваются в 10 раз и больше. Увеличение смыва с увеличением крутизны склона отмечается также в засушливом правобережье Нижней Волги (Козменко, 1947).

С. С. Соболев (1948) приводит большой фактический материал, на примере которого видно влияние крутизны склона, его длины и формы на величину смыва. При этом характер соотношения (последовательность) смежных частей склона различной крутизны играет большую роль, чем крутизна и длина склона.

Б. В. Поляков (1946) на основании экспериментальных исследований пришел к выводу, что интенсивность эрозии (мутность стока) пропорциональна корню квадратному из величины уклона. Такую же зависимость дает и Я. В. Корнев (1938). По данным В. Б. Гуссак (1937), полученным при экспериментировании на монолитах, поверхностный смыв возрастает прямо пропорционально корню, у которого показатель равен 2,5, из вели-

чины уклона (т. е. $\sqrt[2,5]{I}$, где I — уклон).

Климатические условия, выражающиеся в величине и характере выпадения жидких осадков, а также характере снеготаяния, также определяют интенсивность и характер эрозии.

А. С. Козменко (1948) считает, что в период снеготаяния, когда сток проходит по оттаявшей сверху бесструктурной почве, смыв значительно сильнее, чем летом. По мнению С. И. Сильвестрова (1938), в условиях лесостепи летний дождевой и даже ливневой сток в развитии эрозионных процессов играет меньшую роль, чем весенний сток.

Однако С. С. Соболев (1948), рассматривая выделенные им «климатические варианты» плоскостной эрозии, смыв, вызываемый талыми, дождевыми и ливневыми водами, указывает, что «обильный ливень, выпадающий раз в 3—5 лет, за 30—40 минут вызывает такое сильное разрушение почвенного покрова, которое может вызвать сток талых вод лишь за 10—20 лет». Территория Приволжской возвышенности, по его мнению, одинаково сильно страдает как от ливневой эрозии, так и от эрозии, обусловленной стоком талых вод.

Н. И. Сус (1949) считает, что снеговая вода менее эродирует почву, чем равновеликое количество ливневой воды, и объясняет это «меньшей интенсивностью формирующегося при снеготаянии стока, по сравнению с ливневым стоком, и отсутствием разрушительного действия дождевых капель на поверхности почвы».

По выводам Ф. Н. Короткевича (Кобезский и Короткевич, 1939), в условиях Придеснинской возвышенности «при стоке с больших водосборов талые воды дают сток большей интенсивности, чем обычные ливневые», а «интенсивные ливни, охватывающие большие водосборы, дают сток более высокой интенсивности, чем талые воды для больших водосборов». По этим же данным, наиболее сильные смывы происходят «преимущественно в результате ливневого, а не весеннего стока».

Многие авторы отмечают повышенную интенсивность смыва в период весеннего стока на склонах южных экспозиций, хотя строгих количественных данных по этому вопросу не приводят.

Таким образом, вопрос о преобладании смыва в период снеготаяния или при летних ливневых осадках не может быть определенно решен. Очевидно, в различных условиях (почвенных, климатических, рельефа и др.) роль летних ливней и талых вод в отношении смыва будет различна.

Почвенный покров, обладая различной податливостью смыву (при прочих равных условиях), обуславливая, благодаря своим физическим и химическим свойствам, размеры стока, может подвергаться большему или меньшему разрушению.

В. Р. Вильямс (1940) огромное значение в развитии процессов эрозии придавал структурности почвы. «При господстве распыленной бесструктурной почвы, — писал он, — сильнейшим образом выражена размывающая деятельность воды. Овраги и промоины беспрерывно растут и расползаются своими вершинами. Все больше облегчается бесполезный быстрый сток как поверхностной, так и почвенной воды. Каждый дождь и каждое весеннее таяние снега уменьшают площадь удобной земли и сносят все возрастающее количество пахотного горизонта почв, в котором элементы пищи растений, а следовательно, и человека, накапливались тысячелетиями. Сносится в море реальное богатство народа».

Податливость почв смыву в зависимости от их физико-химических свойств изучали А. С. Вознесенский и А. Б. Арпруни (1938). В результате исследований красноземов ими получены для эрозионной характеристики почв некоторые показатели («показатель дисперсности», «показатель смываемости» и др.), которые косвенно и с качественной стороны могут характеризовать противоэрозионную стойкость почвы. Д. Г. Виленским (1938) предложен лабораторный метод, дающий возможность определять прочность структуры путем размывания образцов.

А. С. Козменко отмечает, что на слабо развитых почвах смыв проходит с большей интенсивностью, чем на вполне сформированных.

Обычно считают, что песчаные почвы слабо подвержены смыву, но при этом недостаточно учитываются возможности формирования стока и податливость почвы смыву. Песчаные почвы, вследствие высокой водопроницаемости, неблагоприятны для формирования стока. При наличии же стока и достаточных уклонов они смываются с большей интенсивностью, чем другие, более тяжелые почвы, иначе говоря, песчаные почвы более податливы (эрозии) смыву.

В настоящее время считается бесспорным, что растительность является таким мощным противоэрозионным фактором, который (совместно с почвенным покровом) сводит до минимума влияние главного условия — уклона, а также и других факторов эрозии.

Большую роль растительности отмечали В. В. Докучаев (1892) и П. А. Костычев: «В черноземной почве, заросшей травой, — писал П. А. Костычев, — условия для отмучивания и сноса в высшей степени неблагоприятны». «Взмученные частицы, двигаясь по наклону, встречают тысячи густых кустов травы, действующих подобно фильтру, т. е. задерживающих частицы; перекачивание частиц крупных возможно еще менее благодаря тем же кустам травы». «При густом росте травы, когда почти нет свободных промежутков между стеблями, падающий дождь, ударяющий в стебли, не действует механически на почву, и смывание тогда еще менее возможно».

«Мне пришлось проехать тысячи верст по пространствам ненаханного чернозема, и нигде, несмотря на мое особенное старание, я не мог найти не только явного смывания или вымывания, но и малейших признаков его» (1885).

В настоящее время мы имеем экспериментальные материалы, характеризующие количественную сторону противоэрозионного влияния этого фактора. Так, по данным Новосибирской опытной станции, смыв с площадей, покрытых травами, в 75—100 раз меньше, чем с пашни (Корцев, 1938). По данным Н. Манилова (1939), в течение ливня смыв с залежи, поросшей полынью, было в 50—90 раз меньше, чем с пашни. Опыты С. Л. Щеклейна показали, что густопокровная культура сократила смыв подзолистой почвы в 20 и больше раз по сравнению с непокрытой поверхностью (пар).

В США считается, что «по средним данным, травы приблизительно в 65 раз сохраняют больше почвы, чем культуры, требующие частой обработки, на том же типе почвы и при том же уклоне (Лоудермилк, 1936).

Как известно, весьма эффективно предохраняет почву от эрозии лес, что связано с наличием под его пологом лесной подстилки. Этому вопросу посвящены работы Н. И. Рощина (1938), Н. Н. Степанова (1938), Н. Ф. Сошкина (1939) и др.

Интенсивность смыва

Интенсивность смыва на щебнистых почвах (тяжелого механического состава) в состоянии залежи. Концентрация твердого стока характеризует собою интенсивность смыва, однако она еще не определяет величины смыва, поскольку остается неизвестной величина стока¹.

¹ Напомним, что под концентрацией твердого стока подразумевается общее количество транспортируемых твердых продуктов (в граммах), приходящееся на 1 л жидкого стока, а под мутностью — количество взвешенных фракций (в граммах), содержащееся в 1 л стока.

Таблица 30
Смыв почвы при искусственном дождевании (1947 г.)

Почва, состояние поверхности и уклон	0,5 мм/мин, в течение 48 мин.						0,5 мм/мин, в течение 73 мин.						0,83 мм/мин, в течение 34 мин.						1,0 мм/мин, в течение 30 мин.					
	№ площадки/№ дождевания	Основной модуль стока, л/мин	Концентр. твердого стока, г/л	Смыв с паш. 8 м², г	Смыв с 1 га, кг	№ площадки/№ дождевания	Основной модуль стока, л/мин	Концентр. твердого стока, г/л	Смыв с паш. 8 м², г	Смыв с 1 га, кг	№ площадки/№ дождевания	Основной модуль стока, л/мин	Концентр. твердого стока, г/л	Смыв с паш. 8 м², г	Смыв с 1 га, кг	№ площадки/№ дождевания	Основной модуль стока, л/мин	Концентр. твердого стока, г/л	Смыв с паш. 8 м², г	Смыв с 1 га, кг				
Каштановая среднелетняя	Залежь, уклон 0,08—0,09	2/1	0,55, 93	59, 374,0	—	4/1	1,53, 65	385, 4457,0	—	—	6/1 (2п)	3,6	12,5	1349,0	1687,0	5/2	4,48	1,68	218,6	273,0				
		11/1	1,34, 50	247, 5309	—	12/1	1,71, 91	216, 4271,0	—	—	15/3	3,1	21,2	1994,0	2493,0	—	—	—	—	—				
		2/2	0,84, 54	122, 5153,0	—	11/2	2,03, 03	403, 3504,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Темнокаштановая слабоскелетная, залежь, уклон 0,11	Взрыхлена на 15—18 см, уклон 0,10	6/2 (2п) 1/2	2,02, 50 0	202, 5253,0 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Каштановая сильно-летняя, уклон 0,15	Целна	18/1 17/2	0,32, 84 1,80, 68	50, 7 51, 3	63,0 64,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17/1 16/2	4,0 4,6	2,22 1,48	259,5 191,4	324,0 239,0				
	Взрыхлена на 2—3 см	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17/3 17/4	2,1 5,4	5,06 4,45	283,2 377,9	354,0 475,0				
Каштановая рыхлопесчаная, уклон 0,16	—	19/1	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20/1 20/2	0,3 1,3	46,77 33,69	327,4 1078,0	409,0 1348,0				
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20/3	1,7	25,81	1110,0	1388,0				
Каштановая песчаная залежь, уклон 0,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21/1 21/2	2,1 3,2	13,76 9,90	825,4 592,4	1032,0 740,5				

в данном случае понимается расход стока с площадки 8 м² в литрах в минуту.

* В данном случае понимается расход стока с площади 8 м² в литрах в минуту.

Таблица 30 (продолжение)

Почва, состояние поверхности и уклон	1,0 мм/мин, в течение 40 мин.						1,43 мм/мин, в течение 21 мин.						1,5 мм/мин, в течение 20 мин.						1,75 мм/мин, в течение 18 мин.					
	№ промывания	Условный модуль стока, л/мин	Концентр. твердого стока, г/л	Смыв с пл. 8 м², т	Смыв с 1 га, кг	№ промывания	Условный модуль стока, л/мин	Концентр. твердого стока, г/л	Смыв с пл. 8 м², т	Смыв с 1 га, кг	№ промывания	Условный модуль стока, л/мин	Концентр. твердого стока, г/л	Смыв с пл. 8 м², т	Смыв с 1 га, кг	№ промывания	Условный модуль стока, л/мин	Концентр. твердого стока, г/л	Смыв с пл. 8 м², т	Смыв с 1 га, кг				
Каштановая среднескелетная	Залежь, уклон 0,08—0,09	5/13,55	1,89	254,5	318,0	7/115,2	2,45	269,5	337,0	337,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
		13/14,1	4,4	638,0	798,0	14/115,0	3,22	333,9	417,0	417,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
		12/25,2	1,67	334,7	418,0	7/27,4	1,76	262,3	328,0	328,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
		13/25,5	2,7	548,1	685,0	14/27,0	2,56	391,7	490,0	490,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Взрыхлена на 15—18 см, уклон 0,10	—	—	—	—	—	13/38,8	2,03	354,6	443,0	462,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
	—	—	—	—	—	13/48,4	2,31	369,4	462,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Темнокаштановая слабоскелетная, залежь, уклон 0,11	—	—	—	—	—	6/10,8	9,1	91,0	114,0	114,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
	—	—	—	—	—	6/23,33	11,9	839,0	1049,0	1049,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Каштановая сильноскелетная, уклон 0,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8/13,82	6,84	444,7	556,0	—	—	—	—	—	—				
Целина	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8/26,2	3,38	395,3	494,0	—	—	—	—	—	—				
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8/37,9	2,11	300,8	376,0	—	—	—	—	—	—				
Взрыхление на 2—3 см	—	—	—	—	—	16/1	5,0	3,42	277,4	347,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Каштановая рыхлопесчаная, уклон 0,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Каштановая песчаная залежь, уклон 0,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				

Таблица 31

Смыв почвы при дождевании с подтоком (1948 г.)

Почва и уклон	Состояние поверхности почвы	1,0 мм/мин, в течение 30 мин.; подано дождеванием 30 мм						0,5 мм/мин, в течение 60 мин.; подано дождеванием 30 мм						
		подано подтоком, мм/за время, мин.	№ промывания	Условный модуль стока, л/мин	Скорость стока, см/сек	концентр. твердого стока, г/л	СМВ, с пл. 8 м², т	СМВ, с 1 га, кг	подано подтоком, мм/за время, мин.	№ промывания	Условный модуль стока, л/мин	Скорость стока, см/сек	концентр. твердого стока, г/л	СМВ, с пл. 8 м², т
Каштановая средне-летная, уклон 0,08—0,09	Залежь	19/28	5/12,5 5/27,5	2,31 2,93	2,6—3,5 5,5—5,8	143,2 640,1	179,0 794,0	— 11/49	— 5/3	2,53	6,1	1,13	140,9	176,0
	Взрыхлена на 15—18 см	15,5/28	6/38,0 —	13,47 —	15,3—18, —	3018,5 —	3773,0 —	— 11/49	6/1 6/2	0,13 0,8	? 6,1—6,6 7,1—7,7	5,4 7,43	21,5 137,0	27 171,0
	Залежь	19/27	9/11,5 9/26,81	5,86 3,1	3,5—4,6 8,4—9,2	211,0 570,6	264 713,0	— 13/47	10а/1 10а/2	0,19 0,37	1,6 4,4—5,1 6,2	1,6	16,0 93,0	20,0 116,0
Темнокаштановая слабо-скелетная, уклон 0,11	Залежь	19/27	9/11,5 9/26,81	5,86 3,1	3,5—4,6 8,4—9,2	211,0 570,6	264 713,0	— 13/47	10а/1 10а/2	0,19 0,37	1,6 4,4—5,1 6,2	1,6	16,0 93,0	20,0 116,0
	Взрыхлена на 15—18 см	17/29	8/10,82 8/24,75	9,21 11,41	5,0—6,9 13,0—15,3	129,0 482,0	161,0 1853,0	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
	16/28	8/36,61	15,3—16,4	20,31	3494,0	4368,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Каштановая сильно-летная, уклон 0,15—0,156	Залежь	14/28	10/10,47 10/24,33	12,0 14,94	9,2—10,2 9,2—11,0	96,0 1752,0	120,0 2190,0	— 19/50,5	10/3	2,45	9—10	6,1	658	823,0
	Целина	16/28	18а/1 18а/24,64	1,31 0,94	1,3—1,7 3,7—5,4 5,8—6,1	21,0 116,0	26,0 145,0	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
	Взрыхлена на 15—18 см	11/15 19/29	18/10 18/20,14 18/32,96	0 2,0 7,76	0 ? 6,6—7,7 8,4	0 6,0 621,0	0 8,0 776,0	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —

При рассмотрении табл. 30 и 31 прежде всего бросается в глаза, что при первом дождевании каждой из площадок концентрация твердого стока выше, чем при последующих дождеваниях. С каждым последующим дождеванием она становится все меньше и меньше. Суммарный результат падения концентрации твердого стока за время каждого последующего дождевания по отношению к предыдущему для разных почв приведен в табл. 32. Эта же тенденция выявляется также и в течение каждого дождя (табл. 33)¹. Концентрация твердого стока в начале дождя была наибольшей, затем постепенно она все больше и больше падала.

Таблица 32

Пределы значений концентрации твердого стока при искусственном дождевании скелетных почв (в г/л)

Каштановая среднескелетная почва, валень		Каштановая сильноскелетная почва, целина		Темнокаштановая слабоскелетная почва, валень	
1-е дождевание	2-е дождевание	1-е дождевание	2-е дождевание	1-е дождевание	2-е дождевание
4,59—1,89	3,30—1,68	3,42—1,31	1,48—0,48	6,84—4,16	3,38—2,44

Таблица 33

Динамика концентрации твердого стока при дождевании

Состояние поверхности	№ дождевания	Порядковые номера проб в течение каждого дождя (брались через 5—10 мин.)											
		1		2		3		4		5		6	
		Время наполнения 1 л, сек.	Концентрация твердого стока, г/л	Время наполнения 1 л, сек.	Концентрация твердого стока, г/л	Время наполнения 1 л, сек.	Концентрация твердого стока, г/л	Время наполнения 1 л, сек.	Концентрация твердого стока, г/л	Время наполнения 1 л, сек.	Концентрация твердого стока, г/л	Время наполнения 1 л, сек.	Концентрация твердого стока, г/л
Залежь	5/1	60	4,67	27	3,77	20	2,78	20	1,84	20	2,20	—	—
»	5/2	7	2,70	7	2,35	8	1,53	—	—	—	—	—	—
»	12/1	72	5,36	36	1,46	26	0,56	26	0,45	—	—	—	—
»	13/1	25	4,40	13	3,17	10	2,59	—	—	—	—	—	—
»	13/2	12	1,85	10	1,63	10	1,67	10	1,34	—	—	—	—
Целина	16/2	12	1,43	12	1,03	12	0,98	—	—	—	—	—	—
Взрыхленная	8	110	4,78	45	5,06	22	5,34	15	11,59	10	13,13	8	17,86

На это же явление обратил внимание В. А. Казаков (1940), изучавший смыв на красноземах путем дождевания площадок в 1 м². «Наибольшая мутность, — отмечал он, — имеет место при минимальной влажности почвы, когда на ее поверхности имеется большое количество не связанных между собою частиц, образующихся от дезагрегации почвы под действием солнечных лучей и ветра».

¹ Наполнение литровых банок для определения концентрации твердого стока производилось через 5—10 минут.

Итак, концентрация твердого стока на залежи падает (за редким исключением), несмотря на повышение интенсивности стока. С одной стороны, это объясняется наличием ограниченного количества свободно лежащего мелкозема, образовавшегося под влиянием климатических агентов (главным образом температуры и ветра) и различных механических воздействий животных и человека. Этот мелкозем и уносится в первую очередь даже самыми незначительными струями воды. В дальнейшем, по мере уменьшения его количества, последующие порции воды, несмотря на увеличение живой силы, уже не в состоянии получить такую концентрацию мелкозема, как предыдущие.

С другой стороны, это объясняется также слабостью стока. Скорости стока, как видно из табл. 14, для среднескелетных почв не превышали 6 см/сек, а для слабоскелетной — 9 см/сек, т. е. они не достигали тех критических величин, при которых мог бы начаться усиленный смыв на этих почвах, находящихся в состоянии залежи. Поэтому величины концентрации твердого стока приблизительно одинаковы и при интенсивности дождя 0,5 мм/мин, и при более высокой интенсивности, а также как в комбинации с подтоком, так и без него (исключение представляет слабоскелетная темнокаштановая почва, площадка 10а).

Колебания величин концентрации твердого стока в пределах каждой почвенной разности могут зависеть: 1) от не поддающихся строгому учету индивидуальных особенностей площадок, например от количества свободного, легко диспергируемого мелкозема на поверхности почвы, растительного покрова и др.; 2) от индивидуальных трудно учитываемых особенностей присоединения верхнего края водосборного лотка к нижней границе площадки.

В табл. 34 приведены средние величины концентрации твердого стока для всех почв склона, за исключением песчаных, для которых каждый вариант концентрации твердого стока взят из однократного дождевания. На основании этих данных можно сделать следующие выводы.

1. Из почв тяжелых по механическому составу способна смываться с наибольшей интенсивностью в условиях искусственного дождевания слабоскелетная темнокаштановая почва. Частично это превышение, например над среднескелетной почвой средней части склона, следует отнести за счет некоторого превышения уклона, частично — за счет почти полного отсутствия на ее поверхности скелетных частиц, в основном же оно обусловлено особенностями механического состава этой почвы (высокий процент мелкочастичной фракции) и вследствие этого — меньшей связностью ее частиц.

2. Интенсивность смыва на среднескелетной почве (залежь) ниже, чем на слабоскелетной (3,25 против 5,62 г/л), но выше, чем на сильноскелетной почве нижней части склона (целина). Последняя имеет более задерживающую поверхность, а также намного лучше защищена от смыва скелетным панцирем. Поэтому здесь, с одной стороны, меньше скорость стока, а с другой — ниже ее податливость смыву; в результате, несмотря на больший уклон, — концентрация твердого стока ниже.

3. При повторных дождеваниях или, что то же самое, при увеличении длительности дождя концентрация твердого стока снижается. Эта тенденция проявляется не только в понижении величины концентрации с каждым последующим дождеванием, но еще в большей степени в процессе каждого дождевания той или иной площадки.

Интенсивность смыва на обработанных щебнистых почвах. На среднескелетной почве в обработанном состоянии (вскопанной на один штык лопаты) дождевались площадки 6 (1947 и 1948 гг.) и 15 (1947 г.); на

Таблица 34

Средние концентрации твердого стока для различных почв

Уклон	Почва	Состояние поверхности	Средняя концентрация твердого стока, г/л *		
			при первом дождевании	при втором дождевании	при третьем дождевании
0,08—0,09	Каштановая среднескелетная	Залежь	3,3	2,4	1,8
0,10		Взрыхлена на 15—18 см	12,1	13,4	(среднее из двух) 17,3
0,11	Темнокаштановая слабоскелетная	Залежь	5,6	3,0	2,1
		Взрыхлена на 15—18 см	10,6	13,2	20,3
0,15	Каштановая сильноскелетная	Целина	2,5	1,0	—
		Взрыхлена на 2—3 см	5,1	4,4	—
0,16	Каштановая рыхлопесчаная	Залежь	46,8/32,2	33,7/24,7	25,8/18,9
0,17	Каштановая песчаная	Залежь	13,8/10,1	9,9/7,2	—

* Средняя концентрация твердого стока для обработанной почвы взята при ливнях с интенсивностью не ниже 1 мм/мин (без подтока и с подтоком). Цифры в знаменателе означают величины концентрации твердого стока, приведенные к уклону 0,09, исходя из положения, что концентрация твердого стока пропорциональна корню квадратному из уклона.

слабоскелетной—площадки 8 (1948 г.) и 10 (1947 и 1948 гг.); на сильноскелетной — площадка 18 (1948 г.).

Площадка 6 в 1947 г. подверглась дождеванию в два срока с месячным перерывом между ними. В 1948 г. она была обработана вновь. Площадки 8 и 10 после обработки за 2 недели до начала дождевания были смочены; этим предполагалось создать условия, аналогичные тем, какие могли бы быть, если бы эти площадки предварительно (за две недели до опыта) уже подверглись воздействию естественного дождя. Таким образом, пахотный слой почвы несколько уплотнился. Площадки 15 и 18 дождевались в свежеработанном состоянии.

На обработанных площадках можно констатировать тенденцию, противоположную имевшейся на площадках необработанных, а именно: в течение каждого дождя (табл. 30), а также с каждым последующим дождеванием (табл. 31) концентрация твердого стока возрастает, что связано с нарастанием массы и скорости стока¹.

При этом надо подчеркнуть, что при неизменном расходе концентрация твердого стока со временем падает. Это подтверждается тем, что каждый

¹ Исключением является площадка 15, на которой, вследствие размывания рыхлого места контакта нижней границы площадки с водосборным лотком, концентрация твердого стока при первом дождевании оказалась выше, чем при последующих.

раз при взятии проб на содержание твердых продуктов при более или менее установившемся расходе в последующих пробах обнаруживается этих продуктов меньше, чем в предыдущих; особенно резко эта разница выступает между первой и последней пробами. Очень резкое (в несколько раз) уменьшение бывает в том случае, когда по следам более мощного стока проходит сток с меньшим расходом. Наглядным примером является площадка 6 при втором цикле дождевания [6 (2ц)] (табл. 30), на которой падение условного модуля стока с 3,6 л/мин при первом дождевании до 2 л/мин при втором сопровождалось уменьшением концентрации твердого стока соответственно с 12,5 до 2,5 г/л, т. е. в 5 раз.

Таким же примером может служить и площадка 10. При первом дождевании концентрация твердого стока составляла 12 г/л; при повторном (с подтоком), когда средняя величина расхода достигла 4,33 л/мин, а скорость была около 9—11 см/сек, она составила уже 14,94 г/л; при третьем, когда расход снизился до 2,45 л/мин, концентрация твердого стока упала до 6,1 г/л, т. е. почти в 2,5 раза. Характерно, что скорость стока при этом осталась почти без изменения. Относительно меньшее снижение концентрации твердого стока на площадке 10 по сравнению с площадкой 6 (2ц) можно объяснить тем, что вследствие большей рыхлости почвы на площадке 10 образующиеся русла ручейков (промоинки) частично заплывают вследствие обрушивания их стенок (берегов), что способствует сохранению концентрации твердого стока на более высоком уровне.

На примере площадки 10, как и при опытах с подтоком в весенний период, видно, что сохранение на высоком уровне скорости стока еще не означает, что интенсивность смыва остается на прежнем уровне, так как высокая скорость может быть и при небольшом расходе. Так, если по руслам, выработанным ручьями с более высоким расходом, проходят ручьи с меньшим расходом, то скорость в этих последних может быть высокой, а производимая ими работа (вынос твердых продуктов)—низкой, более низкой, чем если бы они сами вырабатывали себе русла.

Следовательно, концентрация твердого стока даже на одной и той же почве зависит не только от живой силы ручья и ее изменений, но и от стадии выработки этим ручьем своего русла (в начальной стадии она выше, со временем же падает). Таким образом, динамика концентрации твердого стока, отображающая динамику смыва, весьма сложная.

Сравнивая концентрацию твердого стока на слабоскелетной почве в обработанном состоянии с концентрацией на среднескелетной, можно видеть, что податливость их (этих почв) смыву в этом состоянии почти одинаковая.

Сравнение тех же величин, полученных на обработанных площадках, с величинами, полученными на залежи, показывает, что на первых интенсивность смыва приблизительно в 5-раз больше, чем на вторых. Увеличение интенсивности смыва на обработанной почве происходит не только в связи с уменьшением ее податливости смыву (вследствие рыхлости сложения), но и вследствие увеличения на ней скорости стока в 2—3 раза.

Интенсивность смыва песчаных почв. В верхней части склона были подвергнуты дождеванию две площадки: одна из них (площадка 20) — на рыхлом гумусированном и слабо задернованном песке, а вторая (площадка 21) — на более связной и более задернованной каштановой песчаной почве, под которой на глубине 50—100 см находится погребенный каштановый суглинок. Сравнивая данные по песчаным почвам с аналогичными данными для щебнистых суглинистых почв, можно видеть, что слабо гумусированный рыхлопесчаный слой способен смываться с интенсивностью, в 10 раз превосходящей таковую на среднескелетной почве (залежь)

и в 6 раз — на слабоскелетной; песчаная почва смывается сильнее упомянутых почв соответственно в 3 и 2 раза (табл. 34).

Рыхлый слабо гумусированный песок в 2—3 раза податливее смыву, чем даже обработанные скелетные суглинистые почвы.

Таким образом, песчаные почвы при достаточно больших уклонах имеют большую податливость смыву, чем все другие почвы более тяжелого механического состава. Однако вследствие их высокой водопроницаемости и отсутствия в связи с этим значительного стока, смыв на них бывает обычно небольшим. Только во время сильных ливней, сопровождающихся большим стоком, смывы и размывы на песчаных почвах могут достигать больших величин. Такая же картина наблюдается и при залегании песчаных почв на таких элементах склонов, когда к ним возможен подток с выше лежащих участков.

Песчаные почвы в большей степени, чем другие (при значительных уклонах), подвержены смыву и в период весеннего стока, когда последний проходит по оттаявшей сверху на несколько сантиметров почве.

Величины смыва

Концентрация твердого стока, характеризующая податливость почв смыву при тех или иных условиях ее залегания и состоянии поверхности, еще не дает представления о величине смыва. Для этого надо знать величину стока.

Если сопоставить максимальную водопроницаемость почв, залегающих на склоне, их податливость смыву, то можно заметить определенную корреляционную связь между этими показателями. Почвы, обладающие большей водопроницаемостью, менее стойки против смыва. Исключение представляет сильноскелетная почва нижней части склона — целина, покрытая скелетным панцирем. Восходящий ряд по величине максимальной водопроницаемости — среднескелетная, слабоскелетная, песчаная, слабо гумусированный песок — является восходящим же рядом и по податливости этих почв смыву или нисходящим по противоэрозионной стойкости.

Но такая прямая зависимость между водопроницаемостью и податливостью смыву может существовать только на бесструктурных почвах. Улучшение структуры и повышение ее прочности, сопровождающееся также и повышением водопроницаемости, будет, конечно, способствовать и повышению противоэрозионной стойкости почв.

Итак, на бесструктурных почвах налицо две тенденции: податливая смыву почва дает слабый сток, менее податливая дает большой сток.

Поэтому величины смыва при той или иной интенсивности дождевания в зависимости от соотношения максимальной водопроницаемости почв, ее влажности и податливости смыву бывают самыми разнообразными. Если легко смываемая почва справляется со стоком (успевает поглощать воду), то смыва нет или он весьма мал, но она же дает колоссальный смыв при наличии сильного стока.

Сказанным объясняется разнообразие цифровых данных смыва (табл. 30, 31, 35). Они показывают прежде всего, что при повышении интенсивности дождя или подтока количество смытых продуктов увеличивается.

При рассмотрении этих материалов видно, что по величине смыва намечается иной ряд, чем тот, в котором располагаются эти почвы по податливости смыву. Место каждой почвы в этом ряду зависит от интенсивности ливня и подтока. Например, при интенсивности дождя 0,5 мм/мин наибольший смыв происходит на наименее проницаемой для воды среднескелетной

почве находящейся в состоянии залежи. За ней, в зависимости от наличия (и величины) стока, располагается слабоскелетная или сильноскелетная почва (целина). На слабо гумусированном песке при интенсивности 0,5 мм/мин сток отсутствовал.

При большой интенсивности ливней (1,0 мм/мин и выше) по количеству смытых продуктов намечается ряд, напоминающий таковой по податливости смыву. На первом месте, если исключить данные по первому дождю, стоит гумусированный песок, а за ним в убывающем порядке располагаются почвы: песчаная, среднескелетная, слабоскелетная, сильноскелетная (сравниваются данные по залежи). Здесь средне- и слабоскелетная почвы поменились местами.

Рассмотрим графики смыва (рис. 19 и 20). Заметим, что прямые, соединяющие точки — величины смыва при каждом последующем дождевании данной площадки, — в данном случае не рассматриваются как геометрическое место точек величин смыва в течение каждого дождя. Они являются более или менее произвольными и указывают лишь на общую тенденцию развития смыва при данных условиях.

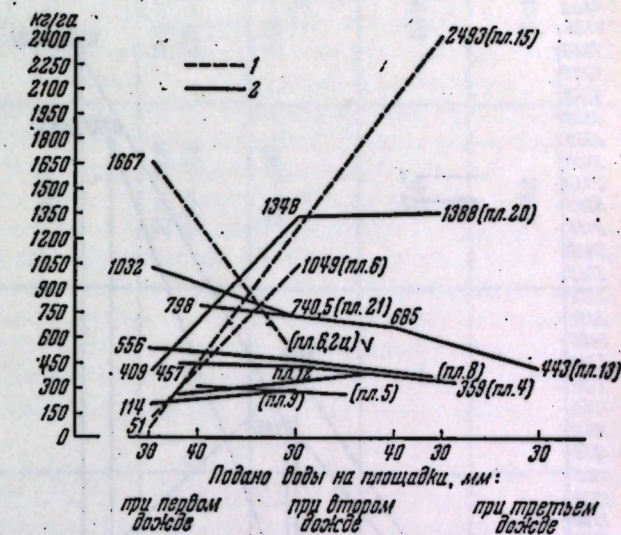


Рис. 19. Смыв почвы при искусственном дождевании без подтока.

1 — обработанные площадки; 2 — залежь.
Цифры на графике выражают количество мелкозема, т/га

Прямые, соединяющие точки смыва для слабо- и среднескелетной почвы в состоянии залежи, имеют или пологое падение, или такое же пологое восхождение. Это означает, что каждый последующий дождь уносит столько же мелкозема, сколько и предыдущий, или же несколько больше или меньше. Колебания в ту или другую сторону, как правило, зависят от сроков дождевания. Так, если повторное дождевание площадки проводится в тот же день, что и первое, то этот повторный дождь смывает мелкозема столько же или меньше, как и при первом дожде; это связано, несмотря на увеличение массы жидкого стока, с падением концентрации твердого стока. Если же повторное дождевание проводится через день или несколько дней, то смыв при этом увеличивается. Это объясняется подсыханием поверхности почвы, способствующим при большой величине стока повышению концентрации твердого стока.

Иначе происходит смыв на почвах, более податливых и в то же время обладающих высокой водопроницаемостью, — песчаных, а также подавно обработанных суглинистых (скелетных). Здесь линии, соединяющие точки смыва, имеют крутое восхождение, отражая вполне понятное явление. При первых дождях мал сток, мала и величина смыва. По мере же насыщения почвы водой и, в связи с этим, нарастания стока смыв на этих почвах очень резко возрастает.

В отличие от других, ход смыва на площадке 6(2п) представлен круто падающей линией, вследствие наличия большой разницы между

величинами концентрации твердого стока, наблюдавшимися во время первого и повторного дождевания; наличие же указанной разницы объясняется прохождением во втором случае сравнительно слабого стока по путям, проложенным более сильным стоком. Аналогичный ход имеет также линия смыва (между вторым и третьим дождеванием) и на площадке 10.

Линии смыва на слабо гумусированном песке и на обработанных суглинистых почвах сходны. Линия смыва на песчаной почве (залежь) имеет пологое падение. Повторное дождевание этой почвы проходило сразу же

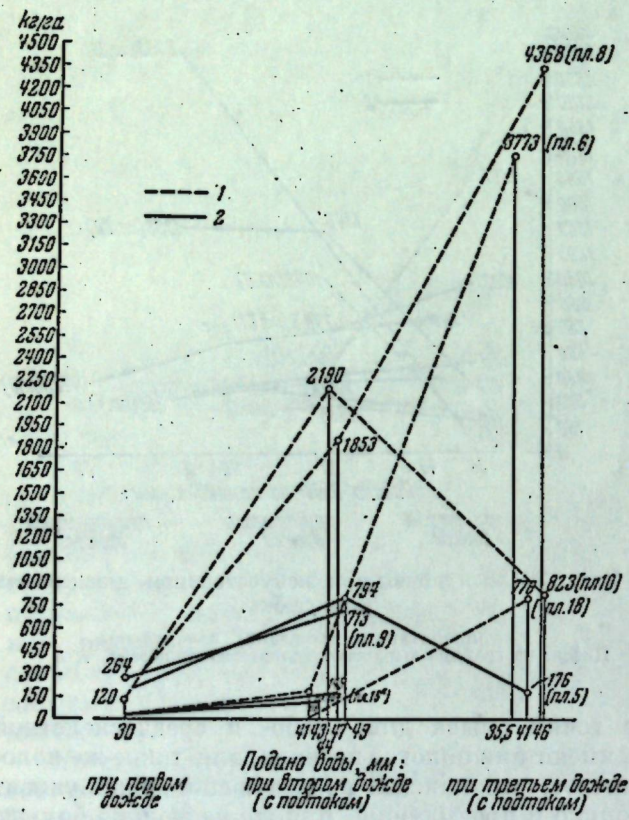


Рис. 20. Смыв почвы при искусственном дождевании с подтоком.

1 — обработанные площадки; 2 — залежь.
Цифры на графике — количество мелковеза, т/га

что имеет особенно большое значение для песчаных почв и для суглинистых во взрыхленном состоянии, и 2) небольшой силой удара капель, что прежде всего сказывается на залежи.

Разберем конкретный пример влияния длины склона на смыв, для чего возьмем площадку с взрыхленной почвой. На площадке 8 при первом дождевании с интенсивностью 1,0 мм/мин коэффициент стока составил 0,062 при расходе 0,82 л/мин, а смыв — 161 кг/га. При третьем дождевании с подтоком средний расход составил 6,61 л/мин при коэффициенте стока 0,473, а смыв 4368 кг/га. Подсчитаем, на каком расстоянии от водораздельной линии при таком же уклоне и интенсивности осадков, при коэффициенте стока, равном 0,062, расход стока окажется таким же, как на площадке 8 при третьем дождевании ее. Для этого воспользуемся выражением:

$$q = khln,$$

вслед за первым, поэтому на ходе смыва отразилось резкое падение концентрации твердого стока.

Обращаясь к абсолютным числовым выражениям величин смыва, подчеркнем, что наибольшие из этих величин, полученные при повторных дождеваниях, не являются завышенными, а скорее занижены. Что же касается небольших величин смыва, которые были получены при первых дождеваниях на взрыхленных площадках, то они безусловно ниже тех, которые могут быть в естественных условиях при наличии ливней такой же интенсивности.

Это можно объяснить двумя основными причинами: 1) незначительной длиной площадок,

Таблица 35

Смыв почвы при дождевании и подтоке (в кг/га)

Почва	Состояние поверхности	0,5 мм/мин, подано воды 24—36 мм			1,0—0,75 мм/мин, подано воды 30—49 мм		
		при 1-м дождевании	при 2-м дождевании	при 3-м дождевании	при 1-м дождевании	при 2-м дождевании	при 3-м дождевании
Каштановая среднескелетная	Залежь Взрыхлена на 15—18 см То же (опыт повторен через месяц)	74—309 21,5	153—504 137—253	—	318—798 51—114	273—794 1049—1308	443—462 2493—3773
Темпокаштановая слабоскелетная	Залежь Взрыхлена на 15—18 см	20	146	658	218—556 120—161	305—743 1853—2190	376 4368
Каштановая сильноскелетная	Целина Взрыхлена на 15—18 см	63	64	—	26—347 8	145—339 776	—
Каштановая рыхлопесчаная	Залежь	—	—	—	409	1348	1388
Каштановая песчаная	Залежь	—	—	—	1032	741	—

где q — расход с площадки в 8 м^2 , а остальные обозначения прежние.
Отсюда:

$$l = \frac{q}{khn};$$

подставляя числовые значения в формулу, получим $l = \frac{6,61}{0,062 \cdot 1 \cdot 1} = 106,6$ (в данном случае $n=1$, так как значение q получено при той же ширине площадки), т. е. уже на расстоянии 107 м интенсивность стока будет такой же, как в искусственных условиях при третьем дождевании (с подтоком) площадки (при расчете редукция стока не учитывается). Следовательно, приблизительно такими же будут интенсивность смыва и его величина. Книзу склона смыв может еще усилиться.

Для почв, находящихся в состоянии залежи, длина линий тока имеет меньшее значение. Это видно из того, что при повторных дождеваниях концентрация твердого стока на них падает, а величина смыва колеблется около значения величины смыва при первом дожде.

Сила удара капель во время ливня оказывает большое влияние на величину смыва. Н. И. Сус (1949) пишет следующее: «В недавнем прошлом первенствующее значение в процессах размыва и особенно смыва придавали живой силе поверхностного стока. В настоящее же время имеются веские основания полагать, что устранение непосредственного ударного действия дождевых капель на поверхность почвы (ослабление деструктивного влияния капель) имеет большее влияние на развитие процессов смыва, чем уменьшение скорости стекающей воды».

Ввиду малых размеров капель, даваемых дождевателем, они не в состоянии с такой силой воздействовать на поверхность почвы, как при естественных ливнях. Это является второй важнейшей причиной, объясняющей тот факт, что наши данные, полученные при искусственном дождевании, занижены по сравнению со смывом при естественных ливнях (см. ниже).

О характере действия капель дождя (у нас — искусственного) на поверхность почвы можно судить даже на основании визуальных наблюдений. Они показывают, что капля имеет значение не только как сила, разбивающая почвенные агрегаты, но и как сила, способствующая передвижению более крупных механических (скелетных) частиц и агрегатов струями воды. Так, например, можно наблюдать, что в момент падения капли на поверхность, занятую тонким слоем воды (мельчайшие русла стока), находящаяся в этом месте на дне механическая частица подпрыгивает и в это время силой струи продвигается на некоторое расстояние по уклону.

Ясно, что чем больше размеры капель дождя, тем с большей силой они отрывают мелкозем от поверхности почвы, разрушают имеющиеся на поверхности почвенные агрегаты и способствуют передвижению более крупных частиц.

Смыв при искусственном подтоке

В летний сезон 1948 г. были проведены опыты с подтоком на площадках 1 и 15, которые были обработаны еще в 1947 г. Поверхность этих площадок несла на себе лишь отдельные растения белой полыни, но почва несколько уплотнилась. Вода при подтоке стекала ручьями (табл. 36).

Перед первым опытом площадка была сильно иссушенной и во время опыта поглощала много воды, поэтому сток и его интенсивность оказались небольшими. При повторном опыте интенсивность стока сильно возросла. На площадке 15 сток сразу оказался значительным.

Как видно из табл. 36, величины концентрации твердого стока при подтоке во всех опытах оказались близкими. При первом опыте на площадке 1 она ниже, чем при втором, так как скорость стока и расход были невелики. Однако для малого стока концентрация твердого стока является непропорционально высокой. Это объясняется тем, что в начальной стадии выработки русел вынос твердых продуктов бывает наибольшим.

Повышение концентрации твердого стока на площадке 1 при повторном подтоке (с 13,7 до 16,7 г/л) связано с резким повышением интенсивности (расхода) и скорости стока. На площадке 15 концентрация твердого стока несколько ниже, чем на предыдущей, несмотря на превышение ее уклона. Это связано с большей длительностью проведения на ней опыта.

При сравнении величин концентрации твердого стока, полученных при весеннем (табл. 29) и летнем (табл. 36) подтоке на площадке 15, бросается в глаза большая разница в интенсивности смыва в том и другом случае. В период весеннего стока смыв идет приблизительно в 2 раза сильнее, чем летом.

Однако это касается главным образом обработанных площадок. На залежи такого увеличения интенсивности смыва в весенний период не замечалось. Так, например, данные о концентрации твердого стока, полученные в период весеннего снеготаяния на площадке 1Б, а также при подтоке на площадках 18 и 22, не указывают на какое-нибудь превышение интенсивности смыва в этот период по сравнению с аналогичными данными искусственного дождевания летом.

Смыв при естественных ливнях

В периоды полевых работ на площадках 4 (1947 г.), 18 и 1Б (1948 г.) удалось учесть смыв при естественных кратковременных ливнях. Интенсивность ливней устанавливалась при помощи дождемера (табл. 37).

Превышение интенсивности смыва на площадке 4 по сравнению с площадкой 1Б можно объяснить двумя причинами: 1) меньшей продолжительностью стока на первой из этих площадок, так как концентрация твердого стока в процессе дождя падает; 2) тем, что ливень 5 августа 1947 г. выпал на сильно иссушенную за предшествовавший сухой период поверхность почвы; перед выпадением ливня 28 августа 1948 г. почва была более влажной.

Величины смыва на площадке 18 преувеличены, так как вода ручьем прошла по взрыхленной бороздке, оставшейся на почве в месте вынутой боковой рейки. При сравнении данных об интенсивности смыва на залежи, полученных при искусственном дождевании (табл. 30 и 34) и естественных ливнях (табл. 37), видно, что в последнем случае смыв в несколько раз выше: на площадке 4 — в 4 раза ($\frac{15,1}{3,65} = 4,14$) и на площадке 1Б — в 3 раза ($\frac{9,8}{3,25} = 3,01$).

Такое превышение интенсивности смыва при естественных ливнях следует объяснять большой силой механического удара капель, в результате которого почвенные частицы отрываются от поверхности почвы и затем уже легко передвигаются движущейся водой.

О разрушающем почвенные агрегаты действии ударов капель свидетельствует следующий факт. При искусственном дождевании площадок, находящихся в состоянии залежи, муть в собранном стоке отстаивалась обычно в течение одних суток; спустя сутки можно удалять воду декантацией (учитываемая при этом мутность воды по мутномеру составляет

Смыв каштановой среднескелетной почвы при искусственном подтоке

Уклон	№ площад- ки/№ опы- та	Время, мин.		Полано воды, л	Интенсив- ность под- тока, л/мин	Сток, л	Коэффи- циент стока	Расход стока, л/мин	Секундный расход с 1 га, л/сек (пересч.)	Скорость стока, см/сек	Концен- трация твердого стока, г/л	Смыв	
		подтона	стока									с пл. 8 м ² , г с 1 га, кг	с пл. 8 м ² , г с 1 га, кг
0,08	1/1	37	23	150	4	15	0,1	0,65	13,5	7,1	13,7	205,0	256,0
0,08	1/2	9	7	50	6	21	0,42	3,0	62,5	14,2—16,4	16,7	350,0	438,0
0,10	15	32	30	Не опред.		70	?	2,33	48,5	10,2 15,3—16,4	14,8	1035,0	1294,0

Таблица 37

Смыв почвы при естественных ливнях

Дата	Название почвы	№ площадки	Площадь, м ²	Интенсивность ливня, мм/мин	Продолжитель- ность ливня, мин	Выпадение осадков, мм	Полное вымывание стока, л/мин	Сток, л	Коэффициент стока	Водопроницае- мость, мм/мин	Концентрация тверд. стока, г/л	Смыв	
												с пл. 8 м ² , г с 1 га, кг	с пл. 8 м ² , г с 1 га, кг
5.VIII 1947 г. 28.VIII 1948 г.	Каштановая среднескелет- ная	4 15	8 160	0,8 0,98	12 15	9,6 14,7	1—3 0—5	20 860	0,26 0,336	0,594 0,621	15,1 9,8	352 4428	440,0 527,0
28.VIII 1948 г.	Каштановая сильноскелет- ная	18	8	0,98	15	14,7	Сразу	57	0,484	0,55	18,8(?)	1073(?)	?

0,1—0,2 г/л). Собранная же от естественных ливней вода после четырех и даже пяти суток отстаивания продолжала оставаться более мутной, чем после односуточного отстаивания в случае искусственного дождевания. Подобная картина наблюдалась еще при искусственном подтоке на обработанных площадках в период весеннего стока, когда диспергированная почвенная масса по нескольку суток оставалась во взвешенном состоянии.

Некоторые исследователи придают большое значение поглощенному воздуху в разрушении почвенных агрегатов в момент их контакта с дождевой водой (Соболев и Чапек, 1930).

Полученные нами результаты дают основание для утверждения, что прямое механическое воздействие ливневых капель играет большую роль в разрушении почвенных агрегатов на поверхности и заплывании поверхности почвы, чем разрушающее действие поглощенного почвой воздуха.

Итак, интенсивность смыва при естественных ливнях в 3—4 раза выше, чем в условиях искусственного дождевания (имеются в виду почвы, находящиеся в состоянии залежи). Поэтому приведенные в табл. 30, 31, 35 величины смыва необходимо увеличить в 3—4 раза; тогда они будут более или менее правильно отражать картину смыва в естественных условиях. Для сильнощебнистой почвы этот коэффициент будет, повидимому, еще выше.

Для этих же почв в обработанном состоянии указанный коэффициент, вероятно, будет значительно ниже, так как ввиду легкости отрыва почвенных частиц и агрегатов от поверхности почвы на первый план выступает уносная сила струй воды. Здесь, повидимому, будет иметь значение еще и прочность структуры. На обработанной почве, обладающей водопрочной структурой, разрушающее значение капель будет выше, а на бесструктурной почве — ниже.

Сопоставляя данные о подтоке главным образом на обработанных площадках, мы видели, что интенсивность смыва в период весеннего стока приблизительно в 2 раза выше, чем в летний период; при этом разрушающее действие дождевых капель, конечно, отсутствовало.

На залежи при воздействии летних ливневых осадков интенсивность смыва скелетных суглинистых почв, при одинаковых массах стекающей воды, выше, чем в период весеннего стока. Это превышение выражается коэффициентом 3.

Ливневые осадки воздействуют силой удара капли на всю поверхность почвы и в то же время дают струи значительной силы. Поэтому в летний период наблюдается как строго плоскостной смыв, так и мелкоструйчатый; в период же весеннего снеготаяния развивается преимущественно мелкоструйчатый смыв.

Как показывают наблюдения, по крайней мере на нашем склоне, размыв во время ливней выражен сильнее, чем в период весеннего стока. Это может быть объяснено, с одной стороны, тем, что во время ливней на определенных участках за короткое время концентрируются большие массы воды, чем весной, а с другой — тем, что значительная часть талых вод проходит по заполненным снегом и поэтому неразмываемым ложбинам и промоинам.

В качестве примера разрушительного смыва и размыва почвы может служить ливень, выпавший 19 июля 1947 г. В этот день за 45 минут выпало 67 мм осадков, а всего за час — 77 мм. Таким образом, средняя интенсивность ливня в течение 45 минут составляла 1,5 мм/мин.

На нашем склоне этот ливень произвел размывы щебнистого грунта преимущественно в нижней, более крутой, четверти склона. У его

основания образовались нагромождения щебенки и камной опои — своеобразные конусы выноса (рис. 21). Размеры камней достигали 30—40 см в диаметре.

В верхней части склона, на слабо гумусированном песке, куда поступала дополнительно вода с вышележащей песчаной площади, образовались промоины глубиной до 50 см. Однако эти промоины способны быстро заравниваться вследствие обрушивания стенок и засыпания песком, передвигаемым ветром.

Во время указанного ливня происходил сильный сток, а также вынос несчажного материала из 44-летнего соснового леса Камышинского опыт-

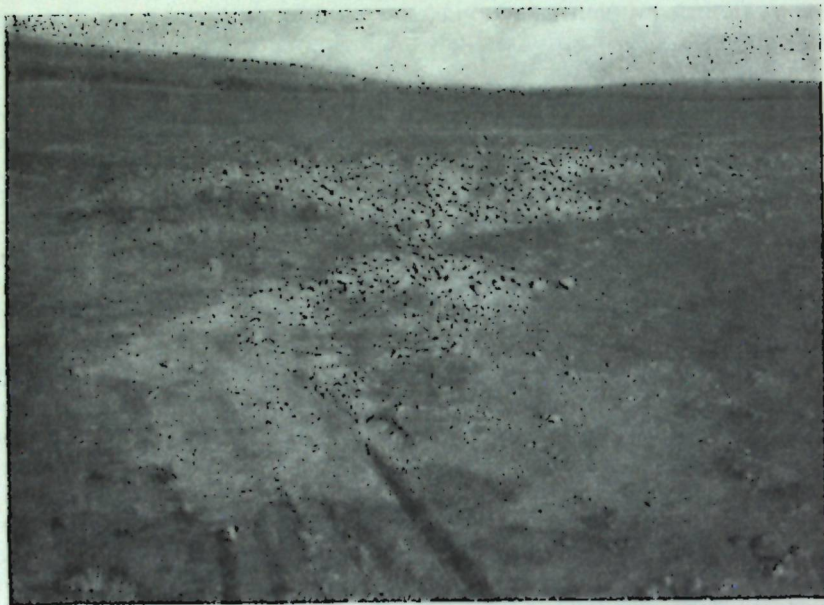


Рис. 21. Щебень и камни опои, вынесенные во время ливня 19 июля 1948 г. (вид сбоку).

ного пункта. При осмотре территории этого леса, имеющей уклон 1,5—3°, после ливня обнаружилось, что на различных расстояниях друг от друга (от 1—2 до 30—60 м) располагались сухие русла шириной 0,4—0,7 и даже 1 м (глубина их незначительная), которые были выработаны потоками воды, содранными и сдвинутыми в стороны подстилку из хвои. В местах произрастания леса на бывших барханах уже с элементарных водосборов площадью 30—40 м² с уклонами 6—8° стекали ручьи с такой силой, что ими сминалась подстилка и прокладывались русла. После ливня следы стока были заметны даже на песчаной территории котловины выдувания.

На склоне юго-западной экспозиции на территории опытного пункта этот ливень сильно разрушил почвенный покров. Нижняя, более крутая (около 7—8°), часть склона с легкосуглинистой почвой здесь была распахана, в то время как вышележащая территория склона находилась в состоянии залежи и частично была занята шелоугой. Поэтому потоки воды, попадая с вышележащей, более или менее закрепленной и потому сравнительно хорошо противостоящей смыву площади на рыхлую почву, будучи при этом слабо насыщенными мелкоземом, производили сильнейший смыв этой пашни. Верхний слой почвы сдирался в виде лент (промоин) причуд-

ливой формы шириной от 0,2 до 2 м и на глубину 10—16 см. Таким образом, на одном участке распаханного склона было снесено не менее 60% площади поверхностного слоя почвы.

Если принять в среднем глубину промоин равной 14 см и пересчитать на площадь 1 га, то смыв выразится величиной 840 м³, или, при объемном весе 1,2,—1008 т.

Надо отметить, что эта колоссальная величина смыва могла получиться только при таком неблагоприятном сочетании условий, когда нижняя часть склона оказалась распаханной, а вышележащие участки его находились в состоянии залежи. В случае распахки территории склона в целом даже при том же размере стока смыв оказался бы значительно меньшим.

Наибольшему смыву подвергаются на склонах участки пашни, расположенные ниже участков залежи и непосредственно примыкающие к ним. Еще ниже (дальше от залежи) интенсивность смыва на пашне при неизменном уклоне ослабевает.

Явление, сходное с только что отмеченным, наблюдается и в системе лесных полос, расположенных поперек склона. Так, наблюдения показали, что ввиду некоторого подпора, создаваемого лесной полосой, основная масса влекомых ручьями твердых продуктов откладывается перед полосой и иногда в самой полосе, если она не испещрена промоинами. После прохождения через полосу освободившаяся от мелкозема и вступившая на пашню вода начинает усиленно производить смыв почвы. В результате перед полосой накапливаются продукты смыва, а за ней происходит усиленный смыв (часто мелкоструйчатый).

Поэтому существует определенная тенденция, с одной стороны, к выколаживанию межполосного пространства, а с другой — к увеличению крутизны склона на участке непосредственно под полосой, т. е. происходит процесс образования террас. Этот процесс и его явные результаты можно наблюдать в системе камышинских полос, особенно в местах с небольшими межполосными расстояниями и при достаточных углах наклона. Но не всегда вся схема этого процесса явно выражена; чаще можно наблюдать отдельные ее звенья. Например, на Камышинском опытном пункте наблюдается скопление продуктов смыва непосредственно перед плодовой полосой и в ее верхней части. Подобную картину можно встретить и в полосах на водораздельной площади Климушин — Кирпичный как на территории опытного пункта, так и на городских землях.

