М-341

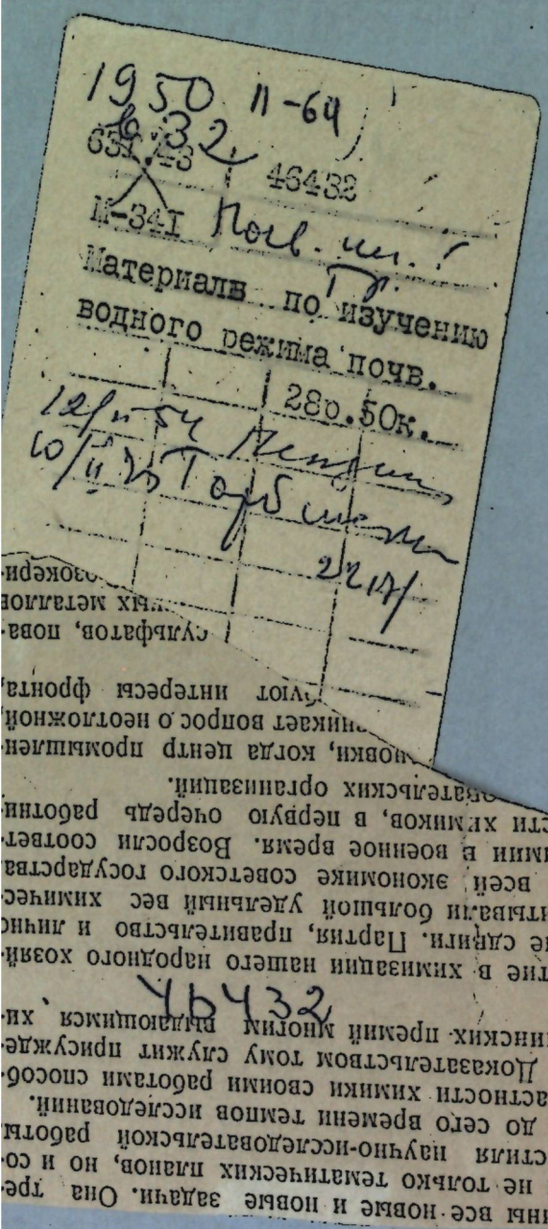
АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА им. В. В. ДОКУЧАЕВА

ТОМ XXXII

МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1950 ЛЕНИНГРАД


1950 11-69
631.43 46432
М-341 Почв. ин-т
Материалы по изучению водного режима почв.
280.50к.
12/VI-54
10/VI-55
2/VI-57
46432

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА им. В. В. ДОКУЧАЕВА

ТОМ XXXII

МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

46432

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1950 ЛЕНИНГРАД

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
директор Почвенного института
член-корр. АН СССР И. В. ТЮРИН

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
академик Л. И. Прасолов (председатель), *академик Б. Б. Полынов*,
проф., доктор с.-х. наук Н. Н. Антипов-Каратаев (зам. председателя),
член-корр. АН СССР И. П. Герасимов,
проф., доктор биол. наук М. М. Кононова,
проф., доктор геогр. и с.-х. наук Ю. А. Ливеровский
и канд. геол.-мин. наук Т. Ф. Якубов

46432
Библиотека Почвенного
Института А.Н. СССР

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящем томе Трудов Почвенного института печатается серия работ, посвященных вопросам водного режима почв различных ландшафтно-географических зон Советского Союза.

Первые две работы (А. А. Роде и И. С. Васильева) посвящены водному режиму почв таежной зоны. В работе Роде рассматривается поведение почвенно-грунтовых вод верхнего горизонта в связи с метеорологическими условиями, рельефом, геологическим строением, растительностью и характером почвообразования. В таком аспекте данный вопрос в литературе освещен весьма слабо. Работа Васильева посвящена водному режиму лесных почв в собственном смысле этого слова. Не будет, вероятно, преувеличением сказать, что эта работа явится наиболее крупным и обстоятельным опубликованным трудом из числа относящихся к вопросам водного режима лесных почв таежной зоны.

Три работы А. Ф. Большакова посвящены водному режиму почв засушливых областей. Первая из них относится к богарным сероземам Узбекистана, водный режим которых недостаточно освещен в литературе. Во второй работе дается анализ режима влаги в мощных черноземах Курской области в период засухи 1946—1947 гг. Третья содержит в себе результаты наблюдений над водным режимом комплексного почвенного покрова Прикаспийской низменности. Наконец, в последней статье, принадлежащей Роде, выдвигается новое представление о природе наименьшей влагоемкости.

Таково содержание настоящего тома.

В чем практическое значение публикуемых в нем работ?

Годы, в которые мы живем, являются началом эпохи грандиозной переделки природы Советского Союза человеком, осуществляемой в условиях социалистического строя и выраженной в замечательном постановлении партии и правительства от 20 октября 1948 г. Этот план, основанный на глубочайших идеях Докучаева, Костычева и Вильямса, чрезвычайно многообразен и охватывает все элементы природы.

Одним из важнейших разделов этого плана является изменение водного режима страны, осуществляемое целой системой мероприятий. Правильное применение этих мероприятий должно быть основано на точном представлении о существующем водном режиме страны. Весьма важным звеном в нем является водный режим и водный баланс почв, поскольку почва с произрастающей на ней растительностью является тем поверхностным слоем суши, в котором процессы круговорота влаги идут особенно интенсивно. Между тем, в литературе имеется лишь весьма небольшое количество исследований, в которых водный режим почв получил бы достаточно точную и подробную характеристику. Исследования Васильева

и Большакова, печатаемые в настоящем томе, прежде всего отличаются большой точностью и вместе с тем значительной полнотой. Поэтому мы позволяем себе высказать надежду на то, что результаты этих исследований принесут определенную пользу при разработке мероприятий по преобразованию природы различных областей Советского Союза и при составлении прогноза результатов осуществления этих мероприятий. В этом мы видим главную ценность печатаемых работ. Более частные выводы, содержащиеся в этих работах, будут использованы в конкретной производственной практике.

Мы совершенно ясно представляем себе, что в публикуемых в этом томе работах имеется ряд недостатков (из которых нами были замечены и исправлены лишь некоторые). Мы будем благодарны всем тем товарищам, которые в результате внимательного анализа печатаемых в этом томе работ найдут возможным выступить с деловой их критикой.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

1950. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА им. В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXXII

А. А. РОДЕ

РЕЖИМ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ ВОД ПОДЗОЛИСТЫХ, ПОДЗОЛИСТО-БОЛОТНЫХ И БОЛОТНЫХ ПОЧВ

Настоящая работа, равно как и печатаемая ниже работа И. С. Васильева, представляет собой изложение результатов некоторых исследований Почвенной станции, организованной в 1936 г. совместно Почвенным институтом Академии Наук СССР и Центральным лесным государственным заповедником на территории последнего и работавшей под руководством автора.

Главной задачей станции было изучение процессов превращения и миграции веществ в системе растительность — почвы — породы — почвенно-грунтовые воды. Для этой цели на территории Заповедника был выбран опытный участок с более или менее однородным составом поверхностных наносов, представляющий собой головной участок небольшого водотока. Последнее условие делало возможным полный учет всего количества влаги и растворенных в ней веществ, выносившихся с участка поверхностным, русловым и почвенно-грунтовым стоком.

При довольно разнообразном почвенном покрове участок позволял также изучать обмен веществ под различными насаждениями и в различных условиях увлажнения. Работа на участке расширялась постепенно, с 1937 г. до начала лета 1941 г., когда она была прервана начавшейся войной, вследствие чего некоторые важные разделы, как, например, детальное изучение почвенного покрова опытного участка, остались незаконченными. Тем не менее, те материалы, которые были получены за четыре года, оказались, как нам кажется, достаточно ценными, интересными и заслуживающими опубликования.

Наши исследования мы начали с изучения водного режима. Это было сделано, во-первых, потому, что миграция веществ в почвенной толще происходит преимущественно в водных растворах. Во-вторых, водный режим представляет и самостоятельный интерес в связи хотя бы с вопросами о водоохранной роли леса. В-третьих, исследование водного режима более или менее удовлетворительно обеспечено с методической стороны, в то время как методика, например, изучения состава почвенных растворов в те годы еще только разрабатывалась.

Изучение водного режима было расчленено на два раздела: режим почвенно-грунтовых вод и исследование водного режима и водного баланса почв.

Результаты работ по первому разделу изложены в настоящей статье. В ней дана подробная картина поведения почвенно-грунтовых вод

самого верхнего горизонта, который при гидрогеологических исследованиях обычно игнорируется. В литературе, во всяком случае, детальных исследований режима этого горизонта в таежной зоне встречается мало. Отметим работы Г. Н. Высоцкого на Жорновском участке и Е. А. Ансберг на Молого-Шекснинском междуречье. В настоящей статье анализ режима почвенно-грунтовых вод дан в связи с метеорологическими условиями и рельефом и выяснена его связь с характером почвообразования. Особое внимание уделено сосуществованию нескольких горизонтов почвенно-грунтовых вод, разделенных прослойками сжатого воздуха.

С нашей работой связана печатаемая ниже работа И. С. Васильева «Водный режим подзолистых почв». В ней дается общая картина водного режима нескольких почв за период, охватывающий четыре года, из которых один год по влажности был близок к среднему, два были крайне засушливыми и один — избыточно влажным. Таким образом, исследованиями были охвачены все характерные случаи сочетания метеорологических условий. В работе Васильева делается попытка построения водного баланса почв не только за годичный период, но и за периоды, более короткие. Несомненный интерес представляет определение величины десукции древесным пологом. Как известно, до сих пор эта статья расхода влаги для условий таежной зоны либо учитывалась суммарно с испарением, либо же о ней судили по устаревшим и полученным в условиях вегетационного опыта данным Генеля. В работе же Васильева отдельно учтен расход влаги напочвенным растительным покровом и отдельно — древесным пологом.

Правда, некоторые статьи водного баланса (в том числе и десукция) определены не непосредственно, а путем расчетов. Но и такое приближение к решению вопроса является, как нам кажется, интересным.

В работе Васильева имеется также ряд оригинальных данных по некоторым отдельным вопросам. Таковы данные, относящиеся к характеристике поведения защемленного воздуха, величине задержки осадков кронами, вопросам методики учета стока, в том числе внутрипочвенного, подробной характеристике физических свойств лесных почв и др.

В работах Васильева, выполненных в эти же годы на Почвенной станции и опубликованных в т. XXXI Трудов Института, рассматриваются вопросы методики изучения влажности почв и величины испарения.

Наряду с изучением водного режима, нами в первые же годы были поставлены некоторые наблюдения над передвижением минеральных и органических веществ в почвенной толще. Нас в первую очередь интересовал вопрос о составе почвенных растворов. Однако надежной методики их выделения в этот момент еще не существовало, равно как не было надежных микрометодов анализа растворов. Разработка методики выделения растворов успешно велась в лаборатории физической и коллоидной химии почв Института П. А. Крюковым. Мы, с своей стороны, занялись некоторыми микрометодами анализа почвенных растворов и разработали методы определения глинозема, кремнезема и окиси железа. Результаты этих работ опубликованы в статьях А. А. Роде: «О колориметрическом определении алюминия» (Проблемы советского почвоведения, в. 6, 1938) и «Определение малых количеств кремнекислоты в природных растворах» (Почвоведение, № 4, 1947). Работа по методике определения железа (метод сульфо-салициловой кислоты) осталась неопубликованной.

Кроме этих методических исследований, на Станции в 1937—1938 гг. было начато изучение динамики состава тех почвенных растворов, которые без труда, естественно, могут быть извлечены из почвенно-грунтовой толщи, т. е. почвенно-грунтовых вод. К сожалению, 1938 г.

был засушливым, вследствие чего почвенно-грунтовые воды после весеннего подъема быстро исчезли, и мы получили несколько неполные данные. Но и эти данные, изложенные в работе И. Н. Скрынниковой «Опыт изучения динамики химического состава почвенно-грунтовых вод подзолистой зоны» (Труды Почвенного института, т. XXXI), представляют несомненный интерес как единственные, повидимому, в литературе.

Наиболее важный и существенный вывод из работы И. Н. Скрынниковой заключается в том, что главным источником веществ, содержащихся в почвенно-грунтовых водах, являются разлагающиеся растительные остатки. Этот вывод прекрасно иллюстрирует точку зрения академика Вильямса на роль биологического круговорота веществ в процессе почвообразования.

В современных процессах, идущих в подзолистых почвах, исключительно большое, ведущее, значение принадлежит органическому веществу и, в частности, его растворимым формам, как на это указывал академик Вильямс. В связи с этим на Станции было организовано изучение водорастворимых органических веществ, образующихся при разложении растительных остатков. Эти вещества характеризовались со стороны их состава и со стороны их физико-химических свойств. Результаты этих исследований изложены в работе И. В. Тюрина «К изучению процесса подзолообразования» (Почвоведение, № 10, 1944) и в работе А. А. Роде «Несколько данных о физико-химических свойствах водорастворимых веществ лесных подстилок» (Почвоведение, № 3, 1941).

Первой из этих работ устанавливается, что среди водорастворимых органических веществ гуминовые кислоты почти полностью отсутствуют и что главная роль принадлежит фульвокислотам, которые при этом образуются, видимо, не столько в подстилках, сколько в горизонте A_1, в результате биологических процессов, происходящих при участии корневых систем древесной растительности и связанной с ними микрофлоры ризосферы.

В работе Роде показано, что водорастворимые органические вещества подстилок представляют собой смесь органических кислот и их солей, причем кислоты оказались довольно сильными, что подтверждает точку зрения Вильямса на свойства этих кислот. Относительное содержание свободных кислот увеличивается при переходе от дерново-слабоподзолистых почв к дерново-сильноподзолистым и находится в тесной зависимости от состава растительности.

Динамике изменения ряда существенных свойств лесных дерново-подзолистых почв, связанного преимущественно с превращением органического вещества, была посвящена работа М. М. Абрамовой «Сезонная изменчивость некоторых химических свойств лесной подзолистой почвы» (Труды Почвенного института, т. XXV). В этой работе, повидимому, впервые устанавливается факт существования значительных сезонных изменений многих химических и физико-химических свойств дерново-подзолистых почв, в частности содержания гумуса, кислотности, запаса подстилки и т. д.

К исследованиям органического вещества лесных почв в его динамике в более широком масштабе было приступлено на Почвенной станции в 1940 г., но война прервала их в самом начале.

Таким образом, рассмотренная серия работ Почвенной станции охватывает весьма различные стороны современных почвенных процессов, идущих в подзолистых почвах. Полученных в итоге этих работ выводов быть может еще недостаточно для широкого обобщения, так как, во-первых, многие важные разделы работы остались невыполненными, а во-вторых, все полученные нами данные относятся к одной лишь точке. Отсутствие

аналогичных данных для других пунктов таежной зоны препятствует географической интерпретации полученных выводов. Однако последние представляют все же определенный интерес и могут служить материалом для последующих обобщений.

Перейдем теперь непосредственно к теме настоящей работы.

Передвижение веществ в почвенной толще, как известно, происходит главным образом в виде растворов, истинных или коллоидных, и, следовательно, связано самым тесным образом с передвижением воды. Вода, как указывал академик Вильямс (1940 г., стр. 31), является, наряду с питательными веществами, важнейшим фактором плодородия почвы. Поэтому весьма существенным элементом изучения почвенных процессов является изучение водного режима почв, в самом широком понимании этого слова. Эта мысль прекрасно была выражена Г. Н. Высоцким (1927): «Вода в почве и грунте, вместе с содержащимися в ней растворами, есть настоящая кровь живого организма. Без воды почвы нет. Поэтому в почвообразовании режиму воды следует отводить первое место».

Хорошо известно, что очень часто, при наличии соответствующих условий, в пределах почвенного профиля мы можем встретить п о ч в е н н о-г р у н т о в ы е в о д ы. Почвенно-грунтовыми водами мы называем такие, которые содержатся в почвенно-грунтовой толще и обладают способностью «...к вытеканию из грунтов (или почв.— *А.Р.*) в естественных или искусственных разрезах» (Лебедев, 1936, стр. 273). Однако почвенно-грунтовые воды в своем происхождении самым тесным образом связаны с влагой, содержащейся в почве, представляя собою, по сути дела, одну из форм проявления этой влаги. Связь почвенно-грунтовых вод с почвенной влагой выражается, во-первых, в том, что первые постоянно или периодически находятся в гидравлической связи со второй. Во-вторых, и по химическому составу почвенно-грунтовые воды являются дериватом почвенного раствора. Почвенно-грунтовые воды, как будет видно из дальнейшего, могут быть представлены несколькими горизонтами. В отличие от почвенно-грунтовых вод, собственно грунтовыми водами мы называем такие, которые вследствие своего глубокого залегания или иных причин не могут вступать в гидравлическую связь с почвенной влагой и химический состав которых если и зависит от химического состава почвенных растворов, то лишь в ничтожной мере.

Возникновение почвенно-грунтовых вод представляет собой одно из проявлений водного режима почв, вследствие чего наблюдение за уровнем этих вод и выяснение зависимости его колебаний от различных условий являются одним из методов изучения этого режима.

Наличие почвенно-грунтовых вод, глубина уровня которых от дневной поверхности колеблется в течение года в пределах от нескольких дециметров (или даже от нескольких сантиметров) до немногих метров, представляет собою явление если не повсеместное, то во всяком случае чрезвычайно широко распространенное в лесной зоне, за исключением, быть может, лишь самой южной ее окраины. Лесная обстановка, как это подчеркивал академик Вильямс, создает особенно благоприятные условия для образования почвенных и грунтовых вод (1940, стр. 81 и 92—93). Поэтому необходимым элементом изучения водного режима почв этой зоны должно быть изучение и их почвенно-грунтовых вод. Однако самостоятельное значение этого раздела исследований, по понятным причинам, ограничено и он приобретает свое полное значение лишь в совокупности с другими приемами исследования водного режима почв. В наших исследованиях и имело место такое сочетание, причем вопросы водного режима почв в целом получили освещение в работе И. С. Васильева, печатаемой в этом же томе; в ней описаны также местоположение Центрального лесного государственного заповедника, его рельеф и пр., в силу чего мы на этих вопросах не останавливаемся.

1. ОПИСАНИЕ ПРОФИЛЕЙ

Наблюдения над почвенно-грунтовыми водами велись нами на трех профилях. Каждый из них представлял собою ряд наблюдательных колодцев, расположенных по прямой линии вдоль соответствующих склонов, т. е. примерно перпендикулярно к горизонталям. Профили начинались на наиболее возвышенных точках рельефа и заканчивались в наиболее пониженных точках депрессий, охватывая таким образом все наиболее важные элементы рельефа, а следовательно, и наиболее распространенные виды почв.

Расположение профилей изображено на почвенной карте, помещенной ниже в работе Васильева (стр. 76). Переходим к их описанию.