Надо иметь в виду, что большинство упомянутых здесь полосных насаждений имеет к настоящему времени лишь 13—16-летний возраст.

Явление отложения почвенного мелкозема перед полосой и увеличение здесь мощности гумусового горизонта исследовал и описал М. И. Дрюченко (1938), причем главную роль он отводил влиянию снежных скоплений в полосах. Более подробно и разносторонне вопрос об образовании так называемых естественных террас осветил К. Л. Холупяк (1948).

Характеристика продуктов смыва

Сопоставление результатов определения содержания гумуса в 10-сантиметровом верхнем слое скелетных почв и продуктах их смыва показывает, что с последними уносится наиболее богатая органическими веществами часть почвы (табл. 38).

Данные механического анализа скелетных почв и продуктов их смыва (табл. 39) указывают на некоторые количественные изменения в соотношении фракций. Так, в продуктах смыва наблюдается увеличение содержания более крупных механических фракций (2—1; 1—0,25 и 0,25—0,05 мм).

Таблица 38

Содержание гумуса в поверхностном слое
почвы и продуктах смыва

№ площадки	№ разреза	Содержание гумуса [*] по Тюрину, %		№ площадки	№ разреза	Содержание гумуса [*] по Тюрину, %	
		в 10-см по- верхност- ном слое почвы	в продук- тах смыва			в 10-см по- верхност- ном слое почвы	в продук- тах смыва
4	1	2,13	2,69	17	3	3,15	5,18
8	2	2,73	2,89	20	—	—	0,40
14	4	2,95	3,18	21	—	—	1,57

за счет более мелких (0,05—0,01 и <0,01 мм). Это, повидимому, объясняется тем, что более крупные частицы менее способны к агрегации, поэтому легче отрываются от поверхности почвы и переносятся струями воды.

Таблица 39

Механический состав скелетных почв и продуктов их смыва
(по Сабанину) в % к абсолютно сухой почве

№ разрез и соответ- ствующих им площадок	Глубина образца, см	Размеры частиц, мм					
		3—2	2—1	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	<0,01
Разрез 1	0—10	3,20	3,30	9,40	22,58	31,01	30,51
	20—30	2,00	1,60	5,43	18,40	30,91	41,66
	70—80	2,21	2,01	9,74	25,72	28,54	31,78
Площадка 4 (залежь, продукты смыва)	Поверхность	1,81	6,09	12,17	24,30	27,57	28,06
Площадка 6 (взрых- ленная, продукты смыва)	»	0,37	3,32	8,78	30,53	29,69	27,31
Разрез 2	0—10	0,54	0,69	1,90	47,69	21,44	27,74
	40—50	0,84	0,74	1,24	52,40	17,88	26,81
	90—105	0,20	0,30	1,07	63,64	17,80	16,99
Площадка 8 (продук- ты смыва)	Поверхность	0,77	1,66	2,54	52,22	19,15	23,16
Разрез 3	0—10	3,16	3,80	6,25	27,35	26,39	33,05
	20—30	3,01	2,74	4,12	30,29	28,36	31,48
Площадка 17 (про- дукты смыва)	Поверхность	0,77	4,13	7,47	15,51	23,55	48,57
Площадка 20 (про- дукты смыва)	Поверхность	—	—	3,28	90,66	1,42	4,64
Площадка 21 (про- дукты смыва)	Поверхность	—	—	5,37	81,29	4,78	8,56

Исключение в этом отношении представляют данные для площадки 17 и разреза 3. В этом разрезе относительно большему выносу подверглись тонкие фракции, что, возможно, частично связано с наличием на поверхности почвы скелетного слоя, препятствующего передвижению более крупных частиц, способных передвигаться главным образом по дну.

На основании этих данных можно считать, что на суглинистых и глинистых (нещелочистых) почвах все фракции смываются приблизительно в том соотношении, в каком они находятся в почве; во всяком случае, не должно быть погрубления механического состава, как это бывает на песчаных и супесчаных почвах.

Продукты смыва с некоторых площадок были подвергнуты также ситовому анализу (табл. 40). Результаты этого анализа дают основание для следующих заключений:

1) чем более скелетна почва, тем больше скелета (мелкого) и крупно-песчаных частиц содержится в продуктах ее смыва и, наоборот, с уменьшением скелетности почвы уменьшается и содержание крупных частиц в продуктах ее смыва;

2) из фракций крупнее 1 мм больше всего переносится частиц диаметром 1—3 мм¹. На почвах, содержащих менее пористый скелет, чем опока, обладающий, следовательно, большим объемным весом (объемный вес опоки приблизительно равен 1,3), процент более крупных фракций будет значительно меньшим;

3) процент скелета в продуктах смыва ниже, чем его содержание в соответствующей почве. Это видно из сравнения данных табл. 1 и 40. Исключение представляет слабоскелетная темнокаштановая почва, в которой содержание скелета почти не отличается от содержания его в продуктах

Таблица 40

Результаты ситового анализа продуктов смыва (частиц крупнее 1 мм в % к воздушно-сухой почве)

Почва	Состояние поверхности	№ площадки/ № дождевания	Размеры частиц, мм					Сумма фракций от 1 мм
			10—4,5	4,5—3,5	3,5—2,5	2,5—1,5	1,5—1,0	
Каштановая сред- нескелетная	Взрыхлена	6/3	0,60	0,20	1,25	4,00	2,25	8,4
Темнокаштановая слабоскелетная	Взрыхлена	8/2	0,10	0,07	0,30	1,10	0,95	2,5
	»	8/3	0,15	0,10	0,33	0,80	0,82	2,2
	»	10/2	0,35	0,10	0,45	1,45	0,85	3,2
Каштановая силь- носкелетная	Залежь	9/2	0,36	0,10	0,43	1,27	0,54	2,7
	Взрыхлена	18/3	0,32	0,20	1,37	3,20	4,03	9,2
	Целина	18а/2	0,86	0,85	1,72	5,17	4,30	12,9
Каштановая сред- нескелетная	»	18*	4,40	0,80	2,90	4,00	3,00	15,1
	Залежь	1Б *	2,40	0,40	1,80	3,20	4,30	12,4

* Смыл почвы на площадке 18 (целина) и 1Б произведен естественным ливнем.

¹ Этот вывод в значительной мере относительный, так как при усилении стока может повыситься в продуктах смыва и процент более крупных фракций.

Условия и результаты исследования эрозии в искусственных

Почва	Дата	Место опыта и состояние поверхности почвы	Уклон русла	Длина ручья, м	Продолжительн. поочин, сек.	Сток, л	Средн. расход, см³/сек	Скорость, см/сек	Вынос					
									Размеры					
									>10		10-4,5		4,5-	
									г	%	г	%	г	%
Каштановая средне-скелетная	28.VII 1948 г.	У площад-ки 6, залежь	0,09	2,7	150	20	133,3	54	1,5	0,81	9,5	5,11	2,5	
	13.VIII 1948 г.	На площад-ке 6, взрыхлена	0,10	3,6	288	20	95,5	30-36	4,0	0,32	34,0	2,76	8,0	
	17.VIII 1948 г.	Там же	0,10	3,6	139	30	215,8	45-60	4,0	3,40	55,0	4,70	8,0	
Темпо-каштановая слабо-скелетная	15.VIII 1948 г.	У площад-ки 10, залежь	0,11	3,2	260	30	115,4	32-40	2,5	0,15	48,5	3,04	14,0	
	10.VIII 1948 г.	Площадка 8, взрыхлена	0,10	4,6	321	40	124,6	42-46	5,0	0,28	29,0	1,64	6,5	
	12.VIII 1948 г.	Там же	0,10	4,6	760	20	29,3	23-30	Не опре					
	1.IX 1948 г.	» »	0,10	4,6	134	20	149,2	42-46	4,0	0,36	22,0	2,0	3,0	
	1.IX 1948 г.	Площадка 8, взрыхлена	0,10	4,4	240	20	83,3	26-27	2,0	0,25	42,0	5,34	7,0	
Каштановая рыхло-песчаная	20.VIII 1948 г.	Площад-ка 23, песок	0,10	4,5	190	9	47,4	45-50	14,5	0,65	31,0	1,40	3,5	
	4.IV 1948 г.	Песчаная дорога	0,11	Естественный ручей	95	10	105,3	40	Не опре					
		Там же	0,11		480	8	16,7	27	Не опре					
	22.VIII 1948 г.	Площад-ка 20, взрыхлена	0,16		180	10	55,6	26-29	Нет	—	Нет	—	Нет	
		Там же	0,16	5,0	95	10	105,3	34-36	»	—	»	—	—	
Каштановая супесчаная	12.IX 1948 г.	Площад-ка 26, люцерна второго года	0,02	4,5	390	17	46,6	18-22	»	—	»	—	Нет	

смыва, что объясняется малыми размерами скелетных частиц в этой почве. Таким образом, смыв на щебнистой почве должен приводить к обогащению ее поверхности скелетом;

4) факт смыва скелетных и крупнопесчаных элементов с поверхности почвы свидетельствует о том, что структурные элементы соответствующих размеров также могут уноситься текущей водой, т. е. любая почва в состоянии обработки, залегающая на склоне достаточной крутизны, при наличии стока способна смываться, однако с различной интенсивностью. По-

Таблица 41

ручьях при помощи руслового прибора

твердых продуктов																	
донных фракций, мм								Сумма фракций >1 мм		Сумма фракций <1 мм		Общая сумма донных фракций		Сумма взвешенных фракций		Всего	Средняя концентрация твердого стока, г/д
3,5		3,5—2,5		2,5—1,5		1,5—1,0											
г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%		
1,34	5,0	2,69	10,0	5,37	12,5	6,72	41	22,06	64	34,41	105	56,45	81	43,55	186	9,3	
0,65	25,0	2,03	48,0	3,89	39,0	3,15	158	12,08	640	54,6	798	64,7	436	35,3	1234	61,7	
0,68	27,0	2,30	45,0	3,83	34,0	2,89	209	17,8	378	32,2	587	50,0	587	50,0	1774	39,13	
0,87	41,0	2,58	47,0	2,32	48,0	3,01	191	11,97	599	37,56	790	49,53	1805	50,47	1595	53,17	
0,37	19,0	1,07	30,5	1,72	13,0	0,73	103	5,81	740	41,76	843	47,57	929	52,43	1772	44,3	
делялись	—	—	—	—	—	—	18	4,6	276	69,18	294	75,58	95	24,42	389	19,45	
0,27	10,5	0,95	15,0	1,36	12,5	1,13	67	6,07	505	45,86	572	51,93	531	48,07	1103	55,15	
0,89	23,0	2,92	28,0	3,56	23,0	2,92	25	15,88	302	38,38	427	54,26	360	45,74	787	39,35	
0,16	4,4	0,2	5,6	0,25	19,0	0,86	78	3,52	1548	69,82	1626	73,34	587	26,66	2217	246,3	
делялись	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1103	42,20	1508	57,80	2611	261,1	
делялись	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	196	60,10	130	39,90	326	40,75	
—	—	—	1,5	0,1	10,0	0,60	11,5	0,7	1225,5	74,0	1237	74,70	418	25,30	1655	165,5	
—	—	—	2,5	0,14	9,0	0,50	11,5	0,64	1070,5	59,87	1082	60,51	706	39,49	1788	178,8	
—	Нет	—	Нет	—	—	Не определялись				—	16	44,40	20	55,60	36	2,12	

этому проблема борьбы с эрозией, как и борьбы с засухой, может решаться путем борьбы со стоком.

Эрозия в искусственных ручьях

Б. В. Поляков, проводивший исследования наносов рек, писал, что «взвешенные наносы являются в большинстве случаев главной составляющей твердого стока рек». Но «количество донных наносов возрастает по

мере увеличения уклона; так, для горных рек оно достигает значения 50%» (1935).

Нами предпринята попытка разделения и учета твердых продуктов (донных и взвешенных) в ручьях при помощи руслового прибора (см. рис. 7 и 8). Условия и результаты экспериментов сведены в табл. 41. Таблица показывает, что донная часть транспортируемых продуктов в ручьях составляет от 50 до 75%, редко снижаясь до 40%. При этом наблюдается следующая тенденция: с повышением расхода и скорости ручья взвешенная часть продуктов увеличивается за счет донной, и наоборот. Это, повидимому, в первую очередь связано с различными показаниями самого прибора в меняющихся условиях опыта: при увеличении скорости ручья и неизменной ширине донных щелей прибора увеличивается и количество твердых продуктов, проносимых по инерции через щели.

Что касается соотношения донной и взвешенной фракций для различных почв нашего склона, то на песчаных почвах отмечается повышение в пользу донной фракции. Если принять во внимание, что суглинистые почвы нашего склона, будучи скелетными, содержат повышенное количество более крупных частиц, можно прийти к заключению, что в сходных условиях процент донной части передвигаемых продуктов на песчаных почвах намного выше, чем на бесскелетных почвах более тяжелого механического состава. А это означает, что смыв почв легкого механического состава происходит главным образом путем передвижения частиц по дну русел, а тяжелых почв — как по дну, так и во взвешенном состоянии.

Кольматаж твердых продуктов при уменьшении скоростей стока происходит, конечно, в первую очередь за счет донной части их.

Результаты ситового анализа продуктов смыва, приведенные в табл. 41, указывают на повышенное содержание в них скелетных частиц по сравнению с аналогичными данными табл. 40 для соответствующих почв. Это и понятно, так как данные табл. 41 получены при более мощных ручьях, чем приведенные в табл. 40.

При постановке этих опытов имелось в виду также в какой-то степени имитировать мелкоструйчатый размыв. В связи с этим необходимо отметить следующее:

1. Очень высокие концентрации твердого стока, достигающие на обработанных суглинистых скелетных почвах 40—60 г/л и выше, а на песках — 260 г/л. Как уже указывалось, по мере выработки русла, при неизменном расходе ручья, концентрация твердого стока (а следовательно, интенсивность выноса почвы) понижается, что обнаруживалось также при определении величины осадка в ведрах, куда собирался сток: в каждом последующем ведре осадка оказывалось меньше, чем в предыдущем. Такое же изменение концентрации твердого стока от опыта к опыту можно видеть на примере русла на площадке 8, где эта закономерность не сильно маскируется различными расходами ручьев.

Учитывая сказанное, можно полагать, что вследствие кратковременности опытов величины концентрации твердого стока, приведенные в табл. 41, завышены по сравнению с величинами в естественных ручьях с такими же расходами. Прямым доказательством этому является следующий пример. На площадке 23 (песок) при уклоне 0,10 и расходе в искусственном ручье, равном 47,4 см³/сек, концентрация твердого стока составила 246,3 г/л; в естественном же ручье с расходом 105,3 см³/сек (т. е. в 2 раза больше, чем в предыдущем ручье), протекавшем в период весеннего стока по песчаной дороге (там же, где расположена площадка 23), при уклоне 0,11 она равна 261,1 г/л, т. е. лишь немного выше, чем в искусственном ручье.

С увеличением расхода в ручьях концентрация твердого стока увеличивается, а с его уменьшением — уменьшается. Это можно видеть на примере почти всех искусственных ручьев, протекавших по рыхлой, обработанной суглинистой или песчаной почве.

Ручьи, протекавшие по залежи, в этом отношении представляют исключение, так как здесь значение концентрации твердого стока определяется наличием на поверхности почвы свободно лежащего (не связанного) мелкозема и мелкого скелета.

2. По стойкости против размывающего действия струй воды, как это было видно и ранее, почвы нашего склона распадаются на две главные группы: песчаную и группу суглинистых почв различной степени скелетности. Песчаные почвы в 3—5 раз податливей ручейковому размыву, чем суглинистые. В данном случае сравнивается податливость почв эрозии в их обработанном состоянии.

Устойчивость суглинистых слабо- и среднескелетных почв в обработанном состоянии против ручейковой эрозии, если судить по данным табл. 41, приблизительно одинакова. Даже почва нижней части склона, более или менее защищенная от смыва скелетным панцирем, после обработки становится сильно податливой ручейковой эрозии. Это объясняется тем, что при обработке одновременно с приданием почве рыхлого состояния устраняется скелетный поверхностный слой вследствие перемешивания его с почвой.

Однако обработкой все же не устраняется полностью защитное влияние скелета, так как, оставаясь в значительном количестве на поверхности, он препятствует формированию ручьев из элементарных струй и увеличивает водопоглощение.

Величины смыва на почвах каштанового типа

В разных почвенных зонах на пашне наблюдаются самые разнообразные величины смыва. Так, например, Новосильской опытно-овражной станцией средняя величина смыва с пашни определена в 1,5—15 т/га в год (Корнев, 1928). Однако смыв в период весеннего стока 1940 г. в среднем составил 16 т/га, а во время одного ливня — 50 т/га (Козменко, 1948). При этом отмечается, что смыв на присетевой части склона идет в 10 и больше раз сильнее, чем на приводораздельной.

Смыв на черноземах Днепропетровского района, на сильно эродированных участках, составляет в среднем 35—40 т/га в год; но на одном из участков во время ливня смыв составил 260 т (Дрюченко, 1938). Размеры смыва на темносерых лесных почвах правобережья Оки (колхоз «Пламя» Московской области) в различных условиях залегания и сельскохозяйственной культуры колебались от 1 до 60 т/га в год (Преснякова, 1953). Смыв на подзолистых почвах в районе г. Кирова достигает 5—12,5 т/га (Щеклейн, 1938). Для красноземов влажных субтропиков определяют величину смыва равной 15—55 т/га (Гуссак, 1937). Сами по себе эти цифры не дают основания для сравнения противозерозионной стойкости почв в различных почвенных зонах. По ним можно судить лишь о большом разнообразии условий, в которых происходит смыв.

Для южных черноземов и темнокаштановых почв Приволжской возвышенности, в частности для района г. Камышина, имеются данные о смыве, отличающиеся такими же широкими пределами колебаний. Так, по данным Камышинского лесомелиоративного опытного пункта (Шапошников, 1947), смыв в период весеннего стока 1944—1945 гг. колебался в пределах от 10 до 30 м³/га, а во время сильнейшего ливня 19 июля 1947 г. смыв

или, вернее, снос почвы (пашни) преимущественно на нижних частях склонов при уклонах 0,05—0,13 составил от 180 до 350 т/га (Шапошников, 1948).

Выше было сказано, что, по нашим подсчетам, на одном участке нижней части склона при особенно неблагоприятном стечении условий снос почвы во время этого же ливня достиг (в пересчете на гектар) 1008 т.

Приведенные цифры смывов и их колебания свидетельствуют о том, что всякие данные о смыве необходимо сопровождать совершенно точной характеристикой условий, при которых происходил смыв.

Чтобы лучше уяснить, почему возможны такие широкие колебания величин смыва, необходимо вспомнить формы плоскостной эрозии.

Обычно различают смыв и мелкоструйчатый размыв. Смыв, в узком смысле этого слова, происходит приблизительно равномерно со всей поверхности почвы. Примером может служить смыв на залежи во время ливня, когда под ударами дождевых капель вся поверхность почвы подвергается приблизительно одинаковому разрушению; при этом ручьи и даже потоки, унося приготовленный таким образом мелкозем, не в силах произвести размыв поверхности почвы. На рыхлой же почве во время ливня наряду со смывом уже будет происходить и мелкоструйчатый размыв или даже снос почвы потоками.

Между смывом и мелкоструйчатым размывом находятся переходные формы смыва, которые можно определить как «мелкоструйчатый смыв». При смыве концентрация твердого стока в 10 г/л даже на пашне является уже очень высокой. При мелкоструйчатом размыве и особенно при сносе рыхлой почвы с нижних частей склонов потоками воды во время сильных ливней, а также при весеннем стоке, концентрация твердого стока очень сильно повышается.

При учете смыва на стоковых площадках получают сравнительно небольшие величины, так как мелкоструйчатый размыв при этом отсутствует или развит слабо. Для определения же величин разрушения почвы мелкоструйчатым размывом пользуются методом замеров водорон, который в данном случае наиболее приемлем.

Смыв на скелетных почвах нашего склона (в состоянии залежи) в межложбинных пространствах, где отсутствовал ручейковый размыв, составлял в период весеннего стока 0,5 т/га, с включением же мелкоструйчатого размыва — около 3 т/га. Во время кратковременных ливней (10—15 минут) смыв также составлял около 0,5 т/га, а при удлинении срока их выпадения увеличивался до 2,0—2,5 т/га. Если применить найденный выше коэффициент (3—4) по отношению к данным искусственного дождевания, то смыв ливнем в 40 мм за 40 минут выразится величиной 2,5—3 т/га.

Смыв на взрыхленных площадках при искусственном дождевании с подтоком в течение 30 минут достигал 4,5 т (в пересчете на гектар). При подтоке во время снеготаяния смыв на пашне за 25 минут составил около 3,8 т; за весь период весеннего стока смыв определен (по твердому стоку) в 4,5—6 т/га.

Как отмечалось выше, рассматриваемые почвы уже в течение 15—16 лет находятся в состоянии залежи. Ясно, что в период использования почвы под пашней, а также в течение первых лет после прекращения распашки смыв был значительно более сильным, чем в последующее время, причем по мере задернения почвы он все больше ослабевал.

Мы попытались определить толщину смытого слоя почвы с момента прекращения распашки путем измерения обнаженных частей корней *Artemisia maritima*. По нашим наблюдениям, уже в первый год после оставления почвы под залежь началось заселение ее этим многолетником. По

мере смыва верхнего слоя почвы корни все больше и больше обнажались. К моменту наших наблюдений в средней части склона, занятой среднескелетной почвой, высота корневых обнажений отдельных растений достигала 8—10 см, ближе к верхней части склона — 5—8 см. В нижней, выпуклой части склона (целина), в зоне перехода к большей крутизне (здесь щебнистый панцырь достигал наибольшей плотности) длина обнаженных корней составляла 15 см, а ниже по склону — 10—8 см и меньше. Размеры обнаженных частей корней свидетельствуют о мощности смытого слоя почвы.

В связи с тем, что распашка склона была прекращена 15—16 лет назад, надо полагать, что за этот период щебнистая почва средней части склона была смыта на 8—10 см, что означает в среднем ежегодную потерю слоя почвы мощностью 0,5—0,6 см, или 50—60 м³/га. Основная масса, повидимому, была смыта во время выпадения самых сильных ливней, наблюдавшихся за последние полтора десятка лет.

О толщине смытого слоя почвы за более длительный период можно судить, исходя из следующих данных. Вдоль склона, пересекаемого довольно глубоким размывом (оврагом) со структурными перепадами, бровки размыва успели закруглиться лишь в некоторых участках; в большинстве же точек они остались почти в ненарушенном состоянии.

На ближайшем расстоянии от краев размыва почва не распаивалась и сохранилась в состоянии целины. Такие околобровочные участки подвергались сравнительно слабому смыву, так как, с одной стороны, к ним не имел доступа подток, а с другой, — будучи более или менее задернованными, они лучше противостояли разрушающему воздействию дождевых капель.

По этим участкам можно приблизительно восстановить мощность горизонта А до распашки почвы. Для среднескелетной почвы средней части склона эта мощность составляла 28, а для слабоскелетной — 35 см. Сопоставляя бывшую мощность горизонта А среднескелетной почвы с современной, легко видеть, что за период, в течение которого эта почва находилась под сельскохозяйственными культурами (продолжительность этого периода не установлена, но, повидимому, она невелика), и в последующее время она потеряла в результате смыва приблизительно 15 см верхнего гумусового слоя.

Чтобы оценить значение этого факта, надо иметь в виду, что полное разрушение горизонта А щебнистой почвы, которое при дальнейшем использовании ее под бахчевыми может произойти через 40—50 лет, означает безвозвратную потерю этой территории как производительного угодья.

Перейдем к вопросу о процессе погребения почв. В районе Камышина значительно распространены площади с погребенными каштановыми почвами. При этом в одних случаях погребенные почвы непосредственно примыкают к подвергавшимся некогда развеванию ветром или развеваемым в настоящее время песчаным высотам и поэтому находятся главным образом в верхних и частично в средних частях склонов, в других же они приурочены к нижним частям склонов и обнаруживаются в отвесных стенках береговых размывов гидрографической сети. В первом случае происхождение их, несомненно, связано с деятельностью ветра и текучей воды, что было отмечено Л. Т. Земляничкиным (1938), подробно описавшим эти почвы с «двучленным профилем».

В зоне перевевания пески большими массами скапливаются около всевозможных сооружений, ослабляющих скорость ветра. Так, например, 41-летняя лесная полоса, примыкающая к недавно подвергшейся развеванию песчаной высоте, в течение 1947—1948 гг. на протяжении около 100 м была засыпана слоем песка мощностью до 1 м и больше.

Вопрос о процессе погребения темнокаштановых почв в нижних частях склонов требует специальных исследований.

Наилучший более светлый слой можно видеть почти повсеместно в обнажениях береговых оврагов, главным образом лощинных, но очень часто и суходольных звеньев гидрографической сети (суходолы Климушин, Бельский, Кирпичный и многие другие). Его мощность обычно колеблется в пределах от 10—20 до 40 см.

По механическому составу этот слой бывает легче, чем погребенная им почва.

Самые нижние участки склонов, несущие на себе погребенные почвы, имеют различную форму: несколько вогнутую (в этом случае они являются нижними частями делювиальных шлейфов), прямую и местами даже несколько выпуклую. В делювиальном происхождении этого наносного слоя не может быть никакого сомнения, но вопрос об условиях, вызвавших его появление, не вполне ясен.

При объяснении усиленного отложения мелкозема в нижних частях склонов мы исходим из того, что этот процесс мог начаться лишь при резком нарушении ранее существовавшего относительного равновесия между условиями почвенно-геоботаническими, определявшими противоэрозионную стойкость почвы и размеры стока, с одной стороны, и климатическими, вызывавшими поверхностный сток вод, — с другой. Это временное относительное равновесие было нарушено распахкой почвенного покрова, приведшей к резкому усилению смыва почвы со склонов. Последнее же должно было сопровождаться отложением мелкозема в самых нижних частях склонов, главным образом за счет донных фракций транспортировавшихся продуктов смыва. В одних случаях этому способствовала форма склона (уменьшение крутизны склона книзу), в других (включая и первые) — нераспаханность участков, непосредственно примыкавших к бровкам гидрографической сети. Эти задернованные участки главным образом способствовали образованию здесь наносного слоя. Однако отложение продуктов смыва при их передвижении возможно и при отсутствии растительного покрова.

В пользу того, что этот слой начал образовываться именно с момента распахки почв, а не раньше, говорит следующий факт. При закладке почвенных ям вблизи бровок гидрографической сети, в местах, где почва систематически подвергается распахке, граница наносного слоя не обнаруживается; создается впечатление, что этот слой отсутствует. Это связано, конечно, с тем, что по мере отложения мелкозема последний равномерно перемешивается с пахотным слоем и поэтому, давая прирост гумусового горизонта, не образует при этом самостоятельного слоя.

Изложенные факты указывают на сложность развития эрозионных процессов во времени и на то, что эти процессы за период, начавшийся распахкой почвы, и до наших дней способствовали заметному изменению форм рельефа и, следовательно, в исторический период рельеф вследствие эрозии изменяется довольно быстро.

Выводы

Изучение эрозионных процессов в летний сезон позволяет сделать следующие выводы.

1. При наличии стока любая почва в условиях распахки может смыываться. Поэтому борьба с эрозией возможна лишь на основе мероприятий, направленных на уменьшение стока.

2. Щебнистые почвы, находящиеся в состоянии разбиваемой скотом залежи или целины и несущие на себе скелетный панцирь, смыываются с меньшей интенсивностью, чем нещебнистые, находящиеся в аналогичных условиях залегания. Распахка щебнистых почв, сопровождающаяся уничтожением скелетного панциря (вследствие его перемешивания с пахотным слоем), переводит их по податливости смыву в категорию бесскелетных почв.

3. На суглинистых и глинистых почвах все механические фракции смыываются приблизительно в том соотношении, в каком они находятся в почве, иначе говоря, процесс смыва не изменяет механического состава почвы. Механический состав почвы может изменяться в результате смыва лишь в том случае, если ее профиль в этом отношении неоднороден. В этом случае в зависимости от механического состава нижележащих горизонтов смыв может привести как к облегчению механического состава верхнего слоя, так и к его утяжелению.

4. Механический состав почв в значительной степени определяет их противоэрозионную стойкость. Более тяжелые почвы лучше противостоят смыву, чем легкие. Наименее стойки против эрозии песчаные почвы. Однако в связи с тем, что на них вследствие высокого водопоглощения отсутствуют условия для формирования значительного стока, они обычно не подвергаются большому смыву. Во время же сильных ливней, сопровождающихся большим стоком, или при таком залегании песчаных почв, которое допускает прохождение значительного стока с лежащей выше площади, смыв на них может достигать огромных размеров. Это необходимо иметь в виду при организации территории в районах эрозии. Приблизительно таким же образом ведут себя и только что обработанные суглинистые почвы (бесструктурные). Это означает, что для распаханных рыхлых почв мало опасны кратковременные ливни, но очень опасны длительные ливни высокой интенсивности.

5. При прохождении стока на почвах, находящихся в состоянии залежи или уплотнившихся после распахки, концентрация твердого стока понижается во времени даже в том случае, когда расход стока несколько нарастает. В течение времени нарастания интенсивность смыва может находиться приблизительно на одном и том же уровне, но с тенденцией к уменьшению. Поэтому иногда может быть так, что, например, два кратковременных ливня, разграниченных некоторым промежутком времени (один-два дня), могут произвести больший смыв, чем один ливень, равноценный им по сумме и интенсивности выпавших осадков. На свежевзрыхленных суглинистых и песчаных почвах концентрация твердого стока увеличивается по мере нарастания расхода стока, но при более или менее установившемся расходе она падает. Такой же ход имеет и интенсивность смыва.

6. Почвы, находящиеся в состоянии разбиваемой скотом залежи (или уплотнившиеся и более или менее задернованные), наибольшему смыву подвергаются во время ливней. Это связано с разрушительным действием дождевых капель. В период весеннего стока смыв на таких почвах при одинаковых расходах бывает ниже. На обработанных же и вообще рыхлых (например, песчаных) почвах усиление интенсивности смыва происходит главным образом за счет живой силы потоков: чем больше их живая сила, тем больше и смыв. Механическое воздействие капель на рыхлую поверхность почвы приводит к выравниванию ее микрорельефа; это в свою очередь способствует повышению размеров стока и смыва.

7. Так как в период весеннего стока податливость почвы (находящейся в рыхлом, незадернованном состоянии) смыву выше, чем в летний сезон,

то при одинаковой интенсивности стока весной на пашне возможен больший смыл, чем летом.

8. Передвижение мелкозема в ручьях происходит как во взвешенном состоянии, так и путем перекачивания более крупных частиц по дну русел и скачкообразного передвижения в придонной зоне. Донные фракции на скелетных почвах составляют не менее 50% от общего веса смываемых продуктов. На песчаных почвах этот процент еще выше. Поэтому всякое ослабление скорости потока или изменение (уменьшение) уклона, или то и другое вместе взятое неизменно приводят к ослаблению переноса и отложению наиболее грубой части донных фракций.

9. Смыл на скелетных почвах достигал следующих величин: а) на 16-летней залежи, покрытой полынью, — 2,5—3 т/га в течение 40-минутного ливня с суммой осадков 40 мм; б) на пашне при искусственном дождевании (с подтоком) в течение 30 минут — 4,5 т/га.

10. Ввиду того что щебнистые почвы крутых склонов в состоянии обработки подвергаются интенсивным процессам эрозии, использовать их под сельскохозяйственные культуры, особенно бахчевые, без проведения противоэрозионных мероприятий не следует.

ВОПРОСЫ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ ЛЕСОМЕЛНОРАЦИИ ЩЕБНИСТЫХ ПОЧВ

Естественный лес на щебнистых склонах и берегах гидрографической сети. Известно, что на щебнистых почвах, подстилаемых твердыми коренными породами, может более или менее нормально произрастать лес. Однако такое сочетание почвенно-геологических условий все же действует угнетающим образом на древесные породы. Так, П. А. Ососков (1912), проводивший исследования в области Засурских лесов (восточнее верховий р. Суры, быв. Симбирская губ.), пришел к следующему выводу: «Занятые лесными дачами водораздельные возвышенности (свыше 130 м над уровнем Суры), имеющие, при небольшой толщине (от 0,5 до 0,75 арш.) поверхностных (элювиальных) глин, коренную свою подпочву третичные кремнистые глины (опоки), покрыты исключительно листовым лесом, причем последний не отличается ни большим ростом, ни хорошими качествами. Главнейшими породами служат: липа, дуб, клен, а местами на глинах — по сырым местам — осина. Сосны... на залегающих близ поверхности третичных опоках нигде не встречается».

О росте сосны на опоках (опоки он отождествляет с кремнистыми глинами) П. А. Ососков пишет, что она хорошо растет на них только «при мощном делювии». При маломощном же «корни упираются в коренной грунт и прекращается нормальное развитие». «Непосредственно на третичных кварцевых песчаниках при самом малом поверхностном почвенном слое сосна («горная») растет отлично».

Угнетающее влияние щебнисто-каменистой почвы и подпочвы на некоторые древесные породы можно также видеть на примере посадок, произведенных А. С. Козменко в 1926 г. на территории Новосибирской опытно-овражной станции.

В нижней части выпуклого склона, переходящего в обрыв к р. Зуше, находятся слаборазвитые щебнистые почвы на известняке, причем по мере приближения к обрыву коренная порода все больше приближается к поверхности, а мощность почвы уменьшается. Такому изменению почвенного покрова в точности соответствует изменение состояния насаждения. Вблизи обрыва деревца стоят реже и имеют меньшую высоту, по мере же движения вверх по склону их состояние быстро улучшается. Особенно

ярко это заметно на примере березы бородавчатой (*Betula verrucosa* Ehrh.) в меньшей мере — на лиственнице сибирской (*Larix sibirica* L. d. h.) и сосне обыкновенной (*Pinus silvestris* L.).

Характерная особенность насаждений на щебнистых почвах — пестрота высот рядом стоящих деревьев: здесь можно видеть как двух-, так и пятиметровые экземпляры.

Таким образом, выходящая близко к дневной поверхности твердая порода по своим физико-механическим свойствам представляет мало благоприятную среду для нормального развития корневых систем и способствует угнетению древесных растений.

По мере продвижения на юг, где все больше сказывается недостаток влаги, отрицательное влияние щебнистой материнской породы усиливается, особенно при наличии смыва, приводящего, с одной стороны, к разрушению и без того маломощного слоя почвы, а с другой — к потере влаги. Это, однако, вовсе не означает, что в условиях засушливого юго-востока не могут произрастать лесные культуры на щебнистых почвах.

Как известно, путями, по которым естественные леса проникают далеко на юг и юго-восток, является гидрографическая сеть — ее крутые откосы, не говоря уже о днищах. При этом лесом откосы бывают заняты и в том случае, когда они сложены твердыми породами, прикрытыми тонким слоем элювия-делювия. В Камышинском районе почти повсеместно можно встретить остатки таких ложбинных (балочных) лесов, которые когда-то покрывали щебнистые (а также нещебнистые) откосы гидрографической сети.

То обстоятельство, что крутые берега гидрографической сети некогда были в большинстве случаев покрыты лесом, остатки которого можно видеть и в настоящее время, указывает, что эти места находились в лучших условиях увлажнения, допускавших нормальное развитие лесных пород. И в настоящее время откосы, покрытые лесом, отличаются лучшими условиями увлажнения.

Но, с другой стороны, известно, что создавать искусственные насаждения на откосах, где лес был ранее уничтожен и, тем более, где вследствие выпаса или распашки был нарушен почвенный покров, дело намного более сложное, чем на забровочных пологих участках.

Эта двойственность свидетельствует об особенностях гидрологического режима крутых берегов гидрографической сети, который схематически можно представить так.

В крутых берегах балок, как правило, к поверхности выходят и служат в качестве материнских пород коренные породы, которые вследствие неоднородности механического состава различных прослоек имеют более благоприятный режим влажности. Во многих случаях крутые берега сложены трещиноватыми опоками, отличающимися повышенным увлажнением. Даже при полном отсутствии почвенного покрова иссушение опок вследствие разорванности капиллярной системы происходит слабо; сильному высыханию подвергается лишь верхний щебнистый слой. Так, например, на левом крутом откосе р. Елшанки в местах, совершенно обнаженных от почвы, но покрытых слоем щебня, уже на глубине 20—30 см обнаруживалась довольно влажная рухляковая порода.

Берега, сложенные однородными делювиальными отложениями, менее лесопригодны. Они, как правило, имеют меньшую крутизну и реже заняты лесом.

При наличии леса на берегах балок сосредоточивается много снега, который служит важнейшим источником увлажнения этих мест. Лес способствует полному поглощению жидких осадков и предохраняет почву

от эрозии и иссушения через испарение. Тем самым лес создает благоприятную среду для своего нормального произрастания.

Уничтожение леса и сопутствующее ему частичное или полное разрушение почвенного покрова (главным образом в результате пастьбы скота или распашки) влекут за собой сильнейшее иссушение почвы и подпочвы, особенно на инсолируемых откосах, и понижение уровня грунтовых вод, что в свою очередь ведет к ухудшению режима влажности почвы на прилегающих к берегам участках склонов.

Таким образом, места, наиболее пригодные для леса (откосы), могут быть превращены в участки, мало пригодные для выращивания лесных культур.

Итак, откосы гидрографической сети, не говоря уже о ее днищах, сложенные как рыхлыми, так и твердыми породами, представляют наиболее пригодные для произрастания леса местоположения, если только почвенный покров на них не разрушен в результате неправильного их использования.

Бровочные закругленные выпуклые участки, особенно солнечные, являются, если не брать в расчет ложбин, наиболее сухими. Это объясняется: 1) недостаточностью поступления влаги жидких атмосферных осадков и сдуванием снега и 2) сильным иссушением через испарение.

Искусственные насаждения на щебнистых склонах. Остановимся на условиях произрастания и состоянии лесной полосы на южном склоне, созданной с целью предохранения железнодорожного полотна от заносов снегом. Полоса находится в 5 км от ст. Камышин. Почва — щебнистый каштановый суглинок (горизонт А — песчанистый легкий суглинок) на опоке верхнесызранского яруса. Гумусовый горизонт содержит незначительное количество скелета. Но уже на глубине 20 см содержание щебенки резко возрастает, а ниже 50 см располагается типичный щебнисто-каменистый рухляк опоки. Верхняя граница вскипания лежит на глубине 40 см, а нижняя — на глубине 95 см от поверхности.

О составе поглощенных оснований и концентрации почвенного раствора (по данным водной вытяжки) дают представление табл. 42 и 43.

Таблица 42

Обменные основания (по Гедройцу, в м-экв. на 100 г абсолютно сухой почвы). Разрез 7 (полоса) *

Глубина, см	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0—10	10,72	3,02	0,41
20—30	13,39	7,39	Нет
35—45	25,92	14,73	»
65—75	Не опр.	Не опр.	2,04

* Аналитик В. Николаева.

Данные табл. 42 показывают, что сумма поглощенных оснований с 14 м-экв. у поверхности почвы возрастает до 40 м-экв. на глубине 35—45 см. Такое резкое повышение суммы поглощенных оснований, повидимому, связано с утяжелением механического состава до глины. Если допустить, что такая же емкость поглощения наблюдается и на глубине 65—75 см,

Таблица 43

Результаты анализа водной вытяжки из каштановой щебнистой почвы (в % к абсолютно сухой почве). Разрез 7 (полоса) *

Глубина, см	Сухой остаток	Минеральный остаток	Щелочность		Cl [']	SO ₄ [•]	Ca ^{••}	Mg ^{••}
			общая в HCO ₃	от норм. карбонатов в CO ₂				
0—10	0,068	0,048	0,008	Нет	0,002	Нет	0,003	Нет
20—30	0,072	0,052	0,008	»	0,001	»	0,002	»
35—45	0,048	0,026	0,008	»	0,006	»	0,002	»
65—75	0,129	0,084	0,022	0,006	0,008	0,037	0,007	Сл.
130	1,248	1,118	0,014	Нет	0,046	0,759	0,250	0,021

* Аналитик С. М. Бабушкина.

то поглощенный Na в этом случае составит около 5% от нее, что указывает на некоторую солонцеватость почвы на данной глубине. В этом же горизонте, как показывает анализ водной вытяжки, отмечается щелочность от нормальных карбонатов. Содержание легкорастворимых солей в почвенных горизонтах незначительное, но уже на глубине 130 см содержание гипса и, повидимому, глауберовой соли повышенное. Таким образом, на основании анализа водной вытяжки разреза 7 можно констатировать наличие глубинного засоления. Однако содержание здесь легкорастворимых солей в сравнении с разрезом 1 незначительно. Возможно, что промыванию этих солей вглубь способствовало и семилетнее пребывание здесь лесного насаждения, ежегодно скапливавшего около себя снег.

Это насаждение было заложено в 1940 г. Оно состоит из пяти узких пятирядных полос, отстоящих одна от другой на расстоянии 10—11 м и протягивающихся на 600 м параллельно железнодорожному полотну.

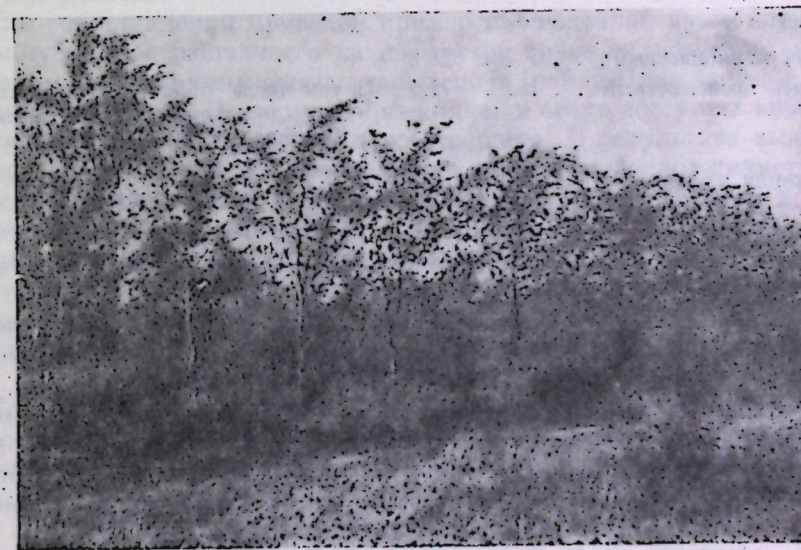


Рис. 22. Общий вид 7-летней снегоборной полосы (у железнодорожного полотна) на щебнистой почве (опока).

До посадки территория находилась под сельскохозяйственными культурами. Осенью 1940 г. почва была вспахана на глубину 25 см, после чего этой же осенью была произведена посадка под меч Колесова одно-двухлетними сеянцами.

Были высажены следующие породы (при расстояниях между рядами 150 см и в рядах 75 см): 1 и 5-й ряды — лох узколистный; 2 и 4-й — акация желтая; 3-й ряд — вяз мелколистный + клен ясенелистный.

Об уходе за почвой в первые годы сведений не имеется; повидимому, он был регулярным или вовсе отсутствовал. В 1945 и 1946 гг. были произведены прополка трав и рыхление — по два раза в течение лета.

В качестве пробной площадки нами был взят участок второй полосы (от железнодорожного полотна) (рис. 22) протяжением 202 м (0,15 га), на котором был произведен переучет деревьев и кустарников¹ (в третьем ряду — сплошной, а в остальных — через один куст) с измерением высоты и диаметра на высоте груди.

Данные обмеров пород на пробной площади приведены в табл. 44.

Таблица 44

Средние показатели состояния и роста древесных и кустарниковых пород на пробной площадке

Порода	Возраст	Число измерений	Высота, м		Средний диаметр на высоте груди, см	Среднее число побегов в кустах (акация желтая)	%, сухостойных и усыхающих деревьев и кустарников
			средняя	максимальная			
Вяз мелколистный . . .	7	100	3,95	6,3	3,69	—	1,0
Клен ясенелистный . . .	7	39	2,62	4,6	1,72	—	36,0
Акация желтая * . . .	5	247	1,79	2,6	0,65	14	0,0
Лох узколистный . . .	7	89	1,59	3,0	—	—	10,0

* Среднее число побегов и средний диаметр акации желтой вычислены: первое — по 33 кустам, второй — по 35 измерениям.

Убыль культур к семилетнему возрасту достигла следующих величин (в %):

Вяз мелколистный 25,9

Клен ясенелистный 71,1

(в том числе количество усыхающих деревьев, давших после вырубki пневую поросль, составляет 33%)

Акация желтая 8,5

Лох узколистный 37(?)

На основании приведенных данных можно сделать следующие заключения.

1. Клен ясенелистный на щебнистой почве (на опоке) к семилетнему возрасту дает огромную убыль. Сохранившиеся еще деревца в большом количестве сухостойны и усыхают и, вероятно, вскоре погибнут. Двухлетняя пневая поросль от срубленных, ранее усыхающих деревьев к моменту обследования также в значительной части имела явные признаки усыхания. Следовательно, клен ясенелистный для посадок на щебнистых (в той или иной мере солончаковых) почвах совершенно непригоден.

2. Лох узколистный также дал большой отпад — не менее 37% (ввиду проведенной ранее вырубki процент его убыли точно установить не удалось).

¹ Осенью 1942 г., т. е. через 2 года, акация желтая была вырублена и в последующее время дала поросль, которая и учитывалась в пятилетнем возрасте.

Усыхающие экземпляры составляют 10% от общего числа сохранившихся. Все это указывает, что лох узколистный для посадок на щебнистых почвах, аналогичных описанным, мало пригоден.

3. Акация желтая показала самую высокую приживаемость и сохранность. Показатели роста также вполне удовлетворительны. Поэтому можно с уверенностью полагать, что на щебнистых суглинистых слабосолончаковых почвах эта порода способна успешно произрастать.

4. Вяз мелколистный дал значительный отпад, но прижившиеся деревца нормально растут и имеют хорошее состояние. Как известно, для вяза мелколистного характерно наличие глубоко идущего стержневого корня. Мы производили раскопку корней вяза мелколистного только до глубины 80 см. При этом был обнаружен главный стержневой корень, идущий вглубь щебнистого грунта. Наряду с ним имеются и другие корни, которые, как и у акации белой, часто извиваясь среди камней и приобретая местами сплюснутую форму, идут вглубь (рис. 23). К сожалению, на большой глубине ход корневой системы проследить не удалось.

Для сопоставления приведем пример наблюдаемой нами корневой системы дуба, произрастающего на щебнистой почве на девонском известняке, относящейся к типу серых лесных почв (район Новосильской опытно-овражной станции). Эти корни обнажились и стали доступны наблюдению вследствие осыпания берега одного откоса. В результате выяснилось, что все корни дуба (само дерево было когда-то срублено; диаметр пня — 15 см, а поросль от него достигает в высоту 3 м), в том числе и главный диаметром 14 см, размещаются в слое почвы 60—70 см, делая при этом кольцеобразные повороты и распространяясь в горизонтальной плоскости.

Этот пример говорит о том, что известняк в качестве подпочвы представляет гораздо большее препятствие для корневой системы древесных пород, чем опока; последняя, благодаря своей трещиноватости, допускает развитие даже стержневого корня.

Коснемся кратко состояния упомянутой выше лесной полосы в целом и некоторых почвенных и геоморфологических условий, влияющих на рост древесных пород. На самой верхней, крутой (8—9°), части склона выше лесной полосы залегают песчаные и супесчаные почвы, которые при смыве дают песчаный материал, отлагающийся ниже. Лесная же полоса располагается поперек склона, имеющего в этой части крутизну около 4°. Поэтому многие участки щебнистой почвы, занятой под насаждением, покрыты слоем песка мощностью 15—20 см. Это обстоятельство благоприятно

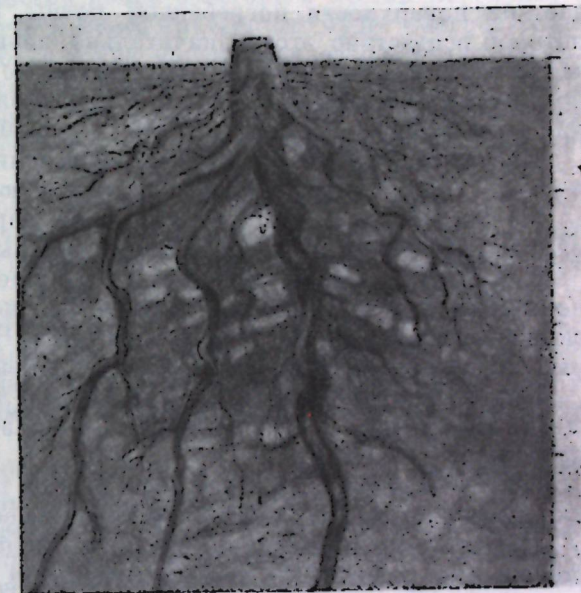


Рис. 23. Корневая система вяза мелколистного в щебнистом почвогрунте.

отразилось на росте и состоянии всех древесных пород, особенно вяза мелколистного, достигающего 7—8 м в высоту, что связано главным образом с улучшением водного режима почвы.

Остановимся на одном моменте, объясняющем мелкорежущее значение песчаного слоя, — на поступлении осадков, главным образом жидких, в почву, имеющую двуслойный профиль с находящимся сверху песчаным слоем, хорошо пропускающим воду (Г. Н. Высоцкий). Этот слой, впитывая всей своей площадью и проводя вниз поверхностные воды, передает их поверхности погребенной почвы, реальная водопроницаемость которой вследствие этого значительно повышается. В результате общий запас впитавшейся воды увеличивается не только за счет поглощения и удержания ее песчаным слоем, но также за счет повышенного поглощения ее нижележащей суглинистой (в нашем случае щебнистой) почвой.

На примере рассматриваемого насаждения видно, что песчаный слой в 15—20 см уже имеет большое мелкорежущее значение.

Участки полосы, отличавшиеся очень хорошим состоянием вследствие наличия песчаного слоя, не были включены в пробную площадь.

С другой стороны, имелись небольшие участки — микрорельефные повышения, на которые невозможен был подток воды с верхних частей склона; они сами теряли воду в виде стока. На таких участках все древесные породы или полностью выпали, или имели весьма плохое состояние.

Вопрос о возможности произрастания лесных культур на различных щебнистых почвах в условиях юго-востока заслуживает самостоятельного изучения.

Подведем некоторые итоги. При оценке пригодности щебнистой почвы для произрастания на ней лесной породы необходимо учитывать:

1) физико-механические особенности подпочвы (твердость, пористость, степень трещиноватости, обуславливающая возможность проникновения корней вглубь, влагоемкость и т. д.), а также степень развитости почвенного профиля и степень смывости почвы;

2) наличие или отсутствие вредных легкорастворимых солей и степень солонцеватости;

3) местоположение щебнистой почвы на склоне, обуславливающее ее увлажнение.

Щебнистость и каменистость почвогрунта хотя и стесняет развитие корневых систем, однако допускает нормальный рост и развитие многих древесных пород. Приведенные выше данные позволяют заключить, что опoka представляет меньше препятствий для роста корней, чем известняк (доломитизированный), хотя и среди опок встречаются твердые прослойки (плиты), почти непреодолимые для корней.

На песчанниках (щебнисто-песчаные почвы) более или менее успешно произрастает сосна обыкновенная.

Если щебнистая почва в той или иной мере засолена, она, повидимому, представляет собой еще менее благоприятную среду для произрастания лесных культур, чем нещебнистая, так как в первом случае концентрация вредных легкорастворимых солей вследствие их сосредоточения главным образом в мелкоземке может быть более высокой, чем во втором. Кроме того, при таком сочетании неблагоприятных факторов — щебнистости и засоленности — отрицательное действие их может усиливаться. Наличие или отсутствие легкорастворимых солей, а также степень солонцеватости являются, повидимому, одним из основных моментов, характеризующих лесопригодность каштановой щебнистой почвы на опоке.

Другим важнейшим моментом следует считать обеспеченность влагой, повышенное поступление которой в почву может произвести коренное

изменение в распределении солей по профилю последней. Участки насаждения около железнодорожного полотна, где щебнистая почва покрыта слоем песка, вследствие дополнительного поступления воды и меньшей потери ее через испарение находятся в очень хорошем состоянии.

Все это свидетельствует о том, что в условиях обеспеченности влагой щебнистые почвы (не сильно эродированные и незасоленные) пригодны для посадки на них лесных культур (полосами).

Наиболее подходящими с этой точки зрения следует признать такие местоположения, когда щебнистая почва залегает в местах переходов от более крутых участков склона к менее крутым (это будет способствовать ее повышенному увлажнению), а также когда вышележащие относительно щебнистой почвы участки склона сложены породами песчанистого состава (песчано-песчаниковыми), дающими материал для образования на ее поверхности песчаного слоя, который имеет мелiorативное значение.

Выше отмечалось, что сосредоточение скелетного панциря на поверхности почвы (после закладки насаждения) также должно улучшить условия произрастания лесных пород вследствие улучшения водного режима почвы. Поэтому рекомендуется, где это возможно, искусственно создавать на поверхности почвы слой из щебенки.

Более обеспеченными влагой местами, как известно, являются всевозможные естественные микрозападины, потяжины, ложбины стока, а также искусственно созданные понижения, которые могут быть заняты и щебнистыми почвами.

Сплошное облесение щебнистых почв в засушливых районах представляет большие затруднения, на что обращает внимание А. С. Козменко (1948), указывая одновременно, что здесь целесообразно производить узкополосное облесение с «использованием ограждаемой полосами площади под лугопастбище или под угодье, предназначенное для периодического подкашивания травы».

В конкретных условиях на нашем склоне северной экспозиции при производстве лесных посадок (лентами поперек склона) под последние можно было бы занять в верхней части склона — полосу, где каштановая суглинистая почва погребается слоем песка, в средней части склона — полосу, занятую слабоскелетной темнокаштановой почвой, и в нижней, более крутой части склона — полосу, граничащую с его основанием, где вследствие наличия более мощного слоя почвы и повышенного увлажнения ее лесорастительные условия лучше. Расстояния между полосами составили бы в среднем около 150 м, но в данном случае они могли бы быть иными, так как размещение полос ставится в зависимость от степени лесопригодности тех или иных участков почвы.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Основным объектом наших исследований были скелетные почвы, которые в пределах правобережья Нижней Волги занимают обширные площади. Кроме того, изучались суглинистые почвы с незначительным содержанием скелетных частиц (около 1%), а также песчаные почвы; поэтому большинство полученных выводов и выявленных закономерностей приложимо также к почвам мелкоземистым.