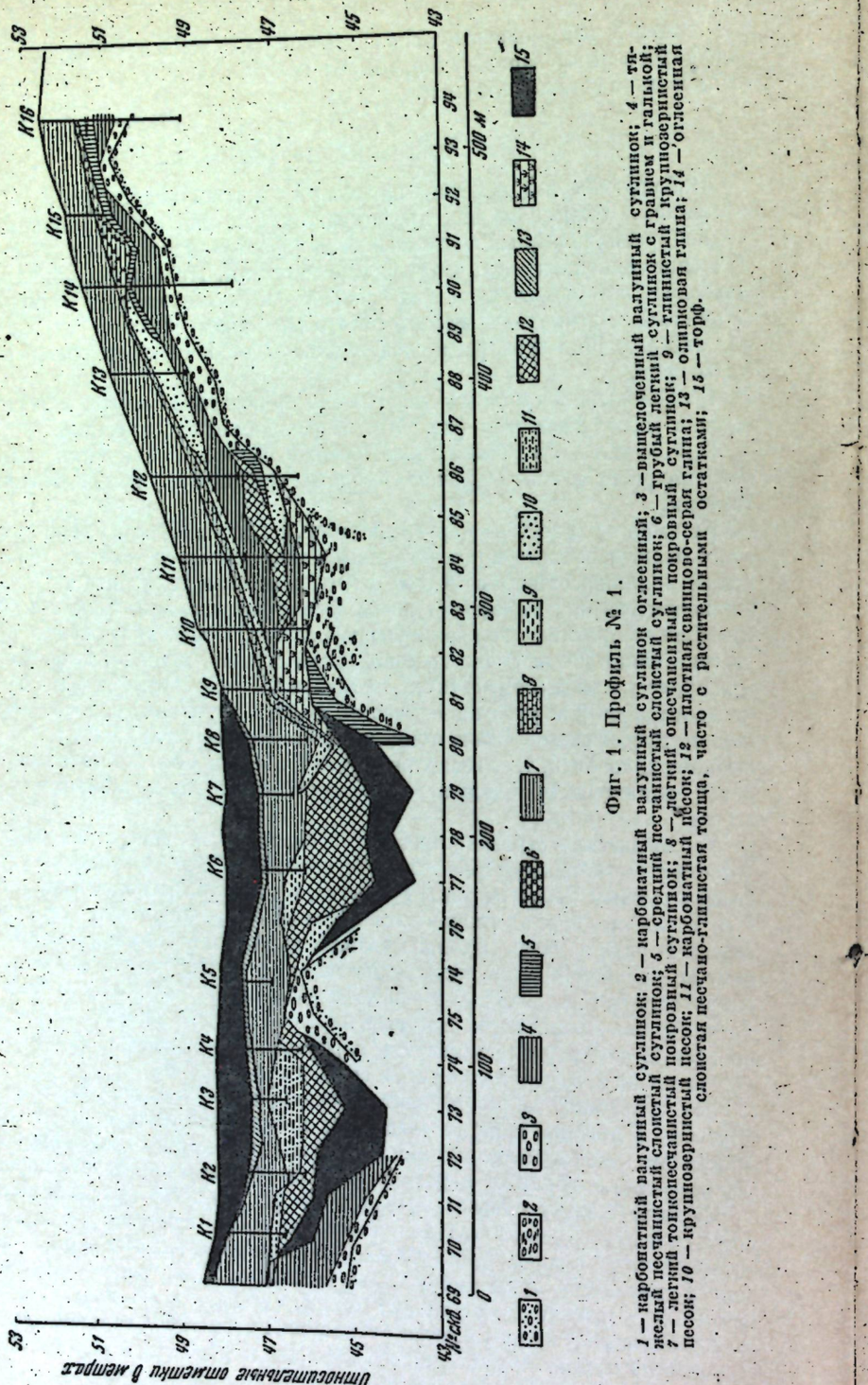
П р о ф и л ь № 1 был заложен осенью 1936 г. по окончании составления подробной топографической карты опытного участка Почвенной станции.

Как можно видеть на карте, профиль № 1 начинается на вершине плоского изолированного округлого холма, проходит по его склону в направлении приблизительно с ЗСЗ на ВЮВ, пересекая горизонтали примерно перпендикулярно; пересекает небольшое водораздельное болото и заканчивается на противоположном краю последнего. Общее протяжение профиля составляет 560 м. Разность между отметками наиболее высокой (кол. 16) и наиболее низкой (кол. 7) точек составляет 435 см. Профиль (фиг. 1) резко делится на два участка — участок склона и участок болота. Участок склона представляет собою очень хорошо выровненную поверхность с наклоном около 0.015, т. е. несколько менее 1°. Участок болота является очень слабо волнистым, приближаясь к плоскости, слегка наклоненной в сторону холма.

Геологическое строение профиля изображено на фиг. 1. Оно было изучено путем заложения 27 скважин через каждые 20 м. Скважины закладывались ручным буром системы Розанова, и их глубина колебалась от 2 до 5 м, в зависимости от результатов бурения и проходимости встреченных пород. В ряде случаев глубина скважин являлась несомненно недостаточной, но углублять их не представлялось возможным, вследствие большого сопротивления встреченных в некоторых скважинах тяжелых и плотных, иногда очень вязких глин. Поэтому, как можно видеть на фиг. 1, далеко не во всех случаях удалось достичь карбонатной морены, которая является подстилающей породой для всех остальных наносов.

Геологический разрез говорит о довольно сложной и интересной геологической истории данного участка за послеледниковый период. Однако останавливаться на этой истории сейчас мы не будем и ограничимся лишь рассмотрением главных черт стратиграфии четвертичных отложений.

Основной подстилающей породой в пределах нашего профиля является карбонатный моренный суглинок, обычно очень тяжелый по механическому составу, содержащий в себе обломки карбонатных коренных пород, гальку, песок и валуны кристаллических пород. Цвет этого суглинка коричневый, с малиновым оттенком. Количество валунов в общем невелико, но в отдельных точках имеются скопления их вместе с галькой. Изредка встречаются также линзы песка. Над толщей карбонатной морены обычно, но не всегда, залегает слой той же морены, но выщелоченной от карбонатов, мощностью от 30 до 50 см (иногда до 75 см), более светлой, красноватой



Фиг. 1. Профиль № 1.

1 — карбонатный валунный суглинок; *2* — карбонатный валунный оглеенный; *3* — выщелоченный валунный суглинок; *4* — тяжелый песчанистый слоистый суглинок; *5* — средний песчанистый слоистый суглинок; *6* — грубый легкий суглинок с гравием и галькой; *7* — легкий тонкопесчанистый покровный суглинок; *8* — легкий опесчаненный покровный суглинок; *9* — глинистый крупнозернистый песок; *10* — крупнозернистый песок; *11* — карбонатный песок; *12* — плотная свинцово-серая глина; *13* — оглеенная слоистая песчано-глинистая толща, часто с растительными остатками; *14* — торф.

окраски. Карбонатная морена и выщелоченная морена относятся, таким образом, к ледниковым отложениям, залегающим in situ. Все остальные члены толщи четвертичных отложений, к рассмотрению которых мы сейчас перейдем, являются, повидимому, уже отложениями водными.

В верхней части профиля — от скв. 86+10 м до скв. 94 на поверхность выщелоченной морены налегает толща тяжелого песчанистого неясно-слоистого суглинка, обычно несколько вязкого и часто более или менее раскисленного. По своему механическому составу он, вероятно, довольно близок к морене, в силу чего его предположительно можно считать переотложенной мореной и приписать ему делювиальное происхождение. На поверхность этого тяжелого суглинка иногда (от скв. 90 до скв. 94) налегает очень сходный с ним песчанистый суглинок, тоже неясно-слоистый, но более легкий по своему механическому составу; его можно охарактеризовать как средний суглинок. Мы думаем, что он также является переотложенной мореной, но подвергшейся несколько более сильной сортировке. Между теми же скважинами (от 90 до 94) на поверхность среднего суглинка налегает слой грубого легкого суглинка с гравием и галькой, который, вероятно, также может считаться переотложенной мореной, но подвергшейся еще более сильному воздействию текучих вод. Между скв. 86+10 м и скв. 90 средний и легкий суглинки отсутствуют, но зато имеется линза довольно хорошо сортированного песка.

Все перечисленные отложения перекрыты сверху слоем, мощностью около метра, красновато-коричневого тонкопесчанистого, слюдистого слоистого легкого суглинка, который в своей нижней части часто содержит примесь среднезернистых песчаных частиц и иногда подстилается тонкой прослойкой глинистого среднезернистого песка. Этот суглинок является материнской почвообразующей породой в пределах нашего профиля и почти всего опытного участка Станции.

Таково геологическое строение профиля в пределах верхней половины склона.

Нижняя половина склона от скв. 81 до скв. 86+10 м имеет несколько иное строение. Верхняя часть карбонатной морены оглеена. На поверхность оглеенной морены налегает оглеенный же тяжелый слоистый песчанистый суглинок, иногда с тонкими прослойками песка, содержащий в себе то или иное количество растительных остатков. Местами этот суглинок сильно гумусирован. На его поверхность налегают, как можно видеть на фиг. 1, две линзы — тяжелого песчанистого суглинка и песка, сверху перекрытые линзой плотной, свинцово-серой глины. Последняя сверху прикрыта толщей в 50—100 см тяжелого суглинка (делювий морены), а на этот суглинок сверху налегает опять-таки слой легкого покровного суглинка, мощностью около 100 см, в нижней своей части несколько опесчаненного.

Нам остается рассмотреть геологическое строение нижней части профиля, охватывающей небольшое водораздельное болото.

Подстилающей породой и здесь, очевидно, является карбонатная морена, которой мы, однако, смогли достичь лишь в немногих скважинах. На поверхность карбонатной морены, местами сверху выщелоченной, налегают тяжелые или средние суглинки, которые мы предположительно назвали переотложенной мореной. Еще выше залегает слой погребенного торфа, залегающий двумя линзами, разобщенными друг от друга выступом морены. Погребенный торф сверху перекрыт плотной вязкой глиной свинцового цвета, иногда с прослоями песка. Эта глина, как и торф, залегает также двумя отдельными линзами. Над одной из этих линз глины залегает довольно крупная линза карбонатного песка, над другой —

небольшие прослои глинистого крупнозернистого некарбонатного песка. Еще выше идет легкий тонкопесчанистый покровный суглинок, в пределах болота оглеенный и имеющий поэтому светлую серовато-оливковую окраску. Его мощность в пределах болота сильно колеблется — от 30 до 100 см и даже до 150 см. На поверхность легкого суглинка налегает тонкая (10—20 см) прослойка тяжелой вязкой пластичной глины, местами сверху гумусированной, которая подстилает собою торф.