2. При изучении водопроницаемости, стока и смыва в полевых условиях применены различные методы: метод искусственного дождевания раздельно и в комбинации с подтоком, метод стоковых площадок, метод раздельного учета донных и взвешенных фракций, транспортируемых

ручьями, и др., что позволило более всесторонне и более полно охарактеризовать изучаемые явления и процессы. При этом автором были сконструированы необходимые приборы.

3. Поскольку эрозионные процессы вызываются стоком талых и дождевых вод, возникает необходимость изучения в первую очередь водопроницаемости и условий формирования стока. Водопроницаемость почвы разделяется нами на максимальную, выявляющуюся при сплошном заливе поверхности водой, и реальную, имеющую место в естественных условиях при дождях и снеготаянии. Реальная водопроницаемость зависит от таких факторов, как интенсивность дождя и размеры его капель, состояние верхнего слоя почвы и характер самой поверхности, наличие различных покровов (растительность, лесная подстилка, щебнистый панцирь и др.), уклон поверхности и др. Проведенные исследования водопроницаемости и условий формирования стока на щебнистых каштановых почвах правобережья Волги дали возможность автору подойти к изучению общего распределения влаги на склонах, к изучению стока и смыва и расчетам различных противоэрозионных мероприятий, в частности ширины водорегулирующих лесных полос с учетом местных условий.

4. Для понимания процессов формирования весеннего стока большое значение имеет изучение характера замерзания и оттаивания почвы и водопроницаемости мерзлой почвы. При замерзании почвы в самом верхнем ее слое сосредоточивается (путем подтягивания по капиллярам) большое количество влаги, вследствие чего этот слой, прослоенный кристалликами льда, и является главным препятствием для просачивания воды вглубь мерзлой почвы. Такое подтягивание воды к поверхности происходит в момент замерзания почвы, т. е. в течение нескольких часов или суток. При оттаивании этого слоя водопроницаемость нижележащих слоев мерзлой почвы сильно возрастает. Когда почва замерзает, будучи мало увлажненной с осени, весной она хорошо поглощает талые воды, при этом сама оттаивает с поверхности, находясь еще под снегом; в такие годы коэффициент стока бывает низок.

5. На щебнистых почвах тяжелого механического состава при залегании их на достаточно крутых склонах коэффициенты как ливневого, так и весеннего стоков бывают весьма высокими и формируется сток большой силы. Поэтому при неправильном хозяйственном использовании щебнистые почвы на таких местах, подвергаясь сами сильной эрозии, представляют опасность заноса продуктами эрозии лежащих ниже более ценных угодий и завления прудов, водоемов и водохранилищ.

6. Та или иная податливость почв эрозии не является их постоянным свойством: она изменяется в зависимости от состояния, в котором находится данная почва, а также от интенсивности дождя и размеров весеннего стока. Песчаные почвы при умеренных дождях вовсе не подвергаются смыву ввиду отсутствия на них стока. При сильных ливнях, дающих значительный сток, или наличии весеннего стока эти почвы в случае их залегания на склонах смываются наиболее интенсивно. Суглинистые и глинистые почвы (как скелетные, так и мелкоземистые) в рыхлом (обработанном) состоянии, подобно песчаным, при слабых и умеренных дождях почти не подвергаются смыву, сильные же ливни могут вызвать на них катастрофический смыв. Почвы залежей даже при наличии сильнейшего стока хорошо противостоят смыву. Хорошо задернованные почвы смыву практически не подвергаются. Растительность (лесная, степная, культурная) является лучшим средством защиты от эрозии.

7. Передвижение твердых продуктов в потоках (руслах) происходит частью во взвешенном состоянии, частью путем перекатывания по дну

русла и в придонной зоне. Донная фракция транспортируемого материала на песчаных и скелетных суглинистых почвах составляет около 50%.

8. Территории крутых склонов, занятые щебнистыми почвами, являются первоочередными объектами лесомелиоративных мероприятий с целью использования их в качестве лесных и лугопастбищных угодий. Возможность произрастания искусственных лесных (полосных) насаждений на каштановых щебнистых почвах различного механического состава в условиях юго-востока РСФСР доказана имеющимся производственным опытом.

9. Многообразное воздействие на разрушительные эрозионные процессы на основе познания закономерностей в развитии этих процессов позволит ликвидировать угрозу их дальнейшего распространения и их последствия. Одновременно это явится мощным фактором повышения урожайности всех сельскохозяйственных культур и получения изобилия различных продуктов сельскохозяйственного производства.

ЛИТЕРАТУРА

- Антипов-Каратаев И. Н. Комплексный метод изучения физических, химических и агрохимических свойств почв Заволжья в связи с орошением. В кн. «Проблемы Волго-Каспия», т. I, 1934.
- Антипов-Каратаев И. Н. и Прасолов Л. И. Почвы Крымского государственного лесного заповедника и прилегающих местностей. «Тр. Почв. ин-та АН СССР», Л., 1932.
- Басов Г. Ф. Влияние лесных защитных полос Каменной степи на регулирование поверхностного стока. «Лесное хозяйство», 1941, № 2.
- Берг Э. Ю. Данные о наиболее выдающихся ливневых дождях разной продолжительности за десятилетие 1903—1912 гг. на территории б. Европейской России. «Геофиз. сборник», т. IV, вып. 3. Л., 1925.
- Бейфани А. Н. Основы теории стока ливневых вод. «Тр. Одесского гидрометеорологического института», Одесса, 1949.
- Богатырев К. П. Генезис почв на кристаллических и массивно-кристаллических породах, слагающих Ильменский заповедник. «Тр. Ильменского гос. заповедника», вып. 2. М., 1940.
- Богомозов З. П. и Петрова З. П. Исследование выдающихся дождей на территории УССР, их хода и распространения по площади. «Тр. Гос. гидрологического института», вып. 6 (60). Л., 1948.
- Богомозов Д. В. О весеннем поверхностном стоке и мероприятиях по борьбе с ним. «Тр. Башкирской н.-иссл. полевой станции», т. II. Уфа, 1945.
- Богомозов Д. В. Материалы к характеристике весеннего поверхностного стока в Башкирии. Там же.
- Виленицкий Д. Г. Свойства почв, определяющие податливость их эрозии, и методы исследования этих свойств. Сб. «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1938.
- Вильямс В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. Сельхозгиз, М., 1940.
- Вознесенский А. С. и Арцруни А. Б. Влияние физико-химических свойств почвы на поверхностный смыв. Сб. «Борьба с эрозией почв СССР». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1938.
- Высоцкий Г. Н. Об орочклиматических основах классификации почв. «Почвоведение», 1906, № 1, 2, 3, 4.
- Высоцкий Г. Н. Природные растительные условия и результаты лесоразведения на Ергенях. Тг., 1915.
- Глинка К. Д. Почвы скелетные. «Энциклопедия русского сельского хозяйства», т. VII, 1902.
- Горшенин К. П. География почв Сибири. Омск, 1939.
- Гуссак В. Б. Борьба с поверхностными смывами почвы. Тифлис, 1934.
- Гуссак В. Б. Опыт экспериментального изучения поверхностных эрозий почвы на красноземах влажных субтропиков ССР Грузии. «Почвоведение», 1935, № 1.
- Гуссак В. Б. Факторы и внутренние последствия поверхностных смывов красноземов в условиях влажных субтропиков Грузии. Сб. «Эрозия почв». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1937.

- Гуссак В. Б. Некоторые наблюдения над эрозией почв в пограничном слое с помощью микроинъекции. «Почвоведение», 1948, № 7.
- Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. СПб., 1892.
- Докучаев В. В. Естественно-историческая классификация русских почв. Соч. т. IV. Изд-во АН СССР, 1950.
- Долгов С. И. Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1948.
- Дрюченко М. И. Роль леса в борьбе с эрозией и дефляцией в проблеме Большого Днепра. Сб. «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1938.
- Жилкин Б. Д. Опыт оценки влияния леса на водный баланс. «Тр. Брянского лесхоз. ин-та», т. IV. Брянск, 1940.
- Захаров С. А. К характеристике почв горных стран. М., 1914.
- Захаров С. А. К характеристике высокогорных почв Кавказа. М., 1914а.
- Захаров С. А. Изучение водопроницаемости почв в поле при помощи «дождевания». «Физика почв СССР». Сельхозгиз, М., 1936.
- Захаров С. А. О некоторых спорных вопросах горного почвоведения. «Почвоведение», 1946, № 6.
- Землянички Л. Т. Об эрозии почв в горных областях Южной Киргизии и Узбекистана. Сб. «Эрозия почв». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1937.
- Землянички Л. Т. Значение надвигания песков на каштановые почвы. «Лесное хозяйство», 1938, № 3/9.
- Землянички Л. Т. Лесорастительные условия почв каштановой зоны Европейской части СССР. М., 1939.
- Измаильский А. А. Влажность почвы и грунтовая вода в связи с рельефом местности и культурным состоянием поверхности почвы. Полтава, 1894. См. также: Избранные сочинения. Сельхозгиз, М., 1949.
- Кабанов П. Г. О поверхностном стоке талых вод в Поволжье. «Соц. зерновое хоз-во», Саратов, 1938, № 2.
- Кабанов П. Г. и Войцман К. С. Влияние погоды весны на таяние снега и размеры стока. «Соц. зерновое хоз-во». Саратов, 1940, № 5.
- Казakov В. А. Экспериментальное изучение смыва на красноземах Аджарии. Закавказский н.-иссл. ин-т водного хоз-ва. Тбилиси, 1940.
- Качинский Н. А. Водопроницаемость подзолистой суглинистой почвы в естественном ее залегании (с цельной и разрушенной структурой). «Бюллетени почвоведения», 1926, № 2, 3, 4.
- Качинский Н. А. Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевых участках. М., 1927.
- Качинский Н. А. Изучение физических свойств почв и корневых систем растений. Сельхозгиз, М., 1930.
- Качинский Н. А. Методы механического и микроагрегатного анализа почвы. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1943.
- Качинский Н. А. О структуре почвы, некоторых водных ее свойствах и дифференциальной порозности. «Почвоведение», 1947, № 6.
- Кисриев Ф. Г. Лесоразведение в горах Дагестана. «Лес и степь», 1951, № 2.
- Климатический справочник по Саратовской и Сталинградской областям. Саратов, 1939.
- Клуни Г. М. О выпирании растений. «Химизация соц. земледелия», 1935, № 2.
- Кобезский М. Д. Разработка мероприятий по борьбе с эрозией. Украинский н.-иссл. ин-т агролесомелиорации и лесного хоз-ва. Научный отчет за 1939 год. Харьков, 1940.
- Кобезский М. Д. и Короткевич Ф. Н. Установление для балочных склонов конструкций лесных насаждений и типа травянистой растительности, наиболее эффективно влияющих на уменьшение стока, смыва и увеличение количества. Украинский н.-иссл. ин-т агролесомелиорации и лесного хоз-ва. Научный отчет за 1938 год. Харьков, 1939.
- Кобезский М. Д. и Скородумов А. С. Изменение физических (водных) свойств ранее распаханых почв под влиянием лесных насаждений и многолетних трав. Харьков, 1939.
- Козлов В. П. К изучению эрозии почв в юго-восточной части Волинно-Подольской возвышенности. «Тр. Почв. ин-та им. Докучаева», т. XL. Изд. АН СССР.
- Козменко А. С. Борьба с эрозией в земледельческих районах СССР. Сб. «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1938.
- Козменко А. С. Геоморфологические основы борьбы с эрозией. «Тр. ВНИАЛМИ». М., 1947.
- Козменко А. С. Геоморфологические и эрозионные особенности засушливого правобережья Волги (Камышин — Сталинград. «Итоги работ ВНИАЛМИ» за 1944—1945 гг. Гослестехиздат, М.—Л., 1947а).
- Козменко А. С. Типы и районы эрозии. «Тр. ВНИАЛМИ». М., 1947б.

- Козменко А. С. Эрозия почв и борьба с ней. Агролесомелиорация. Сельхозгиз, М., 1948.
- Козменко А. С., Харитонов Г. А., Корнев Я. Б., Ивановский А. Д. Приемы противозерозионной мелиорации. Курск, 1937.
- Козменко А. С. и Ивановский А. Д. Режим поверхностного стока в центральной лесостепи. «Гидротехника и мелиорация», 1953, № 1.
- Коль С. А. Полевые экспериментальные исследования потерь дождя на инфильтрацию методом искусственного дождевания в Сальской степи. «Тр. ГГИ», вып. 24 (78). Л., 1950.
- Коль С. А. Исследования инфильтрационной способности почв сельскохозяйственных полей и лесных полос в Каменной степи. «Тр. ГГИ», вып. 34 (88). Л., 1952.
- Корнев Я. В. Сельскохозяйственное значение эрозии и борьба с ней и ее последствиями при помощи организационно-хозяйственных и агротехнических мероприятий. Сб. «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1938.
- Костычев П. А. Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства. СПб., 1885. См. также: Сельхозгиз, М.—Л., 1937.
- Костяков А. И. О динамике коэффициента просачивания воды в почвогрунты и необходимости динамического подхода к его изучению в мелиоративных целях. «Почвоведение», 1932, № 3.
- Костяков А. И. Основы мелиорации. Сельхозгиз, М., 1938.
- Крылов М. М. Опыт зимнего орошения в Заволжье. «Доклады ВАСХНИЛ», вып. IV, 1939.
- Лавренко Е. М. и Прозоровский А. В. Растительность Европейской части СССР. Сб. «Почвы СССР», т. I, Изд-во АН СССР, М.—Л., 1939.
- Лебедев А. Ф. Передвижение воды в почвах и грунтах. «Бюллетени почвоведения», 1926, № 2, 3, 4.
- Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1936.
- Ливни на территории СССР. Под редакцией З. П. Богомазовой. Гидрометиздат, Л.—М., 1940.
- Лоудермилк В. Ц. Почвенная эрозия и борьба с ней в США. «Почвоведение», 1936, № 3.
- Львович М. И. Гидрометеорологическое действие лесных полос и принципы их размещения на полях колхозов и совхозов. «Тр. ГГИ», вып. 23 (77). Л., 1950.
- Манилов Н. Природа эрозионных явлений в Донском районе Сталинградской области. «Почвоведение», 1939, № 8.
- Милановский Е. В. Геологический очерк Поволжья, М., 1927.
- Можаровский Б. А. Геологическое и гидрогеологическое описание разведанных створов плотин, проектируемых на Нижней Волге. «Тр. Н.-иссл. ин-та геологии Саратовского гос. ун-ва», т. I, вып. 1, 1936.
- Мосолов В. П. Рельеф местности и вопросы земледелия. «Советская агрономия», 1949, № 8.
- Небольсин С. И. Как тает снег. «Метеорол. вестник», 1925, № 5.
- Небольсин С. И. и Надеев П. П. Элементарный поверхностный сток. Гидрометиздат, Л.—М., 1937.
- Оболенский В. Н. Метеорология. М., 1927.
- Огиновский А. Б. Гидрология суши. ОНТИ, М.—Л., 1936.
- Ососков П. А. Зависимость лесной растительности от геологического состава коренных пород. Отдельные оттиски из «Лесного журнала» за 1909 и 1911 гг. СПб., 1911. Продолжение — «Лесной журнал», 1912, вып. 4—5.
- Павлов Е. Ф. К методике изучения влажности и водопроницаемости почв. «Изв. Горского политех. ин-та», 1922.
- Панков А. М. Эрозия почвы в южной части обыкновенного чернозема Центрально-черноземной зоны. Сб. «Эрозия почв». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1937.
- Поляков Б. В. Исследование стока взвешенных и донных наносов. Изд. Гос. гидролог. ин-та, Л., 1935.
- Поляков Б. В. Расчет максимальных расходов малых водосборов. «Метеорология и гидрология», 1940, № 3.
- Поляков Б. В. Характеристика интенсивности эрозии по данным о стоке наносов рек Европейской территории СССР. «Тр. Первого совещ. по регулир. стока». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1946.
- Поспелов А. М. Структура дождя при искусственном дождевании с.-х. культур. В кн.: «Дождевание», т. III. М., 1940.
- Почвенная карта Европейской части СССР. Составлена Е. В. Лобовой и Н. Н. Розовым при участии Н. И. Лебедева. Под общей редакцией академика Л. И. Прасолова. Отв. редактор — член-корр. АН СССР И. П. Герасимов. Масштаб 1:2 500 000. Изд-во АН СССР, М., 1947.

- Прасолов Л. И. и Антипов-Каратаев И. Н. О солонцеватых каштановых почвах Ергеней и методике определения солонцеватости. «Тр. Почв. ин-та АН СССР», вып. 3—4, 1930.
- Преснякова Г. А. Эрозия почв на правом берегу Оки. «Тр. Почв. ин-та АН СССР», т. 40, М., 1953.
- Протоцьяков М. М. Основные положения современной теории стока поверхностных вод. Сб. «Максимальный сток с малых водосборов». Трансжелдориздат, М., 1940а.
- Протоцьяков М. М. Теория стока поверхностных вод. Там же, 1940б.
- Процеров А. В. Зависимость весеннего стока и аккумуляции осадков от осенней влагонасыщенности почвы. «Советская агрономия», 1948, № 2.
- Раменский Л. Г. Учет и описание растительности. Изд-во ВАСХНИЛ, М., 1937.
- Раменский Л. Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. Сельхозгиз, М., 1938.
- Рощин Н. И. Влияние лесной подстилки на предупреждение смыва почв. Сб. «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1938.
- Серик Ф. П. Расчет стока ливневых вод с малых бассейнов. Сб. «Максимальный сток с малых водосборов», Трансжелдориздат, М., 1940.
- Сибирцев Н. М. Почвоведение, вып. 1. СПб., 1900.
- Сильвестров С. И. Борьба с эрозией в системе правильной организации территории и хозяйства колхозов. Сб. «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1938.
- Соболев С. С. Опыт почвенно-эрозионного районирования Европейской равнины СССР (сообщение 1-е). Сб. «Проблемы советского почвоведения», вып. 11. Изд-во АН СССР, М., 1940.
- Соболев С. С. О распределении процессов денудации на склонах и развитии эрозионного рельефа. «Изв. Всес. геогр. об-ва», 1945, т. 77, вып. 4.
- Соболев С. С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними, т. 1. Изд-во АН СССР, М.—Л., 1948.
- Соболев Ф. С. и Чанек М. В. Роль поглощенного воздуха в явлениях почвенной структурности и новый метод его определения. «Научно-агрономический журнал», 1930, № 1.
- Созыкин Н. Ф. Гидрологическое значение лесной подстилки и физических свойств лесных почв. Сб. «Водный режим в лесах. Тр. ВНИИЛХ», вып. 8. М., 1939.
- Созыкин Н. Ф. Влияние леса на водные свойства почв. Сб. «Водоохранная роль леса. Тр. ВНИИЛХ», вып. 18. М., 1940.
- Созыкин Н. Ф. О динамике впитывания воды в почву. Сб. «Максимальный сток с малых водосборов». Трансжелдориздат, М., 1940а.
- Созыкин Н. Ф. и Рутковский В. И. Водный режим лесных почв. Гослесбумиздат, М.—Л., 1948.
- Соколов С. И. Опыт изучения водопроницаемости почв в условиях горного рельефа. «Почвоведение», 1940, № 6.
- Соколовский Д. Л. Приближенная формула максимального стока ливневых вод. Сб. «Максимальный сток с малых водосборов». Трансжелдориздат, М., 1940.
- Соколовский Д. Л. Речной сток. Гидрометеониздат. Л., 1952.
- Срибный М. Ф. Расчет максимального ливневого стока. Сб. «Максимальный сток с малых водосборов». Трансжелдориздат, М., 1940.
- Степанов Н. Н. Лес как фактор защиты почв от эрозии. Сб. «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1938.
- Сурмач Г. П. Процессы стока и смыва на щебнистых почвах в условиях юго-востока и связь этих процессов с задачами лесомелиорации (автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата с.-х. наук). М., 1950.
- Сурмач Г. П. Изучение водопроницаемости и стока на щебнистых каштановых почвах по методу искусственного дождевания. «Почвоведение», 1952, № 10.
- Сус Н. И. Эрозия почвы и борьба с нею. Сельхозгиз, М., 1949.
- Тихомиров И. К., Рязанцева З. А. Климат Заволжья. Сельхозгиз, 1939.
- Торгушников И. Н. Поверхностный сток как экспериментальная проблема. «Тр. Центр. ин-та экспер. гидролог. и метеорол.», вып. II (44). М., 1935.
- Туманов И. И. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. Сельхозгиз, М.—Л., 1940.
- Фалесов В. М. Определение коэффициента стока путем искусственного дождевания. «Метеорология и гидрология», 1939, № 3.
- Федоров С. Ф. Опыт применения дождевальной установки для изучения инфильтрационной способности почв. «Тр. ГГИ», вып. 24 (78). Л., 1950.
- Харитонов Г. А. Лес как фактор защиты почвы от эрозии и приемы противоэрозионной мелиорации. Сб. «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1938.

- Харитонов Г. А. Противоэрозионная роль леса в связи с защитой рек от заиления. Сб. «Водный режим в лесах. Тр. ВНИИЛХ», вып. 8. М., 1939.
- Харитонов Г. А. Влияние состава насаждений на водопоглощение. Сб. «Водоохранная роль леса. Тр. ВНИИЛХ», вып. 18, М., 1940.
- Холупяк К. Л. Эрозия и формирование микрорельефа в условиях Брянско-Черниговской лесостепной зоны. Украинский и.-иссл. ин-т агролесомелиорации и лесного хоз-ва. Научный отчет за 1946 год. Киев — Харьков, 1948.
- Шалобанов А. А. Пропускает ли воду мерзлая почва? «Почвоведение», 1903, № 3.
- Шапошников А. П. Процессы смыва и размыва почвогрунтов в районе правобережья Среднего Днепра. «Советская агрономия», 1940, № 10.
- Шапошников А. П. Эрозия и лесомелиорация в борьбе с ней. Сталинград, 1947.
- Шапошников А. П. 45-летний опыт защитного лесоразведения на каштановых почвах юго-востока. Сталинград, 1948.
- Шихкин А. Н. К вопросу об уменьшении вредного действия засух на растительность. СПб., 1876.
- Щеклейн С. Л. Стационарные наблюдения над стоком поверхностных талых и дождевых вод и смывом почвы под г. Кировом. Сб. «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд-во АН СССР, М.—Л., 1938.
- Яценко И. П. Машины и аппараты для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур. Сельхозгиз, М.—Л., 1948.
- Bennett H. Soil conservation. New York and London, 1939.
- Duley F. L. a. Hays O. E. The effect of the degree of slope on run-off and soil erosion. «Journ. Agr. Research», vol. 45, № 6, 1932.
- Lamb Jr. a. Chapman J. E. Effect of surface stones on erosion, evaporation, soil temperature, and soil moisture. «Journ. Amer. Soc. Agr.», Geneva, New York, July, 1943.
- Lowdermilk W. C. Influence of forest litter on run-off, percolation and erosion. «Journ. Forestry», vol. 28, № 4, 1930.

И. С. ТЕРЕЩЕНКО

ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И БОРЬБА С ЭРОЗИЕЙ ПОЧВ
ПУТЕМ ЗАДЕРЖАНИЯ ТАЛЫХ ВОД ОБВАЛОВАНИЕМ

В нашей стране претворяется в жизнь разработанная Коммунистической партией Советского Союза и Советским правительством программа крутого подъема сельского хозяйства.

Постановления сентябрьского и февральско-мартовского пленумов ЦК КПСС предъявляют новые, более высокие требования к работникам науки и сельскохозяйственного производства в деле дальнейшего развития сельского хозяйства.

Сентябрьский Пленум ЦК КПСС постановил: «Учитывая, что зерновое хозяйство является основой всего сельскохозяйственного производства, считать необходимым всемерно развивать зерновое хозяйство и особенно производство ценной продовольственной культуры — озимой и яровой пшеницы путем дальнейшего повышения урожайности как в основных районах ее производства, так и в районах центральной черноземной полосы, правобережных районах Поволжья».

Широкие массы колхозников и работников МТС и совхозов под руководством Коммунистической партии Советского Союза проводят в жизнь эту программу. Советские ученые принимают в этой работе активное участие.

Русская агрономическая наука еще в конце прошлого столетия создала передовое учение о почве и разработала ряд мероприятий по повышению ее плодородия и по борьбе за высокий и устойчивый урожай. Это учение изложено в трудах В. В. Докучаева, П. А. Костычева, К. А. Тимирязева и в годы Советской власти творчески развито в трудах В. Р. Вильямса и других русских ученых.

В дореволюционной России широкое и планомерное внедрение на колоссальной земельной территории стройной системы агрономических мероприятий, направленных на борьбу с засухой и суховеями, и практическое разрешение этих величайших по своим масштабам задач не могло быть осуществлено, но это стало по силам Советскому государству.

В связи с периодическим проявлением засушливости (по годам) и колебаниями в зависимости от этого урожаев сельскохозяйственных культур вопросы увлажнения и орошения в степных районах приобретают первоочередное значение.

Среди увлажнительных мероприятий, применяемых в степных районах, важную роль играет задержание местного стока талых вод. В засушливых районах степной и лесостепной зон использование весенних талых вод

в начало их стока (на водораздельных плато) может во многих случаях дать начало правильному и планомерному водоустройству.

Поверхностный сток может приносить и вред народному хозяйству. Вследствие смыва и размыва (эрозии) почвы нерегулируемым стоком талых вод ежегодно выбывают из оборота громадные площади сельскохозяйственных угодий, а в моря сносятся большое количество таких ценных питательных веществ для растений, как азот, калий, фосфор и др., которые потом приходится возмещать в виде искусственных удобрений.

Задержание талых вод (обвалованием и другими мероприятиями) и урегулирование местного стока избавит страну от разрушительных паводков и наводнений, прекратит эрозионные процессы и направит все воды на внутреннее обеспечение почвы влагой — на ее увлажнение.

Наиболее эффективными и признанными приемами увлажнения почвы являются регулярно действующее орошение и лиманное орошение.

Однако в связи с тем, что большинство степных и лесостепных районов отличается глубокой врезанностью речных долин со значительными уклонами поверхности, а лучшие пахотные земли расположены по склонам и на повышенных элементах рельефа, орошение, связанное с механическим подъемом воды, в этих районах в настоящее время имеет ограниченные возможности применения.

Более простыми способами являются лиманное орошение, снегозадержание и задержание талых вод на полях. При правильном применении всех этих мероприятий можно в сравнительно короткие сроки повысить производительность почвы и получать высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур.

Задачей нашего исследования было обоснование, по данным проведенных опытов, эффективности использования местного стока талых вод и установление возможности широкого применения этого мероприятия в производственных условиях¹.

УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ЗАСУШЛИВОМ ЗАВОЛЖЬЕ
(ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Снегозадержание как способ увеличения запасов воды в почве

П. А. Костычев один из первых теоретически обосновал важное значение снегозадержания на полях для увеличения запасов влаги в почве и указал на целесообразность насаждения полевых защитных лесных полос, расположенных поперек направления господствующих ветров.

Однако одни лесные полосы, как указывал П. А. Костычев (1893), при больших расстояниях между ними не могут равномерно и правильно распределить снег в межполосных клетках. Вместе с тем частые лесные полосы, необходимые для равномерного задержания снега, стеснили бы механизацию сельского хозяйства. Поэтому при лесных полосах необходимо дополнительно в средней части клеток проводить снегозадержание обычными агротехническими способами. С этой целью П. А. Костычев рекомендовал воспользоваться предложенным Ф. Ф. Баталиным (1892) снегопахом, который состоит из двух длинных досок, скрепленных под углом. Снегопах, передвигаемый одной лошадей или парой лошадей, распахивает в снегу борозды, нагревая гребни. Весною снег раньше схо-

¹ За ценные указания при проведении настоящей работы считаю своим долгом выразить благодарность Н. В. Якушкину и Н. С. Петинкову.

дит в бороздах, почва здесь быстрее оттаивает и впитывает воду, образующуюся при таянии сугробов (снежных гребней). Кроме того, каждый гребень представляет собой своеобразную плотину, которая удерживает талые воды на полях и способствует лучшему впитыванию влаги в почву. Для того чтобы вода больше впитывалась в почву, на поле, имеющем уклон, снежные валики необходимо располагать поперек склона. При таком условии сто́к воды с полей будет доведен до минимума и почва пропитается наибольшим количеством воды.

А. А. Измаильский (1893) испытал плуг Баталина в работе и установил, что образование снежных валиков посредством этого плуга может обеспечить накопление снега, но возможность применения его в малоснежных районах весьма незначительна. Снег в Полтавской губернии, где работал А. А. Измаильский, выпадает обычно при сильных ветрах, сносящих его немедленно в овраги, или не успевает выпасть снег, как оттепель, а затем морозы покрывают его ледяной коркой, на которой плуг Баталина не может создать снежные валы. А. А. Измаильский (1894) предложил для снегозадержания распределять по полю навоз непрерывными валиками под прямым углом к господствующим ветрам.

П. А. Костычев рекомендовал использовать для снегозадержания посев таких высокостебельных растений, как кукуруза и подсолнечник. Оставленные в поле стебли этих растений предупреждают сдувание снега, способствуют его накоплению и лучшему впитыванию талых вод в почву. Последнее обстоятельство объясняется тем, что около стеблей остаются в снегу узкие воронки, где почва раньше оттаивает и поглощает талые воды. Другой способ снегозадержания, рекомендованный Костычевым, был разработан В. С. Мониним (1889, 1892). Этот способ заключался в посеве вместе с озимью какого-либо быстрорастущего растения, например горчицы, сурепки и т. п. При наступлении осенних заморозков эти растения, как яровые, погибают, не успев обсемениться, но их стебли способствуют задержанию снега и утеплению озимых культур.

Отмечая, что снегозадержание является весьма важным средством в борьбе с засухой, П. А. Костычев указывал, что этим средством, однако, нельзя достигнуть получения высоких урожаев при любых погодных условиях. При накоплении большого слоя снега почва действительно может быть хорошо пропитана водою, но если после снеготаяния не будут приниматься меры для сохранения накопленной таким образом воды, то пользы от нее получится мало, так как почва может очень быстро высохнуть. Основной мерой для сохранения накопленной влаги П. А. Костычев считал разумную обработку почвы, чему должно быть уделено особенное внимание.

Наиболее глубокие и детальные исследования по снегозадержанию и снегоиспользованию начаты юго-восточными опытными станциями с 1908 г. За весьма незначительным исключением, все эти исследования с полной определенностью установили, что снегозадержание является мощным приемом накопления влаги в почву, а вместе с тем и борьбы с засухой, причем наибольшая эффективность этого приема наблюдалась в засушливые годы.

В 1906 г. на Балашевском опытном поле (Балашевского земства опытного поля отчеты..., 1911) проводились опыты по снегозадержанию с поделкой вручную снежных куч высотой 70—100 см, расположенных на расстоянии 6 м одна от другой и расставленных в шахматном порядке. Этим способом удалось совершенно прекратить сдувание снега с полей и увеличить запасы влаги на 369 м³ на гектар по сравнению с полем, на котором снегозадержание не проводилось.

Безенчукская сельскохозяйственная опытная станция (1911) проводила в 1910 г. опыты по снегозадержанию щитами. Железнодорожные щиты были поставлены на запольных участках вне севооборота. По мере накопления снега щиты поднимали, но не переставляли с одного места на другое. Толщина снежного покрова, накапливавшегося около щитов, достигала 1,4—1,8 м; по мере удаления от щитов она убывала и на расстоянии 21—25 м действие щитов прекращалось. Задержанный щитами снег повысил урожайность площади шириной в 85 м в среднем для неудобренного участка на 1,26 ц/га при позднем посеве яровой пшеницы.

В отчете Саратовской сельскохозяйственной опытной станции (Кузьмин, 1921) дан анализ влияния снегозадержания на увлажнение почвы и урожай сельскохозяйственных культур. При малоснежной зиме 1920/21 г. со средним снежным покровом в 11—15 см, а местами почти при полном его отсутствии, на опытном поле расстановкой железнодорожных щитов образовали к моменту таяния снега мощный снежный покров глубиной до 2—3 м. Благодаря оставленным на зиму стеблям подсолнечника сформировался снежный покров глубиной в 60—108 см, а мощность снега от поделки снежных валиков была равна 80 см. На делянках без снегозадержания снега или не было, или глубина его была не больше 15 см. Необходимо подчеркнуть, что 1921 год был особо засушливым годом¹.

На делянках без снегозадержания почва была увлажнена на глубину от 20 до 40 см (в слое 0—20 см влажность почвы была 23—24%, в слое 20—40 см — 16—17%). При снегозадержании почва оказалась промоченной талыми водами глубже 100 см. Количество воды на делянках со снегозадержанием значительно увеличилось (в слое 20—40 см и ниже, до 100 см, влажность колебалась от 25 до 31% от абсолютно сухой почвы).

По данным об урожае сельскохозяйственных культур устанавливается полная зависимость урожая от весеннего состояния запасов влаги в почве. Глубокое весеннее промачивание почвы талыми водами от задержания снега увеличило урожай в 4—5 раз и более по сравнению с урожаем, полученным без снегозадержания (табл. 1).

Таблица 1

Данные об урожае, полученные в опыте со снегозадержанием на Саратовской опытной станции в исключительно засушливом 1921 г.

Культура	Урожай, ц/га		
	без снегозадержания	со снегозадержанием	прибавка
Озимая рожь	1,91	9,21	7,30
Яровая пшеница	1,19	5,67	4,48
Овес	0,90	5,42	4,52
Подсолнечник	1,67	7,95	6,28
Картофель (клубней)	3,02	39,30	36,28
Чечевица на зерно	0,48	7,20	6,72
Люцерна на сено	1,58	17,10	15,52
Костер на сено	1,39	9,15	7,76

¹ В течение вегетационного периода с марта по май выпало 14,1 мм и с июня по июль — 55,1 мм осадков.

Из приведенных данных следует, что урожай всех сельскохозяйственных культур зависит от весеннего увлажнения почвы.

Влияние снегозадержания на изменение влажности почвы и урожай твердой яровой пшеницы по пласту показывают (Курилова, 1949) следующие данные, полученные на Бузулукском опытном поле Чкаловской области в засушливом 1933 г. (табл. 2).

Таблица 2

Изменение влажности почвы и урожая яровой пшеницы под влиянием снегозадержания

Дата определения влажности почвы	Влажность почвы, %		
	без снегозадержания	со снегозадержанием	прибавка
22.IV	16,4	23,6	7,2
9.V	19,3	24,6	5,3
16.VI	13,9	19,3	5,4
20.VI	12,6	17,9	5,3
6.VII	13,1	14,7	1,6
Урожай, ц/га	1,56	10,37	8,81

В то время как на участке без снегозадержания почвенная влага уже в июне приблизилась к мертвому запасу и оказалась недоступной для растений (поэтому урожай был ничтожен — вернули лишь семена), на участке со снегозадержанием пшеница располагала достаточным количеством влаги в почве до самой уборки и был получен вполне удовлетворительный урожай.

Значение снегозадержания как мероприятия, способствующего накоплению влаги в почве, в настоящее время достаточно доказано опытными учреждениями и передовой практикой сельского хозяйства.

Уральская селекционно-опытная станция (Башмаков, 1946) провела сравнительное изучение различных способов снегозадержания.

Больше всего задерживали снег плетневые щиты (60,8—70,6 см), обеспечивая запас воды 2130—2260 м³, затем стебли подсолнечника (60,7 см) — 1821 м³ и поделка валиков с последующей поделкой снеговых щитов (50,3 см) — 1770 м³.

Сорговые кулисы обеспечивают накопление значительного снежного покрова (48,9 см против 25 см контроля), предохраняя этим озимые от вымерзания и создавая благоприятные условия увлажнения почвы.

Однако наиболее производительным оказался способ задержания снега снегопахами — риджерами — увеличенного размера на тракторной тяге. Накопление воды на один человекодень при задержании снега риджерами на тракторе составляет 5380 м³, плетневые же щиты дают лишь 330 м³.

Таким образом, использование снегопах увеличенного размера на механической тяге разрешает вопрос механизации работ по снегозадержанию.

Все звенья увлажнительных работ — снегозадержание и задержание талых вод — должны быть тесно связаны между собой и проводиться комплексно. Если будет проведено, например, только одно снегозадержание, то при таянии снега талая вода может быстро стечь по промерзшей почве,

почти не увеличив запаса в ней. Такое же положение создастся, если провести задержание весенних талых вод без снегозадержания: запасы влаги в почве окажутся значительно меньше, чем при проведении всей системы увлажнительных мероприятий.

Задержание талых вод на полях агротехническими приемами

Применяя перечисленные выше способы снегозадержания, можно полностью устранить непроизводительные потери снега. Значительно труднее вести борьбу со вторым источником потери воды зимних осадков — с весенним стоком талых вод. Поэтому очень важными являются мероприятия, направленные на сохранение зимних осадков и впитывание их в почву в месте выпадения. При быстром таянии снега вода не всегда поглощается почвой, а стекает по склонам в лощины, овраги и реки. Чтобы полностью сохранить на полях осадки, выпавшие зимой, необходимо задержать талые воды — не допустить их стока.

Общие гидрологические исследования бассейнов рек в Заволжье показали, что средний годовой сток воды колеблется в пределах 42—100 мм, что составляет около 50% от всех зимних осадков.

Годовой сток воды в Заволжье характеризуется резко выраженным весенним максимумом, время наступления которого зависит от географического положения и величины бассейна. На самом юге — в районе Прикаспийской низменности — максимум в среднем наблюдается в конце марта, в Сыртовом Заволжье и на притоках р. Самарки — в середине апреля, а на самой Самарке — в конце второй декады апреля.

В Прикаспийской низменности, Сыртовом Заволжье и южной части Общего Сырта весенний сток является в сущности и годовым, так как составляет в среднем от 87 до 100% годового стока. В остальное время года поверхностный сток отсутствует, и только во влажное лето или осенью, когда почвы не обладают высокой впитывающей способностью, здесь изредка наблюдается незначительный дождевой и ливневый сток. Грунтовой сток, если и бывает, то настолько слабый, что летом целиком испаряется. Продолжительность весеннего стока в условиях Заволжья южнее Самарки колеблется от 15 дней на бассейнах площадью 500—1000 км² до одного месяца на бассейнах площадью в 4000—8000 км². Севернее водораздела Общего Сырта, где климатические и гидрогеологические условия иные, весенний сток составляет 61—72% от годового; поэтому и весенний сток для северной части Заволжья можно определить в 61—72 мм, исходя из среднего многолетнего годового стока для р. Б. Кинель и Бугуруслана в 100 мм.

Б. Д. Зайков (1946) указывает, что в весеннее время большинством равнинных и горных рек Советского Союза, питающихся в основном талыми снеговыми водами, сбрасывается более половины годового стока.

Распределения стока воды по сезонам в степной зоне в районах Заволжья характеризуются следующими данными Б. Д. Зайкова (1946) по отдельным пунктам наблюдений (табл. 3).

Приведенные данные подтверждают установленное выше положение, что в Заволжье весенний сток воды является в сущности и годовым, так как составляет от 76 до 100% годового стока.

Наибольшее количество осадков в Заволжье выпадает в теплую половину года, когда вследствие высоких температур воздуха испарение велико и поэтому роль этих осадков в местном стоке оказывается незначительной. Холодная часть года хотя менее богата осадками, но зато

Таблица 3

Распределение стока воды по сезонам (в % от годового стока)

Пункт наблюдений	Месяцы			
	III—VI	VII—VIII	IX—XI	XII—II
Новоузенск, р. Б. Узень	100	0	0	0
Пос. Каменный, р. Чеган	93	1	3	3
Сел. Мертвецовское, р. Ивек . .	87	5	6	2
Пос. В.-Кизильский, р. Урал . .	81	11	7	1
Сел. Поляковка, р. Б. Ик	78	7	10	5
Сел. Ак-Юлово, р. Сакмара . . .	76	9	10	5

в это время происходит накопление снега, который в условиях бурно наступающей здесь весны быстро тает и дает значительный сток талых вод. Удельный вес их в местном стоке увеличивается по направлению к югу, где весенний сток составляет 100% местного годового стока.

Б. Д. Зайков (1946) определял коэффициент годового стока как отношение стока к количеству выпавших осадков — для северной части Заволжья в 0,25 и южной 0,14. Коэффициент весеннего стока по специальным снегомерным наблюдениям в створе Валуйского водохранилища может быть принят в среднем равным 0,50.

Многолетние наблюдения за стоком весенних талых вод с экспериментального участка Института зернового хозяйства юго-востока СССР в Саратове приводят А. М. Бялый (1940) и П. Г. Кабанов (1949). Сток изучался с водосбора площадью в 17 га. Почва участка — южный суглинистый чернозем. Среднее соотношение угодий на этой водосборной площади было примерно следующее: озимые занимали 34,5%, зяби и черныш — 61,5%, непахь — 4%. В отдельные годы это соотношение нарушалось с незначительными отклонениями. Таким образом, наблюдения за размерами весеннего стока велись с мелкоделяночных полей орошенного севооборота. В 1929 г. зимние осадки полностью стекли с опытного участка во время таяния снега, а в 1935 г. стока весенних талых вод совершенно не было. Значительное количество данных падает на весны с большим стоком весенних талых вод. Только три года (1935, 1936 и 1938) из тринадцати лет наблюдений (с 1924 по 1938 г.) выделились почти полным поглощением талых вод почвою. Средний многолетний сток весенних талых вод составил 32,5 мм. При среднем запасе воды в снегу 87,5 мм средний коэффициент стока весенних талых вод получен 0,37. Следовательно, даже с мелких делянок стекает талых вод больше одной трети от запасов воды в снегу.

Исследованиями К. П. Воскресенского (1951) установлено, что с малых площадей (до 4 км²) коэффициент стока получается на 20—30% меньше, чем с площадей больших водосборов.

Наблюдения экспедиции И. Жилинского (1892) показали, что таяние снега и сток талых вод в Заволжье продолжаются от одних до восьми суток, причем продолжительность и размер стока талых вод зависят: 1) от количества атмосферных осадков, выпавших в зимнее время, 2) от состояния погоды во время таяния снега, 3) от состояния погоды осенью, 4) от условий, при которых выпал первый снег, и 5) от состояния почвы, на которую выпал снег.

В подтверждение Жилинский приводит следующие данные: в зимние месяцы 1883/84 и 1889/90 гг. выпало почти одинаковое количество осадков — 33,1 и 33 мм; таяние снега в 1884 и 1890 гг. происходило при одинаковых условиях, а между тем весной 1884 г. после дождливой осени предыдущего года в Валуйское водохранилище поступило воды в шесть раз больше, чем весной 1890 г., которой предшествовала сухая осень 1889 г. При этом испарение за зиму 1889/90 г. составило лишь 5,4 мм.

Десятилетний опыт экспедиции Жилинского показал, что хотя площадь бассейна Солянки в 15 раз больше затапливаемой площади лимана близ с. Малый Узень, тем не менее для наполнения лимана необходимо, чтобы с осени почва достаточно наполнилась влагою; только при этом условии «даже ничтожного количества осадков в 23 мм достаточно, чтобы лиман совершенно наполнился водою». Снег, выпавший на мерзлую почву, дает весной сток вдвое больший, чем снег, выпавший на талую землю. Со вспаханной площади сток бывает гораздо меньшим, чем с лугов и вообще земли, покрытой растительностью.

Наблюдения Жилинского подтверждаются исследованиями Института зернового хозяйства юго-востока СССР (Кабанов, 1949). Весной 1941 г., а также 1942 г. после предшествовавшей дождливой осени наблюдался большой сток весенних талых вод. Наблюдения на полях института за размерами стока с различных полей травопольного севооборота показали следующие величины (в % от зимних осадков):

	1941 г.	1942 г.	Среднее
Пласт многолетних трав	23,5	24,8	24,1
Зябь после зерновых культур	45,7	63,1	54,4
Непахь	78,5	75,9	77,2

Из приведенных данных видно, что с пласта многолетних трав стекает одна четверть воды от зимних осадков; с зяби после зерновых культур размеры весеннего стока в два раза больше, а с непахы в три раза больше, чем с пласта многолетних трав. Сравнение весеннего стока талых вод с зяби и озимых посевов показало, что с озимых посевов весенний сток больше в среднем на 40%, чем с зяби.

П. Г. Кабанов (1938) указывает, что коэффициент стока при прочих равных условиях зависит: 1) от степени осеннего увлажнения почвы, 2) от распределения снежного покрова по поверхности и интенсивности его таяния и 3) от глубины промерзания почвы и быстроты ее оттаивания. Он нашел, что коэффициент стока более всего зависит от осеннего увлажнения почвы, причем эта прямая зависимость определяется коэффициентом корреляции $r = 0,906 \pm 0,053$.

К. П. Воскресенский (1951) дал сводку о среднем многолетнем стоке весенних талых вод для лесостепной и степной зон Европейской части СССР за период с 1900 по 1947 г. Размер местного стока сильно колеблется по годам (от 10—20 до 200—300% нормы), причем снижение местного стока в весеннее время до минимума за указанный период никогда не распространялось на всю территорию лесостепной и степной зон. Например, в маловодный 1935 год, когда весенний сток на большей части территории составлял 20—30% нормы, в пределах Орловской, Курской и Тамбовской областей величина его была равна 60—90%, а в Киевской области даже 100% нормы.

В 1936 г. сток почти во всех областях составлял 30—40% нормы, достигая минимума (20%) на востоке (Куйбышевская область) и на юге (Запорожская область), а в Орловской и Курской областях весенний сток был равен 60—70% нормы.

Встречается и обратное распределение стока. Так, например, в 1925 г. в восточной части степной и лесостепной зон весенний сток составлял 70—100% нормы, а в западных и южных областях — 20% нормы.

К. П. Воскресенский отмечает, что с 1900 по 1947 гг. в Саратовской области весенний сток составлял от 20 до 40% нормы в 9 случаях, в Сталинградской области — в 10 случаях, а в Запорожской области — в 13 случаях. Отсюда следует, что только в южной половине степной зоны в среднем один раз в 5 лет размер весеннего стока составлял 20—40% от среднего многолетнего стока.

Сопоставление изменчивости весеннего стока талых вод с метеорологическими данными показывает, что наименьшая величина его может не совпадать с наиболее засушливыми годами. Примером этого служит засушливый 1946 год, когда весенний сток в ряде восточных областей составлял 100—160% нормы, а на северо-западе — 50—60%.

С. И. Небольсин и П. П. Надеева (1938), изучавшие сток талых вод с элементарной площадки под Москвой, получили следующие значения коэффициентов стока:

Годы	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930
Коэффициент стока :	0,69	0,80	0,48	0,95	0,59	0,60	0,29	0,32	0,01

Эти цифры указывают, что коэффициент стока колеблется в довольно больших пределах. Причину таких больших колебаний коэффициентов стока авторы усматривают в глубине промерзания почвы. Так, например, в 1925 г. образовалась ледяная корка, по поверхности которой и произошел 95%-ный сток талой воды, тогда как наименьший сток отмечался в годы слабого промерзания почвы, в частности весной 1930 г., когда почва была совершенно талой.

В. В. Долинино-Иванский (1928) для малых водосборов Тульской области (с площадями от 1,42 до 36,3 км²) за период с 1908 по 1928 г. получил коэффициент стока от 0,30 до 0,97.

В засушливых районах степной и лесостепной зон использование весенних талых вод на месте их образования, т. е. на водораздельных плато, может во многих случаях дать начало правильному и планомерному водоустройству. Задержание местного стока позволяет осуществлять дополнительное увлажнение почвы там, где не применимы другие способы увлажнения почв или орошение их.

Вопрос о задержании местного стока вод с целью увлажнения впервые был поставлен русским профессором агрономии М. Афонимым (1771), который говорил: «Надобно провести большие пред прочими поперечные борозды или небольшие каналы, которые б проводили или спускали с него (чернозема. — И. Т.) воду в главный канал, дабы он (чернозем. — И. Т.) тем был способнее и легче к внешнему паханию». М. Афонин указывал, что собранная в бороздах «жирная вода не тратится, потому что ею же можно поливать или распыливать ее из канала сколько возможно на то же поле». Таким образом, еще в XVIII в. теоретически правильно ставился вопрос об использовании вод местного стока на полях.

Несколько иной способ задержания вод местного стока тогда же предложил С. Друковцев (1772). «Под яровой хлеб, — писал он, — пахать осенью, чтоб земля чрез зиму прозябла... Пахать лучше... 2 или 3 раза, чтоб была гораздо мягка; чрез то будет плодоноснее. На горах пахать и

делать полосы поперек горы, а вдоль горы не пахать за тем, что сок невозной будет стекать».

Задержание вод местного стока практически было осуществлено в хозяйстве Н. Н. Шишки в Невельском уезде Витебской губернии в 1840 г. Н. Арнольд (1840) отмечал, что на полях Н. Н. Шишки «...копают две канавы крестообразно». Н. Арнольд правильно подошел к объяснению применявшегося практиками мероприятия по регулированию поверхностного стока вод на полях. На возвышенных местах до наступления зимы долго не бывает снега, так как он сдувается ветром, а весной эти места рано освобождаются от снега и озимые при возврате холодов часто гибнут. Если же на возвышенном месте вырыты канавы, то рано осенью они наполняются снегом. В дальнейшем снег будет накапливаться все больше и больше, что способствует утеплению озимых. Весной снег тает медленнее, и озимые трогаются в рост тогда, когда возврата холодов обычно не бывает. Эти канавы должны также препятствовать смыву удобрений вниз по склону и задерживать влагу летних дождей в местах, где «хлеб почти всегда плохо родится, всегда редок и низок; на этих-то возвышенных местах для разрыхления земли рыть канавы, без спуска воды, может быть полезно». Было обращено внимание на улучшение почв, их увлажнение и разрыхление при задержании вод местного стока.

Вопросы задержания талых и ливневых вод, борьбы с эрозией почв и разработки агротехнических мероприятий, направленных на борьбу с засухой, привлекли внимание ряда исследователей во второй половине XIX столетия.

А. Н. Шишкин (1894) теоретически обосновал и проверил экспериментально ряд агротехнических приемов регулирования поверхностного стока на полях. Повторяя предложения С. Друковцева и Н. Арнольда, А. Н. Шишкин (1873) для задержания влаги в почве рекомендовал пахать поперек склона, а для задержания ливневых вод проводить поперек скатов открытые канавы.

А. Н. Шишкин один из первых полевыми опытами установил, что глубокая вспашка (32 см) имеет громадное значение для накопления зимней влаги. Если количество зимней влаги, накопившейся в неразрыхленной почве, принять за единицу, то в почве, разрыхленной на 16 см, ее накопилось 1,37, а в почве, разрыхленной на 32 см, — 1,9, т. е. почти вдвое больше.

Приемы задержания под местного стока А. Н. Шишкин (1894) сочетал с системой обработки почвы, способствующей накоплению и сохранению влаги, особенно осенне-зимних осадков. «Целесообразная обработка, — писал он, — заключается в следующем: проводить поперек скату полей открытые канавы, назначенные для улавливания воды; поля, назначенные к посеву, оставлять возможно короткое время лежать не вспахан-ными, разрыхлять почву глубоко, употреблять для этого в течение каждых 4—5 лет груббер или подпочвенник и отсюда не пахать почвы весной перед посевом». Шишкин придавал большое значение борьбе с засухой при помощи лесонасаждений. Он указывал, что для уменьшения сухости воздуха, силы ветров и их продолжительности разведение лесов является могущественным средством. Что касается регулярного орошения, то Шишкин считал, что оно применимо только в очень ограниченном числе местностей. Этой же точки зрения полностью придерживался П. А. Костычев (1891, 1892, 1892а, 1893).

Обобщая результаты своих экспериментальных наблюдений по накоплению и сохранению влаги местного стока, А. Н. Шишкин (1876) писал: «Лучшее собиранье атмосферных осадков достигается глубоким

разрыхлением почвы и сообщением ей при этом не мелкой, а грубой структуры». Одновременно с этим он отмечал, что «вышеприведенных мер, однако, недостаточно для полного улавливания всей атмосферной воды; все-таки более или менее значительная часть воды, выпадающей в виде ливней, стечет с поверхности и, таким образом, пропадет для растительности даром». Для задержания талых и ливневых вод А. Н. Шишкин предлагал «провести поперек скату, на более или менее значительном друг от друга расстоянии, открытые каналы, глубиной аршина $1\frac{1}{2}$, назначенные для перехватывания стекающей с поверхности влаги, а для разрыхления подпочвы вместо обыкновенного подпочвенника употребить такой подпочвенник, у которого лемех заменен заостренным спереди цилиндром, — так называемый плуг крот». Кротовый плуг должен был образовать в почве целую систему неправильных пустот, способствующих: 1) проникновению дождевой воды сверху вниз, 2) проникновению воды, собираемой в канавах, в более глубокие слои почвы и 3) проветриванию почвы. Кротовый дренаж в сочетании с открытыми канавами для лучшего поглощения влаги предложен был впервые. Этот способ обработки почвы был им испытан в 1875 г. на опытном поле Института сельского хозяйства и лесоводства в Ново-Александрии.

Применение кротового дренажа для задержания стока воды повысило урожай льна по сравнению с участком, обработанным почвоуглубителем, по зерну на 27% и по стеблям на 33%.

Подчеркивая ограниченность применения орошения, А. Н. Шишкин (1876) писал: «Главное же средство в борьбе с засухами, полагаю, кроме облесения, в самой культуре». «Количество выпадающей из атмосферы влаги в наших степях совершенно достаточно для производства порядочных урожаев колосовых хлебов».

Неурожай в результате засухи 1891 г., охватившей обширную территорию и принесшей неисчислимые бедствия крестьянскому населению юга и юго-востока России, побудил выдающихся ученых того времени В. В. Докучаева и П. А. Костычева, К. А. Тимирязева и А. А. Измаильского взяться за разработку программы борьбы с засухой.

Одновременно выступил русский ученый, агроном и практический деятель П. В. Янковский (1891, 1893а). Его предложения об увлажнительных мероприятиях не потеряли своей актуальности и в настоящее время, несмотря на шестидесятилетнюю давность.