Таково геологическое строение профиля № 1. Как можно видеть из этого описания и фиг. 1, непременными членами четвертичной толщи, встречающимися на протяжении всего профиля, являются только морена и легкий покровный суглинок. Большое, но все же не сплошное, распространение имеют тяжелый, средний и легкий песчанистые суглинки, которые мы предположительно считаем переотложенной мореной. Все остальные встреченные нами наносы представляют собою, очевидно, различные водные отложения — как стоячих водоемов (различные глины, торф), так и, повидимому, текущих вод (пески).

Поскольку легкий покровный суглинок имеет сплошное распространение по всему профилю, постольку он является единственной материнской почвообразующей породой, на которой, в пределах профиля, развита целая гамма различных почв.

На вершине холма и на верхней половине склона, до кол. 12 включительно, мы находим своеобразные палево-подзолистые почвы, в которых под гор. A_1 залегает светлый коричневато-желтый горизонт, книзу несколько светлеющий. Местами на самой вершине верхняя часть этого горизонта оказывается сильно осветленной. Это указывает на более сильную оподзоленность.

Палево-подзолистым почвам в растительном покрове отвечает сложный ельник с подлеском из широколиственных пород (липа, ясень, клен, ильм, орешник), травянистым покровом (*Asperula*, *Mercurialis*, *Pulmonaria*, *Hepatica*, *Oxalis* и др.) и лиственными мхами.

Между кол. 12 и 11, заходя несколько ниже последнего, развиты дерново-среднеподзолистые почвы. Растительный покров примерно такой же, как и на дерново-палево-подзолистых почвах.

Еще ниже идут дерново-сильноподзолистые почвы, на нашем профиле занимающие очень узкую полоску в промежутке между кол. 10 и кол. 11. Для этих почв характерно значительное уменьшение в составе подлеска клена, ясеня, ильма, некоторое увеличение липы и рябины. В травянистом покрове значительно усиливается кислица, появляется черника, а в моховом покрове замечается преобладание уже зеленых мхов (*Hylocomium*, *Pleurozium* и др.).

Кол. 10 расположен примерно в средней части полосы подзола, которому в растительном покрове соответствует ельник с примесью осины и березы, с подлеском исключительно из рябины и покровом из черники и зеленых мхов (*Hylocomium* и *Pleurozium*). Встречается кислица.

Еще ниже по склону идет полоса торфянистого подзола, которому на профиле отвечает кол. 9. Растительный покров — ельник с примесью березы; характерным является исчезновение осины; в подлеске — рябина, но более редкая и хуже развитая, чем на подзоле. Встречаются черника и сфагновые мхи. Зеленые мхи отступают на прикорневые повышения, пни и т. д.

Кол. 8 на профиле соответствует полоса торфяно-глеевого подзола с торфяным горизонтом до 50 см мощностью. Растительность — ель с примесью березы, более редкая черника и почти сплошной сфагновый покров; подлеска почти нет.

Наконец, начиная с промежутка между кол. 7 и 8, идут торфяно-глеевые почвы с торфяным горизонтом мощностью от 50 до 80—100 см.

Профиль № 2, расположение которого изображено на карте, проходит через водно-балансовую площадку № 2. Эта площадка была заложена для изучения водного режима торфянистого подзола, выбранного нами в качестве представителя подзолисто-болотных почв. Профиль заложен одновременно с площадкой, осенью 1938 г.; общее протяжение его 314 м. Начинается он на вершине вытянутого, продолговатого, валоподобного, невысокого холма и опускается по его склону перпендикулярно длинной оси холма. Средняя величина уклона составляет около 0.007, что соответствует приблизительно четырем десятым градуса. Склон не вполне равномерный, и на нем замечаются перегибы, очень, впрочем, незначительные.

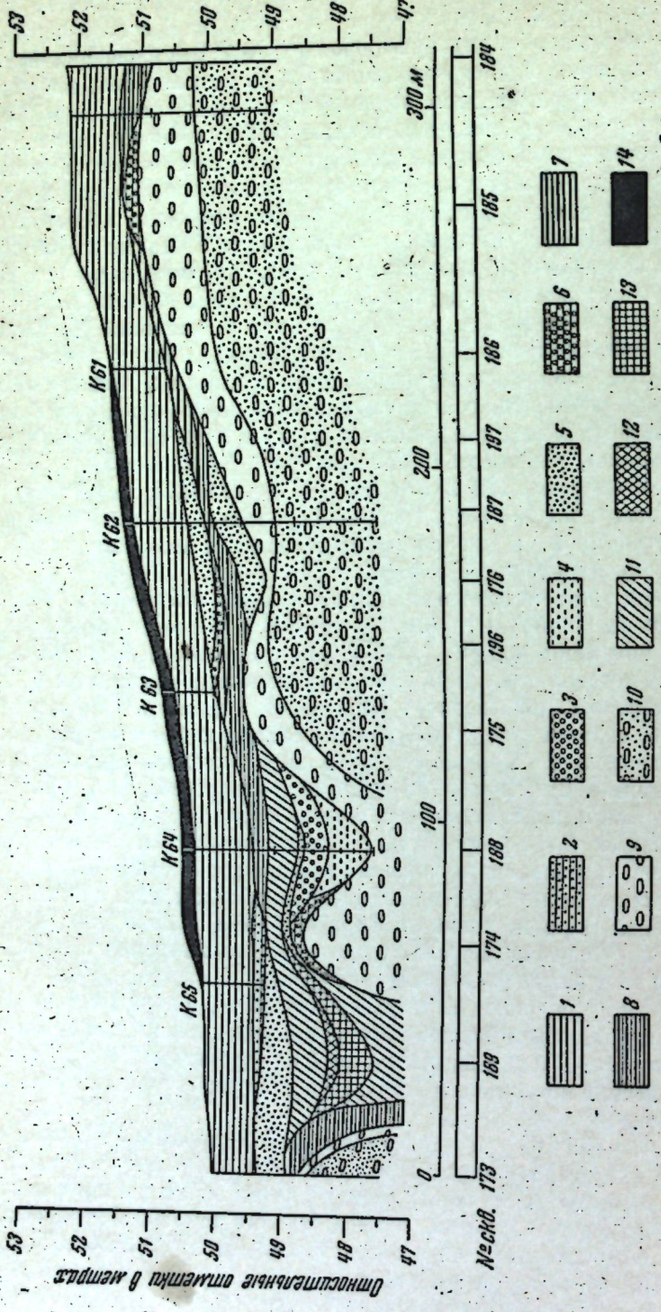
Геологическое строение профиля № 2 изображено на фиг. 2. Весь профиль можно разделить на три части. Для первой, начинающейся на вершине холма и заканчивающейся около скв. 197, характерно близкое залегание морены. Под слоем легкого покровного суглинка залегает маломощный (20—40 см) слой среднего или тяжелого слоистого суглинка, который мы считаем переотложенной мореной, а дальше идет сама морена — сначала выщелоченная, а начиная со 150—200 см — карбонатная.

Вторая часть профиля № 2 от скв. 197 до скв. 175 характеризуется залеганием морены на той же примерно глубине; но здесь, между нею и покровным суглинком, кроме слоистых средних и тяжелых суглинков, встречаются также и песчаные линзы.

Наконец, под третьей частью профиля, от скв. 175 почти до скв. 173, морена уходит на большую глубину — до 300 и более сантиметров, выдаваясь выступом лишь под скв. 174. Толща покровного суглинка в этой части профиля подстилается либо тяжелым слоеватым суглинком — переотложенной мореной, либо песком. Ниже идет оливковая глина, являющаяся, видимо, водным отложением и свидетельствующая о былом заболачивании этой депрессии в морене, заполненной в настоящее время позднейшими отложениями. Еще ниже, в правой части депрессии (скв. 188), идут песчаные отложения, подстилаемые уже выщелоченной мореной. В левой же, более глубокой части депрессии (скв. 189) имеется линза битуминозной глины, под которой снова залегает раскисленная глина оливкового цвета. Наши технические средства не позволили нам пройти эту толщу и дойти до морены. В самом конце профиля (скв. 173) к поверхности снова поднимается карбонатная морена, отделяемая от покровного суглинка прослоями песка и тяжелого слоеватого суглинка.

Таким образом, под нижней третью профиля мы наблюдаем наличие относительно глубокой депрессии в морене, выполненной позднейшими водными отложениями. В современном рельефе эта депрессия не отражена, и по профилю дневной поверхности догадаться о ее существовании совершенно невозможно.

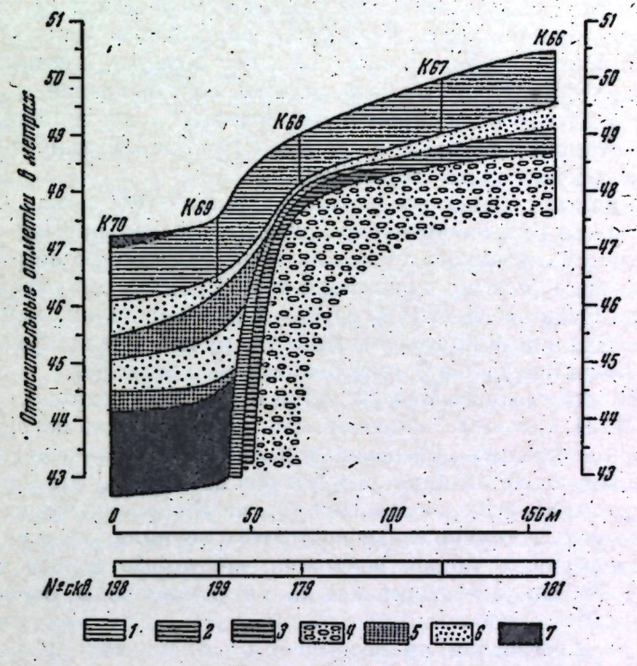
Как можно видеть из этого описания и фиг. 2, профиль № 2 по своему геологическому строению ничем в сущности не отличается от профиля № 1. И здесь мы находим те же отложения и в том же общем чередовании. С точки зрения водного режима главное отличие заключается в меньшем угле наклона поверхности (0.007 в среднем у профиля № 2 и 0.015 у профиля № 1). Это обстоятельство, уменьшающее скорость поверхностного и внутрипочвенного бокового стока, способствует заболачиванию, что и выразилось в том, что большая часть профиля № 2 покрыта торфянистым подзолом, торфянистый горизонт которого изображен на фиг. 2. Верхняя часть профиля с несколько более крутым наклоном занята дерново-сильноподзолистой почвой, а нижняя часть (ниже кол. 65) — подзолом.