Анализируя причины неурожаев от засухи, Янковский указывал, что для устранения их «требуется прежде всего немедленное задержание снеговых и дождевых вод».

Развивая идеи А. Н. Шишкина, П. А. Костычева и К. А. Тимирязева о достаточном количестве атмосферных осадков в степных районах для получения высоких урожаев, П. В. Янковский подошел по-новому к вопросу о накоплении и использовании влаги в почве. Он впервые доказал возможность задержания всей стекающей воды и указал путь ее осуществления.

Предложенный П. В. Янковским (1891) способ задержания влаги в почве весьма прост и доступен и может быть применен на любой земельной площади. Сущность этого способа заключается в следующем.

Вдоль горизонталей устраиваются земляные валики, соединенные между собой такими же поперечными валиками. Таким образом, местность разбивается на ярусные участки, в которых вода будет стоять, образуя в общем виде как бы уступы. Назначение поперечных валиков состоит в том, чтобы вода, размыв какой-либо валик вдоль горизонтали, сбегала бы из этого яруса в другой не вся, а только с одного участка. Вы-

сота валиков, по Янковскому, должна быть больше полуторной толщины слоя снеговой воды на некоторую постоянную величину.

При толщине слоя снеговой воды 8 см и при уклоне местности в 5 см на 20 м рекомендуется валики проводить на расстоянии 40 м один от другого; при уклоне же в 5 см на 2 м валики должны находиться на расстоянии 4 м один от другого.

При способе Янковского вся снеговая и дождевая вода задерживается на поле.

Способ Янковского по задержанию местного стока талых вод был высоко оценен В. В. Докучаевым (1894) и включен в мероприятия по преодолению засухи и устранению в степных районах периодически повторяющихся недородов. Опыт показал, что в слое почвы 50 см на обвалованном участке накапливается 1617,7 т/га полезной воды, а на участке без валиков лишь 610,5 т/га, или в 2,5 раза меньше. Эффективность способа Янковского по задержанию стока талых вод валиками и накоплению влаги в почве в засушливую весну была бы значительно выше (Янковский, 1902).

На увлажнительные мероприятия, предложенные Янковским, обратил внимание А. И. Воейков (1892, 1893), который рассматривал задержание снеговых вод как мероприятие, направленное на улучшение климатических условий страны в целом. Прием Янковского — задержание снеговых вод небольшими земляными валиками по горизонталям — получил широкую известность в научной и учебной литературе (Конради, 1894; Керн, 1892).

П. В. Янковский впервые предложил отличать увлажнение от орошения и привел достаточно убедительное доказательство этого различия. В отличие от орошения, в основе которого лежит снабжение орошаемой площади водой, поступающей извне, под увлажнением понимаются такие мероприятия и приемы, при которых достигается увлажнение почвы водой, получаемой из атмосферы данной площадью, путем регулирования и сбережения поверхностного стока. Таким образом, увлажнительные приемы являются преимущественно приемами регулирования и использования вод местного стока. В основе этих приемов лежит изменение скорости поверхностного стока и переведение его из одной формы в другую — из стока ускоренного поверхностного в сток внутренний замедленный через почву и грунт. Следовательно, увлажнение может быть применимо в любом месте, где выпадает необходимое для этой цели количество атмосферных осадков, тогда как орошение может применяться только там, где есть достаточное количество притекающей воды и где топографические условия местности благоприятны для ее использования.

П. В. Янковский (1914) установил, что увлажнение почвы путем задержания талых вод земляными валиками можно проводить на огромной территории Европейской России, в местностях, лежащих южнее линии, проходящей около 55° с. ш. (Рязань — Уфа), до линии от Каменец-Подольска к Каспийскому морю через северные отроги Кавказского хребта. В эту обширную территорию, где эффективность увлажнительных работ не вызывает сомнения, можно включить степные и лесостепные районы Западной Сибири. П. В. Янковский считал, что задержание снеговых вод должно быть достаточно эффективным в районах, где выпадает не менее 250 мм атмосферных осадков в год, а в отдельных случаях окажется достаточным даже 200—150 мм. Он считал возможным проведение увлажнительных работ в таких районах, где выпадающие осадки лишь периодически обеспечивают удовлетворительные урожаи без применения орошительных мероприятий.

В разработке методов задержания местного стока вод на полях, в том числе в разработке новых конструкций земляных валов, допускающих проход через них сельскохозяйственных машин и орудий, принимали участие работники известной экспедиции М. Н. Анненкова. Эта экспедиция по обводнению юго-восточной части России была организована в связи с неурожаем и голодом, охватившими в 1891 г. 21 губернию с населением около 35 млн. человек. В составлении программы для экспедиции принимал активное участие В. В. Докучаев (Соболев, 1948а), который определил основное направление исследований и разработал разделы программы, относящиеся к задержанию талых и ливневых вод на полях. Эти вопросы были включены Докучаевым и в программу работ возглавляемой им экспедиции Лесного департамента 1892—1895 гг.

Экспедиция Анненкова была крупнейшей экспедицией того времени по борьбе с засухой путем регулирования поверхностного стока талых и ливневых вод и использования местного стока вод для лиманного и регулярного орошения. Работы были сосредоточены в бассейне р. Дона в Тульской, Рязанской, Тамбовской и Воронежской губерниях. Экспедиция разработала и начала осуществление ряда приемов по использованию местного стока вод. Несмотря на кратковременную деятельность, экспедиция провела большую исследовательскую работу. К сожалению, результаты работ экспедиции не получили в то время надлежащего применения в производственных условиях.

Наряду с теоретическими разработками экспедицией И. М. Жилинского способом устройства прудов в балках и оврагах, получившим широкое распространение в сельском хозяйстве, М. Н. Анненков (1893, 1893а, 1893б) предложил для задержания снега на полях и последующего использования талых вод на орошение накапливать при помощи щитов огромные снежные сугробы на повышенных участках полей, чтобы запасы влаги сохранять до засушливого времени года. Сугробы предлагалось укрывать хворостом, соломой, землей, торфом и т. д. с тем, чтобы можно было регулировать таяние снега и давать воду на поля по бороздам во время засухи. Обосновывая свой прием, М. Н. Анненков (1893) указывал, что его давно уже применяют в Саратовской губернии, где нет источников воды; там крестьяне «задерживают влагу за избами высокими досками; ветер наносит туда сугробы и вода из них держится до августа месяца».

Кроме этого способа использования талых вод, М. Н. Анненков, развивая идеи П. В. Янковского, предложил свой способ поделки валиков по горизонтали, который впоследствии был усовершенствован сотрудником экспедиции П. П. Тихообразовым. П. П. Тихообразов (1893) устраивал земляные валики на полях и в саду Сезеновского монастыря и на крестьянских землях в с. Тележенке Тамбовской губернии. Валики были расположены на возвышенных участках, чтобы задержать воду на месте ее образования на полях и лугах, нуждающихся в ней. Чтобы приспособить устройство валиков к условиям производства, Тихообразов указывал, что «валики по горизонталям, проходя по полям, могут иногда затруднить обработку почвы, машинный посев и уход за растениями. В этих случаях придется или перепланировать поля так, чтобы одни межкики шли по горизонталям, а другие — перпендикулярно им, или валики делать с четвертными или даже пятерными откосами, чтобы можно было переезжать через них сельскохозяйственными орудиями, или же, наконец, располагать их не по горизонталям, а по межникам и полевым дорогам». Предложение располагать валики «не по горизонталям, а по межникам и полевым дорогам» не улучшало способ Янковского, а было данью феодально-капита-

листическому строю, при котором не разрешалось нарушать установленные границы землепользования.

П. П. Тихообразов устраивал валики высотой 71 см с широкими основаниями (5,6—7 м), не препятствующие проходу и работе сельскохозяйственных машин и орудий.

Кроме того, экспедиция Анненкова осуществила на практике следующую систему мероприятий, намеченных В. В. Докучаевым:

- 1) устройство валиков для укрепления оврагов;
- 2) устройство временных прудов-лиманов в распахиваемых ложбинах и понижениях. Эти временные пруды должны были: а) задерживать быстро сходящую весеннюю воду, б) удерживать сносимый ил с полей и тем самым удобрять поле или луг, составляющие днище временного пруда, в) использоваться для орошения;
- 3) устройство системы постоянных прудов в оврагах с водонепроницаемым дном и берегами (ниже временных прудов-лиманов);
- 4) устройство системы больших плотин и водохранилищ для регулирования стока с целью орошения полей и обводнения местности.

Разработанная экспедицией Анненкова система мероприятий по борьбе с засухой не была осуществлена в дореволюционной России.

В изучении причин засухи и в выработке мер борьбы с ней принимал участие большой знаток сельского хозяйства А. А. Измаильский. Его экспериментальные данные и смелые обобщения имеют большое значение. На основании обширного фактического материала он подтвердил высказанные П. А. Костычевым положения о том, что для борьбы с засухой весьма важно поддержание поверхности почвы в рыхлом состоянии и углубление пахотного слоя.

На основании проведенных на юге России исследований А. А. Измаильский (1894) пришел к выводу, что то или иное культурное состояние поверхности почвы оказывает большое влияние не только на влажность ее верхних слоев, но и на общий запас влаги в почве и что среди причин, вызвавших обеднение наших степей водою, на первом месте стоит не изменение климата данной местности, а изменение характера поверхности почвы. Продолжая в Полтавской губернии начатую на юге Украины научно-исследовательскую работу и рассматривая годовые колебания влажности степной почвы, А. А. Измаильский обратил внимание на то, что «чем суше осень, чем дольше остается поверхность почвы лишенной снежного покрова, чем сильнее морозы по голой земле и чем глубже, следовательно, промерзает почва и, далее, чем быстрее наступает весна, тем суше будет почва в начале весны. Кратковременные зимние оттепели, столь нередкие у нас, оказывают весьма слабое влияние на влажность почвы. При таких оттепелях снежный покров быстро превращается в воду, а затем, при последующем понижении температуры, покрывает поверхность почвы более или менее толстой ледяной коркой, на которой с трудом удерживается вновь выпадающий снег, а при таянии этого снега вода еще свободнее стекает с поверхности почвы, не увеличивая ее влажности». Измаильский предложил ряд мер, направленных на накопление и сбережение влаги в почве. «Несомненно, — писал он, — у хозяина найдется целый ряд дешевых мер, благодаря применению которых весенняя влага будет задерживаться на поверхности поля. Так, например, для достижения этой цели много можно сделать, производя осеннюю вспашку полей в направлении, перпендикулярном к наибольшему наклону местности. На площадях засеянных та же цель может быть достигнута проведением плужных борозд по направлению горизонталей, проводя их, смотря по степени наклона местности, на более или менее значительном расстоянии друг от

друга». Если предложение производить осеннюю вспашку в направлении поперек склона мы встречали раньше (Друковцев, 1772; Шишкин, 1876), то проведение плужных борозд по горизонталям на засеянных площадях является уже новым приемом задержания стока местных вод.

Идея П. В. Янковского развил В. М. Борткевич (1915). Начиная с 1905 г., он, работая над укреплением оврагов, успешно сочетал поделку валиков по горизонталям с методом задержания талых и ливневых вод на водосборе специальными постоянными валами и канавами.

В. М. Борткевич указывал, что роль обвалования не ограничивается задержанием стока вод; зимою валы накапливают огромную массу снега и защищают тем самым склоны оврага от образования на них сугробов и от разрушения. Полосы между валами, устроенными перед вершиной оврага, В. М. Борткевич рекомендовал отводить для сельскохозяйственных культур или лесонасаждений, использующих задержанную талую воду.

Заслуживает внимания работа А. А. Шалабанова (1903), который вопреки общепринятому мнению, что промерзшая почва не пропускает воды, высказал противоположное соображение и указал, каким путем можно задерживать на полях весенние талые воды. Он полагал, что из всех осадков, включая осенние и зимние, с сентября по май, поступает в пруды в среднем около 20%, а остальное количество постепенно расходуется на испарение, впитывание растениями и главным образом (около 80%) на поглощение их почвой. Он предполагал, что значительная часть влаги просачивается вглубь сквозь мерзлый слой почвы, но вместе с тем отмечал, как ненормальное явление, случаи, когда мерзлая земля не пропускает воду: при образовании на поверхности почвы сплошной ледяной корки, при сильно уплотненной почве (например, на дорогах), которая и летом плохо пропускает воду, и при замерзании на поверхности почвы жидкой грязи, образующей сплошной слой льда.

Для задержания талых вод Шалабанов считал, что «достаточно только поверхность земли привести в такой вид, чтобы снеговая вода была на некоторое короткое время весной задержана на поверхности земли возможно равномерно, чего легче всего достигнуть пропашкой земли в шашку так, чтобы образовался ряд как бы открытых коробок. А чем больше снеговых вод впитается в землю, тем выше будет уровень грунтовых вод и тем легче будет совершаться подача воды летом корням растений».

Таким образом, Шалабанов применил способ задержания весенних талых вод, при котором растения лучше обеспечиваются водой. Он предложил усовершенствовать прием А. Н. Шишки, заменив ручной труд при сооружении крестообразно расположенных канав «пропашкой земли в шашку», что легко осуществляется при помощи плуга¹.

Идея П. В. Янковского о задержании снеговой воды на месте ее образования развивал и И. И. Касаткина (1925). Он создал такой способ задержания снеговой воды, который заставлял ее впитываться в почву полностью, не ухудшая структуры почвы и не причиняя вреда растительности. В отличие от Янковского, он собирал снеговую воду только в канавки. Сущность способа Касаткина заключалась «в обработке поверхности поля с осени системой прерывистых параллельных бороздок, направленных поперек ската, но не придерживаясь строго направления горизонталей. Перерывы соседних бороздок располагаются вперевязку, т. е. так, чтобы

¹ В настоящее время, как отмечает С. С. Соболев (1948), бороздование полей, прерывистое бороздование («в шашку»), или «крестованье» перешло в США и там широко применяется под названием бассейнового листерования («безин листинг») и контурного листерования. Для этого в США сконструированы специальные листеры.

перерывы одной борозды приходились против середины отдельных участков соседних борозд... Земля, вынутая из бороздок, располагается валиками по сторонам их». Бороздки располагались попарно так, чтобы валик земли, вынутый из одной борозды, не доходил до валика земли, вынутый из другой борозды, на 9—14 см. Расстояние между бороздками не должно превышать одного метра. Вода скапливается только в бороздках и не покрывает всего поля. При вытекании излишней воды из канавок или борозд она спокойно выходит на поверхность и стекает тонким слоем, не развивая значительной скорости. Поэтому сток излишней воды с поля не сопровождается размывами поверхности почвы и сносом частиц верхнего плодородного слоя.

Идея И. И. Касаткина о сочетании задержания талых вод прерывистым бороздованием с ликвидацией причин, вызывающих эрозию почвы, была дальше развита А. С. Козменко (1928, 1949). Прием обработки почвы бороздованием был испытан на Новосильской опытной овражной станции Орловской области, где получил название «крестованья». При крестовании по двум взаимно перпендикулярным направлениям через 1—2 м производят как бы двойное бороздование (сначала борозды проводят вдоль, а затем поперек склона с последующей заделкой перемычек лопатой вручную). Получается (как при вспашке «в шашку» Шалабанова) сеть квадратных резервуаров для снега и воды. Новосильская опытная станция применяла и прерывистое бороздование, состоящее в проведении с осени по живью или по взлущенным полям через 3—4 м борозд одноконным плугом в поперечном направлении к склону с перерывами на полметра через 4—5 м длины борозд для предупреждения стока по ним воды.

Как и следовало ожидать, крестованье оказалось более эффективным приемом задержания талых вод по сравнению с зяблевой вспашкой и бороздованием живью, на что не обратил внимания представивший эти результаты в своей работе А. С. Козменко (1949).

На Новосильской опытной станции А. С. Козменко (1928) продолжил разработку способа водозадерживающих валов и борозд, предложенных В. М. Борткевичем (1915), но в отличие от него перенес устройство валов и борозд ближе к водораздельной линии на водосборной площади и тем самым получил возможность увеличить расстояние между валами и устранить препятствия нормальной обработке пространств, заключенных между ними.

Валы Борткевича устраивались на узкой приовражной полосе на расстоянии 30—40 м один от другого и располагались на местности с таким расчетом, чтобы каждый вышележащий вал мог пропускать избыток воды в систему нижележащих валов и канав. Таким образом, они прекращали рост вершины оврага, но не прекращали смыва почвы, происходившего на вышележащей водосборной площади.

А. С. Козменко предложил расположить валы и канавы так, чтобы они вместили в себя всю стекающую с вышележащей части водосбора воду. Среднее расстояние между валами было доведено до 300—400 м, высота валов составляла около 1 м и глубина канав — также около 1 м. Валы, проведенные почти прямолинейно и облесенные дубом с кустарниками (желтая акация и др.), не мешали применению механизации сельскохозяйственных работ на полях, где задерживались весенние талые воды. Этот способ, однако, имеет и свои недостатки, так как перед валом каждую весну образуется озеро из талых вод шириной до 15 м. Вода эта постепенно впитывается в почву. Поверхностный сток валами полностью задерживается, но вода концентрируется на узкой полосе перед валом, не распределяясь равномерно по всей площади. Этот способ борьбы с

эрозией почвы путем создания редких валов не может быть рекомендован с агрономической точки зрения, так как увлажнение почвы на полях получается неравномерное, что мешает своевременной обработке и посеву, а также не создает благоприятных условий для роста и развития всех растений, возделываемых на данном поле¹.

Г. К. Богачук (1938) на Сумской сельскохозяйственной опытной станции применил оригинальный способ бороздования почвы для задержания местного стока талых вод. Борозды проводились поперек склона на расстоянии метра одна от другой, глубина борозд устанавливалась в 30 см. Поделка борозд производилась при помощи плуга, которым проходили дважды по одной и той же борозде. В зимний период борозды служили для задержания снега, а весной вся избыточная вода задерживалась в бороздах и постепенно проникала вглубь почвы. Эффективность различных приемов снегозадержания и данного приема выразилась в следующей прибавке воды (в тоннах на гектар) в метровом слое почвы по сравнению с контролем (без снегозадержания):

Снегозадержание кулисами	64
» снежными бороздами	183
» хворостом	208
» снежными кучами	328
Бороздование почвы	568 ²

Общий запас влаги в почве в метровом слое, по исследованиям Г. К. Богачука, оставался на парах таким, какой почва приобрела за осенне-зимне-весенний период. Хотя с 1 мая по 1 ноября в 1937 г. выпало 266 мм осадков, тем не менее количество влаги в почве на черном пару было на 1 мая — 297 мм и на 1 ноября — 299 мм, т. е. несколько не увеличилось.

Рациональное использование зимних осадков, выпадающих главным образом в виде снега, как одно из существенных средств борьбы за высокий и устойчивый урожай, является в последнее время предметом многих исследований. Устанавливается, что прямое соотношение между накоплением снега на поверхности почвы и накоплением влаги в почве существует только в условиях прочной комковатой структуры почвы.

Н. П. Иовенко (1940), изучая физические свойства почв степных районов, обратил внимание на то, что поступление воды в почву задерживается главным образом подпахотным тонкокапиллярным слоем почвы (толщина которого иногда не превышает 5 см), образующимся в результате накопления тонкопыльных частиц, приносимых водой из распыленного в результате обработки пахотного горизонта.

¹ Новосильской опытной овражной станцией (Козменко, 1949) в 1928 г. были заложены также террасы-гребни по типу предложенных Тихообразовым (1893) для задержания весеннего стока талых вод и вместе с тем для борьбы с эрозией почвы. Террасы-гребни с широким основанием проведены точно по горизонталям на таком расстоянии одна от другой, чтобы гребень нижележащей террасы, высотой примерно около 50—60 см, находился на уровне основания соседней вышележащей террасы. Поделка террас-гребней полностью механизирована и производилась специальным грейдером, которым сдвигалась разрыхленная плугом почва. Гребни имеют очень резкие очертания: высота 80 см и ширина по основанию 2 м, т. е. отношение высоты к ширине откоса (100 см) не составляет даже полуторной величины, тогда как Тихообразовым применял пятерные откосы; поэтому такие валы сильно затрудняют правильную обработку террасированного участка, особенно сложными сельскохозяйственными машинами и орудиями.

² К сожалению, в приведенной работе значительная эффективность накопления влаги в почве путем бороздования не подкреплена данными об урожае сельскохозяйственных культур.

С целью задержания на месте весенних талых вод на крутых склонах с водопроницаемыми пахотным и подпахотным горизонтами Н. Г. Иовенко применил бороздование с почвоуглублением. Поделка борозд производилась двухкорпусным тракторным плугом, к заднему корпусу которого был прикреплен почвоуглубитель типа гусиной лапы с захватом 20 см. Расстояние между бороздами составляло 1,5 м. «Борозды-коллекторы» имели ширину по верху 45 см и глубину с поверхности почвы 25 см, а с гребнями 40—45 см. Н. Г. Иовенко отмечал, что в течение зимы борозды-коллекторы трижды полностью заполнялись снегом (после каждой оттепели), тогда как вне борозд толщина снега не превышала 10—15 см. Этим путем на дне борозд накопилось воды около 130 мм от выпавших осадков. Весной борозды были заравнены культиватором и участок был засеян овсом.

Как отмечает Иовенко, зяблевая вспашка способствовала накоплению лишь 44 мм влаги в метровом слое; почвоуглубление увеличило запас влаги вдвое (91 мм); только глубокое бороздование обеспечило и равномерное накопление влаги в слое до 1 м, и увеличение запаса влаги почти в 2,5 раза (102 мм). К сожалению, данных об урожае Иовенко не приводит.

П. А. Никитин (1949) с целью полной замены ручного труда на поделку земляных борозд сконструировал автомат-бороздатель, который дает на вспаханной поверхности расположенные в шахматном порядке прерывистые борозды, разделенные перемычками. При помощи этого бороздателя осенью одновременно со вспашкой зяби в агрегате с плугом или отдельно в сцепе с трактором У-2 на всей вспаханной поверхности равномерно, в шахматном порядке, размещаются бороздки, которые обычно имеют длину около 2 м, ширину 0,3—0,4 м и глубину 0,20—0,25 м каждая¹.

М. Т. Струков (1943) предложил обвалование проводить глубокой осенью конными однолемешными плугами или тракторными валикоделателями, которые можно изготовить из тракторных плугов или лушчильников. Для этого на обыкновенном тракторном плуге оставляют лишь передний и задний корпуса, причем на переднем корпусе ставится отвал, сваливающий землю влево². При работе такой плуг пашет всвал, образуя земляной валик в 20—25 см высотой и борозды до 30 см глубиной. Расстояние между валиками устанавливается 10—12 м, причем чем круче склон, тем меньше должно быть расстояние между валиками. Ежедневная производительность валикоделателя не менее 40 га. Земляные валики легко можно уничтожить весной при культивации зяби, после чего они не мешают проведению механизированных сельскохозяйственных работ.

М. Т. Струков отмечает, что обвалование особенно эффективно в годы с обильным увлажнением почвы осенью, так как после такой осени обычно наблюдается большой сток весенних талых вод. Обвалование зяби значительно повышает урожай зерновых культур. Так, на Клетском опытном опорном пункте (Сталинградская область) задержание талых вод земляными валиками повысило урожай зерна овса с 8,2 до 15,7 ц/га, т. е. на 7,5 ц/га, или на 91,5%.

¹ Испытание автомата-бороздателя Сталинградской лесопосадочной МТС дало положительный результат. По наблюдениям в течение четырех зим (1940, 1941, 1947 и 1948 гг.) установлено, что весенние талые воды были задержаны полностью бороздками, в результате чего в богарном саду заметно увеличилось плодоношение и рост.

² Для этой цели отвал перегибают в обратную сторону, а задний корпус оставляют без изменения.

М. И. Тюрников и В. М. Фалесов (1935) для большей эффективности вспашки поперек склонов и образования валиков предложили к одному из корпусов тракторного плуга или к одному из конных плугов поставить удлиняющую отвал доску, которая выбрасывала бы пласт на гребень предшествующей борозды. При вспашке этим способом поперек склона образуется волнистая поверхность и создается целая система преград стоку талых вод, а в зимнее время обеспечивается равномерное задержание снега.

Авторы указывают, что для задержания талых вод на более крутых склонах (уклон больше 0,006) наиболее эффективно террасирование по способу Новосильской опытной овражной станции, обеспечивающее полное задержание стока.

Безенчукская государственная опытно-селекционная станция Куйбышевской области (Иванов, 1947) удлинит корпус тракторного плуга прикреплением доски к отвалу. Испытания дали положительные результаты. Образовавшиеся валики задерживали талые воды и защищали почву от эрозии.

П. П. Мажаров (1949) для поделки валиков во время зяблевой пахоты предложил в отличие от предыдущих авторов применять увеличенный металлический отвал, что значительно упростило процесс создания борозд и валиков. Первый корпус с обычным отвалом (36×84 см) работал как обычно. Второй корпус с уширенным отвалом (55×150 см) срезал такой же пласт, как и первый корпус, и переносил его на гребень предыдущего пласта. Таким образом, получалась двойная борозда. При вспашке таким плугом образовывались валики и борозды через каждые 80 см. Глубина борозд и высота валиков колебались в пределах 22—25 см. Чтобы не допустить стока воды при невыраженном ложбинном рельефе склона создавались перемычки путем пропажки поперек борозд орудием примерно через 200 м. Зимой бороздами и валиками задерживался снег, а ранней весной — талые воды. П. П. Мажаров отмечает, что весной 1947 г., несмотря на иссушение почвы осенью 1946 г. и малоснежную зиму, при бороздной вспашке поперек склона запасы воды в метровом слое почвы увеличились на 200—600 м³/га по сравнению с обычной зяблевой вспашкой поперек склона.

Ф. К. Миропченко (1949, 1950) усовершенствовал метод М. Т. Струкова и практически осуществил идею П. В. Янковского о задержании талых вод земляными валиками по горизонталям. Валики возводились тракторными плугами с дополнительными приспособлениями (установка отвала, сваливающего землю влево) поперек склона по горизонталям через каждые 12—25—50 м в зависимости от уклона местности. Высота вала составляла 50—60 см. Во избежание стока воды вдоль вала создавались перемычки через каждые 20—30 м длины вала путем поворота плуга в сторону подъема рельефа участка. Наблюдения показали, что созданные таким способом валики полностью задерживают осенние и весенние воды на склоне пашни, а наличие перемычек препятствует передвижению воды вдоль земляных валов.

Весной валики и борозды сглаживаются путем шлейфования деревянным орудием типа снегопах. Испытания обвалования и шлейфования в совхозе «Горняк», Ростовской области, дали положительные результаты. Прибавка воды в однометровом слое почвы на обвалованном участке составила 15 апреля 1320 т/га, 15 мая — 805 т/га и 15 июня — 345 т/га. Урожай ярового ячменя в совхозе «Горняк» на необвалованном участке получен 8,24 ц/га, а на обвалованном — 11,26 ц/га; обвалование зяби повысило урожай на 30—40%.

Ф. К. Миропченко отмечает, что в условиях неровного рельефа пашни на склонах от 1 до 7° и более необходимо, как правило, систему основной обработки почвы (лущение стерни и подъем зяби) дополнить осенним обвалованием всех склонов. На ровных полях со слабым уклоном или с относительно выровненным рельефом (уклон до 0,002) достаточно проводить более простые приемы для задержания весенних талых вод (зяблевую вспашку поперек склона, бороздование, крестование и т. д.).

Краткий обзор способов задержания талых вод на полях агротехническими приемами позволяет свести эти способы в следующие группы: 1) глубокая вспашка зяби и черного пара поперек склонов; 2) прерывистое бороздование, состоящее в проведении осенью борозд в поперечном направлении к склону с перерывами на полметра через 4—5 м их длины; 3) вспашка «в пашку», или перекрестная вспашка — «крестование», с образованием вдоль и поперек склона борозд через 1—2 м; 4) гребнистая вспашка с созданием земляных валиков одновременно со вспашкой поперек склона; 5) осеннее обвалование полей земляными валиками на крутых склонах и на полях со слабым уклоном или относительно выровненным рельефом; 6) водозадерживающие преграды валиками из снега, устроенные путем обвалования полей.

Задержание и использование талых вод при лиманном орошении

В Муганской и Карабахской степях лиманное орошение применялось в глубокой древности. Н. Зибер (1937) отмечает, что «системы орошения в кавказских землях старше, нежели народы, которые теперь живут на этой почве». В Муганской степи для лиманного орошения использовались паводковые воды из Аракса. Применяемое здесь орошение напоминает собой египетские бассейны затопления как по источнику, так и по характеру затопления.

В условиях засушливых и сухих степей, где имеются главным образом пересыхающие речки и балки с едва заметными понижениями, лиманное орошение в большинстве случаев остается до настоящего времени единственно возможным способом прирригации. Незначительные уклоны рельефа местности создают чрезвычайно трудные условия для устройства водохранилищ. В то же время благоприятные условия для весеннего затопления при наличии снежного покрова представляют широкие возможности применения лиманного орошения в глубине степи.

С начала заселения южной части Заволжья (Астраханская губерния и Уральская область) переселенцы распахивали пониженные места степи, в которые стекали весенние талые воды с соседних площадей. Целинные степные просторы покрывались отдельными пятнами пахотной земли в зависимости от величины площади понижений. Распашка мест естественных понижений, получающих дополнительное количество талых вод с соседних площадей, обеспечивала земледельцу некоторый минимум урожая, который, однако, был подвержен значительным колебаниям в годы засух из-за примитивной агротехники и полного отсутствия севооборотов. Все же в неурожайные годы с этой площади собирали невысокий урожай, в то время как с остальных мест степи не собирали даже затраченных семян.

Заслуживает внимания успешная попытка орошения высокой безводной ковыльной степи путем рационального сбора атмосферных осадков в хозяйстве А. М. Жеребцова (Усть-Медведицкий уезд Донской области) в 70-х годах XIX в. Часть талой воды поступала в пруды с естественных скатов, другая часть — посредством сборных канав со скатов, направленных в другую сторону водосборной площади.

А. Н. Костяков (1914) отмечал, что в хозяйстве А. М. Жеребцова была стройная система использования весенних талых вод. В эту систему орошения входили: устройство водосборных каналов, раскинутых на десятки километров в степи, перехватывавших и направлявших снеговые и дождевые воды в огромные искусственные водохранилища для того, чтобы вода в нужное время поступала из них самотеком на орошаемые поля; устройство ряда последовательных валов, запруд на одной и той же пониженной площади, балке; образование естественных водосборов для затопления низинных сенокосов или для обводнения участка и, наконец, устройство водосборных канав с земляными валиками при них (разбитыми по горизонталям), которые без всяких водохранилищ накапливали и задерживали на некоторое время воду на прилегающей к ним 85—130-метровой полосе и таким путем увлажняли орошаемую площадь. Собранные талые и ранневесенние дождевые воды из всей земельной площади 9,3 тыс. га обеспечивали орошение 1317 га.

К поливу яровых зерновых культур обычно приступали после 10 мая и заканчивали в начале июня; при однократном поливе в среднем давалось воды 2650—3710 м³ на гектар.

В хозяйстве А. М. Жеребцова был получен урожай зерна в среднем на неорошаемой площади 6 ц/га, на орошаемой — 15 ц/га и на орошаемой и удобренной — 30 ц/га озимой пшеницы и 22,5 ц/га яровой пшеницы.

В 1880 г. некоторые губернии юго-восточной и южной России, в том числе и Самарскую губернию, постиг неурожай. Для разработки плана орошения этой территории была создана экспедиция Жилинского, которая в 1881 г. на Августиновском участке устроила искусственный лиман площадью 1352 га. Для этого потребовалось устройство двух плотин общей длиной 175 м и земляных валов длиной 3285 м при высоте в среднем 4 м.

В том же году И. И. Филипенко (1880) произвел исследования для выявления возможностей ирригации. Он обратил внимание, что в бессточных в летнее время речках Заволжья имеются плесы или застой воды в виде прудов. Вода эта держится в углублениях дна речки на некотором протяжении, иногда до 250 м, а чаще 25—100 м. «Около этих плесов, — пишет он, — обыкновенно замечается, даже во время засухи, оживленная растительность, камыш и другие растения влажных мест, по бокам кустарники, ива и осокорь, на покатостях таких плесов в некоторых местах имеются огороды. Создавши искусственно на большей части низовья ериков тоже плесы, мы бы обратили ерик в подобие реки без течения».

И. И. Филипенко пришел к выводу, что устройство плотин и создание водоемов будет способствовать обводнению края, а на заливаемой площади представится возможность возделывать сельскохозяйственные культуры, в первую очередь овощные. Примером здесь служили небольшие орошаемые участки крестьян¹.

На лиманах растения развиваются значительно лучше и дают больший урожай благодаря той дополнительной влаге, которую получают почвы понижений весной от тающего снега. Снеговая вода, впитываясь, увлажняет почву понижения на значительную глубину (до 2 м), что дает дополнительно от 260 до 6700 м³ воды на гектар.

Таким образом, возделывание сельскохозяйственных растений на лиманах представляет как бы естественный переход от неорошаемого к орошаемому земледелию, с той только разницей, что дополнительное увлаж-

¹ Исследования И. И. Филипенко были положены в основу при выборе места для Валуевского орошаемого участка, на котором в настоящее время проводит работу Валуевская опытная станция орошаемого земледелия (Саратовская область).

нение почвы на лиманах в силу естественных понижений местности производится однократно перед посевом культурных растений.

Принцип устройства лиманного орошения чрезвычайно прост и осуществление его в большинстве случаев сводится к устройству земляных валов и дамб. Эти сооружения имеют простейшую конструкцию, достаточную для направления и задержания талых вод.

Следует отметить также применение принципа лиманного орошения к работам по регулированию стока весенних и ливневых вод в районах со значительно развитой сетью оврагов. Впервые эти работы были применены в 1891 г. в Тамбовской и Воронежской губерниях. Весенние и ливневые воды с прилегающей к верховьям оврагов местности перехватывались земляными валами с целью направления их в определенное русло оврага, укрепленное соответствующими сооружениями, и уменьшения стока вследствие впитывания воды почвой на площади затопления, образованной системой валов и канав.

Использование талых вод при падинном земледелии

При падинном земледелии местным стоком талых вод дополнительно увлажняются земли, расположенные в бессточных понижениях — падинах¹.

Падины приурочены в большинстве случаев к большим водораздельным пространствам, чаще имеют в плане неправильное, сильно разветвленное очертание.

Большинство падин в естественных условиях характеризуется присутствием растения *Spiraea* — таволжки, которая обычно находится в середине понижения вместе с ковылем и типчаком. Значительное количество падин интенсивно используется под полевые культуры, и при соответствующей агротехнике на них получаются очень высокие для условий зоны падинного земледелия урожаи.

Самые незначительные понижения степной местности Заволжья представляют падины с темноцветными, иногда с черноземовидными почвами. Понижения самых низких мест падин — на 10—40 см ниже окружающей степи. Эти понижения, затапливаемые в течение 5—10 дней слоем воды в 10—20 см, промачиваются на 60—100 см; они используются под посев яровых зерновых культур: пшеницы, овса, ячменя. Понижения, затапливаемые в течение 15—20 дней слоем 20—40 см с глубиной промачивания почвы 100—160 см, идут под посев проса и картофеля, а понижения, затапливаемые в течение более 20 дней слоем 40—80 см с глубиной промачивания более 160 см, используются под сенокосные угодья. Более глубокие понижения с большей продолжительностью затопления наблюдаются на лиманах; на них преобладают осоки и камыши; эти понижения в течение лета не просыхают.

Размеры падин колеблются от 1 до 500 га и больше².

Падинное хозяйство меньше страдает от отсутствия дождей во время роста и развития растений, но там, где в засушливые годы весенний сток недостаточен для заполнения всей площади падин, урожаи снижаются. Вода скопится только в самых пониженных местах, а распахиваемые

¹ Падинами называют мелкие понижения, сплошь распахиваемые. Весной вода стоит в них от 6 до 15 дней. В Западно-Казахстанской области их называют «лопатыны». Часто называют западинами.

² В качестве примера крупных падин можно привести Богодухиские падины Сталинградской области, близ ст. Кайсацкая Рязано-Уральской ж. д. Эти падины занимают свыше 3 тыс. га. Значительную площадь занимают Нешпоровские падины у с. Александровки, Сталинградской области.

окраины получают ее очень мало или вовсе не получают. Примером может служить 1921 год, когда на падинах Сталинградской области урожай зерновых культур колебался от 0,3 до 1,8 ц/га, а в годы со средним весенним стоком на падинах урожай всегда превышал на 30—50% урожая на равнинной степи. Добавочный весенний запас влаги в почве позволяет развиваться вполне нормально всем сельскохозяйственным растениям. Эта влага дала бы еще больший результат, если бы принимались меры к сбережению ее до момента наибольшего ее потребления растениями.

Дополнительное увлажнение почвы пастбищ зависит от мощности снежного покрова, характера снеготаяния, а также от рельефа местности и размеров водосборной площади и самих пастбищ.

Наблюдения Уральской селекционной станции (Шени, 1940) показали, что увлажнение пастбищ и лиманов в Западно-Казахстанской области подвержено значительным колебаниям, а именно: 1) в годы многоводные, которые составляют примерно около 25—30% от общего числа лет, вода заливают все площади лиманов и пастбищ; 2) в годы средние по многоводности, которые составляют около 50% от общего числа лет, затопляется часть пастбищ и центральные, более глубокие части лиманов; пастбища и лиманы с небольшими площадями водосбора в эти годы заполняются водой частично; 3) в годы маловодные, которые составляют примерно около 20—25% от общего числа лет, сток почти отсутствует и пастбища и лиманы заполняются незначительно.

Таким образом, недостаточное увлажнение пастбищ не обеспечивает получения высоких урожаев. В северных районах Западно-Казахстанской области урожай зерновых культур на неорошаемых площадях получается более высокий, чем на таких же площадях в южных районах, но и он подвержен значительно большим колебаниям. Доказательством могут служить данные по урожаям (в ц/га), приведенные П. Г. Мартыновым (Шени, 1940), обследовавшим земледелие на падинах 185 крестьянских хозяйств северных районов Западно-Казахстанской области.

Таблица 4
Урожай яровой пшеницы (в ц/га)

Районы	Годы									Среднее за 9 лет
	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	
Без использования талых вод в северных районах	7,1	0,8	9,3	8,4	6,0	5,9	13,6	2,4	6,6	6,7
На падинах в южных районах	8,6	5,8	10,8	10,8	8,4	6,2	11,7	4,3	4,1	7,9

Из этих данных видно, что на более плодородных южных черноземах и темнокаштановых почвах урожай получен в среднем за 9 лет на 1,2 ц ниже, чем на менее плодородных светлокаштановых почвах при пастбищном земледелии. Пастбищное земледелие дало пониженный урожай только по двум годам (1926 и 1928). Урожай на падинах колебался меньше, чем на степных участках в более урожайных районах. За указанные 9 лет на падинах урожай составил от 4,1 до 10,8 ц/га (колебание в 2,5 раза), тогда как в степи урожай составил от 0,8 до 13,4 ц/га (колебание в 17 раз). Отсюда видно, что пастбищное земледелие обеспечивает более устойчивый

урожай даже в тех районах, где посевы полевых культур без использования вод местного стока почти невозможны.

В условиях пастбищного земледелия снегозадержание сильно повышает увлажнение пастбищ. При помощи снегозадержания на водосборах пахотопригодных пастбищ представляется возможность обеспечить вполне нормальное затопление пастбищных земель снеговыми водами.

Снегозадержание необходимо сочетать с водозадержанием, которое проводится путем устройства земляных валиков. Применением обвалования в необходимых случаях можно уменьшить увлажнение отдельных пастбищ и использовать освободившуюся воду на других площадях.

Продолжительность задержания талых вод, необходимая для обеспечения высокого урожая зерновых культур

От продолжительности стояния воды на поверхности почвы зависит достаточное накопление в ней влаги и успешное возделывание сельскохозяйственных растений. При этом необходимо иметь в виду, что вода должна впитаться почвой заблаговременно, до начала весенних полевых работ, чтобы можно было применять механизированную обработку почвы и провести посев в оптимальные сроки.

В связи с отсутствием специальных исследований мы ограничимся имеющимися в литературе отдельными замечаниями о продолжительности задержания талых вод на лиманах и увлажняемых площадях.

В. С. Богдан (1900) отмечал, что на Валуйской опытной станции, где проводилось задержание местного стока талых вод под яровые культуры, «пласты весной были заняты на 3—5 дней снеговыми водами, так что почва с весны была увлажнена одинаково». В опыте 1895 г. был получен следующий урожай зерна яровой пшеницы сорт Кубанка: без орошения — 3,53 ц/га, при орошении 12 июля (в трубкование) — 7,17 ц/га и при задержании стока — 8,34 ц/га.

Задержание стока весенних талых вод на 3—5 дней дало большее повышение урожая яровой пшеницы, чем запоздалое орошение, хотя даже такое орошение удвоило урожай.

По данным обследования Поволжской опытно-мелиоративной станции, Н. С. Сажин (1939) установил продолжительность стояния воды на лиманах в бассейне рек Торгуна и Еруслана до 12 дней (при использовании их под зерновые культуры) и отметил, что для использования крупных лиманов под зерновые культуры практиковалась разбивка их на небольшие участки. Эти участки обваловывались небольшими дамбками с тем, чтобы вся площадь заливалась ровным тонким слоем воды для равномерного увлажнения почвы и уменьшения продолжительности стояния воды. Это позволяло использовать лиманы под зерновые культуры без сброса воды через водоспуски и трубы.

Исходя из практики Заволжья, Н. С. Сажин установил, что для зерновых хлебов на лиманных площадях достаточно задерживать воду 4—8 дней, для сенокосов злаковых трав — не более 15 дней.

А. Н. Костяков (1951) продолжительность стояния воды в лимане устанавливает: на полях, предназначенных для весеннего посева, — около 6—10 суток; на полях, занятых озимыми культурами, — не более 2—3 суток и на полях, занятых злаковыми бобовыми травосмесями, — около 5—7 суток.

А. А. Черкасов (1950) считает, что для того, чтобы почва впитала установленную оросительную норму воды, длительность затопления лимана должна составлять 3—5 дней.

Из приведенных выше разноречивых данных нельзя сделать определенного заключения о продолжительности стояния воды даже на лиманах. Относительно увлажнения путем задержания стока талых вод на месте их образования мы имеем сообщение В. С. Богдана о том, что участок, предназначенный под посев яровой пшеницы, был весной залит талыми водами в течение 3—5 дней.

Правда, оптимальная продолжительность стояния воды при увлажнительных мероприятиях и лиманном орошении зависит от свойств почвы, степени промерзания, сухости ее и состояния ряда других факторов к моменту затопления площади. Поэтому единой установки здесь быть не может.

Определение продолжительности стояния воды на увлажняемой площади является ответственной задачей. Недостаточно продолжительное стояние воды может не дать требуемого эффекта по увлажнению почвы и повышению урожая возделываемых культур и тем самым не будут оправданы затраты на дополнительные мероприятия по задержанию местного стока талых вод. С другой стороны, при излишней продолжительности стояния воды на участке возможны вредные последствия (подъем грунтовых вод, а вместе с тем и вредных солей), а также задержка весенних полевых работ, что значительно снизит эффективность этого мероприятия.

А. Процеров (1948) на основании наблюдений 69 метеорологических станций СССР установил, что в Поволжье и на юго-западе Украины почвой впитывается около 50 мм из всего количества зимних осадков (110—120 мм). В черноземной полосе впитывается около 35—45 мм из 150—180 мм. В южной части нечерноземной полосы впитывание сильно уменьшается (до 15—20 мм), а на северо-западе и севере оно равняется нулю.

П. Г. Кабанов (1949) подтверждает наблюдения Процерова о том, что в засушливых степных районах Советского Союза корнеобитаемый слой почвы весной содержит влаги обычно меньше того количества, которое в состоянии удержать почва. В подтверждение этого приводятся следующие данные о весенних запасах доступной растениям влаги: на Безенчукской станции в слое 0—100 см получено 1310 т/га—средняя многолетняя величина, во влажные годы — 1700 т/га, в сухие годы — 600 т/га; на Саратовской станции (Института зернового хозяйства) в слое 0—150 см соответственно — 1400, 2360 и 610 т/га; на Краснокутской станции в слое 0—100 см — 1100, 1480 и 560 т/га. Даже в годы со средним увлажнением почвы степных районов без снегозадержания и водозадержания, как правило, недонасыщаются влагой. До полного насыщения в обычных условиях не хватает, по сравнению с влажными годами, в 150-сантиметровом слое почвы почти 1000 т воды на гектар. В годы с сухой осенью и малоснежной зимой недонасыщенность почвы влагой даже в метровом слое составляет 1100 т/га в Безенчуке и 920 т/га в Красном Куте.

Если одно снегозадержание оказывает значительное влияние на увлажнение почвы, то снегозадержание и задержание весенних талых вод коренным образом меняют условия ее весеннего увлажнения. Так, например, по многолетним наблюдениям на опытном поле Института зернового хозяйства СССР в Саратове, снегозадержание увеличивает на каждом гектаре запас доступной растениям воды в слое почвы глубиной 100 см на 440 т и в слое почвы глубиной 150 см на 950 т (Кабанов, 1949).

Б. А. Шумаков (1925) установил, что в Заволжье при лиманном орошении для насыщения водой слоя почвы толщиной в 150 см до 25% влажности потребуется слой воды около 36 см, т. е. количество воды на гектар должно быть равно 3600 м³. Для этого необходимо покрыть почву таким

слоем воды, который отвечал бы количеству ее, по крайней мере, в 2 раза меньшему, чем установлено, т. е. $3600 \text{ м}^3 : 2 = 1800 \text{ м}^3$, так как другая половина будет впитана почвой за время наполнения лимана. Отсюда он определил среднюю глубину затопления лимана 18 см ($1800 : 10000 = 0,18$), обеспечивающую получение высокого и устойчивого урожая зерновых культур. Весной во время наполнения лиманов и тотчас же по прекращении стока впитывается почвой и расходуется на испарение в сутки слой воды от 2 до 10 см в зависимости от влажности почвы, ее физических свойств и степени промерзания к моменту затопления.

П. А. Денисов (1936) полностью подтверждает данные Шумакова о впитывании почвой за сутки слоя воды от 2 до 10 см.

А. А. Черкасов (1950) норму лиманного орошения, рассчитываемую на среднее сухой год, устанавливает для центрально-черноземных областей от 700 до 1000 м³/га, а в южном Заволжье — от 2500 до 3000 м³/га.

Для того чтобы указанная норма воды при лиманном орошении была поглощена почвой, требуется задержание ее на лимане слоем определенной толщины и в течение определенного времени.

Следовательно, для получения высокого и устойчивого урожая зерновых культур достаточно задержать весенние талые воды слоем в 15—20 см. Слой такой глубины можно задержать в почве 2500—4000 м³/га воды, что соответствует установленной оросительной норме для зерновых культур при однократно действующем орошении.

Валики высотой 15, 25 и 40 см позволяют задержать талые воды, образовавшиеся из снега слоем соответственно 30—45 см, 50—75 см и 80—120 см при плотности снега 0,30. Вода от такого количества снега впитывается в почву в течение соответственно 2, 5 и 10 дней, что экспериментально подтверждается ниже при описании выполненных нами опытов¹.

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ ПО ЗАДЕРЖАНИЮ ТАЛЫХ ВОД ОБВАЛОВАНИЕМ

Опыты проводились на полях Чкаловской областной сельскохозяйственной опытной станции (в 12 км от г. Чкалова) в 1939, 1940 и 1941 гг. и в колхозах Чкаловской области с 1940 по 1951 г.

Метеорологические условия

Остановимся на характеристике климатических условий степного Заволжья, в котором были проведены наши исследования и на которое можно распространить установленные приемы культуры зерновых хлебов при использовании местного стока весенних талых вод².

Наиболее характерные черты климата Заволжья — засушливость и континентальность.

В Приволжской возвышенности и Северном Заволжье за год выпадает в среднем 400 мм атмосферных осадков (Тихомиров и Рязанцева, 1939). Резкое уменьшение осадков начинается к югу от Самарской Луки, долины

¹ Для каждой местности высоту валиков и расположение их необходимо уточнить опытным путем и установить наиболее приемлемые для возделываемой сельскохозяйственной культуры.

² Занимая значительную площадь, Заволжье отличается большим разнообразием климатических условий.

При анализе метеорологических условий нами использованы данные, опубликованные в «Метеорологическом справочнике по Чкаловской области» (1939), а также данные по Заволжью, изложенные И. К. Тихомировым и З. А. Рязанцевой в книге «Климат Заволжья» (1939).

р. Самары и южнее р. Урала, если продолжить южную границу Северного Заволжья от Чкалова вверх по р. Уралу.

Водораздел Сыртового Заволжья имеет в среднем за год 300 мм осадков; в Прикаспийской низменности количество осадков при движении с севера на юг неуклонно уменьшается и составляет за год в среднем 200—250 мм. Северное побережье Каспийского моря еще суше: здесь в среднем за год выпадает около 175 мм осадков.

Испарение в северной части Заволжья достигает в среднем за год 300 мм и в средней части по течению р. Самары — 400 мм. На водоразделе Сыртового Заволжья испарение достигает 500 мм. В северной части Прикаспийской низменности средняя величина испарения — 600 мм.

Следовательно, лишь Северное Заволжье принадлежит к зоне превышения осадков над испарением. В остальных районах Заволжья испарение преобладает над осадками.

В Заволжье более 95% годовой суммы испарения падает на теплый период года (апрель — октябрь), тогда как осадки теплого периода составляют здесь 60—75% годовой суммы. Следовательно, летние осадки почти полностью испаряются, и лишь 25—40% годовой суммы осадков, выпадающих в виде снега, а также весьма малая доля осадков теплого периода, успевающая сразу после выпадения просочиться в почву и быть усвоенной растительностью, являются источником водных запасов почв Заволжья.

В годы засух несоответствие количества осадков и величины испарения выражается много резче, и летний иссушающий режим Прикаспийской полупустыни распространяется тогда до северных границ Заволжья.

Континентальность климата Заволжья наиболее резко выявляется в амплитудах температуры воздуха — суточных и особенно годовых.

Минимальные температуры здесь доходят до -43° . В северной части Общего Сырта (Уральск) в феврале отмечена предельно низкая температура $-45,8^{\circ}$. Амплитуда крайних температур в Заволжье достигает 87° .

Снежный покров севернее 49-й параллели бывает устойчивым, но невысоким. Он достигает в среднем 50 см в бассейне Самары, 30 см в бассейне Иргиза и 20 см в бассейнах Еруслана и Б. и М. Узней. Достаточно суровая зима при невысоком снежном покрове влечет за собой промерзание почвы до глубины 1—1,5 м.

Последние весенние заморозки наблюдаются в конце апреля — начале июня; первые осенние заморозки наступают в начале сентября.

Продолжительность теплого периода с температурой выше 0° в Заволжье составляет 205—265 дней. В Северном Заволжье теплый период длится в среднем с 5 апреля по 1 ноября и в Прикаспийской низменности с 25 марта по 11 ноября. Продолжительность вегетационного периода (со средней температурой выше $+10^{\circ}$) в среднем 150 дней на севере и 163 дня на юге. Сумма температур за этот период составляет от 2233° на севере (Боровое лесничество) до 2850° на юге (Костычевская опытная станция).

Переходные периоды в Заволжье очень коротки. Весна продолжается здесь на севере около 30 дней, на юге 40 дней. Осень соответственно на 10 дней длиннее.

Остановившись на особенностях климата Заволжья, следует отметить весьма характерное для Заволжья и тягостное для сельского хозяйства явление — суховеи, под которым в Заволжье понимаются ветры различных направлений, силы и происхождения, обладающие высокой температурой и сухостью воздуха. А. А. Каминский (1934) предлагает считать днями с суховеем такие дни, в течение которых относительная влажность

воздуха в 13 часов бывает 20—18% и ниже и температура воздуха около 36° . Различают беспыльные и пыльные суховеи. Первые — ветры местного происхождения, вторые приносят запыленный воздух даже из соседних пустынь.

Тихомиров и Рязанцева (1939) указывают, что в Заволжье суховеи наблюдаются со второй декады апреля и до конца сентября. Наибольшее число дней с суховеями падает на июль. Суховой может держаться очень долго¹.

При суховеях относительная влажность воздуха падает иногда до 6%. Сухость воздуха в сочетании с высокой температурой вызывает настолько сильную потерю воды растительностью через испарение, что растения или гибнут совсем, или оказываются как бы обожженными (явления «запала» или «захвата»). Особенно страдают при этом молодые побеги, завязи и неотвердевшие зерна. Наиболее тягостными оказываются суховеи, сопровождаемые пыльной бурей («мгла», «помха»), — в Заволжье ветры южного и юго-восточного направлений.

Огромное значение в ликвидации суховеев, несомненно, будет иметь использование местного стока талых вод. Специальные исследования, проведенные Куйбышевским управлением гидрометеорологической службы в условиях орошаемого хозяйства Безенчукской сельскохозяйственной опытной станции, показали, что орошение может в значительной мере ликвидировать суховеи в приземном слое воздуха, где протекает жизнь растений. По данным этих наблюдений, в 1934 г. с 20 июня по 25 июля на делянке без орошения отмечено три суховейных дня, при бороздовом поливе только один день, а на участке, орошаемом по методу дождевания, суховеев в приземном слое воздуха не было совсем. В 1935 г. с 10 июня по 10 августа на делянке без орошения отмечено пять суховейных дней, на участке полива по бороздам — один день, а при дождевании суховеев не было отмечено вовсе (Метеорологический справочник по Чкаловской обл., 1939).

Для характеристики метеорологических условий каждого сельскохозяйственного года, в котором нами были проведены опыты, мы воспользуемся результатами наблюдений Чкаловской метеорологической станции, расположенной на границе северной и южной частей Заволжья, в районе, где проводились исследования.

Наше внимание было сосредоточено на увеличении в почвах, используемых под зерновые культуры, водных запасов путем задержания весенних талых вод. В связи с этим мы рассмотрим метеорологические условия с 1 октября, так как к этому времени полностью заканчивается уборка урожая всех сельскохозяйственных полевых растений и полевые работы направлены исключительно на подготовку благоприятных условий для будущего урожая.