Фиг. 2. Профиль № 2.

1 — легкий тонкопесчанистый покровный суглинок; *2* — легкий опесчаненный покровный суглинок; *3* — средний тонкопесчанистый суглинок; *4* — глинистый крупноверинстый песок; *5* — крупноверинстый песок; *6* — грубый легкий суглинок с гравием и галькой; *7* — средний песчанистый слоистый суглинок; *8* — тяжелый песчанистый слоистый суглинок; *9* — выщелоченный валунный суглинок; *10* — карбонатный валунный суглинок; *11* — олиновая вязкая глина; *12* — плотная свинцово-серая глина; *13* — битуминозная глина; *14* — торф.

Профиль № 3. Переходим к описанию профиля № 3, геологическое строение которого изображено на фиг. 3. Этот профиль, в отличие от профилей № 1 и № 2, заложен осенью 1939 г. на полевом участке, принадлежащем колхозу им. Пушкина и прилегающем непосредственно к территории Заповедника. Этот профиль начинается (кол. 66) на самой вершине плоского холма, подобного тому, на склоне которого начинается и профиль № 1, только несколько меньших размеров. Заканчивается профиль № 3 в краевой части широкой и несколько заболоченной депрессии, разделяющей эти два холма друг от друга.



Фиг. 3. Профиль № 3 (полевой).

1 — легкий тонкопесчанистый покровный суглинок; *2* — средний песчанистый слоистый суглинок; *3* — тяжелый песчанистый слоистый суглинок; *4* — карбонатный валунный суглинок; *5* — битуминозная глина; *6* — крупноверинстый песок; *7* — торф.

Верхняя часть профиля (от кол. 66 до кол. 68) расположена на довольно ровном склоне с уклоном около 0.016, т. е. очень близким к уклону профиля № 1 (0.015). Затем следует более крутой участок склона между кол. 68 и кол. 69 с уклоном около 0.05 и, наконец, последний участок от кол. 69 до кол. 70 с уклоном, значительно меньшим (около 0.007).

По своему геологическому строению профиль № 3 также не имеет принципиальных отличий от профилей № 1 и № 2. На протяжении всего профиля с поверхности залегает тот же легкий, тонкопесчанистый слоеватый покровный суглинок. Под ним в верхней части профиля имеются маломощные прослойки песка и среднего или тяжелого грубопесчанистого суглинка, под которыми идет карбонатная морена. Некоторое отличие профиля № 3 заключается в полном отсутствии слоя выщелоченной морены, и, следовательно, в относительно высоком вскипании.

Между кол. 68 и 69 морена относительно крутым уступом обрывается вниз, образуя край довольно глубокой депрессии.

В этой депрессии, под слоем покровного суглинка, залегают, чередуясь, два слоя песка и два слоя тяжелой битуминозной глины. Под вторым слоем последней начинается толща погребенного торфа, в которую мы углубились примерно на 150 см.

Заканчивая на этом описание профилей, отметим одну особенность геологического строения. Все три профиля № 1, 2 и 3 характеризуются тем, что в нижних их частях мы находим глубокие депрессии в моренном ложе, выполненные более поздними, преимущественно водными, отложениями и сверху перекрытые покровным суглинком. При этом среди отложений, выполняющих эти депрессии, всегда попадаются те или иные погребенные образования — начиная от слабогумусированных или раскисленных глин, содержащих растительные остатки, и кончая довольно мощными толщами погребенного торфа. Кроме описанных нами трех профилей, у нас имеются еще описания целого ряда скважин, заложенных в других точках участка Почвенной станции, которые дают аналогичную картину и вскрывают погребенные органогенные горизонты.

Эти скважины и наши профили свидетельствуют о том, что древний рельеф местности был значительно более расчлененным. Был ли он чисто ледниково-аккумулятивного происхождения, или в его формировании большее или меньшее участие принимали и эрозионные процессы — сказать пока трудно. Судя по глубине и крутизне склонов долин, вмещающих современные, ничтожные по своей мощности, ручьи, можно думать, что эрозия играла большую роль в формировании этого рельефа.

Геоморфологи, работавшие на территории Заповедника,— И. П. Герасимов и Н. Н. Соколов * считают, что возникновение погребенных торфяников и аналогичных образований должно быть отнесено к последней межледниковой эпохе. Ледниковый покров последнего (Валдайского) оледенений, по мнению этих исследователей, не распространялся на территорию Заповедника, и только талые воды этого ледника отложили толщу покровного суглинка, а также, возможно, некоторые другие наносы,** и погребли торфяники межледниковой эпохи. Эти же воды, очевидно, смыли те почвенные образования, синхронные погребенным торфяникам, которые несомненно существовали на возвышенных элементах рельефа.

Древнее расчленение рельефа, сглаженное в настоящее время, обязано, вероятно, своим происхождением деятельности талых вод предшествующего Днепровского оледенения. Именно эти воды, в сочетании с аккумулирующей деятельностью ледника Днепровского оледенения, и создали тот чрезвычайно расчлененный рельеф, который в настоящее время почти совершенно сгладился и может быть реконструирован лишь с помощью геологических исследований.

2. МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Как геологическое строение профилей, так и некоторые наблюдения над влажностью отдельных слоев, сделанные нами при бурении, позволили предположить, что в пределах профилей мы имеем дело, повиди-

* Личные сообщения. Во время печатания настоящей работы вышла в свет статья Н. Н. Соколова «Рельеф и четвертичные отложения Центрального лесного заповедника» (Уч. Зап. ЛГУ, № 124, 52—115, 1949).

** К их числу, по нашему мнению, относятся неяснослоистые раскисленные песчанистые суглинки (тяжелый, средний и легкий), которые мы назвали выше переотложенной мореной. По всей вероятности, эти суглинки являются дериватами морены последнего (Валдайского) оледенения, граница которого проходила вблизи от места наших исследований. Карбонатная же морена была отложена ледником Днепровского оледенения.

мому, с несколькими водоносными горизонтами, которые, впрочем, периодически могут сливаться между собой.

Осенью 1936 г., когда были заложены первые 17 смотровых колодцев профиля № 1, изображенные на фиг. 1, детали геологического строения нам не были еще известны, в силу чего мы ограничились заложением неглубоких колодцев, которые позволили бы рекогносцировочно проследить поведение лишь самого верхнего горизонта почвенно-грунтовых вод, вмещающей породой для которого служит легкий покровный суглинок, залегающий с поверхности.

Осенью 1937 г., после более детального изучения геологического строения, к некоторым из этих 17 колодцев было добавлено еще по 2—3 колодца, установленных в тех же точках, что и основные, но на бо́льшие глубины и с изоляцией действующей части их от вышележащих вод.

Смотровые колодцы изготовлялись из досок в 15 мм толщиной, в виде труб квадратного сечения, с внутренним просветом 5×5 см. В нижней 50 см части трубы со всех четырех сторон были насверлены через 10 см друг от друга круглые отверстия диаметром 25 мм. Эти отверстия забивались двумя наложенными друг на друга кусками латунной сетки с ячейками 0.25 мм, между которыми вкладывалась тонкая прослойка свежего сфагнового мха. Нижнее отверстие трубы забивалось квадратной деревянной пробкой. В тех случаях, когда труба предназначалась для устройства глубокого колодца с изоляцией, она перед установкой тщательно просушивалась (доски были сырые) и затем во всю длину, за исключением нижней действующей (т. е. с отверстиями) части, обмазывалась снаружи расплавленным битумом. Благодаря этому, вся верхняя часть трубы оказывалась водонепроницаемой.

Для установки колодцев был изготовлен специальный бур системы Розанова, позволявший делать скважины около 10 см в диаметре. Самая установка производилась следующим образом: для мелких колодцев (без изоляции) с помощью упомянутого бура высверливалась скважина до необходимой глубины, в нее вставлялась приготовленная труба и после этого пространство между стенками скважины и трубой засыпалось сначала песком, а затем вынутым из скважины грунтом.

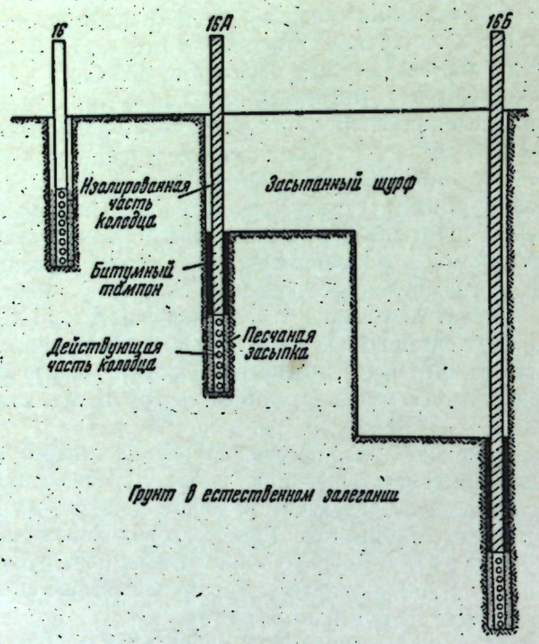
46438

Установка глубоких колодцев с изоляцией производилась иначе. Сначала выкапывался шурф, шириной около 1 м и длиной 2—4 м, в зависимости от числа устанавливаемых в одной точке колодцев. Дно шурфа делалось ступенчатым, причем глубина каждой ступени рассчитывалась так, чтобы она была по крайней мере на 1 м меньше, чем глубина устанавливаемого на этой ступени колодца. Длина ступеней делалась не менее 1 м. Затем в каждой ступени, обычно около передней или задней стенки шурфа, высверливалась упомянутым выше буром скважина. В скважину устанавливалась заготовленная труба; пространство между стенками скважины и трубой до высоты 50 см от дна скважины, т. е. в пределах действующей части трубы, засыпалось крупным, слегка влажным песком, который при этом утрамбовывался специальной узенькой дощечкой, входившей в зазор между стенкой трубы и стенкой скважины. Остальная часть этого пространства до верху, т. е. до поверхности ступени, заливалась жидким расплавленным битумом, который таким образом создавал водонепроницаемый тампон в скважине над действующей частью трубы. На фиг. 4 дается схема установки, а на фиг. 5 изображен шурф с установленной и залитой битумом трубой.

Необходимо отметить, что при установке глубоких колодцев с изоляцией мы столкнулись с двумя трудностями: во-первых, при установке в морене заложению скважин мешали валуны, вследствие чего некоторые

колодцы (12В, 60В) пришлось установить на меньшую глубину, чем это предполагалось; во-вторых, при установке кол. 7Б и 8Б в скважине, довольно близко к поверхности, стояла вода, вследствие чего изолирующие битумные пробки пришлось сделать очень короткими, и их связывание с грунтом, а следовательно, и изоляция получились не вполне совершенными.

После застывания битума шурф засыпали вынутым грунтом, по возможности соблюдая последовательность отдельных наносов. Засыпка производилась слоями по 25—30 см, причем каждый слой утрамбовывался.



Фиг. 4. Схема установки гнезда колодцев № 16.

При аккуратной работе поверхность засыпанного шурфа лишь незначительно (3—4 см) возвышалась над окружающей поверхностью.

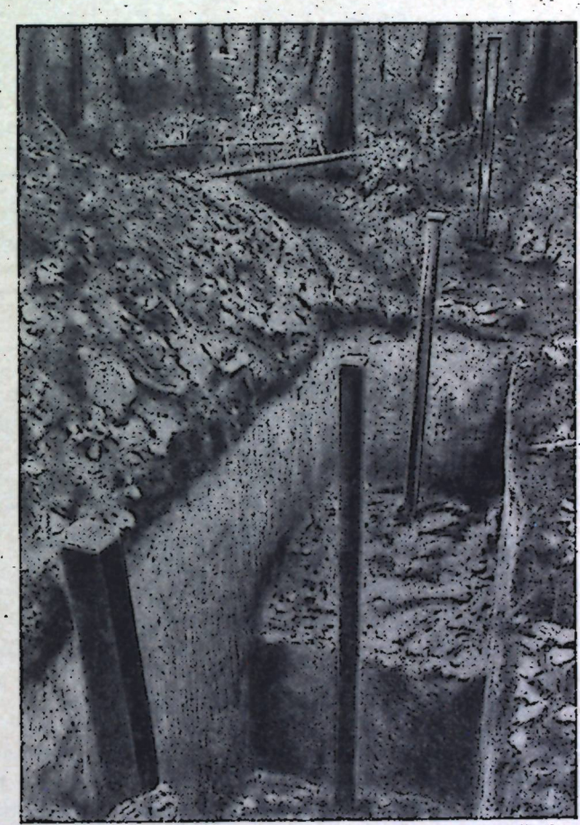
Каждая труба после установки спиливалась сверху так, чтобы ее верхний конец возвышался над поверхностью земли точно на 50 см. Затем все колодцы были точно занивелированы и привязаны к системе относительных отметок, по которым велась съемка опытного участка.

Замеры уровня воды в колодцах производились в утренние часы мерной лентой (рулеткой) с гайкой на конце ленты, сделанной в виде хлопушки. Отсчеты производились от верхнего края трубы с точностью до 1 см.

Наблюдения были начаты 1 ноября 1936 г. и продолжались до весны 1941 г. Они производились сначала один раз в пятидневку (1, 6, 11, 16, 21 и 26 числа каждого месяца); в течение апреля 1937 г. они велись ежедневно, затем по 21 сентября 1937 г. снова раз в пятидневку; начиная с этой последней даты, была выделена группа колодцев, в которых наблюдения производились ежедневно, в то время как в остальных колодцах — раз в пятидневку.

До 1 ноября 1937 г. наблюдения велись в 17 основных колодцах профиля № 1; с 1 ноября были включены в наблюдение и дополнительные колодцы того же профиля, установленные на большие глубины с изоляцией. Эти дополнительные колодцы сохранили нумерацию основных, с добавлением литер А, Б и т. д. Основные колодцы изображены на фиг. 1, а расположение дополнительных можно видеть на колонках, изображенных на рисунках 7, 10, 11.

Всего на профиле № 1 имелся 31 колодец; общая характеристика этих колодцев приводится в табл. 1.



Фиг. 5. Гнездо колодцев перед засыпкой шурфа.

На профиле № 2 нами было установлено 15 колодцев: № 59, 60, 60А, 60Б, 60В, 61, 62, 62А, 62Б, 62В, 63, 64, 64А, 64Б, 65; из них кол. 59 находится на противоположном склоне холма и на фиг. 2 не изображен. Кол. 59, 61, 63 и 65 являются одинарными и установлены в толще покровного суглинка.

Кол. 60, 62 и 64, с соответствующими им литерными колодцами, установлены гнездами, причем литерные колодцы являются изолированными, как это описано выше. На фиг. 2 черточками отмечены глубины этих колодцев, а на фиг. 20 более подробно изображено расположение колодцев, и расположение тампонов. Наблюдения на профиле № 2 начались осенью 1938 г.

На профиле № 3 мы поставили 5 колодцев, причем все они заложены лишь в пределах покровного суглинка, поскольку главным назначением этих колодцев было определить сравнительную характеристику режима верхнего горизонта почвенно-грунтовых вод в полевых условиях по отношению к лесу. Наблюдения на профиле № 3 начались весной 1940 г.

Таблица 1

Характеристика колодцев на профиле № 1

№ колодца	Относительная отметка поверхности земли у колодца (м)	Глубина колодца от поверхности земли (см)	Глубина нижней поверхности изолирующего тампона от поверхности земли (см)	№ колодца	Относительная отметка поверхности земли у колодца (м)	Глубина колодца от поверхности земли (см)	Глубина нижней поверхности изолирующего тампона от поверхности земли (см)
1	48.372	170	—	11	49.273	158	—
2	48.331	210	—	11А	—	341	292
3	48.335	160	—	12	49.940	214	—
4	48.367	180	—	12А	—	138	—
5	48.311	127	—	12Б	—	228	180
6	48,154	185	—	12В	—	355	308
7	48.145	152	—	13	50.901	185	—
7А	—	57	—	14	51.502	117	—
7Б	—	150	86	14А	—	205	152
8	48.239	205	—	14Б	—	356	312
8А	—	40	—	15	51.925	116	—
8Б	—	196	48	16	52.473	97	—
9	48.276	147	—	16А	—	180	128
9А	—	264	230	16Б	—	330	280
10	48.851	165	—	17	52.173	109	—
10А	—	257	210				

3. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Надежные метеорологические наблюдения в заповеднике начались лишь с 1937 г., вследствие этого мы не имеем многолетних средних данных, с которыми можно было бы сравнивать наблюдения за отдельные годы.

Из метеорологических наблюдений (табл. 2) мы видим, что 1938 г. отличался повышенной годовой средней температурой и в особенности повышенными температурами июля и августа, которые почти на 5° превышали средние многолетние.

1939 г. имел среднюю годовую лишь немного выше нормы, причем, однако, средние июньская, июльская и особенно августовская температуры были выше нормы, в то время как сентябрьская и октябрьская — заметно ниже.

1940 г. резко отличался своими пониженными температурами. Средняя годовая составляла 2.0°. При средней многолетней 3.4° особенно выделялись своими низкими температурами январь, февраль и март. В январе средние суточные температуры падали: 9-го до — 30.3°, 10-го до — 29.4°, 16-го до — 39.5°, 17-го до — 39.0° Минимальные температуры в те же дни составили: — 34.2°, — 40.9°, — 43.8°, — 44.3°. В феврале средняя суточная температура неоднократно

Таблица 2

Средние месячные температуры (в °С)

Месяцы	ЦЛГЗ			
	1937	1938	1939	1940
Январь	—11.2	— 8.4	— 8.6	—17.9
Февраль	— 7.4	— 6.1	— 3.6	—14.3
Март	— 2.8	— 0.5	— 4.0	— 7.4
Апрель	4.4	2.0	2.4	0.8
Май	10.8	10.2	9.4	11.4
Июнь	16.8	13.7	15.3	13.9
Июль	16.2	21.4	18.4	15.8
Август	16.9	19.4	17.5	15.4
Сентябрь	12.2	12.4	6.8	10.4
Октябрь	4.9	5.6	0.5	2.2
Ноябрь	— 0.3	2.3	— 1.2	0.9
Декабрь	— 9.9	— 9.0	— 7.6	— 7.8
Год	4.2	5.2	3.8	2.0

опускалась ниже —20°, а наименьшая почти до —30°. Температуры летних месяцев близки к средним многолетним.

В 1937 г. годовая сумма осадков была близка к средней многолетней, хотя в отдельные месяцы наблюдались заметные отклонения в ту и другую сторону. В 1938 г. годовая сумма осадков несколько ниже средней многолетней, хотя и не намного. Величины атмосферных осадков приведены в табл. 3.