1938/39 сельскохозяйственный год в отношении температурного режима незначительно отличался от обычного для данной местности года. Средняя годовая температура оказалась ниже многолетней средней только на $0,5^{\circ}$. Во время вегетации зерновых хлебов повышенная против средней многолетней температура отмечена лишь в июне (на 3°); в мае и июле среднемесячная температура была почти равна средней многолетней. При этом абсолютная максимальная температура ($38,9^{\circ}$) близко подходила к абсолютной максимальной температуре за 45 лет ($39,3^{\circ}$). Летний период в 1939 г. был на 4 дня короче среднего многолетнего.

¹ Были отмечены случаи, когда сухой держался непрерывно в течение всего июля (в 1885 г., по данным метеорологической станции М. Узней).

Атмосферных осадков выпало 225,2 мм, что на 130,8 мм меньше средних за 94 года. По количеству выпавших осадков 1938/39 год относится к годам резко недостаточного увлажнения. К тому же эффективные осадки, с силой свыше 5,0 мм в день, составили за теплый период всего 18%. Высота снежного покрова (50,8 см) достигла средней многолетней (50 см).

В целом 1938/39 год был засушливым, с пониженной средней годовой температурой и нормальным снежным покровом.

1939/40 сельскохозяйственный год в отношении общего температурного режима также мало отличался от нормального года. Средняя годовая температура была всего на 0,6° выше средней многолетней. Во время вегетации зерновых хлебов повышенная температура наблюдалась лишь в июле — на 3,6° по сравнению со средней многолетней. Континентальность климата проявлялась особенно резко: абсолютный максимум температуры воздуха (40,9°) и минимум (−42,4°) оказались выше многолетнего максимума, наблюдавшегося в 1927 г. (39,3°), и ниже минимума, наблюдавшегося в 1892 г. (−42,1°). Лето было на 10 дней продолжительнее среднего за 40 лет.

Сумма годовых осадков составила 200,5 мм — на 155 мм меньше средней суммы осадков за 94 года. В течение вегетации зерновых хлебов (май — июль) выпало осадков 87,4 мм; что почти полностью отвечает средней многолетней сумме осадков за эти месяцы (91,0 мм). Поэтому в 1940 г., несмотря на значительный недобор годовых осадков, урожай ранних зерновых хлебов получился выше, чем в 1939 г., который также отличался значительным недобором годовых осадков.

Снежный покров достиг максимальной высоты в январе, а не в марте, как это наблюдалось в течение многих предыдущих лет, и толщина покрова составила всего лишь 22 см против 50 см средней многолетней.

В целом 1939/40 сельскохозяйственный год во время вегетации зерновых хлебов был с повышенной средней температурой и в 2 раза меньше по сравнению со средним многолетним снежным покровом.

1940/41 сельскохозяйственный год по температуре воздуха оказался прохладным. Средняя годовая температура была ниже средней многолетней на 1,4°. Такие температурные условия в Заволжье, особенно в зоне Общего Сырта, бывают примерно раз в четыре года. Максимумы и минимумы температуры воздуха не превышали показателей, установленных многолетними наблюдениями. Лето было короче среднего многолетнего на 15 дней.

Сумма годовых осадков составила 412 мм, на 56 мм больше средней многолетней. Однако распределение осадков по месяцам было весьма неравномерным. Осень и первая половина зимы изобиловали осадками, особенно в течение октября и декабря, что обеспечило значительное увлажнение почвы и образование мощного снежного покрова. С января по апрель выпало осадков в 3 раза меньше средних многолетних. Количество осадков весной (май) в 3,6 раза превышало среднее многолетнее. Всего в мае выпало 111,2 мм против средней многолетней величины 32 мм. В июне выпало 36,1 осадков против 27 мм средних многолетних. Высота снежного покрова превысила среднюю многолетнюю (55,4 м против 50 см).

В целом 1940/41 сельскохозяйственный год был обильным по осадкам, с пониженной средней годовой температурой и несколько увеличенной мощностью снежного покрова.

Значительно лучше вскрывает благоприятные и неблагоприятные для роста и развития сельскохозяйственных растений метеорологические

Таблица 5

Суховейные дни во время проведения опытов с яровой пшеницей при местном стоке весенних талых вод

Год, месяц и число	Суховей								
	слабый			средний			сильный		
	Относит. влаж- ность	Максим. темпера- тура	Сила вет- ра, м/сек	Относит. влажность	Максим. темпера- тура	Сила вет- ра, м/сек.	Относит. влажность	Максим. темпера- тура	Сила вет- ра, м/сек.
1939, май, 25	—	—	—	15	29,7	4	—	—	—
27	17	25,5	14	—	—	—	—	—	—
28	—	—	—	—	—	—	12	26,5	12
29	—	—	—	—	—	—	6	28,7	12
30	—	—	—	—	—	—	10	30,9	12
31	—	—	—	—	—	—	13	32,7	8
июнь, 1	—	—	—	—	—	—	7	34,6	7
2	—	—	—	—	—	—	7	35,8	10
4	—	—	—	16	27,3	7	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	8	21,8	4
10	17	32,3	9	—	—	—	—	—	—
14	20	32,6	12	—	—	—	—	—	—
17	20	32,4	3	—	—	—	—	—	—
28	20	34,8	3	—	—	—	—	—	—
29	—	—	—	14	34,5	2	—	—	—
июль, 1	18	27,7	7	—	—	—	—	—	—
8	18	28,8	7	—	—	—	—	—	—
20	18	34,1	2	—	—	—	—	—	—
29	—	—	—	—	—	—	10	38,9	8
Всего дней с суховеями	8			3			8		
1940, май, 21	—	—	—	—	—	—	13	25,2	9
23	18	27,5	6	—	—	—	—	—	—
25	19	28,3	8	—	—	—	—	—	—
июнь, 14	—	—	—	15	27	5	—	—	—
июль, 1	19	33,4	6	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	14	37,5	7	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	13	30,7	4
12	18	35,6	3	—	—	—	—	—	—
15	19	38,0	8	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	14	38,5	7	—	—	—
Всего дней с суховеями	5			3			2		
1941 г.	Суховеев не было								

* В 13 часов.

условия учет суховейных дней (табл. 5). По числу дней, в которые наблюдался суховей, можно установить, что самым благоприятным годом для развития яровой пшеницы во время наших исследований был 1941 год, когда суховея не было. За ним идет 1940 год с пятью слабыми, тремя средними и двумя сильными суховеями, и, наконец, последнее место занимает 1939 год с восемью слабыми, тремя средними и восемью сильными суховеями.

Почва опытных участков

Участки, на которых производились наши опыты, находились на полях Чкаловской сельскохозяйственной опытной станции на пологом северном склоне и более крутом восточном. Высотные отметки на участке колеблются от 106,7 до 107 м над уровнем моря.

Рельеф местности в основном сформировался в послетретичную эпоху. В этот же период образовалась третья терраса р. Сакмары, на которой развилась почва экспериментального участка.

Опытный участок в основном сложен делювиальными глинистыми отложениями, под которыми залегают третичные, а затем пермские отложения — преимущественно глины. Грунтовые воды залегают на глубине от 8 до 16 м (Рожанец, 1926).

Почва опытного участка — южный чернозем, типичный для зоны деятельности Чкаловской областной опытной станции.

Почвенное обследование участка было произведено нами в июне 1939 г. Всего было сделано 8 разрезов. Для характеристики почвы приводим описание трех наиболее типичных разрезов на северо-восточном склоне с крутизной около 1°.

Разрез 1 — в 1,2 км на северо-запад от механической мастерской Чкаловской областной сельскохозяйственной опытной станции. Чернозем южный глинистый, средней мощности. Микрорельеф создан обработкой. По участку заметны гребни и борозды. Разрез заложен на месте, на котором талые воды не задерживались земляными валиками. Угожье: посев пшеницы, находящейся в фазе кущения.

A _{пах} 0—20 см	Темносерый, неплотный, мелкокомковато-пылеватый.
A ₂ 20—42 см	Верхняя часть горизонта более темная (до 34 см), ниже слабобуроватый. Более плотный, комковато-зернистый. Переход в следующий горизонт постепенный.
B ₁ 42—60 см	Буроватый. Довольно плотный, разламывается на широкие и непрочные призматические отдельности, хорошо распадающиеся на комковато-ореховатые части. Вскипание от HCl с 51 см. Переход в следующий горизонт постепенный.
B ₂ 60—110 см	Буровато-желтый с темными потеками. Плотнее, чем горизонт B ₁ . Хорошо распадается на комковатые отдельности. Довольно много карбонатных переплетающихся между собой жилок. Вскипание от HCl бурное.
C 110—220 см	Желтый, с буроватым оттенком. Очень плотный. Неяснокомковатый. Ниже 210 см окраска темнее.

Разрез 2 — в 80 м на север от первого. Чернозем южный глинистый, средней мощности. По участку заметны гребни и борозды. Разрез заложен на ровном месте, на котором земляными валиками задерживалась вода 5 дней. Угожье: пашня — посев пшеницы, находящейся в фазе кущения.

A _{пах} 0—20 см	Темносерый, неплотный, мелкокомковато-пылеватый.
A ₂ 20—46 см	Верхняя часть горизонта более темная и ниже 33 см светлее, буроватый. Более плотный, комковато-зернистый. Вскипание от HCl на 43 см. Переход в следующий горизонт постепенный.

B ₁ 46—68 см	Буроватый. Довольно плотный, разламывается на широкие и непрочные призматические отдельности, хорошо распадающиеся на комковато-ореховые комочки. Вскипание от HCl бурное. Переход в следующий горизонт постепенный.
B ₂ 68—120 см.	Буровато-желтый с черными потеками. Плотнее, чем горизонт B ₁ , хорошо распадается на комковатые отдельности. Довольно много карбонатных жилок. Вскипание от HCl бурное. Переход в следующий горизонт постепенный.
C 120—220 см	Желтый, но с буроватым оттенком. Очень плотный. Неяснокомковатый. Ниже 180 см окраска темнее.

Разрез 3 — в 70 м на север от второго и в 150 м от первого разреза. Чернозем южный глинистый, средней мощности. По участку заметны гребни и борозды. Разрез заложен в понижении, на котором земляными валиками задерживалась вода 10 дней. Угожье: пашня — посев пшеницы, находящейся в фазе кущения.

A _{пах} 0—20 см	Темносерый, неплотный, мелкокомковато-пылеватый. Нижняя часть пахотного слоя темнее.
A ₂ 20—45 см	Темносерый. Более плотный, комковато-зернистый. Переход в следующий горизонт постепенный.
B ₁ 45—61 см	Буроватый, темнее, чем в других разрезах. Плотный, разламывается на широкие призматические отдельности, хорошо распадающиеся на комковато-ореховатые комочки. Вскипание от HCl на 60 см.
B ₂ 61—115 см	Буровато-желтый с темными потеками. Плотнее B ₁ , хорошо распадается на комковатые отдельности. Много карбонатных жилок. Переход в следующий горизонт постепенный.
C 115—220 см	Желтый, с темноватым оттенком. Очень плотный. Неяснокомковатый. Ниже 160 см окраска темнее.

Механический состав почвы определен по методу Сабанина с выделением частиц до 0,01 мм и пипеточным методом — частиц меньше 0,01 мм.

Механический состав почвы экспериментального участка сравнительно однороден — глинистый, пылевато-иловатый, поэтому мы приводим анализы только по одному разрезу 3, который является основным в нашем исследовании (табл. 6).

Таблица 6

Механический состав почв на участке с задержанием талых вод в течение 10 дней, разрез 3 (в % к абсолютно сухой навеске)

Горизонт и глубина, см	Фракции, мм							Потери от обработки
	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,01	
A ₁ 5—10	2,6	9,0	26,6	9,2	14,5	36,1	59,9	1,9
A ₂ 20—25	3,6	7,2	27,2	10,3	15,1	34,8	60,2	1,8
B ₁ 45—50	3,6	9,9	26,2	9,0	12,4	33,6	54,9	5,4
B ₂ 70—75	3,2	8,1	26,0	9,6	13,9	32,1	55,6	7,1
C 120—125	2,9	5,1	27,9	10,5	13,2	32,1	55,8	8,2

С углублением по профилю разреза количество песчаных частиц (крупнее 0,25 мм) увеличивается, что указывает на более легкий состав почвы. Пылеватые частицы (мельче 0,01) распределяются сравнительно равномерно на глубину до 125 см и только в верхней части толщи, до 25 см, количество пылеватых частиц больше, чем в нижней. Илстые тонкие частицы (мельче 0,001) убывают с углублением по профилю; больше всего их обнаружено в самой верхней части профиля (36,1%) и меньше

в нижней (32,1%). Преобладающие фракции — пылеватые (частицы 0,05—0,001), а затем иловатые (частицы мельче 0,001).

Физические свойства почвы под яровой пшеницей характеризуются следующими данными (табл. 7).

Таблица 7

Физические свойства почвы под яровой пшеницей (опыт 1939 г.)

Глубина, см	Объемный вес	Удельный вес твердой фазы	Максимальная гигроскопичность, %	Капиллярная влагоемкость, %	Порозность, % к объему почвы		
					общая	капиллярная	некапиллярная

Участок с задержанием талых вод в течение 10 дней (разрез 3)

5—10	1,19	2,54	9,5	45,2	53,2	37,0	16,2
20—25	1,30	2,43	9,2	42,4	46,5	39,2	7,3
40—50	1,39	2,61	8,3	38,3	46,7	38,9	7,9
70—75	1,46	2,61	8,2	36,1	44,1	38,2	5,8
95—100	1,52	2,64	7,8	33,5	42,4	38,6	3,8
120—125	1,51	2,69	7,7	31,2	43,9	39,9	4,0
170—175	1,52	2,66	7,2	32,3	42,9	40,7	2,2
195—200	1,52	2,64	6,9	34,0	42,4	41,1	1,3
215—220	1,53	2,65	6,3	34,2	42,3	41,4	0,9

Участок с задержанием талых вод в течение 5 дней (разрез 2)

5—10	1,17	2,58	9,5	46,4	54,6	37,4	17,2
20—25	1,32	2,42	9,3	41,2	45,5	36,5	9,0
45—50	1,40	2,61	8,4	39,3	46,4	38,8	7,6
70—75	1,45	2,62	8,2	32,2	44,7	38,5	6,2
95—100	1,51	2,63	7,8	33,7	42,6	38,2	4,4
120—125	1,51	2,68	7,7	30,8	43,7	39,9	3,8
170—175	1,52	2,67	7,2	31,9	43,0	40,2	2,8
195—200	1,52	2,65	6,9	33,8	42,6	40,8	1,8
215—220	1,54	2,65	6,4	35,1	41,9	41,1	0,8

Как видим, объемный вес почвы, на которой талые воды задерживались в течение 10 дней, довольно высок, особенно в нижних горизонтах. Общая порозность в пахотном слое — выше 50% — является благоприятной для сельскохозяйственных растений. В ниже расположенных горизонтах общая порозность меньше 50%, что типично для глинистых почв и тяжелых суглинков Заволжья (Усов, 1948).

Максимальная гигроскопичность почвы несколько выше средней величины максимальной гигроскопичности почв южного чернозема.

На участке с задержанием талых вод в течение 5 дней, как и следовало ожидать рассматриваемые показатели располагаются в том же порядке, как и для почвы участка, на котором талые воды задерживались 10 дней. Незначительно повышены максимальная гигроскопичность и капиллярная влагоемкость. Общая порозность так же благоприятна для роста и развития растений.

Оптимальной порозностью принято считать такую, когда не менее 20% пор свободны от воды и заняты воздухом (Качинский и др., 1950).

В наших условиях некапиллярная порозность составляет несколько меньшую величину.

Таблица 8

Физические свойства почвы под яровой пшеницей на поле без задержания талых вод местного стока. Опыт 1939 г., разрез 1

Глубина, см	Объемный вес	Удельный вес	Максимальная гигроскопичность, % от веса сухой почвы	Капиллярная влагоемкость, %	Порозность, % к объему почвы		
					общая	капиллярная	некапиллярная
5—10	1,18	2,54	9,4	42,3	53,5	36,8	16,7
20—25	1,29	2,41	9,3	39,1	46,4	35,6	10,8
45—50	1,41	2,60	8,3	37,5	45,7	38,2	7,5
70—75	1,47	2,63	8,3	34,3	44,2	38,2	6,0
95—100	1,52	2,64	7,8	32,7	42,5	38,3	4,2
120—125	1,50	2,71	7,6	28,9	44,5	39,1	5,4
170—175	1,51	2,66	7,1	31,9	43,2	40,4	1,8
195—200	1,53	2,65	6,9	34,2	42,3	40,7	1,6
215—220	1,54	2,66	6,4	34,3	42,1	41,1	1,0

Расположение основных показателей физических свойств почвы, которое мы наблюдали на участках с задержанием талых вод в течение 5 и 10 дней, оказалось таким же и на площадках без задержания местного стока.

Полевая влагоемкость¹. Определение конкретных величин полевой влагоемкости имеет большое значение в практике увлажнительных мероприятий и орошения. Зная полевую влагоемкость, можно установить необходимое количество воды при задержании талых вод на месте их образования и нормы полива во время орошения, при которых вода не будет просачиваться из увлажняемого слоя почвы в грунтовые воды.

Нами получены следующие данные о полевой влагоемкости почв экспериментального участка (определение проводилось методом квадратных площадок):

Глубина, см	5—10	20—25	45—50	70—75	95—100	120—125	170—175	195—200	215—220
Полевая влагоемкость . . .	41,7	38,4	37,2	27,4	22,4	21,6	22,8	22,9	22,8

Из приведенных данных видно, что полевая влагоемкость в слое почвы до 50 см оказалась достаточно высокой (41,7—37,2), в слое 70—75 см — несколько ниже (27,4) и в остальной толще почвы — от 100 до 200 см — выровненной (21,6—22,9).

Водопроницаемость. Из основных физических свойств почвы водопроницаемость является одним из важнейших. В ней как бы отражается вся совокупность свойств почвы: ее механический и химический

¹ Под полевой влагоемкостью понимается способность почв удерживать в природных условиях длительное время в практически неподвижном состоянии некоторое количество воды после обильного увлажнения и стекания избыточной относительно легкоподвижной воды (Долгов, 1948).

состав, характер насыщающих почву катионов, степень ее структурности, скважность и т. д. В нашем исследовании водопроницаемости почвы уделено внимание не только с целью изучить природную водопроницаемость почвы, но и установить влияние на нее задержания весенних талых вод.

О водопроницаемости почвы участка и о влиянии на нее задержания весенних талых вод дают представление следующие показатели, полученные нами методом малых заливаемых площадок (в 1 м²) с напором воды на поверхности почвы 5 см (табл. 9).

Таблица 9

Водопроницаемость почвы с поверхности в опыте с задержанием весенних талых вод (в мм/мин)

Вариант опыта	Интервалы наблюдений, мин.								
	30	60	120	30	60	120	30	60	120
	Во время всходов			В фазу колошения			В фазу восковой спелости		

1939 г.

Без задержания воды	2,85	2,06	1,63	2,86	1,97	1,54	2,61	1,62	1,03
Задержание на 2 дня	2,72	2,53	1,72	2,43	1,68	1,31	2,43	1,50	1,02
» на 5 дней	2,63	2,28	1,54	2,82	2,03	1,65	2,17	1,48	1,16
» на 10 дней	1,92	1,30	1,06	1,95	1,35	1,05	2,22	1,53	1,19

1940 г.

Без задержания воды	3,45	3,05	2,24	3,90	2,82	2,28	3,80	3,35	2,45
Задержание на 2 дня	3,72	2,68	2,17	3,83	3,30	2,24	4,07	3,52	2,27
» на 5 дней	2,95	2,07	1,57	3,72	2,68	2,17	3,63	3,13	2,24
» на 10 дней	2,53	1,68	1,28	3,42	2,47	1,99	3,53	3,10	2,17

Водопроницаемость почвы опытного участка в 1939 г. по всем вариантам и во все периоды наблюдения была ниже, чем в 1940 г. Скорость впитывания воды в 1939 г. оставалась почти без изменения от всходов до восковой спелости яровой пшеницы, проявляя некоторую тенденцию к уменьшению по всем вариантам опыта, за исключением варианта с задержанием воды в течение 10 дней, в котором она оставалась без изменения в течение всего вегетационного периода. В 1940 г. скорость впитывания воды почвой была высокой во все периоды наблюдения — от всходов до восковой спелости.

С. В. Астапов (1947) предложил почвы по скорости впитывания воды делить на три группы: 1) почвы значительной водопроницаемости, имеющие скорость впитывания больше 2,50 мм/мин за первый час наблюдения; 2) почвы средней водопроницаемости со средней скоростью впитывания меньше 2,50 мм/мин, но больше 0,83 мм/мин за первый час наблюдения; 3) почвы слабой водопроницаемости со средней скоростью впитывания менее 0,83 мм/мин за первый час наблюдения.

По этому делению почва опытного участка в 1939 г. имела среднюю водопроницаемость, за исключением одного случая по варианту с задержанием воды в течение 2 дней во время всходов (2,53 мм/мин), который должен быть отнесен к первой группе — значительной водопроницаемости.

В 1940 г. почва участка имела значительную водопроницаемость (2,50 мм/мин за первые 60 минут наблюдения) за исключением двух вариантов опыта: при задержании воды в течение 5 дней скорость просачивания во время всходов составила 2,07 мм/мин и при задержании воды в течение 10 дней — во время всходов 1,68 мм/мин, а во время колошения — 2,47 мм/мин. Таким образом, задержание талых вод в течение 5 и 10 дней понизило (во время всходов яровой пшеницы) водопроницаемость почвы от значительной до средней, что объясняется главным образом наличием в этот период в почве влаги, полученной от задержания талых вод.

Чтобы установить, какое влияние на структуру почвы оказывает задержание местного стока, мы провели определение количества водопрочных агрегатов почвы. Для характеристики изменения структуры почвы под влиянием задержания талых вод нами принята во внимание сумма прочных агрегатов диаметром больше 0,25 мм (табл. 10).

Таблица 10

Влияние использования местного стока весенних талых вод на агрегатный состав почвы под яровой пшеницей в опытах 1939—1941 гг. (сумма прочных агрегатов диаметром больше 0,25 мм в % от веса сухой почвы)

Варианты опытов	Горизонт, см	Годы опытов			Средняя за 3 года
		1939	1940	1941	
Без задержания воды	0—25	42,5	49,5	35,5	42,5
	25—50	55,8	68,3	66,7	63,6
Задержание воды в течение 2 дней	0—25	40,8	46,2	37,8	41,6
	25—50	55,5	70,3	67,5	64,4
Задержание воды в течение 5 дней	0—25	40,0	39,4	32,9	37,4
	25—50	59,5	60,3	71,1	63,6
Задержание воды в течение 10 дней	0—25	41,5	50,4	33,1	41,7
	25—50	57,2	74,8	72,1	68,0

Из табл. 10 видно, что наибольшее количество прочных агрегатов (диаметром больше 0,25 мм) содержалось в пахотном горизонте на делянке без задержания воды (42,5% в среднем за три года). На делянках с задержанием талых вод можно отметить незначительную тенденцию к уменьшению количества прочных агрегатов в пахотном горизонте (0—25 см) — на 0,8—5,1%, т. е. почти в пределах ошибки анализа.

Таким образом, наши наблюдения на увлажняемых участках не подтверждают данных Д. И. Бурова (1949), который установил на орошаемой старонахотной почве снижение водопрочных структурных отдельностей на 15—20%.

Что же касается подпахотного горизонта (25—50 см), то здесь, как видно из таблицы, количество водопрочных агрегатов на делянках с задержанием талых вод увеличилось на 0,8—4,4% в среднем за три года.

В засушливый 1939 год тенденция к уменьшению количества прочных агрегатов в пахотном слое от увлажнения почвы талыми водами проявилась определеннее на всех вариантах опыта. В 1940 г., среднем по осадкам, и в 1941 г., с небольшим недобором осадков во время вегетации, по отдельным вариантам опыта наблюдалось увеличение количества прочных агрегатов в пахотном слое (второй вариант в 1941 г. — на 2,3% и четвертый вариант в 1940 г. — на 0,9%).

Д. Г. Виленский и В. Н. Германова (1934), экспериментально подходу к определению оптимальной влажности почвы при образовании почвенных агрегатов, отмечали, что агрегаты, образовавшиеся при низкой и повышенной, выше оптимальной, влажности, после высыхания обнаруживают ничтожную прочность.

Исследованиями В. В. Квасникова и Н. П. Давыдовой (1950) установлено, что увеличение влажности до оптимальной влечет за собой повышение прочности агрегатов почвы.

Однако по полученным нами данным можно сделать предположение, что увлажнение почвы путем задержания талых вод может в отдельных случаях снижать количество водопрочных агрегатов в пахотном горизонте. Это указывает на необходимость применения соответствующих агромероприятий, направленных на восстановление прочной структуры пахотного слоя на площади, увлажняемой весенними талыми водами.

Необходимо также отметить, что на нашем участке количество водопрочных агрегатов в пахотном слое составляло от 37,4 до 42,5%, а в подпахотном — от 63,6 до 68,0%, что превышало количество прочных агрегатов в южном глинистом черноземе, установленное Н. П. Усовым (1948), по данным которого в пахотном слое (0—15 см) прочных агрегатов оказалось 32,2%, а в подпахотном — 62,8%.

Химический состав почв участка. Нами проанализированы образцы почвы, взятой с участка (разрез 3), на котором задерживались талые воды в течение 10 дней (табл. 11).

Таблица 11

Валовой состав почвы участка с задержанием талых вод (в %). Опыт 1939 г., разрез 3*

Горизонт и глубина, см	Гигроscopicная вода	Потери от прокалки	Гумус	CO ₂	Cl	SO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
A ₁ 5—10	4,29	9,02	4,72	Следы	0,003	0,16	65,51	14,72	4,78	0,38	1,83	1,24	1,11	1,42
A ₂ 20—25	4,84	9,96	5,14	»	0,004	0,12	65,95	14,86	4,87	0,40	1,88	1,21	1,24	1,32
B ₁ 45—50	4,67	7,98	3,22	0,58	0,003	0,18	65,25	14,39	5,04	0,41	2,72	1,33	0,87	1,65

* Анализы — И. С. Терещенко и О. Д. Антимонина.

Из приведенных в табл. 11 данных видно, что почва экспериментального участка идентична почвам Сыртового Заволжья (Усов, 1948).

Валовое содержание SiO₂, а также Al₂O₃ + P₂O₅ однородно по всему профилю. Fe₂O₃ показывает некоторое падение в самом верхнем горизонте почвы против нижележащих слоев.

Установленное нами количество гумуса почти полностью совпадает с количеством гумуса, полученным П. А. Костычевым в 1886 г. По его определению в образце почвы, взятой в 20 км от Чкалова, в слое 15,2 см

гумуса оказалось 4,29%, а на нашем участке в 12 км от Чкалова, как видно из таблицы, гумуса в слое 10 см получилось 4,72%.

Характерным для чернозема является содержание углекислоты: верхние горизонты содержат лишь следы ее; в нижней части переходного горизонта B₂ количество CO₂ резко увеличивается и достигает в горизонте C 6,61%.

Содержание Si дало увеличение на глубине 20—25 см. Количество его типично для южного чернозема (Усов, 1948).

Для характеристики состава водорастворимых веществ почвы участка, на котором производилось задержание весенних талых вод в течение 10 дней (разрез 3), в табл. 12 приводим полученные нами данные.

Таблица 12

Состав водной вытяжки из почвы участка с задержанием талых вод в течение 10 дней. Разрез 3 (в % на абсолютно сухую навеску)

Горизонт и глубина, см	Сухой остаток	Прональный остаток	Воднорастворимый гумус	pH	Щелочность (общая в HCO ₃)
A ₁ 5—10	0,102	0,043	0,014	7,16	0,033
A ₂ 20—25	0,098	0,053	0,016	7,11	0,038
B ₁ 45—50	0,096	0,054	0,011	7,42	0,046
B ₂ 70—75	0,097	0,056	0,011	7,61	0,050
C 120—125	0,099	0,056	0,007	7,54	0,048

По содержанию легкорастворимых солей почва экспериментального участка относится к незасоленным почвам черноземного типа. Она содержит около 0,1% воднорастворимых веществ, причем извлекаемые водой вещества наполовину состоят из органических соединений, а наполовину — из минеральных. Среди минеральных растворимых веществ преобладает кальций. Сульфатов в верхних горизонтах почти нет. Хлоридов очень мало по всему профилю почвы.

Поглощенные основания нами определялись на основном участке (разрез 3), на котором весенние талые воды задерживались в течение 10 дней (табл. 13).

Таблица 13

Состав обменных оснований

Горизонт и глубина, см	Гигроscopicная вода, %	Ca		Mg		Na		Сумма м-экв.	В % от суммы		
		%	м-экв.	%	м-экв.	%	м-экв.		Ca	Mg	Na
A ₁ 5—10	4,14	0,763	38,1	0,094	7,9	0,031	1,3	47,34	80,6	16,6	2,8
A ₂ 20—25	4,43	0,742	37,1	0,109	9,1	0,035	1,5	47,75	77,6	19,1	3,2

Насыщенность почвенного поглощающего комплекса кальцием и магнием в почвах участка достаточно высока. Соотношение обменных оснований в почве аналогично соотношениям в южных черноземах (Усов, 1948).

¹ Для нестрого почвенного покрова района расхождение данных на 0,4% не существенно.

Методика полевых опытов

На увлажняемой площади с уклоном 0,016—0,017 вода задерживалась земляными валиками, устроенными поперек склона конным плугом при работе всвал на расстоянии 30 м друг от друга. В дальнейшем валики доводились до соответствующей высоты лопатой вручную, с оправкой сторон так, чтобы основание валика было в полтора раза шире вершины. Высота валиков была 15, 25 и 45 см.

Валики такой высоты задерживают на площадках различные массы талых вод. Валиками высотой в 15 см задерживаются талые воды, согласно расчетам Б. А. Шумакова (1925), в количестве около 3000 м³ (при пересчете на гектар). Для впитывания их в почву при данном механическом составе ее достаточно 2 дней; остальная стекающая вода, переливаясь через 15-сантиметровые валики, в основном в конце их, задерживается на следующей площадке валиками высотой 25 см и наполняет обвалованную этими валиками площадку; по расчету объем такой воды должен впитываться в почву в течение 5 дней. Наконец, на обвалованной 45-сантиметровыми валиками площадке задерживается последующая стекающая вода и полностью впитывается в почву в течение 10 дней.

Обработка почвы заключалась в зяблевой вспашке, предпосевной культивации и бороновании, причем предпосевная культивация и боронование производились на 2—4-й день после впитывания воды почвой на всей площади, на которой задерживался сток талых вод. В тот же день перед предпосевной культивацией производилось разравнивание валиков лемешным луцильником без отвалов. Предпосевной обработкой площадь окончательно выравнивалась так, чтобы никаких следов от валиков не оставалось.

На площади без задержания стока предпосевная обработка проводилась после подсыхания почвы. Посев яровой пшеницы производился конной сошниковой сеялкой «Красная звезда» по норме 450 зерен на 1 м² во всех вариантах опытов.

Во время вегетации яровой пшеницы проводились фенологические наблюдения, определялись влажность почвы, динамика нитратов и фосфорной кислоты, густота всходов; по периодам развития яровой пшеницы брались растительные пробы для морфологического анализа, а в период уборки производился анализ растений на структуру урожая.

Внесение минеральных удобрений в форме сернокислого аммония, простого суперфосфата и 30% калийной соли производилось вразброс весной, перед культивацией зяби, при норме: N — 60 кг, P₂O₅ — 90 кг и K₂O — 45 кг. При подкормке удобрение вносилось в сухом виде — в фазу трубкования яровой пшеницы. Норма удобрений при подкормке устанавливалась в половинном размере от количества основного удобрения, внесенного перед посевом пшеницы, а именно сернокислого аммония 30 кг/га действующего вещества, простого суперфосфата 45 кг/га и калийной соли 22,5 кг/га. Удобрение перед рассевом пропускалось через решето с отверстиями 1,0 мм.

Уход заключался в ручной полке крупных сорняков. Уборка производилась лобогрейкой; яровая пшеница обмолачивалась комбайном на стационаре. Размер учетных делянок был установлен в 350—400 м², повторность трехкратная.

В течение вегетации яровой пшеницы на каждой делянке определялись фазы развития растений, причем прирост сухой массы устанавливался по пробам в 100 растений, взятым с каждой опытной делянки. В период колошения пробы брались на полуметровых площадках с четырехкратной

повторностью; в анализ поступало 50 растений с каждой площадки. В период уборки в анализ поступали все растения пробы. Пробы, взятые в поле, проверялись в лаборатории (просчетом растений), после чего высушивались до воздушно-сухого состояния и взвешивались. Высота растений и длина колоса определялись путем измерения 100 растений, взятых для учета прироста сухой массы.

Определение влажности почвы приурочивалось к полным всходам, колошению и восковой спелости. Для определения влажности почвы брали на определенных площадках буром П. А. Некрасова: до 100 см — с четырехкратной повторностью, а со 125 до 200 см — с двукратной. Влажность почвы на глубину 25—200 см определялась с интервалами в 25 см, а до 25 см глубины — с интервалами 5 и 15 см. Взятые пробы тут же взвешивались и высушивались в сушильном шкафу в течение 4—6 часов до постоянного веса при температуре 100—105°.

Для определения динамики нитратов и фосфорной кислоты в почве пробы брали буром на глубину 100 см с интервалом в 25 см одновременно со взятием проб для определения влажности почвы. Из взятых проб в тот же день определялось количество воднорастворимой фосфорной кислоты по методу Дениже в модификации А. Ю. Левицкого и нитратов по методу дисульфохеноловой кислоты (Гедройц, 1935).

Учет урожая зерна яровой пшеницы производился с каждой учетной делянки взвешиванием общей массы до обмолота и зерна тут же из-под комбайна.

Для определения качества урожая бралась средняя проба (8—12 кг) зерна через 10—15 секунд во время освобождения бункера комбайна; из средней пробы бралась аналитическая проба весом 1—2 кг, которая поступала в лабораторию для анализа. Абсолютный вес (вес 1000 зерен) определялся путем взвешивания по 500 зерен с двукратной повторностью при допущении расхождений между повторностями не более 2%. Натура определялась метрической пуркой с трехкратной повторностью. Для химического анализа зерна и соломы образцы брались перед уборкой яровой пшеницы. Сырая зола определялась обычным озолением в электрическом муфеле, общий азот определялся по методу микродельдаля (Стольгане, 1926; Шестаков, 1940), калий — по кобальт-нитратному методу в модификации Левицкого и Лесюковой (1934).

Подготовка зерна и соломы яровой пшеницы для определения в них фосфорной кислоты производилась по способу, принятому в Институте земледелия Юго-Востока (Саратов) ¹. В дальнейшем анализ продолжали по способу Дениже в модификации Левицкого (Домрачева, 1935).

Все анализы химического состава яровой пшеницы проводились с двукратной повторностью. Если в пробе содержались единицы или десятые доли анализируемого вещества, то разница между парными анализами допускалась в 0,05%, если же содержались только сотые доли процента, то разница допускалась 0,03%, и, наконец, при содержании элементов в тысячных или десятитысячных долях разница допускалась в 0,003%.

Образцы для структурного и агрегатного анализа брали железной лопатой с глубины 0—25 и 25—50 см. Для точности взятия пробы, особенно в верхнем слое, на определенную глубину и во избежание осыпания

¹ Навеску измельченного вещества в 103,6—104,6 мг помещают в колбу Кьельдаля для сжигания, прибавляют 5 мл концентрированной серной кислоты и 2—4 капли 10% раствора медного купороса и нагревают до тех пор, пока жидкость не станет совершенно бесцветной. После этого жидкость переносят в мерную колбу на 100—150 мл. Из полученного раствора берут 20 мл на определение фосфорной кислоты.

стенок была сделана специальная деревянная рама (50 × 50 см), которая вставлялась в почву. Полученные образцы (весом 2 кг) сдавались в лабораторию, где их делили пополам и в состоянии полевой влажности рассевали на сита с отверстиями 7, 5, 3, 2, 1 и 0,25 мм. После просеивания и взвешивания отдельные фракции доводили до воздушно-сухого состояния и из этих разделенных фракций без частиц мельче 0,25 мм составляли соответственно их участие в массе почвы средние пробы для агрегатного анализа в размере 50 г. От каждой половины исследуемого образца брали для анализа среднюю пробу. Таким образом, получалась двукратная повторность структурного и агрегатного анализа. Определение водонепрочных частиц крупнее 0,25 мм проводилось по Саввинову (1931). Водонепрочные частицы мельче 0,25 мм определялись пипеточным способом с учетом скорости падения частиц в воде по Стоксу.

Наши исследования проводились в паропропашных звеньях (пар — яровая пшеница и картофель — яровая пшеница) десятипольного севооборота.

Земельный участок, на котором в 1939 г. был заложен полевой опыт, использовался в 1938 г. для посадки картофеля, а еще раньше как сенокосное угодье на многолетней залежи. Участок расположен на расстоянии около 0,5 км от основных полей опытной станции.

В 1939 г. посев производился яровизированными семенами яровой пшеницы рядовой сеялкой (28 апреля — 1 мая). После посева тут же было произведено укатывание обыкновенным деревянным катком с боронованием вслед легкой бороной. Уход заключался в однократной ручной полке крупных сорняков во время трубкувания яровой пшеницы.

Испытывалась яровая пшеница: Лютесценс 62, Гордеиформе 189 и Гордеиформе «местная». Первые два сорта были получены от Госсортофонда, а Гордеиформе «местная» — от хозяйства опытной станции из урожая 1938 г.

Опыты в 1939 г. были проведены на участках:

- 1) без задержания весенних талых вод,
- 2) с задержанием воды в течение 2 дней,
- 3) с задержанием воды в течение 5 дней,
- 4) с задержанием воды в течение 5 дней, внесением удобрений и подкормки,
- 5) с задержанием воды в течение 10 дней,
- 6) с задержанием воды в течение 10 дней, внесением удобрений и подкормки.

В 1940 г. исследования были продолжены на земельном участке, на котором в 1939 г. проводилась подготовка черного пара, посадка картофеля и посев твердой яровой пшеницы Гордеиформе 189. Пары были подняты 22 мая на глубину 20—22 см. В течение лета было проведено три культивации пара лущильником без отвалов на глубину 5—8 см. В сентябре была произведена перепашка на глубину 22—24 см. После уборки картофеля и яровой пшеницы участок в сентябре 1939 г. вспахали под зябь. Перед посевом яровой пшеницы в 1940 г. производилась культивация с боронованием.

Внесение удобрений было приурочено к культивации. Нормы минеральных удобрений сохранилась та же, что и в 1939 г.

Посев был произведен яровизированными семенами твердой и мягкой яровой пшеницы рядовым способом, в конце нормального срока сева яровой пшеницы на юго-востоке СССР в 1940 г. (1—2 мая). После посева тут же было произведено укатывание обыкновенным деревянным катком

с боронованием вслед легкой бороной. В опытах с использованием местного стока весенних талых вод в 1940 г. испытывались твердая яровая пшеница Гордеиформе 189 и мягкая Лютесценс 62. Для посева были взяты семена местного происхождения из урожая 1939 г.

В 1939 г. в отличие от 1940 г. изменились предшественники в севообороте, а именно — пшеница Гордеиформе 189 была посеяна: 1) по черному пару; 2) после картофеля; 3) после твердой пшеницы.

Преимущество черного пара под яровую пшеницу в севообороте с использованием местного стока мы считаем вполне доказанным за два года наших работ, но по рентабельности вполне приемлем такой предшественник, как картофель, который в условиях юго-востока издавна возделывается на пониженных местах. Наравне с картофелем заслуживает внимания посев пшеницы по пшенице после черного пара и после картофеля в травопольном севообороте. Такое сочетание представляется следующими звеньями: пар — яровая пшеница — яровая пшеница и картофель — яровая пшеница — яровая пшеница.

В 1941 г. сорт твердой яровой пшеницы Гордеиформе 189 был заменен сортом Мелянопус 69, как более распространенным сортом в южных районах юго-востока, по приемы возделывания яровой пшеницы остались теми же, что и в 1939—1940 гг. Зяблевая вспашка на глубину 20—22 см была произведена после снятия урожая 1940 г. Перед посевом была проведена культивация с боронованием. Посев провели яровизированными семенами рядовым способом в нормальный срок сева яровой пшеницы для Чкаловского района — 14 мая¹.

Ввиду того, что дожди продолжались почти ежедневно после посева, укатывание не производилось. Исследования проводились в том же десятипольном травопольном севообороте, что и в предыдущие годы.

В 1941 г. была принята следующая схема опытов:

1. Без задержания весенних талых вод: а) пшеница Мелянопус 69 (по пшенице после черного пара); б) пшеница Лютесценс 62 (по пшенице после черного пара, по пшенице после картофеля, по картофелю).
2. Задержание воды в течение 2 дней: а) пшеница Мелянопус 69 (по пшенице после черного пара); б) пшеница Лютесценс 62 (по пшенице после черного пара, по пшенице после картофеля, по картофелю).
3. Задержание воды в течение 5 дней: а) пшеница Мелянопус 69 (по пшенице после черного пара, по пшенице после картофеля, по картофелю); б) пшеница Лютесценс 62 (по пшенице после черного пара, по пшенице после картофеля, по картофелю).
4. Задержание воды в течение 5 дней, удобрение и подкормка: а) пшеница Мелянопус 69 (по пшенице после черного пара, по картофелю); б) пшеница Лютесценс 62 (по пшенице после черного пара, по пшенице после картофеля, по картофелю).
5. Задержание воды в течение 10 дней: а) пшеница Мелянопус 69 (по пшенице после черного пара, по картофелю); б) пшеница Лютесценс 62 (по пшенице после черного пара, по пшенице после картофеля, по картофелю).
6. Задержание воды в течение 10 дней, удобрение и подкормка: а) пшеница Мелянопус 69 (по пшенице после черного пара, по картофелю); б) пшеница Лютесценс 62 (по пшенице после черного пара, по пшенице после картофеля, по картофелю).

¹ Для юго-востока этот срок вообще является поздним, но в 1941 г. весна была чрезвычайно дождливой, во второй половине апреля и первой половине мая почти непрерывно проходили дожди и осадков выпало в 3 раза больше средней многолетней.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ ПО ЗАДЕРЖАНИЮ ТАЛЫХ ВОД ОБВАЛОВАНИЕМ

Водный режим почвы

Во все сроки наблюдений (1939—1941 гг.) — от посева до восковой спелости яровой пшеницы, по всем вариантам опыта с задержанием стока почва имела влаги больше, чем на участке без задержания весенних талых вод (табл. 14, рис. 1).

Во время всходов яровой пшеницы дополнительное увлажнение в различных слоях почвы на участке с задержанием воды в течение 2 дней повышало влажность от 5,1 до 64,3%, с задержанием в течение 5 дней — от 12,8 до 115,8% и с задержанием в течение 10 дней — от 29,0 до 183,1%; во время колошения дополнительное увлажнение почвы увеличивало количество влаги на участках соответственно до 68,8; 95,1 и до 145,0%; во время восковой спелости дополнительное увлажнение давало увеличение влаги соответственно до 38,0; 57,7 и до 119,7% сравнительно с вариантом без задержания воды.

Табл. 15, составленная по данным влажности почвы во время всходов яровой пшеницы, дает представление о влиянии задержания талых вод на увеличение водных запасов в почве.

Из приведенных данных видно, что задержание стока талых вод, даже при наличии обильных осадков, выпавших весной 1941 г., значительно увеличило запасы влаги в почве. Так, во время всходов яровой пшеницы в метровом слое почвы в среднем за 3 года при задержании воды по первому варианту общий запас влаги увеличился на 79 мм, по второму — на 133,8 мм и по третьему — на 194,1 мм.

Задержание воды в течение 2, 5 и 10 дней путем обвалования площади дало значительное увеличение запаса доступной для растений влаги и в двухметровом слое почвы (табл. 16).

Из таблицы видно, что задержание талых вод в течение 5 и 10 дней увеличивает запас доступной влаги в двухметровом слое почвы до нормы лиманного орошения, установленной для южной части Заволжья. При задержании в течение 5 дней запас воды увеличился на 2312,4 м³/га, а при задержании в течение 10 дней — на 3905,7 м³/га в среднем за три года наблюдений. Задержание талых вод в течение 2 дней дало такие же результаты, как и одно снегозадержание, и увеличило в среднем за три года запас воды на 1266,0 м³/га.

Чтобы более наглядно показать значение для сельского хозяйства влаги в почве, П. А. Костычев (1893) выделил из общего ее запаса воду, доступную для растений. При сравнении влажности двух почв по общему запасу влаги им была получена разница всего только в 4,2%, по доступной же влаге разница увеличилась почти в 2,5 раза.

Мы также выделили из общего запаса воды в почве доступную для растений влагу. После этого показатели эффективности задержания талых вод стали более наглядными. И если при расчетах, когда мы исходили из общего запаса воды в почве, в нашем опыте с задержанием талых вод этот запас увеличился в метровом слое почвы в среднем за три года почти в 2 раза, то при расчете на доступную для растений влагу оказалось, что дополнительное увлажнение талыми водами увеличило количество влаги в 4,3 раза по сравнению с вариантом без задержания талых вод.

Ограниченный запас доступной влаги в почве (в 1939 г. 38,1 мм) на участке без задержания талых вод обусловил весьма низкий урожай яровой пшеницы (3,6—4,8 ц/га), тогда как дополнительное накопление

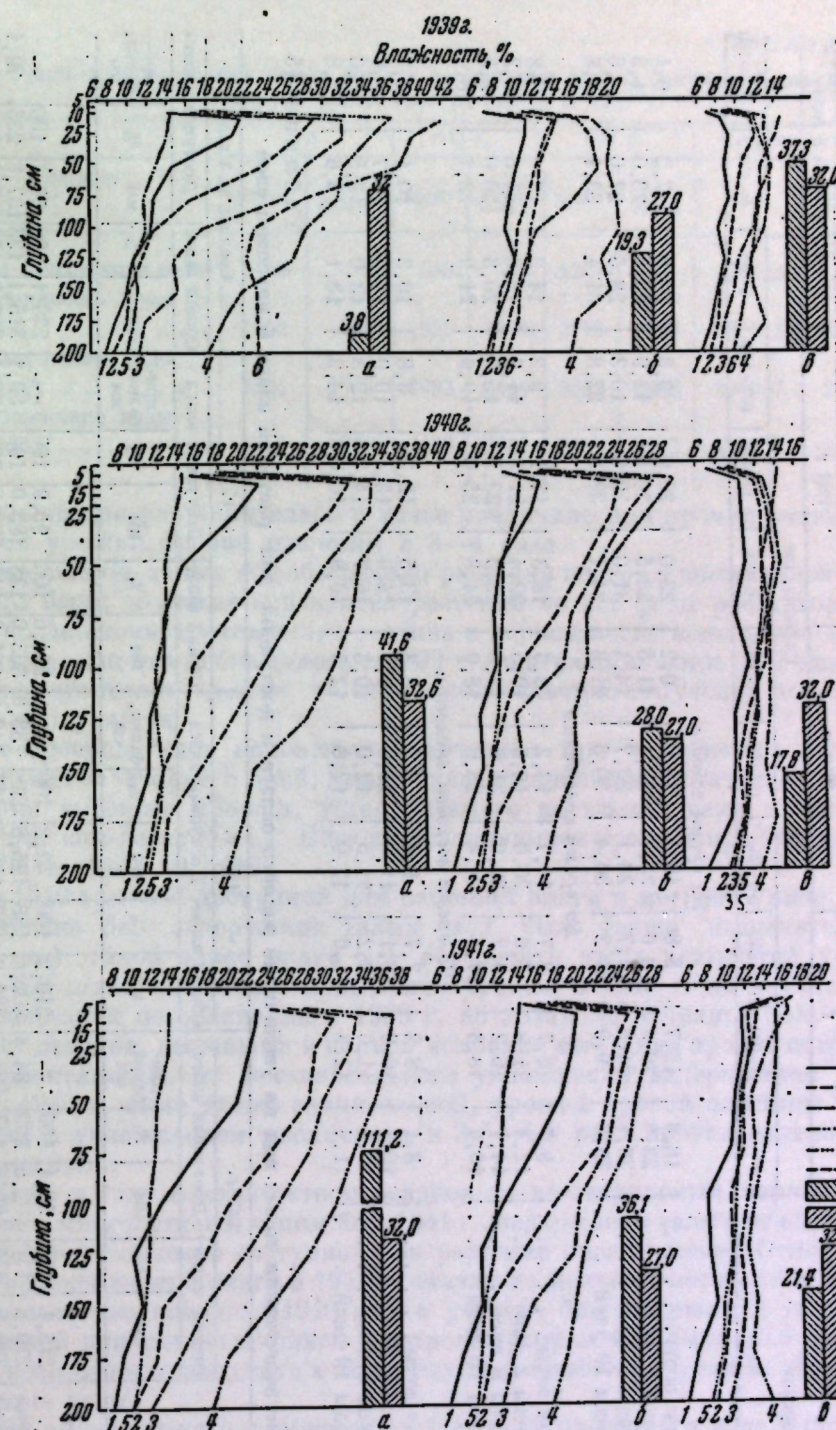


Рис. 1. Влажность почвы под яровой пшеницей при задержании талых вод в опытах 1939—1941 гг.

1 — без задержания воды; 2 — задержание воды 2 дня; 3 — задержание воды 5 дней; 4 — задержание воды 10 дней; 5 — доступная влага; 6 — полная влагоемкость; 7 — сумма осадков, выпавших за периоды: а — от начала весенних полевых работ до всходов яровой пшеницы; б — от всходов до колошения; в — от колошения до восковой спелости; 8 — сумма средних многолетних осадков за те же периоды.

Таблица 14
Динамика влажности почвы под яровой пшеницей при использовании местного стока весенних талых вод в опытах 1939—1941 гг.
(в % от веса абсолютно сухой почвы)

Вариант	1939 г.					1940 г.					1941 г.					Среднее за 3 года				
	Глубина, см					Глубина, см					Глубина, см					Глубина, см				
	0-25	100-200	0-25	0-100	100-200	0-25	0-100	100-200	0-25	0-100	100-200	0-25	0-100	100-200	0-25	0-100	100-200	0-25	0-100	100-200
Во время осходов																				
1. Без задержания воды	18,6	15,7	8,8	19,1	16,0	9,2	23,0	20,0	9,3	20,2	17,2	9,1	20,2	17,2	9,1	20,2	17,2	9,1	20,2	17,2
2. Задержание воды 2 дня	23,6	20,4	9,6	25,7	22,1	11,5	28,5	26,5	12,9	24,6	23,0	11,3	24,6	23,0	11,3	24,6	23,0	11,3	24,6	23,0
3. Задержание воды 5 дней	26,4	24,8	12,7	28,1	26,7	14,4	31,0	29,5	16,3	28,5	27,0	14,5	28,5	27,0	14,5	28,5	27,0	14,5	28,5	27,0
4. Задержание воды 10 дней	29,6	29,9	21,2	30,4	30,5	21,3	34,1	33,8	22,8	31,4	33,1	21,8	31,4	33,1	21,8	31,4	33,1	21,8	31,4	33,1
Во время колошения																				
1. Без задержания воды	9,7	9,7	8,7	14,7	13,2	8,6	18,3	17,1	9,2	14,2	13,3	8,8	14,2	13,3	8,8	14,2	13,3	8,8	14,2	13,3
2. Задержание воды 2 дня	12,4	11,9	8,6	20,6	18,9	10,5	22,4	21,8	11,9	18,5	17,5	10,3	18,5	17,5	10,3	18,5	17,5	10,3	18,5	17,5
3. Задержание воды 5 дней	14,7	15,2	9,7	22,9	21,6	12,3	23,3	23,2	15,5	20,3	20,0	12,5	20,3	20,0	12,5	20,3	20,0	12,5	20,3	20,0
4. Задержание воды 10 дней	16,4	18,3	17,6	24,4	23,0	18,0	24,8	25,0	19,6	21,9	22,1	18,4	21,9	22,1	18,4	21,9	22,1	18,4	21,9	22,1
Во время восковой спелости																				
1. Без задержания воды	8,1	8,2	7,7	9,4	9,8	8,3	13,5	12,3	8,8	10,3	10,1	8,3	10,3	10,1	8,3	10,3	10,1	8,3	10,3	10,1
2. Задержание воды 2 дня	10,1	10,0	8,1	11,0	11,8	9,7	14,6	13,4	10,9	11,6	11,7	9,6	11,6	11,7	9,6	11,6	11,7	9,6	11,6	11,7
3. Задержание воды 5 дней	10,8	11,6	9,2	11,5	12,0	10,3	16,7	14,7	12,3	13,0	12,8	10,6	13,0	12,8	10,6	13,0	12,8	10,6	13,0	12,8
4. Задержание воды 10 дней	11,4	12,3	11,6	12,0	12,6	12,5	16,9	16,0	14,2	13,1	13,6	12,8	13,1	13,6	12,8	13,1	13,6	12,8	13,1	13,6

Таблица 15

Таблица 15
Влияние задержания талых вод на увеличение водного запаса и доступной для растений влаги в метровом слое

Вариант	1939 г.				1940 г.				1941 г.				Среднее за 3 года			
	Общий запас		Доступная влага		Общий запас		Доступная влага		Общий запас		Доступная влага		Общий запас		Доступная влага	
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
1. Без задержания воды	215,1	100	38,1	100	219,2	100	42,2	100	274,0	100	95,9	100	236,1	100	58,7	100
2. Задержание 2 дня	279,5	130	102,5	269	302,8	138	125,8	298	363,0	133	185,0	193	315,1	133	137,8	235
3. Задержание 5 дней	339,8	158	162,8	427	365,8	167	188,8	447	404,2	148	226,0	236	369,9	156	192,6	328
4. Задержание 10 дней	409,6	191	232,6	610	417,9	191	240,8	571	463,1	169	285,0	297	430,2	182	252,8	431

Таблица 16
Влияние задержания талых вод на увеличение запаса доступной влаги в двухметровом слое почвы (в м³/га)

Вариант	1939		1940 г.		1941 г.		Средний за 3 года	
	всего	прибавка	всего	прибавка	всего	прибавка	всего	прибавка
1. Без задержания воды	459	—	549	—	1237	—	748,3	—
2. Задержание воды 2 дня	1352	893	1928	1379	2763	1526	2014,3	1266,0
3. Задержание воды 5 дней	2504	2045	2993	2444	3685	2448	3060,7	2312,4
4. Задержание воды 10 дней	4347	3888	4433	3884	5182	3945	4654,0	3905,7

доступной для растений влаги в почве увеличило при прочих равных условиях урожай яровой пшеницы в 3—4 раза.