Таблица 3

Месячные и годовые суммы осадков (в мм)

Месяцы	ЦЛГЗ			
	1937	1938	1939	1940
Январь	13.6	29.4	36.1	23.4
Февраль	57.8	18.5	24.2	26.1
Март	39.9	26.2	22.9	63.9
Апрель	10.0	39.4	67.2	23.7
Май	37.8	49.4	90.0	24.4
Июнь	26.8	82.7	24.9	63.7
Июль	112.5	48.9	56.8	105.6
Август	95.5	25.3	2.9	80.0
Сентябрь	38.1	31.4	25.1	135.5
Октябрь	42.2	63.3	41.5	44.7
Ноябрь	67.3	64.8	48.9	76.3
Декабрь	41.5	13.1	17.1	37.6
Год	583.0	492.4	457.6	704.9

Особенно мало осадков выпало в августе. В 1939 г. годовая сумма осадков была еще меньше, почти на 100 мм ниже средней многолетней. Особенно мало осадков было в течение 4 летних месяцев (июнь — сентябрь), причем

в августе выпало всего 2.9 мм. Если обратиться к ежедневным данным, то окажется, что в продолжение 66 дней — с 19 июля по 22 сентября — выпало всего 15 мм; только два дня имели сумму осадков от 3 до 3.5 мм, остальные дни не более 1.5 мм. С 3 по 29 августа осадки отсутствовали вовсе.

1940 г. отличался значительно повышенной, против средней годовой, суммой осадков, при этом, однако, месячные суммы осадков за летние месяцы не сильно отклонялись от нормы, в то время как март, сентябрь и ноябрь дали резкое превышение.

Таким образом, из четырех рассмотренных лет 1937 г. по температурному режиму и количеству осадков был наиболее близким к среднему. 1938 г. отличался несколько пониженным количеством осадков и сильно повышенными температурами июля, августа и в меньшей мере — сентября. Для 1939 г. характерны: заметно пониженная годовая сумма осадков, особенно малые количества осадков в летние месяцы, несколько повышенная средняя годовая температура и повышенные температуры июля и августа. 1940 г. отличался весьма низкими температурами в течение первых трех месяцев года и значительно повышенной годовой суммой осадков.

Следует указать, что зима 1938—1939 г. началась длительным морозным периодом со средними суточными температурами до —20°, при отсутствии снегового покрова, что вызвало глубокое промерзание почвы. В эту же зиму даже к ее концу снеговой покров был очень незначителен. Зима 1939—1940 г. отличалась, наоборот, весьма мощным снеговым покровом, который почти до самого конца зимы не испытывал действия оттепелей.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ 1936—1937 гг.

Как было уже сказано выше, наблюдения над колебаниями уровня почвенно-грунтовых вод были начаты 1 ноября 1936 г. Учитывая, что глубокие колодцы с изоляцией были введены в действие лишь с осени 1937 г., мы рассмотрим данные за период с 1 ноября 1936 г. по 1 января 1938 г. отдельно.

На фиг. 6 изображены кривые колебания уровня воды в шести наиболее характерных колодцах профиля, соответствующих основным видам почв, охватываемым профилем. Мы не приводим графиков для остальных колодцев ввиду того, что кол. 1, 2, 3, 4, 5 и 7, расположенные в пределах торфяника, дали чрезвычайно сходные кривые, примером которых является кривая кол. 6, изображенная на фиг. 6. Что же касается кол. 13, 14, 15, 16 и 17, то они также очень сходны между собой и с кривой кол. 12, изображенной на фиг. 6. К тому же эти колодцы, вследствие своей малой глубины, содержали воду в течение лишь короткого промежутка времени.

В нижней части той же фиг. 6 нанесены количества осадков и ход средних суточных температур. Эти метеорологические данные приведены по наблюдениям лесной метстанции Заповедника, находящейся от профиля в расстоянии около 4 км. Количество осадков до 15 сентября дано в виде сумм по пятидневкам, а далее — в виде суточных сумм.

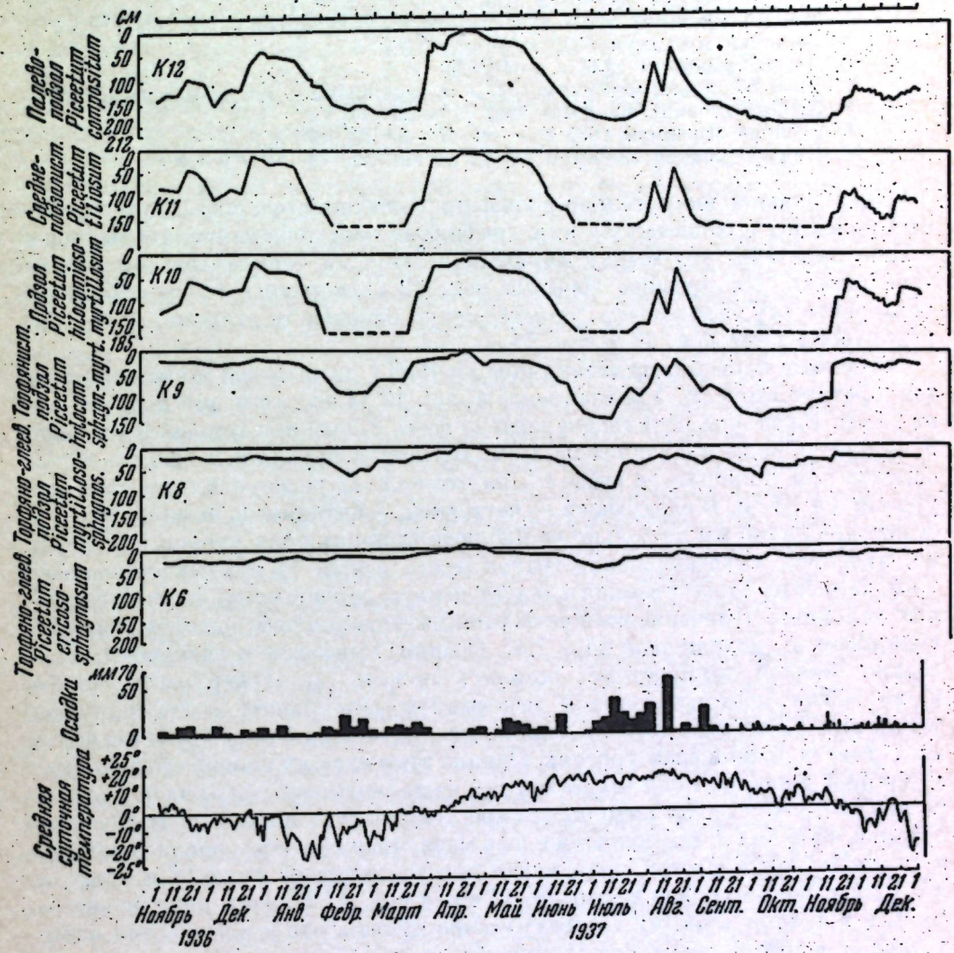
Ввиду отдаленности метстанции от профиля, метеорологические данные могут быть использованы для последнего лишь с некоторой долей условности. В дальнейшем, начиная с 1938 г., наблюдения над количеством осадков велись около самого профиля.

Перейдем к рассмотрению результатов наблюдений.*

* Глубины почвенно-грунтовых вод всюду даются в сантиметрах от поверхности почвы.

Из 6 колодцев, графики которых изображены на фиг. 6, два расположены в пределах болота — № 6 в его центральной части и № 8 — на периферии, а остальные четыре колодца — 9, 10, 11 и 12 в пределах нижней половины склона.

При первом же беглом взгляде на графики, изображенные на фиг. 6, мы можем констатировать, что уровень почвенно-грунтовых вод на нашем



Фиг. 6. Колебания уровня воды в колодцах 12, 11, 10, 9, 8, 6.

профиле был подвержен очень сильным колебаниям, причем размер этих колебаний в отдельных колодцах резко изменялся. Графики по отдельным колодцам имеют черты, указывающие на более или менее заметные отличия в режиме этих колодцев.

Однако кол. 10, 11 и 12 по характеру кривых колебания уровня в них могут быть объединены в одну группу — общая конфигурация их кривых примерно одна и та же. Наоборот, кол. 6, 8 и 9 имеют индивидуальные кривые, причем кривые кол. 8 и 9 представляют собою переходные между кол. 6 и группой кол. 10, 11 и 12.

Рассмотрим четыре наметившихся таким образом типа кривых отдельно.

Группа колодцев 10, 11 и 12

При беглом взгляде на кривые этих трех колодцев мы можем отметить для рассматриваемого 14-месячного периода наличие следующих крупных максимумов и минимумов:

1. Осенний максимум 1936 г. — ок. 16/XI.
2. Осенний минимум 1936 г. — ок. 1—6/XII.
3. Второй осенний максимум 1936 г. — ок. 26/XII.
4. Зимний минимум 1936—1937 гг. очень растянутый — ок. 1/III 1937 г.
5. Весенний максимум 1937 г. — ок. 21/IV.
6. Летний минимум 1937 г. — 16/VII.
7. Двойной летний максимум 1937 г. с вершинами — ок. 1/VIII и 16/VIII.
8. Первый осенний минимум 1937 г. — ок. 11/XI.
9. Осенний максимум 1937 г. — ок. 21—26 XI/1937 г.
10. Второй осенний минимум 1937 г. — ок. 11—16 XII/1937 г.

Всматриваясь внимательно в графики колебаний уровня воды в отдельных колодцах и сопоставляя их с графиками осадков и температуры, легко можно заметить, что между первыми и вторыми существует отчетливая зависимость. На примере графика кол. 12 постараемся более отчетливо установить эту зависимость, одновременно отмечая те отличия, которыми характеризуются кол. 10 и кол. 11.