Задержание талых вод обеспечило растения влагой в достаточной мере, всходы были дружные и развитие растений во все фазы роста хорошее. При недостаточном количестве осадков в период после колошения яровой пшеницы, как это наблюдалось в 1939 г., задержание воды на 2 дня хотя и дало повышение урожая, но все же не обеспечило получения достаточно высокого урожая.

Совершенно иное положение получилось при задержании весенних талых вод в течение 5 дней. Влагой оказалось вполне достаточно для обеспечения высокого урожая, установленного по плану, даже в засушливый для юго-востока год. Еще выше получился урожай при задержании воды в течение 10 дней.

В 1940 г. запас доступной для растений влаги в метровом слое почвы на участке без задержания талых вод был также незначительный (42,2 мм), такой запас влаги мог обеспечить лишь невысокий урожай (4,7—6,9 ц/га). Некоторое повышение урожая в 1940 г. на неувлажненных участках по сравнению с 1939 г. по этому же варианту получилось за счет осадков, выпавших в первой половине вегетации яровой пшеницы.

Эффективность от дополнительного увлажнения задержанием талых вод в 1940 г. была также значительной, урожай яровой пшеницы на участках с увлажнением увеличился в 3,5—4,9 раза против неувлажненных участков.

Даже в году с количеством осадков за вегетационный период выше среднего многолетнего, каким был 1941 г., задержание талых вод дало значительное увеличение доступной для растений влаги в почве. Относительное увеличение этой влаги в 1941 г. оказалось меньше, чем в сухом 1939 г. и недостаточно влажном 1940 г. На участке без задержания талых вод доступной для растений влаги в метровом слое почвы было 95,9 мм, что дало возможность получить в этом году более высокий урожай, чем в предыдущие годы.

При определении потребности культурных растений в воде в полевых условиях приходится учитывать не только ту воду, которая должна будет пройти через растения, но и неизбежные потери воды при испарении самой почвой, минуя растения.

Учет доступной воды в корнеобитаемом слое почвы и суммы выпавших осадков за вегетационный период дают достаточное представление о запасах воды, которыми могут располагать сельскохозяйственные растения.

Исходя из фактического расхода воды яровой пшеницей в полевых условиях в высокоурожайные и засушливые годы при орошении, П. Кабанов (1946) установил для условий Заволжья суммарный расход воды от 265 до 536 мм: меньшая величина получается во влажном году, а большая — в засушливом.

Выше мы видели, что задержание местного стока увеличивает количество доступной для растений влаги в 4 раза и больше по сравнению с наличием доступной влаги в почве на участке без задержания талых вод.

Более продуктивно расходование воды в полевых условиях при использовании местного стока, особенно если создается влажность, благоприятная для урожая, подтверждается данными табл. 17.

Таблица 17

Расход воды с метрового слоя почвы яровой пшеницы на местном стоке талых вод в опытах 1939—1941 гг.

Годы	Вариант	Расход воды, м ³ /га			Урожай зерна, ц/га	Коэффициент расхода воды на зерно*
		от всходов до колошения	от колошения до восковой спелости	от всходов до восковой спелости		
1939	1. Без задержания воды . . .	822	206	1028	3,62	4384
	2. Задержание 2 дня	1165	260	1425	5,77	3439
	3. Задержание 5 дней	1315	493	1808	8,64	2740
	4. Задержание 10 дней	1589	822	2411	13,64	2178
1940	1. Без задержания воды . . .	384	466	850	6,92	2423
	2. Задержание 2 дня	438	973	1411	11,73	1917
	3. Задержание 5 дней	699	1315	2014	14,64	1948
	4. Задержание 10 дней	1028	1425	2453	26,22	1255
1941	1. Без задержания воды . . .	397	658	1055	4,83	4350
	2. Задержание 2 дня	644	1151	1795	11,14	2550
	3. Задержание 5 дней	863	1165	2028	11,34	2711
	4. Задержание 10 дней	1206	1233	2439	14,13	2453
Среднее за 3 года	1. Без задержания воды . . .	534	443	977	5,12	3502
	2. Задержание 2 дня	749	795	1544	9,55	2470
	3. Задержание 5 дней	959	890	1849	11,54	2405
	4. Задержание 10 дней	1274	1160	2434	18,00	1805

* С учетом количества осадков: в 1939 г. — 55,9 мм; в 1940 г. — 83,8 мм; в 1941 г. — 104,7 мм и среднее — 81,5 мм.

Как видно из табл. 17, в первый период — от всходов до колошения — расход воды почвой и растениями был значительным. От колошения до восковой спелости расход воды несколько уменьшился. Объясняется это тем, что в первый период большое количество влаги испаряла почва. Этот период совпал с повышенной температурой и пониженной относительной влажностью воздуха, обычно свойственных этому времени для Чкаловской области.

Расход влаги с гектара за вегетацию яровой пшеницы и по отдельным периодам ее развития на делянках с задержанием воды был больше, чем на делянках без задержания воды. Продуктивность расхода воды при создании благоприятной для урожая влажности задержанием талых вод оказалась значительно выше, чем на делянках с недостаточным увлаж-

нением. Так, например, коэффициент расхода воды на тонну зерна на участке без задержания воды был в среднем за 3 года равен 3502, тогда как с задержанием воды в течение 10 дней он составил 1805, т. е. вода была использована вдвое продуктивнее. Задержание талых вод в течение 2 и 5 дней также дало понижение расхода воды на тонну урожая зерна.

Принятая методика определения расхода воды яровой пшеницей в полевых условиях включает в расходную часть не только транспирацию воды растениями, но и испарение ее почвой. Поэтому приведенный выше расход воды яровой пшеницей имеет значение лишь для общих расчетов потребления воды посевами, т. е. с точки зрения агрономической.

Расход воды с гектара яровой пшеницей в 1940 г. оказался больше количества доступной для растений влаги в метровом слое почвы. Объясняется это тем, что пшеница расходовала влагу более глубоких слоев почвы, а также, как мы указывали выше, и тем, что методика определения расхода воды яровой пшеницей в полевых условиях включает в расходную часть не только транспирацию растениями, но и испарение воды почвой.

От всходов до колошения влага в 1940 г. использовалась менее интенсивно, чем в последующие фазы развития яровой пшеницы. Одновременно мы наблюдали в том же году в последующие фазы и более бурный прирост органической массы в переводе на сухое вещество. На участке без задержания воды влага использовалась более равномерно, чем на делянках, увлажненных весенними талыми водами. Количество расходуемой воды было больше на делянках с задержанием талых вод. Это положение мы уже отметили выше при рассмотрении данных за 1939 г. Чем больше влаги в почве, тем больше расходуется она растением и больше испаряется почвой. Но этот расход воды при создании благоприятной влажности для урожая задержанием талых вод оказался более продуктивным, чем на делянках с недостаточным увлажнением.

То же наблюдали и в 1941 г. На рост и развитие яровой пшеницы и на испарение почвой израсходовано влаги в 1941 г. от всходов до колошения в метровом слое на участке без задержания талых вод 397 м³, с задержанием воды в течение 2 дней — 644 м³, с задержанием воды 5 дней — 863 м³ и с задержанием 10 дней — 1206 м³; от колошения до восковой спелости яровой пшеницы почвой израсходовано по соответствующим вариантам в метровом слое 658, 1151 и 1233 м³.

И в 1941 гг., так же как и в 1939 и 1940 г., расход воды на более увлажненных делянках был выше, чем на менее увлажненных.

Продуктивность расхода воды на делянках, увлажненных весенними талыми водами, в 1941 г. оказалась также значительно выше, чем на делянках без задержания талых вод: коэффициент расхода воды на тонну зерна на участке без дополнительного увлажнения был 4350, а на участках при задержании талых вод — лишь 2453.

На основании данных о динамике влажности почвы под яровой пшеницей в 1939—1941 гг. можно сделать заключение, что при задержании местного стока талых вод получается дополнительное увлажнение почвы, которое вполне обеспечивает получение высокого и устойчивого урожая сельскохозяйственных растений в засушливых условиях степных районов юго-востока даже в годы с неблагоприятными погодными условиями, каким был 1939-й.

Таким образом, подтверждается положение, высказанное еще А. Шипкиным (1876) и особенно подчеркнутое в исследованиях П. А. Костычева (1893) о том, что урожай зерновых хлебов в степных районах больше

зависит от запасов влаги в почве, накопленных за счет зимних осадков, чем от атмосферных осадков, выпадающих в течение вегетационного периода.

Если из приведенных в табл. 17 данных устанавливается зависимость получения устойчивого высокого урожая яровой пшеницы на участках, дополнительно увлажненных талыми водами, от запасов доступной для растений влаги в почве, а не от количества атмосферных осадков за веге-

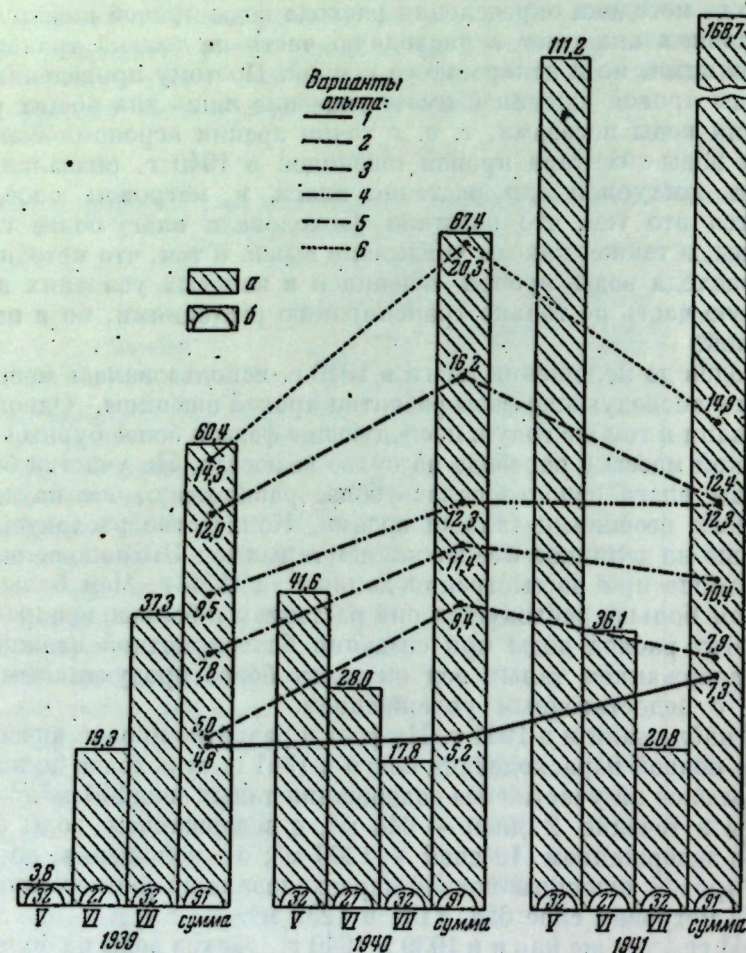


Рис. 2. Урожай зерна яровой пшеницы Лютеценс 62 и осадки по месяцам и за вегетационный период в опытах 1939–1941 гг. (урожай в центнерах с гектара и осадки в миллиметрах).

Варианты опыта: 1 — без задержания воды; 2 — задержание воды 2 дня; 3 — задержание воды 5 дней; 4 — задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка; 5 — задержание воды 10 дней; 6 — задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка; а — сумма осадков по месяцам за вегетационный период; б — средняя многолетняя осадков.

тационный период, то на участке без задержания талых вод и вследствие этого недостаточно увлажненном, как и следовало ожидать, урожай получался в течение трех лет низкий и больше зависел от количества атмосферных осадков (рис. 2).

Как видно из графика, самый высокий урожай яровой пшеницы за три года получен при использовании талых вод на всех участках с дополнительным увлажнением в средневлажном 1940 г., а не в более обильном по осадкам 1941 г.

Снижение урожая яровой пшеницы в 1941 г. было вызвано сильным распространением бурой листовой ржавчины. На участке без задержания талых вод в 1941 г. урожай яровой пшеницы получился низкий (7,3 ц/га), но он был выше урожая 1939 и 1940 гг. (4,8 и 5,2 ц/га).

Питательный режим почвы

В. Р. Вильямс (1936) указывал, что «условие получения высоких урожаев — это одновременность и непрерывность снабжения растений максимально потребным количеством воды и пищи». Накапливая влагу в почве путем задержания стока талых вод, мы полностью обеспечиваем непрерывность снабжения растений водой. Чтобы обеспечить растения одновременно «пищей» в форме легкодоступных питательных веществ, мы вносили удобрения перед посевом и производили подкормку яровой пшеницы во время выхода ее в трубку.

Остановимся на изменении количества нитратов в почве в связи с задержанием весенних талых вод, внесением удобрений и подкормки под ярдую пшеницу в полевых условиях (табл. 18).

Из приведенных данных видно, что общее количество нитратов вполне достаточно для получения высокого урожая на всех делянках. Во время всходов яровой пшеницы в 1939 г. на менее увлажненных делянках нитратов было больше, особенно в пахотном горизонте. По количеству нитратов в пахотном горизонте первое место занимают делянки без задержания талых вод; на остальных делянках большой разницы в количестве нитратов в почве не наблюдалось. Во время колошения яровой пшеницы количество нитратов заметно увеличилось на делянках, более увлажненных, а на участке без дополнительного увлажнения количество их в пахотном слое уменьшилось.

Во время восковой спелости яровой пшеницы положение с содержанием нитратов в пахотном слое почвы изменилось (рис. 3). Если на участке без задержания стока воды количество нитратов в почве от всходов до восковой спелости уменьшилось, то на участке с задержанием талых вод оно значительно увеличилось. Отсюда следует, что в почве на участке с задержанием воды в течение 10 дней были более благоприятные условия для биологической деятельности микроорганизмов, а на участке с недостаточным количеством влаги деятельность их ослабевала и количество нитратов уменьшалось.

Значительной разницы в количестве нитратов на удобренных и неудобренных делянках не наблюдалось. Только во время восковой спелости яровой пшеницы на удобренных делянках в пахотном слое почвы нитратов было больше на 4,4 и 2,6 мг на 1 кг сухой почвы по сравнению с неудобренными делянками.

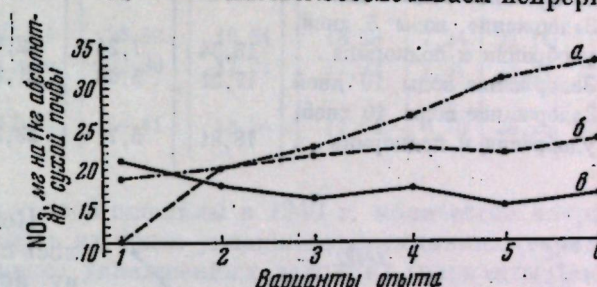


Рис. 3. Динамика нитратов в пахотном слое почвы на местном стоке весенних талых вод в 1939 г.

Варианты опыта: 1 — без задержания воды; 2 — задержание воды 2 дня; 3 — задержание воды 5 дней; 4 — задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка; 5 — задержание воды 10 дней; 6 — задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка. а — во время всходов, б — колошения, а — восковой спелости.

Динамика нитратов в почве под яровой пшеницей при исполь-

Вариант	1939 г.					
	Всходы		Колошение		Спелость	
	Глубина, см					
	0—25	25—50	0—25	25—50	0—25	25—50
1. Без задержания воды . . .	21,14	3,71	12,24	6,32	19,13	Следы
2. Задержание воды 2 дня . .	19,08	4,82	20,62	8,62	20,73	6,84
3. Задержание воды 5 дней . .	17,46	7,22	21,63	12,81	22,29	8,09
4. Задержание воды 5 дней, удобрения и подкормка . .	18,34	7,24	22,81	16,22	26,69	9,01
5. Задержание воды 10 дней	17,21	5,68	21,84	16,13	31,62	11,92
6. Задержание воды 10 дней, удобрения и подкормка . .	18,81	5,71	23,39	16,83	34,24	9,12

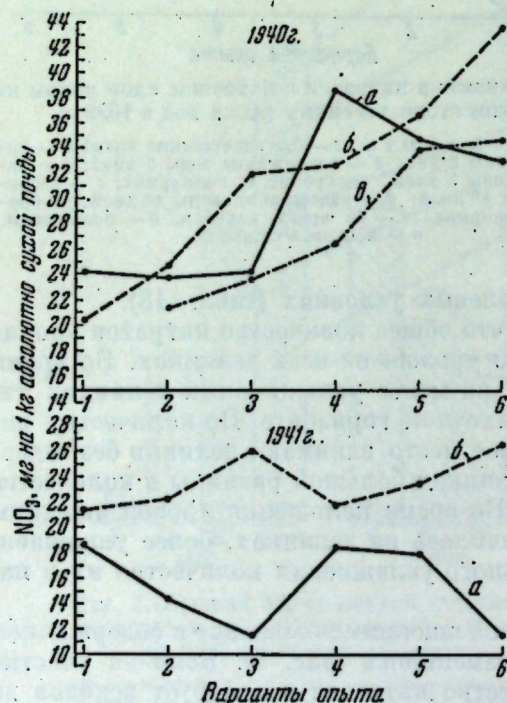


Рис. 4. Динамика нитратов в пахотном слое почвы под яровой пшеницей на местном стоке талых вод в опытах 1940—1941 гг.

Варианты опыта: 1 — без задержания воды; 2 — задержание воды 2 дня; 3 — задержание воды 5 дней; 4 — задержание воды 5 дней, удобрения и подкормка; 5 — задержание воды 10 дней; 6 — задержание воды 10 дней, удобрения и подкормка; а — во время всходов, б — колошения, в — восковой спелости.

полной капиллярной влагоемкости. Микробиологическая деятельность в почве в связи с этим затормозилась, и количество нитратов снизилось.

Количество нитратов снижалось по мере углубления в почву по горизонтам. В глубоких слоях на достаточно увлажненных участках нитратов было больше, чем на участках, менее увлажненных.

В почве под яровой пшеницей на участках с использованием местного стока весенних талых вод в 1940 г., в котором количество осадков за вегетацию яровой пшеницы было равно среднему многолетнему, нитратов содержалось больше, чем в 1939 г., отличавшемся значительным недобором осадков за вегетационный период зерновых хлебов.

Общее количество нитратов в 1940 г. было вполне достаточным для получения высокого урожая на всех делянках.

Во время всходов яровой пшеницы на делянках с задержанием воды в течение 5 дней нитратов было больше, чем на других делянках, избыточно и недостаточно увлажненных, особенно в пахотном слое. При задержании стока талых вод в течение 10 дней верхний слой почвы был насыщен влагой почти до

Таблица 18

завании местного стока (в мг на 1 кг абсолютно сухой почвы)

1940 г.						1941 г.			
Всходы		Колошение		Спелость		Всходы		Колошение	
Глубина, см									
0-25	25-50	0-25	25-50	0-25	25-50	0-25	25-50	0-25	25-50
24,36	3,14	20,64	13,88	20,32	14,32	18,23	5,16	21,44	12,19
23,82	4,21	24,81	16,24	21,43	18,23	14,32	7,18	23,34	14,19
24,13	4,12	31,74	14,12	23,32	16,19	11,74	6,81	26,72	14,82
38,21	6,16	32,63	23,14	26,42	16,81	18,38	7,24	22,14	17,91
34,63	Следы	36,24	Следы	32,36	17,01	17,92	7,81	23,81	21,14
32,83	»	42,31	17,83	34,41	18,24	11,64	6,70	26,28	23,11

Во время колошения яровой пшеницы в 1940 г. количество нитратов в почве заметно увеличилось на более увлажненных делянках (варианты 5 и 6) и снизилось на менее увлажненных делянках (варианты 1 и 2).

По содержанию нитратов делянки без задержания воды и при задержании в течение 2 дней различались мало.

Во время восковой спелости яровой пшеницы в 1940 г. положение с содержанием нитратов в пахотном слое почвы значительно изменилось (рис. 4).

Если на делянках без задержания воды и с задержанием воды в течение 2 дней, недостаточно обеспеченных влагой в почве, количество нитратов от всходов яровой пшеницы до восковой спелости уменьшилось, то на делянках с задержанием талых вод в течение 5 и 10 дней количество нитратов в почве значительно увеличилось, особенно в последнем варианте. Увеличение нитратов в почве наблюдалось на всех удобренных делянках по сравнению с неудобренными. В содержании нитратов в почве по горизонтам в 1940 г. отмечена такая же закономерность, как и в 1939 г. Количество их по мере углубления в почву снижалось на всех делянках. В подпахотных горизонтах почвы на достаточно увлажненных участках нитратов было больше, чем на менее увлажненных участках.

В 1941 г. нитратов в почве оказалось меньше, чем в 1940 г., в связи с тем, что в 1941 г. весной осадков выпало в 3 раза больше средней многолетней и почва была сильно увлажнена, а микробиологическая деятельность затормозилась. Аналогичное положение установлено на орошаемых почвах в исследованиях Л. Розова (1925), М. Кононовой (1927), Е. Жарикова (1930), П. Простакова (1929), П. Простакова, А. и С. Алпатьевых (1929). Но общего количества нитратов в почве в 1941 г. было вполне достаточно для получения высокого урожая яровой пшеницы. Во время всходов значительной разницы в количестве нитратов в почве по вариантам опыта не было, особенно в пахотном слое.

Во время колошения количество нитратов в почве значительно увеличилось в тех вариантах, в почве которых больше сохранилось влаги от задержания местного стока.

Внесение удобрений и подкормки (варианты 4 и 6) на фоне дополнительного увлажнения почвы талыми водами дало увеличение количества нитратов лишь в пахотном слое почвы во время колошения.

Динамика P_2O_5 в почве на местном стоке в опытах 1939 г. представлена в табл. 19.

Общее количество воднорастворимой фосфорной кислоты в почве оказалось незначительным. При этом в пахотном горизонте фосфатов было больше на удобренных и на более увлажненных делянках. В противоположность нитратам количество воднорастворимой фосфорной кислоты

уменьшилось в период от всходов до восковой спелости яровой пшеницы (рис. 5).

Разница между количеством фосфорной кислоты на более увлажненных и менее увлажненных делянках во время всходов и колошения в 1939 г. была больше, чем к концу вегетационного периода (в восковую спелость), причем незначительное превышение P_2O_5 в это время наблюдалось только на удобренных делянках с задержанием воды в течение 10 дней.

Общее количество воднорастворимой фосфорной кислоты в почве в 1940 г. оказалось еще меньше, чем в предыдущем, особенно в период от всходов до восковой спелости. Незначительное количество легкорастворимых фосфатов указывает на необходимость внесения их в почву для получения высоких урожаев.

Задержание весенних талых вод, внесение удобрений и подкормки повысило содержание воднорастворимой фосфорной кислоты в почве.

Варианты опыта: 1 — без задержания воды; 2 — задержание воды 2 дня; 3 — задержание воды 5 дней; 4 — задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка; 5 — задержание воды 10 дней; 6 — задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка; а — во время всходов, б — колошения, в — восковой спелости.

Содержание воднорастворимой фосфорной кислоты уменьшается по мере углубления в почву на всех делянках — без задержания и с задержанием талых вод.

В пахотном горизонте количество P_2O_5 во время колошения нивелировалось по всем вариантам, причем только на участке без задержания талых вод количество ее увеличилось по сравнению с наблюдавшимся во время всходов яровой пшеницы; на остальных участках содержание P_2O_5 значительно уменьшилось. Во время же восковой спелости количество ее уменьшилось на всех делянках.

Воднорастворимой фосфорной кислоты в почве в 1941 г. было больше, чем в 1940 г., и меньше, чем в 1939 г. Количество ее в 1941 г. уменьшилось в период от всходов до колошения яровой пшеницы по всем горизонтам

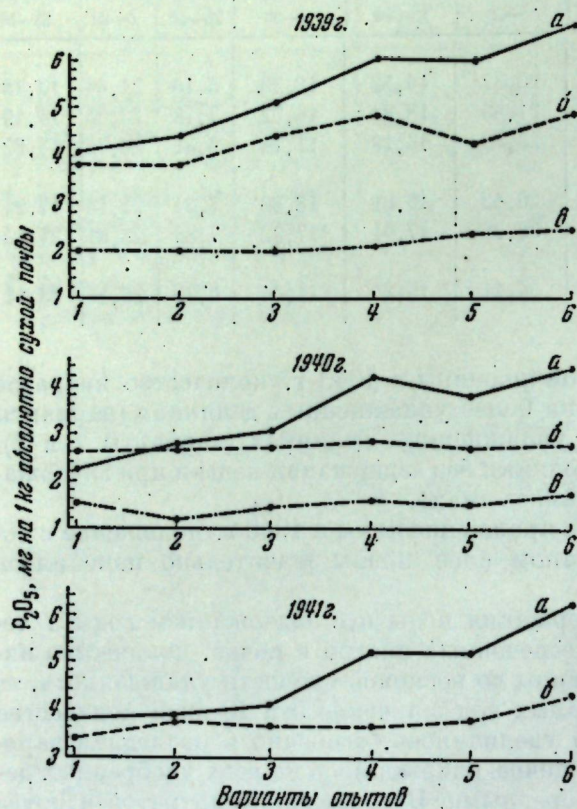


Рис. 5. Динамика фосфорной кислоты в пахотном слое почвы на местном стоке весенних талых вод в опытах 1939—1941 гг.

Таблица 19
Динамика P_2O_5 в почве под яровой пшеницей при использовании местного стока (в мг на 1 кг абсолютно сухой почвы)

Вариант	Всходы						Колошение						Восковая спелость					
							Глубина, см											
	0-25	25-50	50-75	75-100	0-25	25-50	0-25	25-50	50-75	75-100	0-25	25-50	50-75	75-100	0-25	25-50	50-75	75-100
1939 г.																		
1. Без задержания воды	4,42	3,63	2,40	1,91	3,84	3,42	1,80	1,32	1,99	1,32	2,11	1,98	1,41	1,12	1,99	1,64	1,41	1,12
2. Задержание воды 2 дня	4,43	3,24	2,61	1,82	3,76	3,83	1,71	1,42	2,02	1,42	2,41	2,10	1,61	1,41	2,41	1,88	1,61	1,41
3. Задержание воды 5 дней	5,14	3,82	2,72	2,11	4,43	3,41	1,89	1,67	2,04	1,67	2,31	1,98	1,72	1,40	2,04	1,92	1,72	1,40
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	6,32	3,94	2,88	2,12	4,87	3,46	1,82	2,10	2,11	2,10	2,31	1,98	1,89	1,61	2,11	1,98	1,89	1,61
5. Задержание воды 10 дней	6,21	3,81	2,37	1,89	4,28	3,83	1,78	1,98	2,31	1,98	2,31	1,98	1,78	1,57	2,31	1,92	1,78	1,57
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	6,83	4,64	2,84	2,14	4,93	3,51	1,89	2,16	2,62	2,16	2,62	2,16	1,92	1,62	2,62	2,41	1,92	1,62
1940 г.																		
1. Без задержания воды	2,32	1,70	1,32	0,84	2,62	1,98	1,21	0,93	1,48	0,93	1,83	1,48	1,12	0,64	1,48	1,42	1,12	0,64
2. Задержание воды 2 дня	2,81	1,43	1,03	0,91	2,73	1,24	1,87	0,68	1,24	0,68	1,87	1,24	1,11	0,62	1,24	0,84	1,11	0,62
3. Задержание воды 5 дней	3,14	1,62	1,71	0,62	2,72	1,83	1,43	0,71	1,64	0,71	1,64	1,64	1,23	0,66	1,64	1,71	1,23	0,66
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	4,28	1,84	1,64	0,91	2,87	1,48	1,82	0,90	1,83	0,90	1,83	1,83	1,80	0,94	1,83	1,60	1,80	0,94
5. Задержание воды 10 дней	3,80	1,92	1,48	0,86	2,71	2,20	1,21	0,90	1,78	0,90	1,78	1,78	1,20	0,64	1,78	1,61	1,20	0,64
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	4,46	2,11	1,64	0,91	2,82	2,24	1,90	0,90	1,97	0,90	1,97	1,97	1,60	0,80	1,97	1,90	1,60	0,80
1941 г.																		
1. Без задержания воды	3,83	2,42	2,12	1,41	3,46	2,72	1,24	0,92	1,41	0,92	1,41	1,41	1,11	0,80	1,41	1,11	1,11	0,80
2. Задержание воды 2 дня	3,91	2,23	2,17	1,62	3,73	2,21	1,64	1,20	1,24	1,20	1,24	1,24	1,11	0,80	1,24	1,11	1,11	0,80
3. Задержание воды 5 дней	4,11	3,64	2,21	1,80	3,62	2,82	1,42	0,92	1,42	0,92	1,42	1,42	1,11	0,80	1,42	1,11	1,11	0,80
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	5,18	3,82	2,73	1,98	3,63	3,81	1,30	1,17	1,98	1,17	1,98	1,98	1,11	0,80	1,98	1,11	1,11	0,80
5. Задержание воды 10 дней	5,22	3,78	2,90	1,70	3,82	3,93	1,26	1,60	1,78	1,60	1,78	1,78	1,11	0,80	1,78	1,11	1,11	0,80
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	6,11	4,06	3,23	1,92	4,16	3,22	1,72	1,98	1,97	1,98	1,97	1,97	1,11	0,80	1,97	1,11	1,11	0,80

почвы, во всех вариантах опыта. В 1941 г. содержание P_2O_5 на участке без задержания талых вод также было меньше, чем на участках, более увлажненных снеговыми водами. Задержание воды в течение 10 дней обеспечило более высокое содержание фосфорной кислоты в почве.

Задержание весенних талых вод значительно повысило содержание воднорастворимой фосфорной кислоты в пахотном слое почвы. Даже в период от всходов до колошения, когда количество ее уменьшилось, уровень ее на делянках с задержанием воды в течение 10 дней не спускался до уровня варианта без задержания воды.

На фоне дополнительного увлажнения почвы внесение минеральных удобрений и подкормки в 1941 г. повысило количество воднорастворимых фосфатов в почве.

Фазы развития и накопление сухой массы яровой пшеницы

В растении в течение всей его жизни в результате постепенных количественных изменений происходят качественные изменения в виде перехода одной стадии к другой и в виде всем нам известных фаз, у злаков: всходы, кушение, выход в трубку, колошение, цветение, молочная спелость, восковая спелость, полная спелость. Каждое растение в различные фазы развития имеет, как указал В. Р. Вильямс (1932), и различную потребность в земных (вода и пища) и космических (свет и тепло) факторах жизни, наличие, недостаток или полное отсутствие которых могут сильно изменить наступление отдельных фаз развития или совершенно прекратить жизнь растения в целом.

Длина вегетационного периода того или иного сорта сельскохозяйственных культур является показателем, в какой мере он находит соответствующие условия для быстроты прохождения стадий своего развития в окружающей среде.

С народнохозяйственной точки зрения длина вегетационного периода пшеницы имеет большое значение. Темпы роста в различные фазы развития яровой пшеницы в значительной мере обуславливают формирование высокого урожая. Сокращение вегетационного периода обеспечивает возможность продвижения культуры в более северные районы, а в районах, подверженных засухе, уводит растения от засухи.

Работами Безенчукской опытной станции (1915) установлено, что с повышением влажности почвы в вегетационных сосудах от 20 до 40% наблюдается незначительное удлинение периода от посева до колошения (2—3 дня) и большее удлинение периода от колошения до созревания (6—8 дней); причем общее увеличение вегетационного периода составляет 11 дней. Переход от 40% влажности почвы к 60% вызывает в дальнейшем незначительное удлинение вегетационного периода (1—2 дня).

Наблюдения на Уральской селекционной станции (1946 г.) показали, что при орошении период от посева до всходов яровой пшеницы сокращается на 1—4 дня.

Период от всходов до колошения у Лютесценс 62 и Мелянопус 69 при орошении удлиняется на 2—3 дня, а период от колошения до восковой спелости — на 3—6 дней.

Изучая влияние влажности и удобрения на продолжительность вегетационного периода яровой пшеницы, А. И. Сакс (1936) установил, что с возрастанием влажности до 60% он увеличивается у Горденформе 10 и Мильтурум 321, а у Лютесценс 62 и при дальнейшем повышении влажности продолжает удлиняться. Полное минеральное удобрение сокращало

сроки вегетации от кушения до колошения у Лютесценс 62 и Горденформе 10 на два дня, а у Мильтурум 321 не оказало никакого влияния. Увеличение дозы фосфора сокращало период от кушения до колошения у Лютесценс 62 на три дня; в целом вегетационный период от двойной дозы фосфора сократился на один день.

Результаты наших наблюдений за развитием яровой пшеницы в 1939—1941 гг. при увлажнении почвы местным стоком весенних талых вод приведены в табл. 20.

Таблица 20

Длительность межфазных периодов у яровой пшеницы при использовании местного стока талых вод (в днях)

Периоды вегетации	1939 г.				1940 г.				1941 г.			
	Без задержания воды	Задержание воды			Без задержания воды	Задержание воды			Без задержания воды	Задержание воды		
		2 дня	5 дней	10 дней		2 дня	5 дней	10 дней		2 дня	5 дней	10 дней
Лютесценс 62												
Посев — всходы . . .	12	10	10	9	11	10	10	9	11	11	11	10
Всходы — кушение . .	14	15	17	19	16	18	18	19	14	15	16	19
Кушение — колошение .	18	20	21	23	23	23	24	24	21	20	21	19
Колошение — созревание	37	37	34	33	38	38	38	38	43	42	42	43
Посев — созревание . .	81	82	82	84	88	89	90	90	89	89	90	91
Всходы — созревание .	69	72	72	75	77	79	80	81	78	78	79	81
Гордеформе 189 и Меланопус 69												
Посев — всходы . . .	12	10	10	9	11	10	10	9	11	10	11	10
Всходы — кушение . .	14	15	17	19	17	19	19	21	15	16	16	18
Кушение — колошение .	22	24	22	23	21	21	23	23	22	23	22	22
Колошение — созревание	34	35	36	36	40	39	39	40	43	42	44	44
Посев — созревание . .	82	84	85	87	89	89	91	93	91	91	93	94
Всходы — созревание . .	70	74	75	78	78	79	81	84	80	81	82	84

У яровой пшеницы Лютесценс 62 при использовании местного стока ускорились всходы по сравнению с вариантом без задержания талых вод, что объясняется большей влажностью почвы в период от посева до всходов. Во время кушения положение изменилось незначительно в сторону сближения сроков.

В период колошения наблюдалась иная картина. На участках без задержания талых вод в 1939 г. полное колошение наступило на 44-й день, а с задержанием воды в течение 2 дней — на 45-й день от посева; на участках с задержанием воды в течение 5 и 10 дней полное колошение наступило на 48 и 51-й день.

На участке без задержания вод полная восковая спелость наступила на 81-й день, на участках с задержанием воды в течение 2 и 5 дней — на 82-й день и на участке с задержанием воды в течение 10 дней — на 84-й день.

В условиях Заволжья продолжительность вегетационного периода имеет особое значение. При недостаточном обеспечении влагой и

наступлении суховея затяжка в созревании даже на 2 дня может повлечь за собой снижение урожая. При использовании местного стока достаточное количество влаги в почве удлиняет вегетационный период. В нашем опыте увеличение вегетационного периода на 6—8 дней в комплексе с другими факторами способствовало значительному повышению урожая мягкой яровой пшеницы.

Гордеформе 189 — позднеспелый сорт, а Лютеценс 62 — среднеспелый. И в нашем опыте по всем вариантам у сорта Гордеформе 189 вегетационный период оказался длиннее, чем у Лютеценс 62. В первом варианте период от посева до восковой спелости равнялся 82 дням; во втором варианте — 84, в третьем — 85 и в четвертом — 87 дням.

Таким образом, при задержании весенних талых вод тенденция к удлинению вегетационного периода сохранилась и для твердой яровой пшеницы Гордеформе 189 и для мягкой пшеницы Лютеценс 62.

Задержание талых вод в 1940 г. также ускорило всходы твердой и мягкой яровой пшеницы. Всходы яровой пшеницы Лютеценс 62 на участке без задержания талых вод появились на 11-й день, а при задержании талых вод — на 9—10-й день. Что касается кушения и колошения, то особой разницы по вариантам не было: восковая спелость в варианте без задержания воды наступила на 88-й день, а с задержанием воды — на 89—90-й день. Фазы развития у сорта твердой яровой пшеницы Гордеформе 189 заняли положение, аналогичное сорту мягкой яровой пшеницы Лютеценс 62. В целом вегетационный период Гордеформе 189 оказался длиннее, чем Лютеценс 62, что соответствовало их сортовым особенностям как позднеспелого и среднеспелого сортов.

Во влажную весну 1941 г. ускорение всходов яровой пшеницы Лютеценс 62 наблюдалось только при задержании воды в течение 10 дней; во всех остальных вариантах всходы получились в тот же срок, что и на делянках без задержания воды. Объясняется это тем, что верхний слой почвы имел одинаковое увлажнение на всех делянках, за исключением варианта, на котором вода задерживалась в течение 10 дней, вследствие чего почва этого участка была более влажной.

Фаза кушения у Лютеценс 62 задерживалась во всех вариантах опыта в связи с увеличением увлажнения почвы талыми водами. У Мелянопус 69 кушение задерживалось только в вариантах с задержанием талых вод в течение 5 и 10 дней.

Фаза кушения у Лютеценс 62 на делянках с задержанием воды в течение 2 дней наступила на один день позже, а на делянках с задержанием воды в течение 5 и 10 дней — на 2 и 4 дня. Колошение на увлажненных делянках наступило на 2 дня позже. У Мелянопус 69 фаза колошения отставала больше в вариантах с задержанием воды в течение 5 и 10 дней.

По вопросам динамики накопления сухой массы у зерновых хлебов имеется ряд работ опытных учреждений. Особенно заслуживают внимания работы Института земледелия юго-востока СССР, из которых видно, что накопление сухого вещества в растении и зерне вначале идет очень бурно, а затем протекает более плавно (Лайков, 1936).

В наших опытах, при условии достаточного обеспечения растения водой и питательными веществами, ход накопления сухой массы продолжался до восковой спелости яровой пшеницы.

Взятие образцов в полевых условиях для определения прироста сухой массы мы приурочили к трем основным фазам: полное кушение, колошение и восковая спелость. В эти три периода, с физиологической стороны, как указывает Н. А. Максимов (1936), протекают следующие процессы. В первый период от всходов до полного кушения наблюдается

только вегетативный рост — происходит кушение и укоренение. Во второй период — от кушения до колошения — происходит энергичный рост междоузлий, развитие листовой поверхности и формирование органов плодоншения, что связано с усиленным потреблением воды и питательных веществ из почвы. Чем лучше растение в этот период обеспечивается влагой, тем выше будет урожай. В последний период — от колошения до полной спелости — происходит образование зерна и переход его к полной спелости, к окончательному формированию. В это время в зерно со всех частей растения устремляется поток питательных веществ, вследствие чего в дальнейшем происходит отмирание вегетативных органов, в первую очередь листьев.

Результаты наблюдений за приростом органического вещества приводятся в табл. 21.

Таблица 21

Динамика накопления сухой массы у яровых пшениц Гордеформе 189 и Лютеценс 62 при использовании местного стока талых вод в опытах 1939 и 1940 гг. (вс сухой массы 100 растений, г)

Вариант	1939 г.			1940 г.			Среднее		
	кушение	колошение	восковая спелость	кушение	колошение	восковая спелость	кушение	колошение	восковая спелость
Гордеформе 189									
1. Без задержания воды	35,4	124,8	205,7	24	143	387	29,7	133,9	296,4
2. Задержание воды 2 дня	39,8	136,2	233,7	26	182	488	32,9	159,1	360,9
3. Задержание воды 5 дней	48,6	171,7	297,6	37	226	594	42,8	198,9	445,8
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	52,1	179,3	370,6	42	233	632	47,1	206,2	501,3
5. Задержание воды 10 дней	50,1	175,0	376,3	44	248	656	47,0	211,5	516,2
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	54,6	185,6	408,4	47	272	714	50,8	228,8	561,2
Лютеценс 62									
1. Без задержания воды	37	109	194	26	131	324	31,5	120,0	259,0
2. Задержание воды 2 дня	39	132	226	29	161	409	34,0	146,5	317,5
3. Задержание воды 5 дней	44	163	276	38	218	544	41,0	190,5	410,0
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	47	172	354	44	210	581	45,5	191,0	467,5
5. Задержание воды 10 дней	45	161	326	47	242	616	46,0	201,5	471,0
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	61	205	367	49	251	643	55,0	228,0	505,0

Из приведенных данных видно, что прирост сухой массы яровой пшеницы Гордеиформе 189 от всходов до полного кущения в общем невелик, но величина его обнаруживает явную зависимость от большего увлажнения почвы и внесения удобрения. Задержание талых вод в течение 10 дней с внесением удобрений и подкормки дало максимальный прирост сухой массы.

В период от кущения до колошения наблюдался значительный прирост сухой массы по всем вариантам и особенно по вариантам 4, 5 и 6. На первом месте по приросту сухой массы стоит участок с задержанием воды в течение 10 дней, удобрением и подкормкой.

В период от колошения до восковой спелости, в который закладывается зерно, прирост сухой массы продолжался. О величине этого прироста можно судить по следующим данным: от всходов до кущения прирост сухого вещества в среднем за 2 года составил 29,7—50,8 г, от кущения до колошения — от 133,9 до 228,8 г и от колошения до восковой спелости от 296,4 до 561,2 г.

Интенсивность накопления сухой массы (прирост сухой массы 100 растений за один день) показана в табл. 22.

При задержании талых вод в течение 2 дней наметилась лишь тенденция к увеличению прироста сухой массы Гордеиформе 189 в среднем за 2 года (2,05 г против 1,98 г). Задержание талых вод на делянках в течение 5 дней обеспечило значительный прирост сухой массы (2,41 г против 1,98 г). Внесение удобрений и подкормка на фоне задержания стока воды в течение 5 дней обеспечили дополнительное увеличение прироста сухого вещества на 0,23 г. Задержание талых вод на участке в течение 10 дней обеспечило значительный прирост сухого вещества от всходов до кущения (2,48 г против 1,98 г). Внесение удобрений при задержании воды в течение 10 дней увеличило прирост сухой массы еще на 0,13 г.

Темп накопления сухой массы от кущения до колошения увеличился в 3—4 раза. Количество же сухой массы за этот период увеличилось в 4—5 раз. Прирост сухой массы за период от кущения до колошения на делянках без задержания воды составил 4,87 г на 100 растений за один день. Задержание воды на участке в течение 2 дней дало прибавку прироста 100 растений на 0,86 г в день. Задержание воды в течение 5 дней обеспечило прибавку на 2,04 г, при 10 днях — на 2,29 г. Удобрение увеличило дополнительно прирост сухой массы при задержании стока вод в течение 10 дней на 0,56 г.

В период от колошения до полной спелости темп прироста сухого вещества значительно изменился. На более увлажненных делянках прирост сухого вещества увеличился, а на менее увлажненных уменьшился¹.

Динамика прироста сухой массы мягкой яровой пшеницы Лютеценс 62 резко отличается от динамики нарастания сухой массы твердой яровой пшеницы Гордеиформе 189. Только по вариантам без задержания воды и с задержанием воды в течение 10 дней, удобрением и подкормкой темп прироста сухой массы от всходов до кущения был выше у Лютеценс 62, по всем же остальным вариантам он оказался за этот период ниже.

¹ Так, например, на участках без задержания воды и с задержанием воды в течение 2 и 5 дней прирост за один день в этот период уменьшился по сравнению с предыдущим периодом, а на участках при задержании воды в течение 5 дней с внесением удобрения и подкормки (вариант 4), с задержанием воды 10 дней (вариант 5) и с задержанием воды 10 дней, удобрением и подкормкой (вариант 6) нарастание сухого вещества продолжалось до восковой спелости. Это говорит о лучшей обеспеченности влагой и питательными веществами яровой пшеницы, посеянной на участке с задержанием вод местного стока.

Таблица 22
Прирост сухой массы 100 растений яровой пшеницы за день при использовании местного стока талых вод (в г)

Вариант опыта	1939 г.			1940 г.			Среднее		
	от всхо- дов до ку- щения	от куще- ния до ко- лошения	от коло- шения до спелости	от всхо- дов до ку- щения	от куще- ния до ко- лошения	от коло- шения до спелости	от всхо- дов до ку- щения	от куще- ния до ко- лошения	от коло- шения до спелости
<i>Гордеиформе 189</i>									
1. Без задержания во- ды	2,53	4,06	2,38	1,42	5,67	6,60	1,98	4,87	4,49
2. Задержание воды 2 дня	2,65	4,02	2,78	1,44	7,43	7,85	2,05	5,73	5,32
3. Задержание воды 5 дней	2,86	5,60	3,49	1,95	8,21	9,44	2,41	6,91	6,47
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	3,06	5,80	5,31	2,21	8,30	10,23	2,64	7,07	7,77
5. Задержание воды 10 дней	2,63	5,44	5,60	2,32	8,87	10,20	2,48	7,16	7,90
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	2,87	5,70	6,19	2,35	9,74	11,05	2,61	7,72	8,62
<i>Лютеценс 62</i>									
1. Без задержания во- ды	2,64	4,00	2,30	1,63	4,77	5,08	2,14	4,39	3,69
2. Задержание воды 2 дня	2,60	4,65	2,54	1,61	5,73	6,53	2,11	5,19	4,53
3. Задержание воды 5 дней	2,59	5,67	3,32	2,11	7,50	8,58	2,35	6,59	5,95
4. Задер- оды 5 дней, удобрение и подкормка	2,76	5,95	5,35	2,44	6,92	9,76	2,60	6,44	7,56
5. Задержание воды 10 дней	2,37	5,04	5,00	2,48	8,22	9,84	2,43	6,63	7,42
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	3,21	6,26	4,91	2,58	8,42	10,33	2,90	7,34	7,62

Иная картина наблюдается у Лютеценс 62 в отношении прироста сухой массы за последний период — от колошения до восковой спелости. На всех делянках прирост сухой массы остался без изменения или уменьшился по сравнению с периодом от кущения до колошения. У Гордеиформе мы наблюдали положение только на делянках с меньшим увлажнением.

Кроме того, необходимо отметить, что для пшеницы Лютеценс 62 при задержании талых вод в течение 10 дней в 1939 г. создались, повидимому, неблагоприятные условия аэрации, при которых она не смогла использовать большой запас влаги в почве, поэтому нарастание органического вещества несколько уменьшилось по сравнению с вариантом опыта при задержании воды в течение 5 дней.

Сравнение прироста сухой массы Лютесценс 62 и Горденформе показывает, что от всходов до кущения темп нарастания у Горденформе 189 был ниже, чем у Лютесценс 62 (1,98—2,61 г против 2,14—2,90 г за день у 100 растений). В периоды от кущения до колошения и от колошения до полной спелости наблюдалось обратное положение: у Горденформе 189 темп прироста сухой массы стал больше, чем у Лютесценс 62.

Что же касается прироста сухой массы по всем вариантам опыта, то отмеченное нами выше положение для Горденформе 189 сохраняется и для Лютесценс 62.

В 1941 г. учет прироста сухой массы произведен в две основные фазы: полное кущение и полная спелость. Анализ взятых в момент колошения образцов не был доведен до конца в связи с начавшейся войной.

Сопоставление данных, полученных в 1941 г. (табл. 23), с соответствующими данными за 1940 г. показывает почти полное совпадение темпов нарастания сухой массы у Лютесценс 62 по вариантам. Для накопления сухой массы погодные условия сравниваемых лет были идентичны. Весной выпало достаточно осадков, и температура способствовала общему росту и развитию растений. Только сильное поражение растений бурой листовой ржавчиной в 1941 г. изменило соотношение между зерном и общим урожаем, снизив урожай зерна.

Таблица 23

Динамика накопления сухой массы твердой и мягкой яровой пшеницы при использовании местного стока талых вод в опыте 1941 г.

Вариант опыта	Вес воздушно-сухой массы 100 растений, г					Прирост сухой массы 100 растений за день, г	
	кущение, общий вес	восковая спелость				от всходов до кущения	от кущения до спелости
		листья	стебли	колосья	общий вес		
Мелянопус 69							
1. Без задержания воды . . .	24	87	124	101	312	1,60	4,43
2. Задержание воды 2 дня . . .	28	118	203	142	463	1,75	6,68
3. Задержание воды 5 дней . . .	36	127	216	171	514	2,25	7,24
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . .	44	198	236	188	622	2,75	8,76
5. Задержание воды 10 дней . . .	37	132	228	174	534	2,18	7,53
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	47	186	267	212	665	2,66	9,37
Лютесценс 62							
1. Без задержания воды . . .	23	67	121	86	274	1,64	3,77
2. Задержание воды 2 дня . . .	26	72	142	94	308	1,73	4,48
3. Задержание воды 5 дней . . .	34	107	189	131	427	2,12	6,24
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . .	37	113	241	168	522	2,31	7,70
5. Задержание воды 10 дней . . .	34	86	252	151	489	1,80	7,34
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	44	127	311	188	626	2,32	9,40

Прирост сухой массы обнаруживает ясную зависимость от большего увлажнения почвы и внесения удобрений, что нами уже отмечалось за два

предыдущих года. И в 1941 г. при задержании воды в течение 2 дней получился незначительный прирост сухой массы по сравнению с вариантом без задержания воды за период от всходов до кущения.

Максимальный прирост сухой массы Мелянопус 99 и Лютесценс 62 получен в 1941 г., как и в предыдущие годы, при задержании талых вод в течение 10 дней. Повышенный темп прироста также сохранялся за этим вариантом. Минимальный прирост, как и следовало ожидать, оказался на участке без задержания стока. Внесение удобрений и подкормки повысило эффективность задержания талых вод.

Прирост сухой массы Мелянопус 69 при использовании местного стока был выше, чем Лютесценс 62, по всем вариантам опыта. Превышение получилось у Мелянопус 69 и по темпам нарастания сухой массы.

Структура урожая яровой пшеницы

Неблагоприятное распределение влаги по периодам развития злаковых растений может привести к нарушению функциональной зависимости между образованием стеблей и урожаем. Например, при недостатке влаги в период от выхода в трубку и до колошения высокая общая кустистость оказывается вредной, так как хорошо раскустившиеся вначале растения сильнее страдают затем от наступления засухи, снижая продуктивную кустистость и количество зерен в первичных колосьях. Поэтому все мероприятия при возделывании яровой пшеницы и других зерновых культур должны быть направлены к тому, чтобы обеспечить накопление, сбережение и правильное использование почвенной влаги в течение всего периода вегетации растений. Обычно количество растений зерновых культур на единицу площади от всходов до уборки сильно колеблется, в зависимости от природы, сорта и условий внешней среды, что находит подтверждение в данных о структуре урожая яровой пшеницы Горденформе 189 при различном увлажнении талыми водами (табл. 24).

Количество растений Горденформе 189 на 1 м² на увлажненных участках было значительно больше, чем на недостаточно увлажненных. Внесение удобрений и подкормки способствовало лучшему сохранению растений на площади. При одних и тех же условиях увлажнения (варианты 3 и 4) густота стеблестоя оказалась больше на участке с удобрением и подкормкой растений (вариант 4).

Продуктивная кустистость (количество колосующихся стеблей на 100 растений в момент восковой спелости) оказалась больше на увлажненных делянках. Количество стеблей без колоса, наоборот, оказалось больше на делянках недостаточно увлажненных, а отсюда продуктивная кустистость была выше на тех делянках, которые были обеспечены влагой лучше. Даже более редкое стояние растений на участках с недостаточным увлажнением не вызвало большей продуктивной кустистости.

Из таблицы 24 видно, что число растений на 1 м² твердой яровой пшеницы Горденформе 189 в момент восковой спелости в 1940 г., как и в предыдущем году, на увлажненных участках оказалось значительно больше, чем на недостаточно увлажненных. Внесение удобрений и подкормки способствовало лучшему сохранению растений на площади. При одних и тех же условиях увлажнения (варианты 3, 4, 5, 6) густота стеблестоя оказалась больше на делянках с удобрением и подкормкой растений (варианты 4 и 6).

Продуктивная кустистость Горденформе в 1940 г., почти нормальном по увлажнению за вегетационный период, оказалась значительно выше, чем в засушливом 1939 г. (1,38—2,93 против 1,06—1,60). Как и в 1939 г.,

Таблица 24

Структура урожая яровой пшеницы Горденформе 189 в восковую спелость
в опытах 1939 и 1940 гг.

Вариант	Количество растений на 1 м²	Продуктивная кустистость	Число колосов в колосе	Число зерен в колосе	Вес зерна на одно растение, г	Абсолютный вес зерна, г	Урожай зерна с 1 м², г	Урожай зерна, ц/га	
								биологический	фактический
1939 г.									
1. Без задержания воды	292	1,06	14	18	0,49	26,8	43,2	4,3	3,62
2. Задержание воды 2 дня	290	1,36	14	18	0,62	28,9	67,7	6,8	5,77
3. Задержание воды 5 дней	314	1,41	14	21	0,97	35,2	97,3	9,7	8,64
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	356	1,46	16	24	1,08	35,4	119,2	11,9	10,84
5. Задержание воды 10 дней	368	1,48	15	22	1,09	34,8	147,9	14,8	13,64
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	376	1,60	17	26	1,21	37,4	178,2	17,8	16,78
1940 г.									
1. Без задержания воды	264	1,38	14	18	0,58	26,4	78,1	7,8	6,92
2. Задержание воды 2 дня	272	1,48	16	18	0,61	28,3	121,3	12,1	11,73
3. Задержание воды 5 дней	286	1,89	18	22	0,74	27,8	163,9	16,4	14,64
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	322	2,46	18	21	1,12	36,2	208,4	20,8	19,75
5. Задержание воды 10 дней	343	2,48	19	23	1,34	36,6	279,2	27,9	26,22
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	372	2,93	20	24	1,72	37,7	328,1	32,7	31,44
Среднее за 2 года									
1. Без задержания воды	278	1,22	14	18	0,54	26,6	60,7	6,1	5,27
2. Задержание воды 2 дня	281	1,42	15	18	0,62	28,6	94,5	9,5	8,75
3. Задержание воды 5 дней	300	1,65	16	22	0,86	31,5	130,6	13,1	11,64
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	339	1,96	17	23	1,10	35,8	163,8	16,4	15,30
5. Задержание воды 10 дней	356	1,98	17	23	1,22	35,7	213,6	21,4	19,93
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	374	2,27	19	25	1,47	37,6	253,2	25,3	24,11

количество стеблей на 1 м² оказалось больше на увлажненных делянках. Более высокая продуктивная кустистость наблюдалась на тех делянках, которые были лучше обеспечены влагой. Более редкое стояние растений на делянках с меньшим увлажнением не дало большей продуктивной кустистости.

Морфологический анализ Горденформе 189, выращенной при использовании местного стока в 1939 и 1940 гг., дал следующие результаты (табл. 25).

Таблица 25

Результаты морфологического анализа яровой пшеницы Горденформе 189 в опытах 1939 и 1940 гг. с использованием местного стока

Вариант	Общая кустистость			% колосных стеблей	Высота растений, см			Длина колоса в полную спелость
	кущение	колосе- ние	восковая спелость		кущение	колосе- ние	восковая спелость	
1939 г.								
1. Без задержания воды . . .	1,21	1,42	1,31	81	24,2	44,3	68,1	6,1
2. Задержание воды 2 дня . .	1,17	1,48	1,36	83	24,8	45,6	70,3	6,3
3. Задержание воды 5 дней .	1,26	1,47	1,41	87	26,3	49,3	74,3	6,8
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . .	1,14	1,59	1,46	88	25,8	48,7	76,3	7,1
5. Задержание воды 10 дней .	1,28	1,60	1,48	87	26,1	52,2	82,6	7,4
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	1,32	1,72	1,60	87	28,2	54,7	84,6	7,8
1940 г.								
1. Без задержания воды . . .	1,82	2,22	1,96	70	22,6	43,2	66,4	6,5
2. Задержание воды 2 дня . .	1,93	2,02	1,92	77	26,4	51,8	72,6	6,8
3. Задержание воды 5 дней .	1,94	2,42	2,31	82	26,6	57,6	76,8	7,1
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . .	2,01	3,01	2,87	86	30,5	61,4	80,1	7,3
5. Задержание воды 10 дней .	2,06	3,16	2,99	83	33,4	82,8	106,2	7,3
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	2,14	3,62	3,41	88	34,1	88,3	111,6	7,9
Среднее за 2 года								
1. Без задержания воды . . .	1,52	1,82	1,64	76	23,4	43,6	67,3	6,3
2. Задержание воды 2 дня . .	1,55	1,75	1,64	80	25,6	48,7	71,5	6,6
3. Задержание воды 5 дней .	1,60	1,95	1,86	85	26,5	53,5	75,6	7,0
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . .	1,58	2,30	2,17	87	28,2	55,1	78,2	7,2
5. Задержание воды 10 дней .	1,67	1,38	2,24	85	29,8	67,5	94,4	7,4
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	1,73	2,67	2,51	88	31,2	71,5	98,1	7,9

Кущение у Горденформе 189 продолжалось до фазы колосения. Это подтверждает установленное в литературе положение, что кущение у зерновых культур продолжается достаточно долго. В нашем опыте максимальная величина общей кустистости была достигнута во время

колошения: после этого количество стеблей уменьшилось вследствие отмирания наиболее слабых.

Продуктивная кустистость была выше на делянках, более обеспеченных влагой и питательными веществами, и поэтому здесь можно было ожидать прибавки урожая яровой пшеницы от задержания талых вод. Высота растений достигла максимальной величины в фазу восковой спелости, причем высота увеличилась одновременно с накоплением сухой массы. Таким образом, высота растений может служить достаточным показателем интенсивности роста и накопления сухого вещества яровой пшеницы.

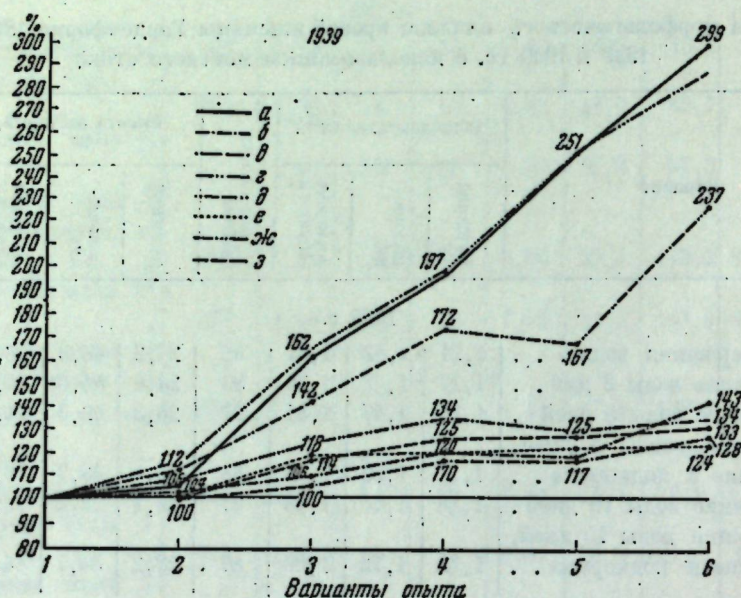


Рис. 6. Элементы структуры урожая яровой пшеницы Лютеценс 62 на местном стоке (в процентах к величинам, полученным в варианте опыта без задержания талых вод), 1939 г.

Варианты опыта: 1 — без задержания воды; 2 — задержание воды 2 дня; 3 — задержание воды 5 дней; 4 — задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка; 5 — задержание воды 10 дней; 6 — задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка. Условные обозначения: а — урожай зерна; б — продуктивная кустистость; в — вес зерна на одно растение; г — количество растений на 1 м²; д — количество колосков в колосе; е — биологический урожай.

Задержание талых вод, естественно, сказалось на росте растений. Значительно выше были растения на делянках с задержанием воды на более продолжительное время по сравнению с растениями на делянках без задержания талых вод (68,1 и 82,6 — 84,6 см).

Колос Гордеиформе 189 на обеспеченных влагой делянках в сравнении с делянками без задержания воды получен на 22,6% длиннее. Наибольшая длина колоса получена в варианте опыта с задержанием воды в течение 10 дней, внесением удобрения и подкормкой.

Твердая яровая пшеница Гордеиформе 189 в 1940 г., как известно, почти нормальном по осадкам для засушливых юго-восточных районов, кустилась больше, чем в недостаточно увлажненном 1939 г. Общая кустистость во все фазы роста и развития Гордеиформе 189 была выше на делянках с большим увлажнением. Кущение продолжалось до наступления фазы колошения, после чего кустистость уменьшилась вследствие отмирания наиболее слабых побегов.

Высота растений, как и прирост сухой массы, увеличивалась в первые фазы развития яровой пшеницы более быстро, чем в последующие. Так, в фазе кущения высота растений Гордеиформе 189 составляла 22,6—34,1 см, в фазе колошения она была 43,2—88,3 см, а в фазе полной спелости достигла 66,4—111,6 см.

Задержание стока талых вод в 1940 г., как и в 1939 г., оказало большое влияние на рост растений. Высота растений на делянках с задержанием

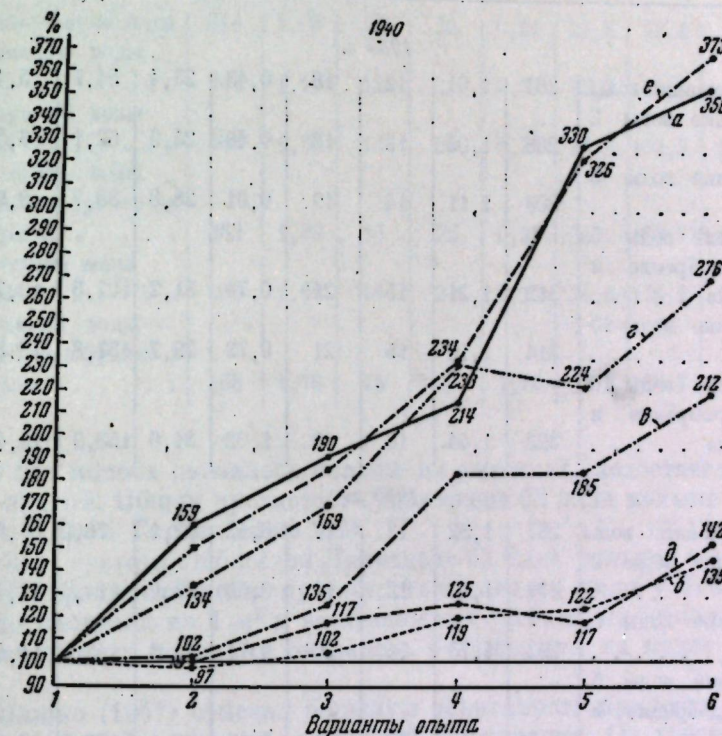


Рис. 7. Элементы структуры урожая яровой пшеницы Лютеценс 62 на местном стоке (в процентах к величинам, полученным в варианте опыта без задержания талых вод), 1940 г.

Варианты опыта: 1 — без задержания воды; 2 — задержание воды 2 дня; 3 — задержание воды 5 дней; 4 — задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка; 5 — задержание воды 10 дней; 6 — задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка. Условные обозначения: а — урожай зерна; б — продуктивная кустистость; в — вес зерна на одно растение; г — количество растений на 1 м²; д — количество колосков в колосе; е — биологический урожай.

воды на более продолжительное время была почти в 2 раза больше, чем на делянках без задержания воды (106,2—111,6 против 66,4 см).

Колос Гордеиформе 189 на обеспеченных влагой делянках в сравнении с делянками без задержания воды увеличился в длину на 21,5%.

Максимальная высота растений и длина колоса яровой пшеницы в 1940 г. получилась на участках с задержанием стока на фоне основного удобрения и подкормки растений.

Рассмотрим данные о структуре урожая Лютеценс 62 при использовании местного стока (табл. 26, рис. 6 и 7).

Из таблицы видно, что в 1939 г. количество растений Лютеценс 62 на 1 м² и продуктивная кустистость были меньше, чем у Гордеиформе 189.

Таблица 26

Структура урожая Лютеценс 62 в восковую спелость в опытах 1939 и 1940 гг.

Вариант	Число расте- ний на 1 м²	Продуктив- ная кустис- тость	Число коло- сов в колосе	Число зерен в колосе	Вес зерна на 1 растение, г	Абсолютный вес зерна, г	Урожай зер- на с 1 м², г	Урожай зерна, ц/га	
								биоло- гиче- ский	факти- ческий
1939 г.									
1. Без задержания воды	261	1,01	12	18	0,43	23,4	54,1	5,4	4,78
2. Задержание воды 2 дня	268	1,05	12	18	0,48	25,9	62,1	6,2	5,02
3. Задержание воды 5 дней	308	1,11	14	19	0,61	28,8	88,7	8,9	7,76
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	312	1,21	15	21	0,74	31,2	107,3	10,7	9,46
5. Задержание воды 10 дней	314	1,19	15	21	0,72	29,7	137,8	13,8	12,03
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	323	1,44	16	23	1,02	31,6	153,9	15,4	14,32
1940 г.									
1. Без задержания воды	287	1,32	12	17	0,42	22,1	76,2	7,6	6,81
2. Задержание воды 2 дня	276	1,34	12	18	0,56	23,6	114,4	11,4	10,83
3. Задержание воды 5 дней	292	1,73	14	20	0,71	24,8	140,9	14,1	12,92
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	341	2,43	15	21	0,98	28,1	177,8	17,8	14,63
5. Задержание воды 10 дней	350	2,44	14	18	0,94	24,6	239,1	23,9	22,45
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	388	2,79	17	24	1,14	28,7	283,7	28,4	24,24
Среднее за 2 года									
1. Без задержания воды	274	1,17	12	18	0,43	22,8	65,2	6,5	6,00
2. Задержание воды 2 дня	272	1,20	12	18	0,52	24,8	88,3	8,8	7,95
3. Задержание воды 5 дней	302	1,45	14	20	0,66	26,8	114,8	11,5	10,34
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	327	1,82	15	21	0,86	29,7	142,6	14,3	12,05
5. Задержание воды 10 дней	332	1,82	15	20	0,83	27,2	188,5	18,9	17,25
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	356	2,12	17	24	1,08	30,2	218,8	21,9	19,28

Таблица 26 (продолжение)

Вариант	Число растений на 1 м ²	Продуктивная кустистость	Число колосов в колосе	Число зерен в колосе	Вес зерна на 1 растение, г	Абсолютный вес зерна, г	Урожай зерна с 1 м ² , г	Урожай зерна, ц/га	
								биологический	фактический
1941 г.									
1. Без задержания воды	314	1,03	12	22	0,51	21,8	72,4	7,2	6,75
2. Задержание воды 2 дня	342	1,19	12	21	0,57	22,6	91,3	9,1	8,72
3. Задержание воды 5 дней	368	1,38	13	21	0,73	24,8	102,8	10,3	9,63
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	362	1,69	16	22	0,91	25,1	137,7	13,8	12,64
5. Задержание воды 10 дней	366	1,67	14	24	0,96	24,6	129,1	12,9	11,94
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	368	1,76	15	26	1,12	25,8	166,2	16,6	14,13

Стеблей без колоса оказалось больше на участках, недостаточно обеспеченных влагой. Общая кустистость Лютеценс 62 дала меньше колебаний по сравнению с Горденформе 189.

В 1940 г. густота стеблестоя Лютеценс 62 была больше, чем у Горденформе 189, продуктивная же кустистость оказалась ниже у Лютеценс 62. Число растений на 1 м² и колососных стеблей Лютеценс 62 на более увлажненных делянках оказалось больше, чем на менее увлажненных.

Д. Шашко (1947) отмечал большую зависимость прироста растительной массы яровой пшеницы от условий увлажнения. Он утверждает, что урожай яровой пшеницы и других зерновых культур определяется сочетанием благоприятных условий для жизни растений в начальный период их развития — от всходов до выхода в трубку. Чем благоприятнее эти условия, тем лучше развиваются растения, тем больше накапливается сухой массы, полнее используются водные ресурсы за вегетационный период и тем лучше растения укореняются, а отсюда — и больший урожай.

Влияние увлажнения почвы при задержании талых вод на общую и продуктивную кустистость, высоту растений и длину колоса яровой пшеницы Лютеценс 62 видно из данных табл. 27.

Максимальная кустистость Лютеценс 62 отмечена в фазу колошения. Общая кустистость при использовании местного стока оказалась ниже, чем у Горденформе 189. Объясняется это тем, что Лютеценс 62, как более пластичный сорт, менее реагирует на неблагоприятные условия сокращением непроизводительной траты пластического вещества на вегетативные органы растений, чем Горденформе 189.

Продуктивная кустистость в период восковой зрелости была достаточно высокой. Задержание талых вод определенно оказало влияние на повышение продуктивной кустистости Лютеценс 62.

Общая кустистость Лютеценс в 1940 г. получилась значительно выше, чем в 1939 г. Вместе с этим при увеличении общей кустистости

Таблица 27

Результаты морфологического анализа Лютесценс 62 при использовании местного стока в опытах 1939 и 1940 гг.

Вариант	Общая кустистость			% колосистых стеблей	Высота растений, см			Длина колоса в полной спелос- ти, см
	кущение	колошение	восковая спелость		кущение	колошение	восковая спелость	
1939 г.								
1. Без задержания воды . . .	1,14	1,36	1,27	80	20,2	43,4	67,2	6,4
2. Задержание воды 2 дня . . .	1,08	1,36	1,34	78	20,8	44,0	73,4	6,6
3. Задержание воды 5 дней . . .	1,24	1,45	1,37	81	23,4	49,0	73,2	7,2
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . . .	1,09	1,56	1,41	86	22,8	46,0	74,4	7,6
5. Задержание воды 10 дней . . .	1,16	1,54	1,42	84	25,6	51,7	80,2	7,8
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . . .	1,24	1,67	1,56	92	27,0	53,0	81,9	8,2
1940 г.								
1. Без задержания воды . . .	1,67	2,32	1,92	69	24,2	41,4	52,6	6,6
2. Задержание воды 2 дня . . .	1,74	2,44	1,84	73	28,4	50,1	64,3	6,8
3. Задержание воды 5 дней . . .	1,72	2,53	2,41	74	28,9	55,2	68,4	6,9
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . . .	1,68	3,46	3,00	81	32,6	58,1	72,2	8,4
5. Задержание воды 10 дней . . .	1,84	3,50	3,26	75	35,1	80,5	98,6	8,3
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . . .	1,88	3,72	3,67	76	34,2	82,8	102,4	8,8
Среднее за 2 года								
1. Без задержания воды . . .	1,41	1,84	1,60	75	22,2	42,4	64,9	6,5
2. Задержание воды 2 дня . . .	1,41	1,90	1,59	76	24,6	47,1	68,9	6,7
3. Задержание воды 5 дней . . .	1,48	1,99	1,89	78	26,2	52,1	70,8	7,1
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . . .	1,39	2,51	2,21	84	27,7	52,1	73,3	8,0
5. Задержание воды 10 дней . . .	1,50	2,52	2,34	80	30,4	66,1	89,4	8,1
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . . .	1,56	2,70	2,62	84	30,6	68,0	92,2	8,5

продуктивная кустистость Лютесценс 62 в 1940 г. снизилась (в 1939 г. 80—92%, а в 1940 г. 69—81%).

Темп роста Лютесценс 62 при использовании местного стока был ниже, чем у Горденформе 189. Что же касается высоты растений и длины колоса Лютесценс 62 при использовании местного стока, то здесь мы наблюдаем положение, аналогичное тому, которое отмечалось для твердой яровой пшеницы Горденформе 189: растения на делянках с задержанием талых вод были значительно выше растений на участках без задержания талых вод; длина колоса на дополнительно увлажненных делянках увеличилась на 33,3%.

При достаточном увлажнении почвы получают более полные и дружные всходы сельскохозяйственных растений. Для яровой пшеницы значительное количество влаги требуется в первую половину ее роста и развития.

Задержание на месте талых вод может обеспечить почву сравнительно достаточным количеством влаги для получения дружных и полных всходов, хорошей кустистости и снабжения влагой растений в период от выхода в трубку до колошения, что подтвердилось в наших опытах в 1941 г. Весна этого года была избыточно влажной, осадков выпало в 3 раза больше средних многолетних, во время кушения и трубкования (июнь) выпало достаточно атмосферных осадков по сравнению со средним многолетним количеством, а во вторую половину вегетации яровой пшеницы осадков выпало меньше средней многолетней суммы их. При этих условиях нами получены дружные всходы во всех вариантах опыта, однако растений на 1 м² и продуктивных стеблей оказалось во время восковой спелости больше в вариантах с задержанием талых вод (табл. 28).

Таблица 28

Структура урожая Мелянопус 69 в восковую спелость в опыте 1941 г.

Вариант	Число растений на 1 м ²	Продуктивная кустистость	Число колосов в колосе	Число зерен в колосе	Вес зерна на 1 растение, г	Абсолютный вес зерна, г	Урожай зерна на 1 м ² , г	Урожай зерна, ц/га	
								биологический	фактический
1. Без задержания воды	318	1,05	14	21	0,54	27,6	56,1	5,6	4,83
2. Задержание воды 2 дня	332	1,18	14	23	0,79	31,8	123,8	12,4	11,14
3. Задержание воды 5 дней	341	1,36	14	24	0,98	34,2	129,4	12,9	11,34
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	348	1,47	15	27	1,31	37,6	156,2	15,6	14,85
5. Задержание воды 10 дней	352	1,46	15	27	1,28	35,2	158,7	15,9	14,13
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	356	1,53	15	29	1,46	37,8	198,3	19,8	18,23

Из табл. 28 видно, что под влиянием задержания талых вод к моменту восковой спелости сохранилось растений пшеницы Мелянопус 69 больше на 12%, продуктивная кустистость увеличилась на 46%, число зерен в колосе получилось больше на 38%, вес зерна на одно растение увеличился в 2,7 раза и абсолютный вес зерна также оказался выше на 32%.

Задержание талых вод сказалось на сохранении растений к моменту восковой спелости и на повышении продуктивной кустистости более позднего сорта мягкой яровой пшеницы Лютесценс 62. Максимальное количество растений на 1 м² пшеницы Лютесценс 62 получилось при задержании талых вод в течение 10 дней, минимальное — на площади без задержания талых вод. На фоне увлажнения почвы путем задержания

талых вод внесение удобрений повысило продуктивную кустистость яровой пшеницы на 5,4%.

На увлажненных деланках число колосков в колосе увеличилось на 25%, число зерен в колосе на 18%, вес зерна на одно растение в 2,2 раза, абсолютный вес зерна на 18%.

Урожай, как мы указывали, находится в прямой зависимости от густоты стеблестой и веса зерна на одно растение. В свою очередь, густота стеблестой и продуктивная кустистость зависят от условий развития растений.

Наличие благоприятных условий для роста и развития растений оказывает также влияние на высоту растений и длину колоса. При более благоприятных условиях высота растений и длина колоса достигает максимальной величины, характерной для данного сорта, и, наоборот, при неблагоприятных условиях высота растений и длина колоса уменьшаются. Учитывая это, мы и в 1941 г. проводили наблюдения над ростом и развитием яровой пшеницы при использовании местного стока (табл. 29).

Таблица 29

Результаты морфологического анализа яровой пшеницы Мелянопус 69 при использовании местного стока талых вод в опыте 1941 г.

Вариант	Общая кустистость		% колос- щихся стеблей	Высота растений, см		Длина колоса в полную спелость, см
	кущение	полная спелость		куще- ние	полная спелость	
1. Без задержания воды . . .	1,38	1,46	72	16,2	66,4	6,2
2. Задержание воды 2 дня . .	1,47	1,62	73	19,6	68,8	6,6
3. Задержание воды 5 дней . .	1,49	1,84	74	20,4	73,7	6,5
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . .	1,62	1,98	74	21,8	83,4	6,8
5. Задержание воды 10 дней . .	1,72	1,88	78	20,9	81,2	7,4
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	1,76	1,96	78	21,7	84,9	7,9

Из данных табл. 29 видно, что задержание стока повысило общую и продуктивную кустистость, высоту растений и увеличило длину колоса Мелянопус 69. Максимальные высота растений, длина колоса и кустистость получились при задержании стока в течение 10 дней. Внесение удобрений и подкормки на фоне увлажнения почвы дополнительно увеличило высоту растений и оказало незначительное влияние на повышение общей кустистости и на увеличение длины колоса.

Морфологический анализ яровой пшеницы Лютеценс 62 показывает (табл. 30), что задержание весенних талых вод повысило ее общую и продуктивную кустистость, увеличило высоту растений и длину колоса еще больше, чем у Мелянопус 69. Максимальные кустистость, высота растений и длина колоса получились при задержании талых вод в течение 10 дней. На фоне дополнительного увлажнения почвы задержанием стока значительно больше увеличилась продуктивная кустистость (процент колосающихся стеблей) от применения удобрения и подкормки.

Сравнение результатов морфологического анализа пшеницы Лютеценс 62 с результатами анализа сорта Мелянопус 69 показывает, что Ме-

Таблица 30

Результаты морфологического анализа пшеницы Лютеценс 62, выращенной при использовании местного стока. Опыт 1941 г.

Вариант	Общая кустистость		% колос- щихся стеблей	Высота растений, см		Длина колоса в полную спелость, см
	кущение	полная спелость		куще- ние	полная спелость	
1. Без задержания воды . . .	1,46	1,52	68	17,4	68,8	7,7
2. Задержание воды 2 дня . .	1,51	1,81	66	20,2	72,4	7,7
3. Задержание воды 5 дней . .	1,62	1,94	71	21,2	78,3	7,9
4. Задержание воды 5 дней удобрение и подкормка . .	1,70	2,22	76	22,7	79,1	8,4
5. Задержание воды 10 дней . .	1,84	2,04	72	21,8	82,6	8,8
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	1,82	2,32	76	22,1	86,2	9,1

лянопус 69 лучше отзывается на дополнительное увлажнение почвы, чем Лютеценс 62. У Мелянопус 69 кустистость и длина колоса при увлажнении увеличились в большей мере, чем у Лютеценс 62 (кривая длины колоса Мелянопус дала более резкий подъем от первого до шестого варианта). Вообще же длина колоса Лютеценс 62 оказалась больше длины Мелянопус 69, что является сортовой особенностью этих пшениц.

Эти результаты подтверждают установленную рядом исследователей большую отзывчивость на орошение твердых пшениц по сравнению с мягкими.

Урожай яровой пшеницы и его качество при задержании талых вод обвалованием

В табл. 31 представлены данные учета урожая яровой пшеницы в полевом опыте 1939 г. с задержанием талых вод.

Самый высокий урожай яровой пшеницы основных сортов, районированных в Чкаловской области, получен на участке, где задерживались талые воды в течение 10 дней (14,32—16,78 ц/га), и самый низкий — на участке без задержания талых вод (3,62—4,78 ц/га). Самым эффективным оказалось задержание стока в течение 10 дней при внесении минеральных удобрений и подкормки.

Установленная нами продолжительность задержания талых вод в течение 10 дней вполне достаточна для получения высокого урожая зерновых хлебов.

Задержание стока в течение 2 дней повысило урожай пшеницы Гордеевской 189 на 2,15 ц/га (59,4%) против урожая без задержания стока, но урожай зерна получен невысокий.

Задержание талых вод в течение 5 дней повысило урожай твердой яровой пшеницы на 5,02 ц/га (138,7%) и мягкой яровой пшеницы на 2,98 ц/га (62,4%) по сравнению с урожаем без задержания стока.

Внесение удобрений и подкормки при задержании воды в течение 5 дней дополнительно увеличило урожай зерна твердой яровой пшеницы на 2,20 ц/га (60,7%) и мягкой пшеницы на 1,70 ц/га (35,1%).

Таблица 31

Влияние местного стока на урожай яровой пшеницы в опыте 1939 г.

Вариант	Лютесценс 62			Горденформе 189			Горденформе «местная»		
	зерна		прибавка, ц/га	зерна		прибавка, ц/га	зерна		прибавка, ц/га
	ц/га	средняя ошибка		ц/га	средняя ошибка		ц/га	средняя ошибка	
1. Без задержания воды	4,78	0,06	—	3,62	0,08	—	4,51	0,04	—
2. Задержание воды 2 дня	5,02	0,06	0,24	5,77	0,09	2,15	5,96	0,07	1,45
3. Задержание воды 5 дней	7,76	0,11	2,98	8,64	0,11	5,02	8,88	0,14	4,37
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	9,46	0,08	4,68	10,84	0,19	7,22	9,76	0,15	5,25
5. Задержание воды 10 дней	12,03	0,09	7,25	13,64	0,12	10,02	13,20	0,21	8,69
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	14,32	0,16	9,54	16,78	0,29	13,16	15,80	0,12	11,29

Задержание талых вод в течение 10 дней увеличило урожай твердой яровой пшеницы на 10,02 ц/га (276,7%) и мягкой яровой пшеницы на 7,25 ц/га (151,7%) против урожая без задержания стока. Прибавка эта превышает в несколько раз средний многолетний урожай яровой пшеницы в данном районе.

Внесение удобрений и подкормки на фоне увлажнения почвы талыми водами при задержании их в течение 10 дней дало дополнительно прибавку урожая зерна твердой яровой пшеницы на 3,14 ц/га (92,8%) и мягкой пшеницы на 2,29 ц/га (47,9%).

Урожай мягкой яровой пшеницы Лютесценс 62 оказался выше урожая твердой яровой пшеницы Горденформе 189 и Горденформе «местная» только на участке без задержания талых вод (табл. 32).

На всех делянках, получивших дополнительное увлажнение, урожай мягкой яровой пшеницы был ниже урожая твердой. Объясняется это тем, что твердая яровая пшеница Горденформе 189 сильнее реагировала на увлажнение почвы, чем мягкая пшеница Лютесценс 62.

Влияние задержания весенних талых вод на урожай яровой пшеницы в 1940 г. мы изучили при различных предшественниках в правильном севообороте на двух основных районированных сортах: Горденформе 189 и Лютесценс 62.

Данные о полученном нами в 1940 г. урожае яровой пшеницы при использовании местного стока приведены в табл. 33.

Самый высокий урожай яровой пшеницы получен по черному пару при задержании воды в течение 10 дней и внесении удобрения и подкормки. Урожай зерна твердой яровой пшеницы при этом достиг 31,44 ц/га и мягкой яровой пшеницы 24,24 ц/га. Значит, самым эффективным в нашем опыте является задержание весенних талых вод в течение 10 дней при внесении удобрений и подкормки. Таким образом, продолжительность

Таблица 32

Отношение урожая зерна яровой пшеницы Горденформе 189 и Горденформе «местная» к урожаю зерна яровой пшеницы Лютесценс 62, принятому за 100. Опыт 1939 г.

Вариант	Лютесценс 62	Горденформе 189	Горденформе «местная»
1. Без задержания воды	100	75,7	94,3
2. Задержание воды 2 дня	100	114,9	118,7
3. Задержание воды 5 дней	100	111,3	114,5
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка	100	114,5	103,1
5. Задержание воды 10 дней	100	113,3	109,7
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка	100	117,1	110,3

задержания весенних талых вод в течение 10 дней оказалась и в 1940 г. достаточной для обеспечения высокого урожая зерновых хлебов.

Урожай яровой пшеницы на делянках без дополнительного увлажнения полностью отражает собой среднюю урожайность яровой пшеницы по многолетним данным для местности, в которой проводилось изучение влияния местного стока талых вод.

Повышение урожая зерна яровой пшеницы Горденформе 189 по черному пару составило при задержании воды на протяжении 2 дней — 4,81 ц/га (69,6%), при задержании воды 5 дней — 7,72 ц/га (111,6%) и при задержании воды 10 дней — 19,30 ц/га (280,0%) против урожая без задержания талых вод. Удобрение и подкормка дали дополнительное увеличение урожая зерна: при задержании воды 5 дней — 5,1 ц/га (73,9%) и при задержании воды 10 дней — 5,2 ц/га (75,1%).

Повышение урожая зерна яровой пшеницы Горденформе 189 по картофелю составило при задержании воды на 2 дня — 4,77 ц/га (82,8%), при задержании воды 5 дней — 6,9 ц/га (119,0%) и при задержании воды 10 дней — 18,58 ц/га (320,7%). Удобрение и подкормка дали дополнительно зерна при задержании воды 5 дней 3,9 ц/га (67,2%) и при задержании воды 10 дней — 3,8 ц/га (75,2%).

Удобрение и подкормка твердой яровой пшеницы при использовании местного стока оказались более эффективными в севообороте после черного пара.

Повышение урожая яровой пшеницы Лютесценс 62 по черному пару с использованием местного стока талых вод при задержании воды в течение 2 дней составило 4,02 ц/га (59,4%), при задержании воды 5 дней — 6,11 ц/га (90,0%), при задержании воды 10 дней — 15,64 ц/га (230,0%); по картофелю в соответствующих вариантах прибавка получилась: 4,28 ц/га (84,3%), 6,27 ц/га (123,5%) и 11,06 ц/га (217,6%); по пшенице прибавка дала в соответствующих вариантах 3,92 ц/га (83,9%), 5,49 ц/га (117,0%) и 11,08 ц/га (236,2%). Удобрение и подкормка при местном стоке талых вод дали дополнительную прибавку урожая зерна яровой пшеницы Лютесценс 62 в 1940 г. при задержании воды в течение 5 дней: по черному пару 2,71 ц/га (24,1%), по картофелю 0,91 ц/га (17,7%) и по пшенице 2,70 ц/га (67,5%); при задержании воды в течение 10 дней прибавка

Влияние местного стока талых вод на

Вариант	Горденформе 189					
	по черному пару			по картофелю		
	зерна		прибавка, ц/га	зерна		прибавка, ц/га
	ц/га	средняя ошибка		ц/га	средняя ошибка	
1. Без задержания воды . . .	6,92	0,14	—	5,85	0,09	—
2. Задержание воды 2 дня . .	11,73	0,14	4,81	10,62	0,11	4,77
3. Задержание воды 5 дней . .	14,64	0,20	7,72	12,74	0,20	6,89
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . .	19,75	0,25	12,83	16,64	0,20	10,79
5. Задержание воды 10 дней . .	26,22	0,42	19,30	24,43	0,30	18,58
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	31,44	0,33	24,52	28,21	0,36	22,36

урожая зерна по соответствующим предшественникам была: 1,79 ц/га (25,8%), 4,11 ц/га (80,4%) и 12 ц/га (23,2%).

Из испытанных нами предшественников яровой пшеницы в севообороте на первом месте по эффективности при задержании стока талых вод в течение 10 дней оказалась паровая обработка и на последнем — пшеница.

При задержании воды в течение 2 и 5 дней картофель и твердая пшеница как предшественники яровой пшеницы дали почти равные прибавки урожая.

Эффективность удобрения при задержании стока талых вод в течение 5 дней оказалась выше после черного пара и пшеницы по сравнению с этими же предшественниками под яровую пшеницу при задержании воды в течение 10 дней. По картофелю, наоборот, эффективность удобрения оказалась выше при задержании воды на протяжении 10 дней по сравнению с задержанием в течение 5 дней.

Как и следовало ожидать на высоком агротехническом фоне получается и более высокая эффективность использования местного стока талых вод. Урожай яровой пшеницы Лютеценс 62, полученный нами в 1940 г. без задержания талых вод, соответствует средней урожайности в этом году, при обычной агротехнике, в данном районе Чкаловской области (4,73—6,81 ц/га).

По влиянию на повышение урожая яровой пшеницы при использовании местного стока предшественники в севообороте заняли следующие места (в убывающем порядке): черный пар — картофель — пшеница твердая (табл. 34).

Урожай твердой яровой пшеницы Горденформе при использовании местного стока по всем предшественникам получен более высокий по сравнению с мягкой яровой пшеницей Лютеценс 62.

В практике сельского хозяйства принято считать, что твердая пшеница предъявляет более повышенные требования к предшественнику в севообороте. Это положение подтверждается и опытными учреждениями юго-востока СССР. В. Р. Вильямс (1932) указывал, что твердая пшеница является пластовой культурой, она лучше использует накопленные целиной, многолетних залежью и многолетними травами питательные вещества в почве. В нашем опыте это положение подтвердилось. Следовательно,

Таблица 33

урожай яровой пшеницы в опыте 1940 г.

	Лютеценс 62							
	по черному пару			по картофелю			по твердой пшенице	
	зерна		прибавка, ц/га	зерна		прибавка, ц/га	зерна	
	ц/га	средняя ошибка		ц/га	средняя ошибка		ц/га	средняя ошибка
6,81	0,16	—	5,16	0,15	—	4,73	0,11	—
10,83	0,14	4,02	9,44	0,14	4,28	8,65	0,15	3,92
12,92	0,14	6,11	11,43	0,17	6,27	10,22	0,14	5,49
14,63	0,20	7,82	12,34	0,19	7,18	12,92	0,20	8,19
22,45	0,26	15,64	16,22	0,20	11,06	15,81	0,25	11,08
24,24	0,32	17,43	20,33	0,23	15,17	16,93	0,24	12,20

Таблица 34

Отношение урожая зерна яровой пшеницы Горденформе 189 и Лютеценс 62 по разным предшественникам к урожаю зерна яровой пшеницы Лютеценс 62 по пшенице, принятому за 100.
Опыт 1940 г.

Вариант	Горденформе 189		Лютеценс 62		
	по черно- му пару	по карто- фелю	по черно- му пару	по карто- фелю	по пше- нице
1. Без задержания воды : . .	146,3	123,7	143,9	109,1	100
2. Задержание воды 2 дня . .	135,6	122,7	125,3	109,1	100
3. Задержание воды 5 дней . .	143,2	124,7	126,4	111,7	100
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . .	152,8	121,1	120,9	95,5	100
5. Задержание воды 10 дней . .	165,5	154,2	141,7	102,4	100
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	185,7	166,6	149,7	120,1	100

под твердую пшеницу при местном стоке необходимо использовать в первую очередь пласт многолетних трав, затем черные пары и в последнюю очередь другие предшественники.

Эффективность использования местного стока талых вод под яровую пшеницу оказалась весьма высокой при всех испытанных нами предшественниках в севообороте.

По нашим опытам в 1939 и 1940 гг. эффективность использования местного стока весенних талых вод была значительной. Наблюдения над приростом сухой массы, кустистостью, стеблестоем, водным и питательным режимом почвы показали значительную эффективность задержания стока весенних талых вод и в 1941 г. Однако в связи с поражением зерновых

Влияние местного стока весенних талых вод

Вариант опыта	Мелянопус 69					
	по пшенице после черного пара			по картофелю		
	зерна		прибавка, ц/га	зерна		прибавка, ц/га
	ц/га	средняя ошибка		ц/га	средняя ошибка	
1. Без задержания воды . . .	4,83	0,12	—	—	—	—
2. Задержание воды 2 дня . .	11,14	0,16	6,31	—	—	—
3. Задержание воды 5 дней . .	11,34	0,26	6,51	12,84	0,16	—
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . . .	14,85	0,23	10,02	14,73	0,17	1,89
5. Задержание воды 10 дней . .	14,13	0,20	9,30	15,24	0,26	2,40
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . . .	18,23	0,19	13,40	17,43	0,27	4,59

культур в этом году бурой листовой ржавчиной эффективность увлажнительных мероприятий была ниже, чем в 1939 и 1940 гг. (табл. 35).

Максимальный урожай яровой пшеницы в 1941 г. получен при задержании стока талых вод в течение 10 дней и минимальный — на участке без задержания стока.

Самым эффективным в 1941 г., так же как и в предыдущие годы, оказалось задержание талых вод в течение 10 дней при внесении минеральных удобрений и подкормки.

В 1941 г., как и в предыдущие годы, подтверждалось, что продолжительность задержания талых вод в течение 10 дней на южных черноземах является достаточной для обеспечения высокого и устойчивого урожая яровой пшеницы как основной зерновой культуры на юго-востоке СССР.

В 1941 г. с избыточными осадками за весенний период и с достаточным количеством их в первой половине вегетационного периода яровых культур при задержании стока в течение 2 дней получена небольшая прибавка в урожае (0,49—1,96 ц/га), по остальным вариантам опыта с задержанием талых вод в течение 5 и 10 дней прибавка по сравнению с вариантом без задержания стока была значительной.

Урожай твердой пшеницы Мелянопус 69 был ниже урожая мягкой пшеницы Лютеценс 62 только на участке без задержания талых вод, по всем остальным вариантам урожай твердой яровой пшеницы получился значительно выше, чем мягкой яровой пшеницы. Это означает, что районированный сорт твердой яровой пшеницы Мелянопус 69 дает значительно большую прибавку урожая при использовании местного стока, чем второй районированный сорт — мягкой яровой пшеницы Лютеценс 62.

Мы уже отмечали, что твердая яровая пшеница более требовательна к условиям роста и развития, поэтому и здесь она резко реагировала на улучшение условий во время вегетации.

Для оценки влияния предшественников в севообороте на урожай яровой пшеницы при использовании местного стока талых вод в 1941 г. в табл. 36 приводим полученные нами данные.

Лучшим предшественником из испытанных нами для мягкой яровой пшеницы Лютеценс 62 в севообороте при использовании местного стока оказался картофель, затем идет пшеница после черного пара и, наконец, пшеница после картофеля.

Таблица 35

на урожай яровой пшеницы в опыте 1941 г.

Лютеценс 62								
по пшенице после черного пара			по пшенице после картофеля			по картофелю		
зерна		прибавка, ц/га	зерна		прибавка, ц/га	зерна		прибавка, ц/га
ц/га	средняя ошибка		ц/га	средняя ошибка		ц/га	средняя ошибка	
6,75	0,10	—	5,34	0,05	—	7,43	0,14	—
8,72	0,11	1,97	7,24	0,10	1,90	7,92	0,10	0,49
9,63	0,16	2,88	8,42	0,15	3,08	10,44	0,14	3,01
12,64	0,20	5,89	11,25	0,16	5,91	12,25	0,20	4,82
11,94	0,16	5,19	11,76	0,14	6,42	12,43	0,14	5,00
14,13	0,14	7,38	13,93	0,21	7,59	14,92	0,22	6,49

Таблица 36

Отношение урожая зерна яровой пшеницы Мелянопус 69 к Лютеценс 62 по разным предшественникам к урожаю зерна яровой пшеницы Лютеценс 62 по пшенице после картофеля, принятому за 100.
Опыт 1941 г.

Вариант	Мелянопус 69		Лютеценс 62		
	по пше- нице пос- ле черного пара	по карто- фелю	по пше- нице пос- ле черного пара	по карто- фелю	по пше- нице пос- ле карто- феля
1. Без задержания воды . . .	90,45	—	126,4	139,1	100
2. Задержание воды 2 дня . .	153,8	—	120,4	109,3	100
3. Задержание воды 5 дней . .	134,6	152,5	114,3	123,9	100
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . . .	132,0	130,9	112,5	108,8	100
5. Задержание воды 10 дней . .	120,1	129,6	101,5	105,7	100
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . . .	130,8	125,1	101,4	107,1	100

Для твердой яровой пшеницы Мелянопус 69 на первом месте оказался также картофель и на втором — пшеница после черного пара.

Внесение удобрений и подкормки под твердую и мягкую яровую пшеницу при задержании местного стока оказалось несколько эффективнее в случае, когда предшественником была пшеница после черного пара по сравнению с таким предшественником, как картофель.

После трехлетнего изучения предшественников в севообороте под яровую пшеницу при использовании местного стока мы можем сделать заключение, что лучшим предшественником из испытанных нами под яровую пшеницу является чистый черный пар, на втором месте стоит картофель, на третьем — пшеница после черного пара и на четвертом — пшеница после картофеля.

Из приведенных выше данных видно, что урожай яровой пшеницы при использовании талых вод подвержен значительным изменениям. Изменения эти касаются и соотношения между зерном и соломой. В большинстве случаев это соотношение представляет положительную зависимость: урожай зерна повышается с увеличением урожая соломы. Однако на юго-востоке СССР подобная зависимость часто нарушается под влиянием суховея и других неблагоприятных условий. И. В. Якушкин (1947) установил, что засуха создает широкое отношение между зерном и соломой при зерне низкого качества.

А. И. Носатовский (1950) отмечает, что при высоких урожаях яровой пшеницы отношение зерна к соломе может быть 1:1 и даже выше.

По данным Безенчукской опытной станции (1937), за 32 года отношение зерна к соломе для мягкой пшеницы составило в среднем 0,58, а для твердой — 0,55. В нашем исследовании получен показатель отношения зерна к соломе яровой пшеницы Горденформе 189 по лучшему предшественнику в севообороте черному пару — от 0,51 до 0,67 и Лютецене 62 — от 0,56 до 0,69. Если принять полученное на Безенчукской опытной станции отношение зерна к соломе за нормальное в условиях юго-восточных районов СССР, то наши показатели в большинстве случаев дают отклонения в положительную сторону (табл. 37).

Таблица 37

Отношение урожая зерна к урожаю соломы яровой пшеницы при использовании местного стока талых вод в опытах 1939—1941 гг.

Вариант	Горденформе 189			Меллипусе 69					Лютесцене 62			
	по карто- фелю		по пару	по картофелю	по пшенице после пара	по картофелю			по пшени- це после картофеля	по пару	по пшенице после пара	
	1939	1940										
	1940	1941	1941	1939	1940	1941	1940	1941	1940	1941		
1. Без задержания воды . . .	0,47	0,64	0,67	—	0,37	0,69	0,66	0,31	0,64	0,30	0,69	0,33
2. Задержание воды 2 дня . . .	0,54	0,61	0,66	—	0,35	0,69	0,64	0,32	0,61	0,37	0,66	0,35
3. Задержание воды 5 дней . . .	0,45	0,58	0,62	0,41	0,37	0,66	0,64	0,35	0,58	0,35	0,67	0,35
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . . .	0,54	0,64	0,61	0,39	0,38	0,66	0,61	0,41	0,61	0,41	0,64	0,39
5. Задержание воды 10 дней	0,49	0,51	0,54	0,42	0,37	0,67	0,54	0,41	0,49	0,43	0,56	0,43
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . . .	0,49	0,61	0,58	0,43	0,43	0,54	0,64	0,47	0,61	0,45	0,61	0,43

Понятно, что чем шире получилось отношение зерна к соломе злаковых растений, чем ниже показатель этого соотношения, тем менее благоприятны были условия для формирования основной продукции урожая — зерна. На юго-востоке во время суховея чаще наблюдается снижение урожая зерна хлебов при отсутствии увеличения урожая соломы. Поэтому мы считаем, что низкий показатель отношения зерна к соломе яровой пшеницы указывает на неблагоприятные условия для формирования зерна и, следовательно, на неполное использование биологических особенностей сорта и культуры в получении высокого урожая при данных погодных условиях и агротехнике.

Выход зерна в процентах от общей массы урожая зависит от сорта, метеорологических условий и условий питания растений. Таким образом, созданные нами благоприятные условия питания и увлажнения увеличили урожай зерна и соломы взятых нами сортов в 2—3 раза. Однако неблагоприятные метеорологические условия несколько ослабили влияние использования местного стока весенних талых вод.

Работ, специально направленных на изучение качества урожая при использовании местного стока и даже работ, освещающих качество продукции на орошаемых землях вообще, очень мало. Между тем практика сельского хозяйства на орошаемых землях подсказывает необходимость соответствующих научных исследований в этом направлении. Здесь можно будет указать на немногочисленные, иногда противоречивые наблюдения, касающиеся зерновых хлебов при обычном орошении.

И. Хатисов (1881), В. Богдан (1900) и А. Г. Зорькин (1929) приводят данные, говорящие об ухудшении качества пшеницы с орошаемых земель. В. Роговский (1916) и Н. С. Петин (1934а, 1936), наоборот, приходят к выводу, что некоторые сорта на орошаемых землях при соответствующих способах орошения и применения удобрений дают продукцию более высокого качества: повышается натура, абсолютный вес зерна и содержание белкового азота в зерне.

В. П. Бушинский (1916) исследовал в б. Зайсанском уезде, Семипалатинской области химический состав зерна яровой пшеницы с целью определения влияния различных сроков и числа поливов. Он установил, что максимальное количество белка и золы в зерне получается при одном предпосевном поливе (такое орошение близко подходит к нашему увлажнению при использовании стока весенних талых вод). При увеличении числа поливов наблюдалось понижение количества белка и уменьшение золы в зерне. К сожалению, в работе В. П. Бушинского не приведены для сравнения параллельно с анализами зерна с орошаемых участков данные о качестве зерна с неорошаемых участков.

Результаты нашего исследования абсолютного веса зерна яровой пшеницы, выращенной при использовании местного стока весенних талых вод в 1939—1941 гг., приведены в табл. 38.

Таблица 38

Вес 1000 зерен (абсолютный вес зерна) яровой пшеницы при использовании местного стока талых вод в опытах 1939—1942 гг.

Вариант	Лютецене 62						Горденформе 189		Меллипусе 69			
	по картофелю		по пшенице после картофеля		по пару		по картофелю	по пару	по картофелю	по пшенице после пара	по картофелю	по пшенице после пара
	1939	1940	1941	1940	1941	1940	1939	1940	1941	1941	1941	1941
1. Без задержания воды . . .	25,0	23,3	22,8	22,7	22,0	23,5	22,2	28,6	27,6	28,0	28,1	28,2
2. Задержание воды 2 дня . . .	26,4	24,8	23,1	23,9	23,9	25,2	23,6	31,3	35,2	35,8	32,4	32,1
3. Задержание воды 5 дней . . .	29,5	27,1	25,6	26,2	24,8	27,3	25,1	36,2	36,2	36,6	37,4	35,2
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . . .	31,9	29,6	27,1	27,5	25,1	31,1	25,8	37,2	38,1	38,9	38,6	38,5
5. Задержание воды 10 дней . . .	30,3	27,7	27,2	26,8	24,8	28,3	25,2	36,3	37,5	38,1	37,2	36,2
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . . .	32,6	30,6	28,2	28,1	27,6	31,2	27,8	38,1	38,3	38,9	38,8	38,6

Использование талых вод под яровую пшеницу увеличило абсолютный вес зерна, а высокий абсолютный вес зерна при прочих равных условиях, как известно, является показателем хорошего урожая. Наблюдавшиеся в 1939 г. засухи значительно понизили абсолютный вес зерна в целом, а на участке без задержания талых вод свели его до минимума. Этим в первую очередь и объясняется низкий урожай яровой пшеницы на участке без дополнительного увлажнения почвы.

Снижение абсолютного веса зерна яровой пшеницы Лютесценс 62 в 1941 г. по сравнению с абсолютным ее весом, полученным в 1940 г., объясняется, как уже отмечалось, исключительно сильным поражением яровой пшеницы в 1941 г. бурой листовой ржавчиной.

Все же задержание местного стока талых вод, несмотря на неблагоприятные условия, повысило абсолютный вес по всем вариантам с задержанием стока. Максимальный абсолютный вес яровой пшеницы Лютесценс 62 и Мелянопус 69 получен при задержании воды в течение 10 дней и минимальный — на участке без задержания воды.

Натура зерна (т. е. вес 1 л зерна) за все время нашего наблюдения (1939—1941 гг.) не дала определенной картины. Некоторое повышение натуры зерна можно было заметить при задержании воды в течение 10 дней. Улучшение натуры зерна отмечалось при внесении минеральных удобрений и подкормки на фоне дополнительного увлажнения почвы задержанием стока весенних талых вод.

По лучшим предшественникам — парам и картофелю — отмечено повышение абсолютного веса и зерно с более высокой натурой.

С применением дополнительного увлажнения почвы путем задержания стока талых вод естественно должен изменяться питательный режим растения, увеличиваться количество доступных ему питательных солей, изменяться концентрация раствора и его реакция. Исходя из этого, мы решили выяснить, какое влияние оказывает дополнительное увлажнение почвы весной при задержании стока талых вод на химический состав яровой пшеницы и на накопление в ней основных питательных веществ (табл. 39).

Можно утверждать, что задержание талых вод в течение 10 дней, удобрение и подкормка увеличивают процентное содержание азота, фосфора, калия и сырой золы в зерне и азота в соломе яровой пшеницы Лютесценс 62. Содержание этих элементов в зерне яровой пшеницы с удобрением было больше, чем с неудобренными. Задержание талых вод без удобрения снизило процент азота в зерне пшеницы Лютесценс 62 по сравнению с вариантом без задержания воды. Минимальное количество сырой золы обнаружено в зерне на участке без задержания стока. Максимальное количество фосфорной кислоты, окиси калия и сырой золы в соломе яровой пшеницы Лютесценс 62 получилось при задержании стока в течение 10 дней без удобрения и без подкормки.

Калия в соломе оказалось в 5 раз больше, чем в зерне. Это показывает, что биохимические процессы в растениях проходили ненормально. Калий в большом количестве накопился в вегетативной части и не был использован в полной мере яровой пшеницей. Такое количество калия (3,33—4,06%) в растении обнаружил И. А. Лайков (1936) в фазу выхода в трубку яровой пшеницы. На основании этого мы можем сказать, что в 1939 г. неблагоприятные для развития яровой пшеницы условия затормозили, начиная с фазы выхода в трубку, процессы накопления питательных веществ в генеративной части.

В зерне твердой яровой пшеницы Горденформе 189 указанных выше химических веществ оказалось больше, чем в зерне мягкой яровой

Таблица 39

Содержание общего азота и зольных элементов в зерне и соломе яровой пшеницы Лютесценс 62 и Горденформе 189 в зависимости от задержания талых вод в полевом опыте 1939 г. (в % от абсолютно сухой массы)

Вариант опыта	В зерне					В соломе				
	Гигроскопическая вода	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сырая зола	Гигроскопическая вода	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сырая зола
Лютесценс 62										
1. Без задержания воды . . .	10,61	2,45	0,86	0,46	2,33	9,82	0,86	0,28	2,88	6,18
2. Задержание воды 2 дня . . .	10,02	2,36	0,89	0,45	2,47	8,70	0,63	0,25	2,96	6,68
3. Задержание воды 5 дней . . .	10,22	2,34	0,87	0,52	2,52	8,57	0,92	0,32	3,18	7,46
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . . .	10,13	2,84	0,92	0,63	2,72	9,33	0,96	0,26	3,16	7,34
5. Задержание воды 10 дней . . .	10,68	2,67	0,91	0,63	2,95	9,17	0,89	0,44	3,36	7,86
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . . .	10,26	2,97	1,06	0,73	2,98	9,15	1,03	0,43	3,32	7,63
Горденформе 189										
1. Без задержания воды . . .	10,17	2,69	0,93	0,52	2,42	9,88	0,87	0,33	2,91	6,46
2. Задержание воды 2 дня . . .	10,63	2,65	0,93	0,51	2,52	9,76	0,72	0,31	3,10	6,52
3. Задержание воды 5 дней . . .	10,35	2,57	0,91	0,62	2,58	8,70	0,89	0,36	3,22	7,63
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . . .	10,88	3,16	0,99	0,64	2,74	8,33	0,73	0,31	3,31	7,58
5. Задержание воды 10 дней . . .	10,64	3,10	1,01	0,74	2,96	8,69	0,89	0,46	3,32	7,98
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . . .	11,25	3,24	1,15	0,75	3,11	8,11	1,12	0,46	3,29	7,72

пшеницы Лютесценс 62: азота на 9,2%, фосфорной кислоты на 9,3%, окиси калия на 21% и сырой золы на 4,3%. В соломе также наблюдалось превышение содержания этих веществ у Горденформе 189, но в меньшем раз-
мере. Большее количество азота, фосфорной кислоты, окиси калия и сырой золы в зерне пшеницы Горденформе 189 получилось и при задержании талых вод в течение 10 дней с удобрением и подкормкой.

Максимальное количество фосфора, калия и сырой золы в соломе яровой пшеницы Горденформе 189 было получено на делянках при задержании стока талых вод в течение 10 дней без удобрения и подкормки. Минимальное количество сырой золы в зерне и соломе пшеницы Горденформе получено на участке без задержания талых вод.

В проведенных нами в 1935—1937 гг. вегетационных опытах (1946) было установлено, что недостаточное количество азота в питательной среде в первую половину роста и развития яровой пшеницы влечет за собой уменьшение количества азота в зерне. Ранее В. А. Чижов (1936) отмечал следования при орошении были применены в достаточном количестве азотистые и фосфорные удобрения и притом в ранние сроки, качество пшеницы осталось бы без значительных изменений. Подтверждение этому мы

находим у М. Е. Пронина и др. (1936): при исследовании эффективности применения минеральных удобрений для яровой пшеницы в условиях Азово-Черноморского края было установлено, что внесение суперфосфата в комбинации с азотом перед ранним посевом повышает содержание азота в зерне пшеницы.

Н. С. Петин (1934а) установил, что при орошении дождеванием повышается качество зерна яровой пшеницы, увеличивается количество белка в зерне.

Он также отмечает, что одним из способов дальнейшего повышения белковости зерна яровой пшеницы является комбинированное применение удобрений с орошением. Наилучшие результаты получены при дробном внесении азотистого удобрения — перед посевом и в стадии колосения. При таком внесении удобрений репродуктивные органы растения получают значительно большую часть азота, а это способствует усиленному накоплению белка в зерне. В опыте Н. С. Петина твердые пшеницы при орошении дали несколько больше белка по сравнению с мягкими пшеницами.

Для того чтобы выяснить, какое влияние оказывает задержание местного стока талых вод на химический состав зерна и соломы яровой пшеницы в полевом опыте 1940 г., были определены основные химические элементы в зерне и соломе яровой пшеницы Горденформе 189 и Лютесценс 62 (табл. 40).

Таблица 40

Содержание общего азота и зольных элементов в зерне и соломе пшеницы Горденформе 189 и Лютесценс 62 в зависимости от задержания талых вод при посеве после черного пара. Опыт 1940 г. (в % от абсолютно сухой массы)

Вариант опыта	В зерне					В соломе				
	Гигроскопическая вода	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сырая зола	Гигроскопическая вода	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сырая зола
Горденформе 189										
1. Без задержания воды . . .	10,64	2,58	0,92	0,546	2,71	9,18	0,81	0,34	3,14	6,98
2. Задержание воды 2 дня . .	10,58	2,43	0,93	0,531	2,73	8,97	0,80	0,35	3,29	6,87
3. Задержание воды 5 дней . .	10,32	2,44	0,90	0,628	2,80	9,16	0,82	0,36	3,29	7,32
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . .	10,83	2,81	0,96	0,674	2,84	8,87	0,78	0,34	3,37	7,58
5. Задержание воды 10 дней . .	10,81	2,72	1,06	0,789	3,06	8,91	0,78	0,41	3,49	7,81
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	10,92	2,84	1,17	0,772	3,02	8,96	0,83	0,43	3,47	8,48
Лютесценс 62										
1. Без задержания воды . . .	10,18	2,34	0,85	0,582	2,56	8,95	0,74	0,26	2,98	6,62
2. Задержание воды 2 дня . .	10,24	2,33	0,89	0,561	2,54	8,45	0,72	0,25	2,97	6,78
3. Задержание воды 5 дней . .	10,27	2,28	0,91	0,596	2,79	9,24	0,73	0,30	3,12	7,41
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . .	10,40	2,64	0,99	0,668	3,02	9,16	0,79	0,31	3,30	7,96
5. Задержание воды 10 дней . .	10,43	2,54	0,94	0,714	3,22	8,87	0,75	0,40	3,38	7,98
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	10,69	2,68	1,00	0,679	3,21	9,79	0,79	0,43	3,31	7,74

Из сопоставления последних пяти вариантов с первым можно видеть, что задержание местного стока талых вод оказало влияние на химический состав зерна и соломы яровой пшеницы Горденформе 189. Количество азота в зерне яровой пшеницы во втором и третьем вариантах уменьшилось по сравнению с первым и увеличилось в четвертом, пятом и шестом вариантах. Сравнивая четвертый и шестой варианты с первым, третьим и пятым, можно сделать заключение, что внесение удобрений и подкормки при использовании местного стока талых вод увеличивает количество общего азота и фосфорной кислоты в зерне яровой пшеницы Горденформе 189. Количество калия и сырой золы в зерне пшеницы Горденформе 189 увеличилось под влиянием задержания воды в течение 5 и 10 дней; внесение удобрений и подкормки дополнительно увеличило количество калия и сырой золы в зерне.

При задержании воды в течение 2 дней количество фосфорной кислоты, калия и сырой золы в зерне пшеницы Горденформе 189 почти не изменилось.

Количество азота в соломе пшеницы Горденформе 189 при использовании местного стока талых вод не дало заметных изменений. Количество фосфорной кислоты в соломе увеличилось только при задержании воды в течение 10 дней, в остальных вариантах осталось без заметных изменений. Количество калия и сырой золы в соломе осталось почти без изменений только при задержании воды в течение 2 дней, а в остальных вариантах увеличилось. Увеличение сырой золы наблюдалось на участке с задержанием воды в течение 5 дней по сравнению с двухдневным задержанием воды.

Общего азота в зерне мягкой яровой пшеницы Лютесценс 62 при использовании местного стока обнаружено меньше, чем в твердой яровой пшенице Горденформе 189. В большинстве вариантов опыта с мягкой яровой пшеницы получено уменьшение фосфорной кислоты, калия и сырой золы.

По содержанию золы в соломе мягкая яровая пшеница Лютесценс 62 на местном стоке почти не отличается от твердой яровой пшеницы Горденформе 189. Можно отметить только некоторую тенденцию к повышению содержания золы в соломе мягкой пшеницы.

Использование местного стока талых вод под яровую пшеницу Лютесценс 62 повысило содержание азота в зерне урожая 1940 г. Только задержание воды на 5 дней без удобрения несколько уменьшило количество азота в зерне яровой пшеницы; при задержании воды на 2 дня количество азота в зерне пшеницы Лютесценс 62 почти не изменилось. Задержание воды на 2 дня не оказало влияния также на содержание фосфорной кислоты в зерне и соломе яровой пшеницы Лютесценс 62.

Задержание местного стока талых вод в течение 5 и 10 дней увеличило количество фосфорной кислоты, калия и сырой золы в зерне и соломе яровой пшеницы Лютесценс 62. На количество азота в соломе задержание яровой пшеницы Лютесценс 62 не оказало влияния. Заметное повышение азота местного стока почти не оказало влияния. Заметное повышение азота в соломе яровой пшеницы наблюдалось только при задержании воды в течение 5 дней, внесении удобрения и подкормки.

Для установления влияния предшественников под яровую пшеницу в севообороте при использовании местного стока талых вод на химический состав зерна и соломы мы определили содержание азота, фосфорной кислоты, калия и сырой золы в зерне и соломе яровой пшеницы Горденформе 189 и Лютесценс 62 при посеве в 1940 г. после паровой обработки (табл. 40) и после картофеля (табл. 41).

В содержании общего азота и зольных элементов в зерне и соломе яровой пшеницы Горденформе 189, посеянной после черного пара и после

Таблица 41

Содержание общего азота и зольных элементов в зерне и соломе пшеницы Гордеиформе 189 и Лютецене 62 в зависимости от задержания талых вод при посеве после картофеля. Опыт 1940 г. (в % от абсолютно сухой массы)

Вариант опыта	В зерне					В соломе				
	Гигроскопическая вода	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сырая зола	Гигроскопическая вода	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сырая зола
<i>Гордеиформе 189</i>										
1. Без задержания воды . . .	10,77	2,58	0,92	0,52	2,72	8,92	0,82	0,33	3,11	6,84
2. Задержание воды 2 дня . .	10,62	2,44	0,93	0,52	2,76	8,81	0,82	0,34	3,13	6,68
3. Задержание воды 5 дней . .	10,14	2,41	0,90	0,63	2,78	9,26	0,82	0,35	3,19	7,26
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . .	10,43	2,79	0,96	0,69	2,86	8,78	0,79	0,32	3,31	7,62
5. Задержание воды 10 дней . .	10,81	2,68	1,03	0,80	3,08	8,71	0,78	0,42	3,46	7,79
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	10,73	2,84	1,08	0,77	3,10	8,52	0,83	0,42	3,48	7,97
<i>Лютецене 62</i>										
1. Без задержания воды . . .	10,67	2,34	0,85	0,57	2,51	8,71	0,74	0,26	2,96	6,46
2. Задержание воды 2 дня . . .	10,03	2,33	0,92	0,55	2,51	9,17	0,71	0,25	2,98	6,82
3. Задержание воды 5 дней . .	10,61	2,29	0,92	0,61	2,77	8,68	0,81	0,30	3,01	7,34
4. Задержание воды 5 дней, удобрение и подкормка . .	10,26	2,62	1,00	0,68	2,96	9,15	0,79	0,33	3,29	7,72
5. Задержание воды 10 дней . .	9,89	2,54	0,94	0,73	3,27	9,17	0,76	0,42	3,36	7,94
6. Задержание воды 10 дней, удобрение и подкормка . .	10,41	2,66	1,03	0,69	3,20	9,33	0,80	0,42	3,32	7,86

картофеля, существенной разницы нет. Наметилась только общая тенденция к увеличению содержания основных химических элементов в зерне и соломе пшеницы в пользу черного пара как лучшего предшественника под яровую пшеницу при использовании местного стока, но она в большинстве случаев не выходит за пределы ошибки наблюдений (0,05%).

С достоверностью можно сказать, что количество азота в зерне яровой пшеницы Гордеиформе 189 уменьшилось, а количество сырой золы увеличилось при задержании воды в течение 10 дней без удобрения и подкормки; количество калия увеличилось в соломе яровой пшеницы при задержании талых вод в течение 2 и 5 дней и золы — при задержании талых вод в течение 10 дней.

Для пшеницы Лютецене 62, как и для твердой яровой пшеницы Гордеиформе 189, не устанавливается почти никакой разницы в содержании азота и зольных элементов в зерне и соломе по двум сравниваемым предшественникам (черному пару и картофелю) в севообороте при использовании местного стока талых вод. Сохранилась тенденция к увеличению содержания основных химических элементов в зерне и соломе мягкой яровой пшеницы в пользу черного пара, но в меньшей мере, чем для твердой яровой пшеницы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПЫТОВ 1940—1951 гг.

Одновременно с изучением использования местного стока талых вод под зерновые культуры на стационарном участке мы учли производственный опыт колхозов и совхозов, использовавших в той или иной мере воды местного стока.

Задержание весенних талых вод на месте накопления снега без дополнительного сбора с расположенных выше площадей нужно рассматривать как дополнение к снегозадержанию, способствующее большему увлажнению почвы.

Задача рационального использования весенних талых вод заключается в том, чтобы возможно больше задержать их на месте под возделываемые сельскохозяйственные растения, а оставшиеся незадержанными на полях — собрать в прудах и водоемах, устроенных в балках, мелких оврагах и других понижениях, для дальнейшего использования на орошение полей.

Населению степных районов хорошо известно использование вод местного стока в пониженных местах с богатейшими почвами, на которых оно располагает ценнейшие свои угодья — огороды и сады.

Задержание весенних талых вод путем обвалования полей как простое и доступное мероприятие должно получить широкое распространение в ближайшие годы.

Закладка опытов по использованию местного стока путем обвалования полей в 1940—1947 гг. проводилась нами по договоренности с агрономами МТС, отделов сельского хозяйства и председателями колхозов после выявления соответствующей площади и производственных возможностей.

Производственные опыты по задержанию весенних талых вод нами учтены в 1948—1951 гг.

Результаты опытов по возделыванию зерновых культур с использованием местного стока талых вод в производственных условиях с 1940 по 1951 г. приведены в табл. 42.

Как видно из данных, приведенных в табл. 42, урожай зерновых культур при использовании местного стока талых вод в производственных условиях удвоился. Прибавка урожая при задержании весенних талых вод превышает в большинстве случаев весь урожай зерновых культур с участков без задержания воды. Как и следовало ожидать, эффективность задержания талых вод оказалась выше в районах, менее обеспеченных атмосферными осадками, к которым относятся Присамарский и Северо-Восточный черноземные естественно-исторические районы.

Для характеристики приемов агротехники при возделывании зерновых культур на местном стоке талых вод в колхозах Чкаловской области остановимся на наиболее характерных примерах.

Буртинский район (южная часть Чкаловской области). Этот район менее обеспечен осадками в течение вегетационного периода, чем другие. На его территории имеется много степных рек, которые несут весной большое количество воды, а летом почти пересыхают. Земельная площадь освоена в меньшей мере, чем в центральной и северной части Чкаловской области. Рельеф местности в большинстве своем ровный, спокойный, т. е. такой, который позволяет задержать полностью сток весенних талых вод. Колхозы Приуральской МТС, в которых использование местного стока весенних талых вод получило широкое распространение, расположены в левобережье Урала. Почва — южный суглинистый чернозем, малогумусный (4—5%). Рельеф местности выровненный с уклоном до

Таблица 42

Влияние задержания талых вод на урожай зерновых культур в производственных условиях. Чкаловская область, 1940—1951 гг.

Естественно-исторические районы	Административные районы	Сельхозартели и совхозы	Культура	Площадь с задержанием талых вод, га	Урожай зерна, га				
					без задержания воды	с задержанием воды	прибавка	год	
I. Центральный черноземный. Почвы — обыкновенный чернозем. Годовых осадков от 300 до 400 мм	Гавриловский	«Талы»	Яровая пшеница	40	4,5	8,5	4,0	1951	
		Им. Маленкова	Яровая пшеница	24	6,8	11,2	4,4	1951	
	Бузулукский	Им. Ворошилова	Яровая пшеница	35	3,8	7,2	3,4	1951	
	Грачевский	«Красная стрела»	Яровая пшеница	51	4,5	12,4	7,9	1943	
			Яровая пшеница	140	4,5	10,6	6,1	1943	
II. Приуральский степной. Почвы — южные черноземы. Годовых осадков от 270 до 350 мм	Буртинский	«Красное знамя»	Яровая пшеница	80	7,0	18,0	11,0	1940	
		«Трудовик»	Яровая пшеница	18	4,0	9,0	5,0	1941	
			Мелянопус 69	14	5,0	12,0	7,0	1941	
			Просо Саратовское 853	16	4,4	9,7	5,3	1945	
			Яровая пшеница	12	5,2	12,6	7,4	1945	
			Мелянопус 69						
			Овес Победа						
	Чкаловский	«Путь к социализму»	Яровая пшеница	22	8,2	14,6	6,4	1946	
			Мелянопус 69	15	9,3	17,4	8,1	1946	
		«Красное знамя»	Яровая пшеница	26	7,7	13,8	6,1	1946	
			Просо Оренбургское красное	34	11,2	16,3	5,2	1946	
	Чкаловский	«Колос»	Яровая пшеница	55	2,7	6,2	3,5	1951	
		Им. Крупской	Яровая пшеница	72	9,4	20,3	10,9	1950	

Таблица 42 (продолжение)

Естественно-исторические районы	Административные районы	Сельхозартели и совхозы	Культура	Площадь с задержанием талых вод, га	Урожай зерна, га				
					без задержания воды	с задержанием воды	прибавка	год	
III. Приилекский степной. Почвы — маломощные южные черноземы. Годовых осадков от 260 до 280 мм	Ак-Булакский	Им. Калинин	Яровая пшеница	12	8,4	25,6	17,2	1947	
	Мустаевский	Совхоз им. Магистрострой	Яровая пшеница	1388	13,9	20,1	6,2	1950	
IV. Присамарский черноземный. Почвы — обыкновенные и южные черноземы. Годовых осадков от 250 до 280 мм	Куршаневский	«Большевик»	Яровая пшеница	86	4,2	9,4	5,2	1951	
			Просо	11	6,4	31,0	24,7	1951	
V. Северо-восточный черноземный. Почвы — южные черноземы. Годовых осадков от 250 до 280 мм	Кваркенский	Им. Ленина	Яровая пшеница	120	7,6	24,0	16,4	1942	
			Лютесценс 62						

1° на 60%, остальная площадь пахотнеспособной земли имеет уклон от 1 до 3°.

В колхозах Приуральской МТС 27 700 га пахотнеспособной земли в полевых севооборотах. Кроме того, имеется 7517 га, заливаемых разливами Урала и других степных рек. Из этой площади заливных земель под сенокосы и посевы полевых культур приходится не более 60%.

Большие работы по задержанию талых вод проведены в колхозе «Красное знамя». Колхозники построили вал длиной около 7 км, высотой около метра, которым задерживается паводковая весенняя вода р. Бурта на площади 1400 га. Здесь в 1940 г. нами проведен производственный опыт с задержанием талых вод путем обвалования под яровую пшеницу на площади 80 га. Вода задерживалась в течение 4—5 дней. После того как вода впиталась в почву и почва достаточно подсохла, была произведена культивация зяби и вслед за ней боронование. Посев произведен рядовой тракторной сеялкой. Высейна была пшеница Лютесценс 62 при норме высева 400 зерен на 1 м², или 112 кг/га всхожих семян. Уход заключался в ручной полке во время кущения яровой пшеницы (данные об урожае см. в табл. 42).

Натура зерна яровой пшеницы с площади, на которой задерживалась вода, получилась в среднем 768 г, а с площади без задержания воды — 644 г. Абсолютный вес зерна с соответствующих участков в среднем 32 и 24 г.

В 1941 г. был проведен опыт в колхозе «Трудовик» с яровой пшеницей и просом. Посевная площадь под яровой пшеницей составляла 18 га и

под просом 14 га. Вода задерживалась обвалованием в течение 6—7 дней. После схода воды участок культивировался и бороновался. Посев производился семенами яровой пшеницы Мелянопус 69 и проса Саратовское 853. Норма высева для яровой пшеницы была установлена в 420 зерен на 1 м², или 151,2 кг/га, проса — 250 зерен на 1 м², или 16,3 кг. Уход заключался в ручной полке; пшеницу пропололи один раз — в начале выхода в трубку, а просо — два раза: перед кущением и перед выметыванием метелки. Пшеницу убирали комбайном «Сталинец», а просо — лобогрейкой. Обмолот проса производился комбайном на стационаре. Урожай яровой пшеницы получен 9 ц/га, проса — 12 ц/га, тогда как на площади без задержания талых вод урожай яровой пшеницы составил 4 ц/га и проса 5 ц/га. Качество урожая с увлажненной площади было выше: зерно пшеницы имело абсолютный вес 38 г против 32 г с неувлажненной площади; просо — 6,8 и 6,4 г.

В 1942 г. проведен производственный опыт в колхозе им. Ленина, Кваркенского района, на площади 120 га. Весной на этой площади задерживались весенние талые воды с водосборной площади в 1600 га. Вода впиталась в почву через 2—3 дня после таяния снега. Участок вышел из-под многолетней залежи. Посев произведен семенами яровой пшеницы Лютесценс 62, норма высева была установлена в 118 кг/га. Поле яровой пшеницы было чистым и полка не требовалась. Уборка производилась комбайном. Урожай зерна яровой пшеницы получен в 24 ц/га, тогда как с участка, на котором вода не задерживалась весной, урожай составил 7,6 ц/га.

В 1943 г. производился учет опыта по использованию стока талых вод в колхозе «Красная стрела», Грачевского района. Вода задерживалась в течение 6 дней обвалованием на площади 51 га и на площади 140 га в течение 3—4 дней.

Посев производился тракторной сеялкой в нормальный срок сева ранних зерновых культур. Перед посевом зябь была проборонована. Урожай получен на площади 51 га по 12,4 ц/га, на площади 140 га по 10,6 ц/га, а на площади 20 га без задержания талых вод урожай получен 4,5 ц/га. Качество зерна яровой пшеницы было выше на участке с дополнительным увлажнением. Абсолютный вес зерна с первого участка оказался 31 г, со второго — 30,6 г и с третьего — 27,8 г.

В 1945 г. были проведены опыты в колхозах «Трудовик», Буртинского района. На местном стоке талых вод был произведен посев яровой пшеницы Мелянопус 69 и овса «Победа». Участок после уборки яровой пшеницы, которая шла в севообороте по многолетним травам, был вспахан осенью тракторным плугом на глубину 20—23 см. Весной на этом участке задерживались талые воды в течение 6—8 дней. После впитывания воды, как только можно было начать полевые работы, площадь культивировалась и бороновалась в два следа бороной «зигзаг». Норма высева пшеницы Мелянопус 69 была установлена 138 кг/га, овса Победа — 135 кг/га. Уход заключался в полке крупных сорняков во время трубкования яровой пшеницы и овса.

Пшеницу убирали комбайном, а овес скосили лобогрейкой и обмолотили комбайном на стационаре. Урожай яровой пшеницы Мелянопус на заливаемом водой участке получен 9,7 ц/га, а на незаливаемом — 4,4 ц/га; урожай овса был соответственно 12,6 и 5,2 ц/га.

В 1946 г. проводились опыты с использованием местного стока талых вод в колхозе «Путь к социализму» и «Красное знамя», Буртинского района. В колхозе «Путь к социализму» задержание талых вод производилось при помощи земляных валиков. Вода задерживалась в течение

6—7 дней. Почва — суглинистый южный чернозем, достаточно мощный. Вскипание от НС1 на глубине 45—50 см. Уклон рельефа 0,002.

На площади введен полевой девятипольный севооборот со следующим чередованием культур: 1 — черный пар, 2 — озимые, 3 — яровая пшеница с подсевом травосмеси многолетних трав (люцерны желтой с житняком узкоколосым), 4—5 — травосмесь, 6 — твердая пшеница, 7 — мягкая пшеница, 8 — пропашные и 9 — серые хлеба.

Обработка почвы заключалась в зяблевой вспашке, которая была проведена в августе 1945 г. Весной, после впитывания воды и подсыхания почвы, пашня культивировалась и бороновалась в два следа. Посев производился 21—25 мая, что можно считать несколько запоздалым сроком, хотя после этого посев в производственных условиях Буртинского района продолжался еще до 25 июня. Норма высева твердой яровой пшеницы установлена 138 кг/га, овса Победа — 126 кг/га.

Уход за посевом заключался в двукратной ручной полке. Первая прополка была во время кущения пшеницы и овса, вторая — в конце выхода в трубку. Уборка овса и пшеницы производилась комбайном. Урожай яровой пшеницы Мелянопус 69 получен с заливаемой площади 14,6 ц/га, а с незаливаемой — 8,2 ц/га. Урожай овса Победа с соответствующих участков получен 17,4 и 9,3 ц/га.

В колхозе «Красное знамя» вода задерживалась валом, построенным в 1940 г. Посев яровой пшеницы Лютесценс 62 был произведен рядовым способом 28 мая. Норма высева установлена 130 кг/га. Просо Оренбургское красное комовое посеяно 1 июня широкорядным способом с междурядьями 45 см. Норма высева 17 кг/га. Уход за яровой пшеницей заключался в ручной полке во время выхода в трубку; выпалывали исключительно крупные сорняки — донник, полынь, лебеду и т. д. Просо полости во время кущения; междурядья рыхлили во время кущения и в конце выхода в трубку.

Уборку пшеницы производили комбайном, а просо убирали лобогрейкой, так как было очень много подгона и солома была зеленой. Обмолот проса производился комбайном на стационаре.

Урожай зерна пшеницы Лютесценс 62 на участке с задержанием талых вод получен по 13,8 ц/га, без задержания талых вод — 7,7 ц/га урожай зерна проса соответственно 16,3 и 11,2 ц/га (табл. 42).

Качество урожая зерновых при использовании весенних талых вод получилось высокое. Так, в колхозе «Красное знамя» абсолютный вес пшеницы Лютесценс 62 при задержании талых вод составил 28,9 г, без задержания — 26,8 г, абсолютный вес проса Оренбургское красное комовое соответственно 8,1 и 7,2 г.

В 1947 г. нами учтен производственный опыт в сельскохозяйственной артели им. Калинина, Ак-Булакского района. Колхозница т. Стащенко выбрала в полевом севообороте участок (12 га) для получения высокого урожая, на котором задерживался сток талых вод. В сентябре 1946 г. была произведена зяблевая вспашка тракторным плугом на глубину 20—22 см. Весной, после того как впиталась вода и почва подсохла, участок был прокультивирован с последующим боронованием в два следа бороной «зигзаг».

Посев произведен тракторной сеялкой. Норма высева яровой пшеницы Лютесценс 62 была установлена в 135 кг/га. Уход заключался в прополке пшеницы во время кущения. Урожай убирали жнейкой-самосброской. Обмолот производили на полусложной молотилке МК-1100. С 12 га, заливаемых весной талыми водами, собрали зерна яровой пшеницы Лютесценс 62 по 25,6 ц/га, а с площади, не получившей дополнительного

увлажнения, — 8,4 ц/га (табл. 42). Результаты, полученные в производственных условиях, полностью подтвердили установленную нами на экспериментальном участке эффективность использования весенних талых вод под яровую пшеницу.

ВЫВОДЫ

В результате изложенных выше исследований и литературных данных можно сделать следующие выводы и предложения для производства.

1. Использование весенних талых вод на месте их образования под сельскохозяйственные культуры является одним из мощных звеньев повышения урожайности и борьбы с эрозией почв.

2. Средний годовой сток талых вод в юго-восточных степных и лесостепных районах колеблется в пределах от 40 (Новоузенск) до 100 мм (Бугуруслан), что составляет около 50% от зимних осадков. Размер местного стока талых вод сильно колеблется по годам (от 10—20 до 200—300% от среднего многолетнего). Снижение местного стока до минимума в весеннее время никогда не распространялось на всю территорию степных и лесостепных районов.

3. Задержание весенних талых вод обвалованием наиболее полно отвечает требованиям использования их на месте образования и обеспечивает лучшее увлажнение почвы, а вместе с тем и повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Задержание местного стока талых вод позволяет осуществлять дополнительное увлажнение почвы там, где устройство регулярно действующего орошения по условиям рельефа затруднительно или экономически нецелесообразно.

Увлажнительные мероприятия, осуществляемые путем задержания талых вод обвалованием, при правильном их применении полностью уничтожают поверхностный сток воды и оказывают влияние на регулирование влагооборота внутри страны. Они в состоянии не только прекратить эрозионные процессы, но и избавить страну от сильных разрушительных паводков и наводнений. Благодаря превращению поверхностного стока талых вод во внутренний прекращаются смыв и размыв почвы.

4. Водозадержание является достаточной гарантией получения высоких и устойчивых урожаев. Оно вполне эффективно в районах, где среднее годовое количество осадков не менее 200 мм. Задержание местного стока талых вод целесообразно и в таких районах, где выпадающие осадки без орошения полей только периодически обеспечивают удовлетворительные урожаи.

5. Все способы задержания весенних талых вод объединяются в следующие группы: а) глубокая вспашка и бороздование поперек склона, б) обвалование полей, в) водозадерживающие преграды, устроенные путем обвалования полей снежными валами, г) кулисы, д) полосное ускорение таяния снега зачернением (покрытие снега тонким слоем сухой растертой земли, золой и т. п.), е) замедление таяния снега (на посевах озимых культур), осуществляемое путем разбрасывания соломы ровным слоем по снегу или полосным прикатыванием снега поперек склонов.

6. Глубокая вспашка поперек склонов, бороздование, задерживающие преграды из снега, полосное ускорение и замедление таяния снега значительно уменьшают сток талых вод, но полностью его не ликвидируют, особенно на более крутых склонах.

Одной из наиболее эффективных мер по задержанию зимних осадков является задержание талых вод обвалованием полей.

7. Земляными валиками высотой до 45 см, направленными поперек склона, можно полностью задержать на месте весенние талые воды, образовавшиеся от зимних осадков. Вместе с тем прекращается смыв и разрушение почвы.

Нашими исследованиями установлено, что задержание весенних талых вод в течение 5 и 10 дней увеличивает запас доступной влаги в двухметровом слое почвы до нормы лиманного орошения, установленной для южной части Заволжья. При задержании талых вод в течение 5 дней запас доступной влаги в почве увеличился в среднем за три года на 2312,4 м³ на гектар, а при задержании в течение 10 дней — на 3905,7 м³ на гектар.

Задержание весенних талых вод в течение 10 дней обеспечило в наших опытах получение самого высокого урожая яровой пшеницы. Увеличение урожая составило в среднем за три года 7,8 ц/га, или на 134,5% больше, чем с участка без задержания талых вод.

8. При использовании местного стока весенних талых вод вода в полевых условиях расходуется более продуктивно, особенно если в почве создается влажность, благоприятная для урожая.

Расход влаги за вегетацию яровой пшеницы и по отдельным периодам ее развития на участках с задержанием воды был больше, чем на участках без задержания талых вод. Но продуктивность расхода воды на увлажненных участках была выше, чем на неувлажненных. Коэффициент расхода воды на тонну зерна на участке без задержания талых вод в среднем за три года был равен 3502, тогда как на участках с задержанием воды в течение 10 дней он составил 1805, т. е. уменьшился почти в 2 раза. Задержание талых вод в течение 2 и 5 дней также дало более низкий коэффициент расхода воды на тонну зерна (2470 и 2405).

9. В почве на участках с задержанием талых вод в течение 10 дней были более благоприятные условия для биологической деятельности микроорганизмов, поэтому там шло накопление нитратов, а на участке с недостаточным количеством влаги микробиологическая деятельность ослабевала и количество нитратов уменьшалось.

Задержание весенних талых вод, внесение удобрений и подкормки повысили содержание водорастворимой фосфорной кислоты в почве.

10. Задержание весенних талых вод обеспечивает растения влагой в достаточной мере, что дает более дружные всходы и лучшее развитие растений во все фазы их роста и развития. Оно ускорило всходы яровой пшеницы, но увеличило период от всходов до восковой спелости. Увлажнение почвы повлекло за собой увеличение вегетационного периода яровой пшеницы на 6—8 дней.

11. Прирост сухой массы яровой пшеницы обнаружил ясную зависимость от большего увлажнения почвы и внесения удобрений. Максимальный прирост сухой массы дал задержание талых вод в течение 10 дней с внесением удобрений и подкормки. На участке с задержанием талых вод нарастание органического сухого вещества продолжалось до восковой спелости.

12. Использование местного стока талых вод оказало положительное влияние на структуру урожая яровой пшеницы. При продолжительности задержания талых вод в течение 10 дней (в среднем за 2 года — 1939 и 1940 гг.) сохранилось больше растений мягкой яровой пшеницы на 1 м² 30%, продуктивная кустистость увеличилась на 81%, число колосков в колосе было больше на 30%, вес зерна на одно растение увеличился на 151% и абсолютный вес зерна увеличился на 32%. Показатели структуры урожая твердой яровой пшеницы также значительно улучшились от дополнительного увлажнения почвы весенними талыми водами.

13. Задержание талых вод оказало влияние на рост растений. Значительно выше были растения на делянках с задержанием воды в течение 10 дней по сравнению с растениями на делянках без задержания талых вод (83—85 и 68 см). При этих же условиях колос яровой пшеницы Горденформе 189 оказался в среднем за два года длиннее на 22,1%.

14. Использование весенних талых вод улучшило качество урожая яровой пшеницы. Увеличился абсолютный вес зерна (вес 1000 зерен). Задержание талых вод в течение 10 дней на фоне удобрений и подкормки увеличило процентное содержание азота и фосфорной кислоты в зерне яровой пшеницы. Увеличение этих элементов в зерне твердой яровой пшеницы Горденформе 189 оказалось больше, чем в зерне мягкой яровой пшеницы Лютеценс 62.

На содержание азота и зольных элементов в зерне и соломе яровой пшеницы сравниваемые нами предшественники в севообороте (черные пары и картофель) существенного влияния не оказали.

15. Задержание весенних талых вод обвалованием полей и использование талых вод под зерновые культуры — вполне доступное каждому колхозу и совхозу увлажнительное мероприятие. Это мероприятие должно применяться как достаточно эффективное в степных и лесостепных районах.

16. Наряду с расширением площади посева на регулярно действующих орошаемых землях в связи с осуществлением ирригационных сооружений необходимо широко развивать увлажнительные мероприятия путем задержания весенних талых вод обвалованием полей в целях создания участков высокого и устойчивого урожая сельскохозяйственных культур.

17. Задержание и использование весенних талых вод является главным средством увлажнения полей с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур в степных районах, где нет постоянных источников воды.

18. Площади, увлажняемые весенними талыми водами путем обвалования, должны быть использованы в первую очередь под важнейшую зерновую культуру — пшеницу.

19. Использование весенних талых вод гарантирует высокий устойчивый урожай зерновых культур. Зависимость урожая от неблагоприятных метеорологических условий при этом сводится к минимуму.

ЛИТЕРАТУРА

- Адамов Н. Метеорологические наблюдения 1892—1894 гг. «Тр. экспедиции, снаряженной Лесным департаментом, под руков. проф. Докучаева», т. III, вып. 1, СПб., 1894.
- Анненков М. Н. Способ орошения полей, предлагаемый автором. Московское об-во сельского хоз-ва. Стеногр. отчет о совещании при об-ве с 18 по 22 декабря 1892 г. по общественным работам по обводнению юго-восточной части России, проведенным в 1892 г. М., 1893.
- Анненков М. Н. О мерах к уменьшению засух, там же. М., 1893а.
- Анненков М. Н. Об устройстве: 1) орошения в бассейнах рек В. Ирги и Дона и 2) искусственных водохранилищ (прудов), там же. М. 1893б.
- Анненков М. Н. Заключительный доклад о результатах, произведенных общественных работ по обводнению, там же. М. 1893в.
- Арнгольд Н. О. Копание канав на пригорках и возвышенностях пахотных полей. «Земледельческая газета», 1840, № 102.
- Астапов С. В. Практикум по мелиоративному почвоведению. М., 1947.
- Афонин М. Слово о пользе, знании, собирании и расположении чернозему, особенно в хлебопашестве. М., 1771.
- Балашевского земства опытного поля отчеты за 1908—1910 гг., вып. 1, Саратов, 1911.

- Баталин Ф. Ф. Дешевый способ увеличения влаги на полях. «Земледельческая газета», 1892, № 3.
- Безенчукский сельскохозяйственной опытной станции отчет за 1910 год, вып. 1, Самара, 1911.
- Безенчукской опытной станции отчет за 1914 год, вып. 5, Самара, 1915.
- Безенчукской опытной станции итоги работ за 32 года. Куйбышев, 1937.
- Богачук Г. К. Максимально использовать осенне-зимние осадки. «Свекловичное полеводство», 1938, № 10.
- Богдан В. Отчет Валуиской с.-х. опытной станции за 1895—1896 годы (I—II). СПб., 1900.
- Борткевич В. М. Укрепление оврагов водосборными валами и канавами. Сб. статей по песчано-овражным работам, вып. V, Пг., 1915.
- Буров Д. И. Динамика структуры и дисперсности почвы обыкновенного чернозема старопашки и залежи при орошении. «Почвоведение», № 4, 1949.
- Бушинский В. П. Влияние орошения на урожай и качество зерна в Зайсенском уезде. М., 1916.
- Бялый А. Использование твердых осадков на Юго-Востоке. «Соц. зерновое хоз-во», 1940, № 6.
- Вилениский Д. Г. и Германова В. Н. Опыт экспериментального исследования вопросов структурообразования. «Почвоведение», 1934, № 1.
- Вильямс В. Р. Почвоведение с основами земледелия. М., 1932.
- Вильямс В. Р. Травопольная система земледелия на орошаемых землях. М., 1935.
- Вильямс В. Р. Почвоведение. Общее земледелие с основами почвоведения. ОГНЗ—Сельхозгиз. М., 1936.
- Вильямс В. Р. К постановке вопроса о борьбе с засухой. «Советская агрономия», 1947, № 5.
- Воейков А. И. Климат и народное хозяйство. Научно-литературный сборник «Помощь голодающим». М., 1892.
- Воейков А. И. Ухудшение природных условий России и способы исправить их. «Наука и жизнь», 1893, № 2.
- Воейков А. И. Обводнение заволжских степей и общественные работы. М., 1891.
- Воскресенский К. П. Сток рек и временных водотоков на территории лесостепной и степной зон Европейской части СССР. «Тр. Гос. гидрол. ин-та», вып. 29 (83). Л., 1951.
- Гедройц К. К. Химический анализ почв. ОГНЗ — Ленсельхозгиз, 1935.
- Гельцер Г. Допустимы ли перелог на орошаемых землях. «Вестник ирригации», 1926, № 7.
- Герсванов М. Н. Обводнительные и ирригационные работы в южной России. СПб., 1891.
- Двинский Т. Орошение полей посредством водоудерживающих валиков. «Сельское хозяйство», 1906, № 36.
- Денисов П. А. Лиманное орошение. М., 1936.
- Докучаев В. и Сибирцев Н. Введение. «Тр. экспедиции, снаряженной Лесным департаментом, под руков. проф. Докучаева». СПб., 1894.
- Долгов С. И. Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений. М., 1948.
- Долгину И. И. В. В. Опыт определения условий стока весенних вод с малых водосборов в Тульской губернии. «Материалы по опытно-мелиор. делу», т. 1, 1928.
- Домрачева Е. А. Физико-механический и химический анализ почвы. Сельхозгиз, М.—Л., 1935.
- Друковцев С. Экономическое наставление дворянам, крестьянам, поварам и поварихам. СПб., 1772.
- Жариков Е. Динамика питательных соединений в почве полей различного культурного состояния. Изд. НИХИ, серия научная, вып. 15. Ташкент, 1930.
- Жилинский И. Очерк работ экспедиции по орошению на юге России и Кавказе. СПб., 1892.
- Зайков Б. Д. Средний сток и его распределение в году на территории СССР. Гидрометеониздат, М.—Л., 1946.
- Зиббер Н. Очерки первобытной экономической культуры. М., 1937.
- Зорькин А. Г. Влияние орошения на ход накопления белка в пшенице. «Изв. Саратовского ин-та сельского хоз-ва и мелиорации». Саратов, 1929.
- Иванов П. К. Засуха и борьба с ней. Куйбышев, 1947.
- Изманильский А. Сбережение снега в поле. «Метеорологический вестник», 1893, № 1.

- Измаильский А. Снежный покров в Полтавском уезде в зиму 1892/93 года. «Метеорологический вестник», 1894, № 8.
- Измаильский А. А. Влажность почвы и грунтовая вода в связи с рельефом местности и культурным состоянием поверхности почвы. Полтава, 1894а.
- Новенко Н. Г. К вопросу об агрономических мерах борьбы с засухой и эрозией черноземных почв. «Почвоведение», 1940, № 6.
- Кабанов П. О поверхностном стоке талых вод в Поволжье. «Соц. зерновое хозяйство», 1938, № 2.
- Кабанов П. Определение потребности яровой пшеницы в воде в зависимости от условий погоды. «Соц. зерновое хозяйство», 1946, № 4.
- Кабанов П. Г. Зимние осадки на борьбу с засухой. Саратов, 1949.
- Каминский А. А. Типы засухи и равнинных суховеев в СССР. «Тр. Главной геофиз. обсерватории», т. 1, № 2, 1934.
- Касаткин И. И. Увлажнительные работы и их значение в сельскохозяйственном и климатическом отношении. Изд. ГИСХМ, М., 1925.
- Касаткин И. Увлажнительные работы путем задержания весеннего стока. «Мелиорация и торф», 1932, № 4.
- Качинский Н. А., Вадюгина А. Ф. и Корчагина З. А. Опыт агрофизической характеристики почв на примере Центрального Урала. М.—Л., 1950.
- Квасников В. В. и Давыдова Н. П. Влияние жидкой и газообразной фаз почвы на водоупорную прочность ее агрегатного состава. В кн. «Записки Воронежского с.-х. ин-та», т. 23, вып. 1, Воронеж, 1950.
- Керн Э. Э. Овраги и их закрепления. М., 1892.
- Клингген И. Среди патриархов земледелия народов Ближнего и Дальнего Востока, ч. I. Египет. СПб., 1898.
- Козменко А. С. Борьба с оврагами и увлажнение полей. «Тр. Гос. ин-та с.-х. мелиорации», т. II, 1928.
- Козменко А. С. Борьба с эрозией почвы. «Тр. Ин-та агро-мелиорации», 1937; изд. 2-е, 1949.
- Копинова М. М. К вопросу о микробиологических процессах в почвах рисовых полей. «Вестник ирригации», 1927, № 6.
- Копинова М. М. и Сикстель Д. А. Влияние влажности на процесс нитрификации. Сборник работ микробиол. части отдела лаборат. иссл. Ак-Каваской опытно-оросит. станции. «Тр. Ак-Каваской опытно-оросит. станции Ср.-Аз. ОИИВХ», вып. 7, Ташкент, 1929.
- Копради А. В. Сельскохозяйственное водопользование горной части Крымского полуострова. СПб., 1894.
- Косач М. Способы задержать снеговую воду в почве. «Южно-русская сельскохозяйственная газета», 1901, № 18—19.
- Костычев П. А. Из степной полосы Воронежской и Харьковской губернии (Наблюдения и исследования над почвой и растениями). «Сельское хозяйство и лесоводство», июль и август 1881. См. также: Избранные труды П. А. Костычева, М., 1951.
- Костычев П. А. Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства, ч. 1. Образование чернозема. СПб., 1886. См. также: Избранные труды П. А. Костычева, М., 1951.
- Костычев П. А. Об обводнении южной степной полосы России. Замечания по поводу доклада М. Н. Герсевича. «Записки Русского техн. об-ва», вып. 2, 1891.
- Костычев П. По поводу неурожая 1891 г. «Земледельческая газета», 1892, № 45 и 46.
- Костычев П. Обработка и удобрение чернозема. Сб. статей. СПб., 1892а.
- Костычев П. О борьбе с засухами посредством обработки полей и накопления на них снега. СПб., 1893.
- Костычев П. А. О сельскохозяйственном значении прудов, устроенных посредством общественных работ. Московское об-во сельского хоз-ва, Стеногр. отчет о совещании при об-ве с 18 по 22 декабря 1892 г. по общественным работам, по обводнению юго-восточной части России, проведенным в 1892 г., М., 1893а.
- Костяков А. Н. Очерки по орошению на юге и юго-востоке России, М., 1914.
- Костяков А. Н. Основы мелиорации. М., 1951.
- Кузьмин М. С. Снежные мелиорации и урожайные данные 1921 г. на Саратовской опытной станции. «Изв. Саратовской с.-х. опытной станции», т. III, вып. 1—2. Саратов, 1921.
- Курилова А. В. Задержание снега и талых вод. Чкалов, 1949.

- Лайков И. А. Влияние орошения и удобрений на развитие пшеницы и накопление его зольных веществ и азота. В кн. «Вопросы ирригации. Тр. ВИЗХ», т. VII. Саратов, 1936.
- Левинский А. Ю. и Лесюкова А. А. Условия применения кобальт-нитратного метода для количественного определения калия при массовых анализах. «Химизация соц. земледелия», 1934, № 2.
- Львов Н. П. Работы отдела полеводства. В кн. «Валуйская с.-х. и мелиоративная опытная станция им. проф. П. А. Костычева. Краткий обзор состояния работ и перспектив станции, 1894—1923». Покровск, 1930.
- Мажаров П. П. Агрономические и мелиоративные приемы борьбы с засухой. Сельхозгиз. М., 1949.
- Максимов Н. А. Краткий курс физиологии растений. М., 1936.
- Метеорологический справочник по Чкаловской области. Чкалов, 1939.
- Миронченко Ф. К. Задержание на полях ливневых и талых вод обвалованием. «Почвоведение», 1949, № 8.
- Миронченко Ф. К. Обвалование и шлейфование зяби как агротехнические приемы повышения урожая в эродированных районах. Сб. н.-иссл. работ. Азово-Черниговского с.-х. ин-та, т. XIII. Ростов-на-Дону, 1950.
- Монин В. С мягкотных земель Воронежского уезда. О способе задержания снега на полях, засеянных озимой пшеницей. «Земледельческая газета», 1889, № 44.
- Монин В. К вопросу о задержании снега на полях. «Земледельческая газета», 1892, № 23.
- Небольсин С. И. и Надеев П. П. Элементарный поверхностный сток, 1938.
- Никитин П. А. Автомат-бороздатель для накопления и задержания весенних вод на зяби и парах. «Лесное хозяйство», 1949, № 10.
- Носатовский А. И. Пшеница. Биология. М., 1950.
- Петин Н. С. Водный режим листьев и развитие яровой пшеницы в условиях различного орошения. «Тр. лаборатории физиологии и биохимии растений. АН СССР», т. I, 1934.
- Петин Н. Влияние полива на содержание белковых веществ в зернах яровых пшениц. «Тр. Комиссии по ирригации», вып. 3, 1934а.
- Петин Н. С. Влияние различного орошения и удобрений на качество и урожай зерна пшениц в условиях Заволжья. «Тр. Комиссии по ирригации», вып. 8. Работы по физиологии растений и микробиологии, вып. 2. Изд-во АН СССР, М., 1936.
- Пронин М. Е. и др. Некоторые условия эффективного применения минеральных удобрений для яровой пшеницы в засушливых условиях Азово-Черноморского края. «Химизация соц. земледелия», 1936, 7—8.
- Простаков П. К вопросу о нитрификации в искусственно орошаемых почвах. Гос. ин-т изучения засушливых областей, Сев.-Кавказское краевое отделение, 1929.
- Простаков П., Алпатов А. и Алпатов С. Наблюдения над динамикой почвенных процессов при орошении. Изд. ГИЗО, Новочеркасск, 1929.
- Продоров А. В. Зависимость весеннего стока и аккумуляции осадков от осенней влагонасыщенности почвы. «Советская агрономия», 1948, № 2.
- Рогальский В. Сравнительное исследование пшеницы и ячменя с поливных и непаливных участков Голодной степи. Туркестанское сельское хоз-во. 1916, № 2, 3.
- Розов Л. Нитрификация в почвах Голодной степи по наблюдениям 1919—1922 гг. «Вестник ирригации», 1925, № 2.
- Рожанец М. И. Почвы и растительность Оренбургской губернии. Оренбург, 1926.
- Саввинов Н. Структура почвы и ее прочность на целине, перелог и старопахотных участках. М., 1931.
- Сажин Н. С. Лиманы Заволжья и их использование. «Соц. зерновое хозяйство», 1939, № 4.
- Сакс А. И. Изучение отзывчивости сортов пшеницы на удобрение «Соц. растениеводство», серия А, 1936, № 20.
- Синельников Н. П. Опытные увлажнительные работы. Пг., 1918.
- Соболев С. С. Опыт почвенно-эрозийного районирования Европейской равнины СССР (сообщение 1). «Проблемы современного почвоведения», сб. XI. Изд-во АН СССР, М., 1940.
- Соболев С. С. Развитие эрозийных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними, т. 1. Изд-во АН СССР, М., 1948.
- Соболев С. С. Из истории борьбы с засухой и эрозией почвы в России, «Советская агрономия», 1948а, № 3.

- Соболев С. С. и др. Почвенно-эрозионные исследования в Центральной черноземной полосе. «Тр. Комплексной научной эксп. АН СССР», т. I, вып. 2. М., 1951.
- Столыгане А. А. Агрохимический анализ. М., 1926.
- Струков М. Т. Задержание снега и талых вод на полях, изд. 2-е. М., 1943.
- Терещенко И. С. Однолетние предпосевники яровой пшеницы. В кн. «Итоги работ Безенчукской опытной станции за 32 года». Куйбышев, 1937.
- Терещенко И. С. Подкормка яровой пшеницы на черноземе Чкаловской области. «Тр. Чкаловского с.-х. ин-та», т. II. Чкалов, 1946.
- Тимирязев К. А. Борьба растений с засухой. СПб., 1893. См. также в кн. «Земледелие и физиология растений». М.—Л., 1941.
- Тихомиров И. К., Рязанцева З. А. Климат Заволжья. М., 1939.
- Тихообразов П. П. Типы сооружений, составляющих систему водного хозяйства. (Описание общественных работ в Лебедянском уезде, Тамбовской губернии). Московское об-во сельского хоз-ва. Стеногр. отчет о совещании при об-ве с 18 по 22 декабря 1892 г. по общественным работам по обводнению юго-восточной части России, проведенным в 1892 г. М., 1893.
- Тихообразов П. Результаты искусственного накопления снега. «Метеорологический вестник», 1895.
- Тюриков М. И. и Фалесов В. М. Задержание весенних и ливневых вод на полях. Куйбышев, 1935.
- Уральской государственной селекционной опытной станции научный отчет за 1941—1942 гг. М., 1946.
- Усов Н. П. Почвы Саратовской области. Саратов, 1948.
- Филипенко И. И. Орошение в бассейнах рек Еруслана и Торгуна и результаты разведок... по обводнению и орошению некоторых участков государственных имуществ в Самарской и Астраханской губерниях. СПб., 1880.
- Фролов Н. Орошение в Новоузенском уезде, ч. 1. Бассейн реки Б. Узень. «Тр. Организации по изысканию и работам в Среднем и Нижнем Поволжье», т. III, вып. I. Изд. Отд. земельных улучшений. Мин. земледелия. Саратов, 1915.
- Хатисов И. Ирригация на Кавказе. «Тр. Вольного Экономического об-ва», т. II и III, 1881.
- Черкасов А. А. Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение. М., 1950.
- Черникова П. В. 31 центнер пшеницы с гектара. Чкалов, 1948.
- Чижов Б. А. Сроки и способы внесения удобрений под яровую пшеницу. В кн. «Итоги по опытной работе ВИЗХ за 1935 год» и в журн. «Соц. зерновое хоз-во», 1936, № 4.
- Шалабаев А. Пропускает ли воду мерзлая почва? «Почвоведение», 1903, № 3.
- Шашко Д. Приrost урожая яровой пшеницы от условий увлажнения. «Советская агрономия», 1947, № 5.
- Шени Д. П. Падинное и лиманное земледелие. В кн. «Агротехника устойчивых урожаев». Под ред. Сараева П. И. Уральская гос. селекционная станция. Уральск, 1940.
- Шестаков А. Г. Руководство к практическим занятиям по агрохимии, ч. II, ОГИЗ — Сельхозгиз. М., 1940.
- Шишкин А. И. Сельскохозяйственный очерк Новороссии. «Сельское хозяйство и лесоводство», август — сентябрь 1873.
- Шишкин. Несколько слов об устранении степных засух. «Сельское хозяйство и лесоводство», ноябрь 1874.
- Шишкин А. И. Отчет по опытному полю Института сельского хоз-ва и лесоводства в Ново-Александрии за 1874 и 1875 гг. «Сельское хозяйство и лесоводство», декабрь 1875.
- Шишкин А. К вопросу об уменьшении вредного действия засух на растительность. СПб., 1876.
- Шумаков Б. А. Лиманное орошение и его значение в засушливом степном хозяйстве. М., 1925.
- Шумаков Б. Нормы и сроки поливов главнейших орошаемых культур на Северном Кавказе. Изд. Гос. ин-та с.-х. мелиорации. М., 1929.
- Якушкин И. В. Агротехника сахарной свеклы. Сб. М., 1946.
- Якушкин И. В. Растениеводство (Растения полевой культуры). М., 1947.
- Янковский П. Одна из частных мер предупреждения неурожаев «Сельский хозяин», 1891, № 45.
- Янковский П. О задержании снеговых и дождевых вод в почве. «Сельский хозяин», 1892, № 23.
- Янковский П. Орошение сенокосов снеговой подой. «Сельский хозяин», 1893, № 24—29.

- Янковский П. Борьба с засухами и обеспечение хороших урожаев хлебов и трав посредством простых работ. СПб., 1893а.
- Янковский П. К вопросу о задержании снега и снеговых вод на степных угодьях. «Земледельческая газета», 1902, № 13.
- Янковский П. О задержании снега и снеговых вод на угодьях. «Вестник русского сельского хозяйства», 1902а, № 17.
- Янковский П. О задержании снеговых вод земляными валиками, проведенными по горизонталям. «Журнал опытной агрономии», кн. 3, 1902б.
- Янковский П. К вопросу о борьбе с засухами. «Метеорологический вестник», 1909, № 3.
- Янковский П. Увлажнительные работы как мероприятия в борьбе с оврагами. Мелиорационный журнал, 1913, № 1.
- Янковский П. Об увлажнительных работах. «Мелиорационный журнал», 1914, № 3.
- Янковский П. Недосевы и увлажнительные работы. «Сельский хозяин», 1917, № 15.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Г. П. Сурмач. Изучение водопроницаемости, стока и смыва на каштановых щебнистых почвах правобережья Нижней Волги в целях их мелиорации	5
Физико-географические условия южной части Нижнего Поволжья	6
Физико-географические условия окрестностей г. Камышина	13
Методика исследований	29
Водопроницаемость почвы	40
Поверхностный сток	67
Водопроницаемость, сток и смыв в период весеннего снеготаяния	78
Процессы смыва в летний период	98
Вопросы противозероной лесомелиорации щебнистых почв	128
Общие выводы	135
Литература	137
И. С. Терещенко. Повышение урожайности и борьба с эрозией почв путем задержания талых вод обвалованием	142
Увлажнительные мероприятия в засушливом Заволжье (обзор литературы)	143
Снегозадержание как способ увеличения запасов воды в почве	143
Задержание талых вод на полях агротехническими приемами	147
Задержание и использование талых вод при лиманном орошении	161
Использование талых вод при падином земледелии	163
Продолжительность задержания талых вод, необходимая для обеспечения высокого урожая зерновых культур	165
Условия и методика проведения опытов по задержанию талых вод обвалованием	167
Метеорологические условия	167
Почва опытных участков	172
Методика полевых опытов	180
Результаты полевых опытов по задержанию талых вод обвалованием	184
Водный режим почвы	184
Питательный режим почвы	191
Фазы развития и накопления сухой массы яровой пшеницы	196
Структура урожая яровой пшеницы	203
Урожай яровой пшеницы и его качество при задержании талых вод обвалованием	213
Результаты производственных опытов 1940—1951 гг.	227
Выводы	232
Литература	234

ИСПРАВЛЕНИЯ И ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
19	Табл. 2, графа II, 2 ст.	15	II
55	19—20 ст.	капиллярных	некапиллярных
55	21 ст.	некапиллярные	капиллярные
164	5 ст.	1926	1927
164	3 ст.	10,8	11,7
172	17 ст.	части	отдельности
173	3 ст.	-ореховые комочки	-ореховатые отдельности
173	22 ст.	комочки	отдельности
201	7 ст.	наблюдали	наблюдали такое

Труды Почвенного института, т. XLVIII

Утверждено к печати Почвенным институтом им. В. В. Докучаева Академии наук СССР

Редактор издательства В. М. Заранкин. Технический редактор Б. А. Соморов

РИСО АН СССР № 51-46В. Сдано в набор 19-IX-1955 г. Подп. в печать 7/XII 1955 г. Формат бум. 70X108¹/₁₆. Печ. л. 15—20,55. Уч.-изд. лист. 20,7 Тираж 1500 Т-08С94 Изд. № 1128. Тип. ван. 1809.

Цена 14 р 50 к.

Издательство Академии Наук СССР, Москва, Подосенский пер., д. 21

2-я типография Издательства АН СССР, Москва, Шубинский пер., д. 10