В течение первой пятидневки ноября 1936 г. выпало 4.8 мм осадков при температуре выше 0°. Уровень воды в кол. 12 за это же время поднимался на 11 см. Во второй пятидневке выпало всего 2.5 мм при температуре выше 0°. Уровень воды понизился на 1 см. В третьей пятидневке выпало 10 мм осадков при температуре выше 0°, на что кол. 12 реагировал повышением уровня на 33 см. В следующей — четвертой — пятидневке выпало 10.3 мм осадков. Однако мы не только не наблюдали повышения уровня в кол. 12, но, наоборот, констатировали (равно как и в кол. 11 и 10) понижение на 4 см. Причину этого явления следует искать, повидимому, в температурных условиях. В течение всей четвертой пятидневки наблюдалась температура ниже 0°, доходившая до —7.4°. Осадки, выпавшие в виде снега, благодаря низкой температуре, остались лежать на поверхности земли и не могли поэтому явиться источником пополнения почвенно-грунтовых вод, вследствие чего последние, расходуясь на боковой и вертикальный сток, понизили свой уровень. Однако этим едва ли вполне объясняется указанное явление. Если мы посмотрим на дальнейший ход кривой уровня, то увидим, что в пятой пятидневке при температуре ниже 0° и количестве осадков, равном 0.6 мм, продолжалось медленное падение уровня (на 5 см), в то время как в шестой пятидневке при температуре ниже 0° и осадках в 0.4 мм падение уровня достигало 43 см (в кол. 11 в пятой пятидневке — 19 см и в шестой — 44 см). Поэтому можно думать, что и в четвертой пятидневке и в пятой некоторое количество воды, образующейся вследствие подтаивания снегового покрова снизу, за счет отдачи тепла почвой, все же просачивалось в почву, в силу чего падение уровня было замедлено, и лишь в шестой пятидневке, вследствие достаточного охлаждения поверхностного слоя почвы и прекращения подтаивания, понижение сделалось более резким. В кол. 10 падение уровня в течение всех четырех пятидневок шло более равномерно и более медленно. Возможно, что более близкое залегание вод в этом колодце препятствовало замерзанию. 1/XII 1936 г. уровень в кол. 12 (равно как и в кол. 11) достигал минимума, названного нами выше осенним минимумом 1936 г.

В первой пятидневке декабря температура колебалась от —0.7° до +0.5°, причем 5/XII при температуре +0.3° выпало 5 мм осадков; всего за эту пятидневку выпало 9.9 мм. Осадки 5/XII при температуре выше 0°,

очевидно, и вызывали заметное повышение уровня в кол. 12 и 11. Во второй пятидневке при незначительном количестве осадков и небольших отрицательных температурах продолжалось небольшое повышение уровня, которое в третьей пятидневке при ничтожном количестве осадков (0.5 мм) и отрицательных температурах, доходящих до —6.2°, перешло в незначительное понижение. В четвертой и пятой пятидневках мы наблюдали резкое повышение уровня в кол. 12 (24 см), кол. 11 (77 см) и кол. 10 (57 см). Осадков за этот период выпало немного: 4.5 мм за четвертую пятидневку и 3.7 мм за пятую пятидневку. Но зато температуры почти все время держались выше 0°, достигая +0.3° 16/XII и +3.5° 22/XII. Вызванное повышением температуры таяние снега, очевидно, и явилось причиной повышения уровня воды в колодцах.

С 26/XII в кол. 12, а в кол. 11 и 10 с 21/XII начался продолжительный зимний спад уровня почвенно-грунтовых вод. Температуры вплоть до 5/II 1937 г. держались отрицательные, достигая лишь +0.7° 1 января и 0.0°—6 и 8 января. Вероятно, повышением до +0.7° 1/I 1937 г. следует объяснить некоторое замедление в спаде уровня вод, которое отмечалось во всех трех колодцах этой группы, продолжавшееся до 16/I, после чего спад снова усилился. Некоторое замедление в спаде, отмечаемое графиками в последней пятидневке января, не может быть, повидимому, объяснено метеорологическими факторами. Наоборот, оттепель 6—7/II (+0.9° и +0.5°) совпала с некоторым замедлением в понижении уровня, хотя настаивать на прямой причинной зависимости между этими двумя факторами нельзя.

По кол. 10 и 11, вследствие их недостаточной глубины, имелся перерыв в показаниях — по первому с 1/II до 16/III, по второму с 6/II по 16/III. Уровень воды в кол. 12 с 6/II по 26/III дал небольшие колебания, трудно объясняемые с точки зрения влияния метеорологических факторов. Так, небольшому повышению уровня между 16 и 21/II предшествовала низкая, хотя и несколько повышающаяся температура. Минимального значения уровень воды в кол. 12 достиг 1/III.

14/III наступила оттепель, которая с небольшими перерывами 27/III и с 31/III по 6/IV перешла в весенний подъем. При этом в промежуток времени с 1/IV по 6/IV средние суточные температуры колебались от —0.1° до —2.1°; вероятно, и в этот период температура ежедневно поднималась выше 0°. На наступление 14/III оттепели кол. 10 и 11 реагировали резким повышением уровня, отмеченным 21/III, т. е. происходившим в течение пятидневки с 16 по 21/III. Не исключена возможность, что это повышение началось и ранее 16/III, но не могло быть отмечено вследствие недостаточной глубины кол. 10 и 11. В кол. 12 заметный подъем уровня начался лишь после 26/III и отмечен замером 1/IV.

В течение пятидневки с 21 по 26/III в кол. 10 и 11 наблюдалось резкое замедление подъема, объяснить которое затруднительно. Возможно, что оно кроется в особенностях метеорологических (главным образом температурных) условий на профиле, не вполне отражаемых метеорологическими данными метстанции Заповедника, расположенной в 4 км от него. Почему же в кол. 12 подъем начался позже, чем в кол. 10 и 11, как это можно видеть из следующих данных глубин почвенно-грунтовых вод (в см.):

	Кол. 10	Кол. 11	Кол. 12
11/III	Сухой (> 165)	Сухой (>158)	172
16/III	Сухой (> 165)	Сухой (>158)	172
21/III	77	115	166
26/III	74	113	165
1/IV	23	22	49
6/IV	23	21	35

Причина этого явления кроется, повидимому, в ходе насыщения почвы и грунта водой при таянии снега. Этот вопрос мы будем разбирать более подробно ниже, при рассмотрении кривых депрессии. Сейчас укажем только, что в начале весеннего снеготаяния в нижней части покровного суглинка, на его границе с подстилающими более тяжелыми породами, начинает образовываться самостоятельный водоносный горизонт, воды которого стекают вниз по склону. В силу этого в колодцах, расположенных ниже по склону, подъем воды вызывался не только просачиванием воды сверху, но и вследствие поступления ее боковым током. Поэтому, чем ниже по склону был расположен колодец, тем быстрее происходил в нем подъем воды, что можно видеть из вышеприведенной таблички, сопоставляя кол. 10 с кол. 11, а кол. 11 с кол. 12.

На режим уровня в кол. 12 оказывает влияние еще и песчаная линза (см. фиг. 2), которая вследствие своей высокой водовместимости задерживала воды, стекающие к кол. 12 с вышележащих частей склона.

Резкий весенний подъем вод в колодцах закончился 1/IV, после чего до 11/IV уровень колебался во всех трех колодцах в незначительных пределах. За эти две пятидневки имело место наступление небольшого заморозка, который, вероятно, замедлил снеготаяние, в силу чего приход воды более или менее уравновешивался ее расходом.

С 11/IV наступило быстрое нарастание средних суточных температур, вызвавшее усиленное таяние снегового покрова, которое и привело к дальнейшему повышению уровня почвенно-грунтовых вод, достигшему максимума 21/IV, когда уровень вод во всех колодцах достиг почти поверхности почвы. Это положение относится ко всем колодцам профиля, как то нетрудно видеть из следующих величин глубины залегания вод 21/IV.

Таблица 4

Глубина уровня почвенно-грунтовых вод 21/IV

№ колодца	Глубина уровня почвенно-грунтовых вод (см)	№ колодца	Глубина уровня почвенно-грунтовых вод (см)
1	12	10	7
2	13	11	6
3	12	12	4
4	1	13	13
5	— 7 (выше поверхности)	14	3
6	— 7 (то же)	15	1
7	—10 (то же)	16	8
8	— 2 (то же)	17	8
9	2	—	—

После 21/IV началось понижение уровня воды во всех трех рассматриваемых колодцах. В течение последних двух пятидневок апреля оно шло медленно, будучи задержано выпадением осадков: 4.6 мм в пятой пятидневке и 5.4 мм в шестой. В первой пятидневке мая осадков не было, в связи с чем и понижение уровня ускорилось. Далее, с 6/V по 26/V наблюдалось лишь незначительное падение уровня, задержанное опять-таки выпадением

осадков: 1.6 мм во второй пятидневке, 13.6 мм — в третьей, 11.3 — в четвертой и 8.7 — в пятой.

Начиная с 26/V установился быстрый спад во всех трех колодцах, без перерыва продолжавшийся до достижения летнего минимума, для кол. 12—16/VII. Осадки, выпадавшие в течение июня и начала июля, почти не повлияли на скорость падения уровня воды в колодцах, и только выпадение 19.3 мм осадков в третьей пятидневке июня вызвало незначительное замедление понижения в кол. 10 и 11. Возможно, что на самом деле это замедление было и бо́льшим, так как из этих 19.3 мм 15.4 мм выпало 11/VI, а замер уровня был сделан лишь 16/VI.

Отмечая значительное весенне-летнее (с 26/V до 16/VII) падение уровня почвенно-грунтовых вод, мы должны указать на причины, его вызвавшие. Если в зимний период причиной понижения являлся почвенный и грунтовый сток, то в весенне-летний период решающее значение принадлежало другим существенным факторам — испарению с поверхности почвы и в особенности десукции корнями растений.

Рассматривая весенне-летнее понижение уровня почвенно-грунтовых вод, следует отметить два обстоятельства. В первой половине июля (с 1 по 15) выпало 62.7 мм осадков (из них 29.4 мм 14 июля); несмотря на это, в кол. 12 в этот период шло энергичное понижение уровня, лишь ничтожно замедлившееся к концу периода. Во второй половине июля (с 16 по 31) выпало осадков еще 49.8 мм, что вызвало в кол. 12 лишь очень небольшой и медленный подъем. И только после выпадения еще 30.0 мм в первой пятидневке августа (из них 22.6 мм 4 августа) в кривой наступил резкий перелом и уровень воды в кол. 12 сильно и быстро повысился. Поведение кол. 10 и 11, повидимому, очень близко к поведению кол. 12, но категорически утверждать это нельзя, так как в кривых кол. 10 и 11 имелся перерыв, вследствие их недостаточной глубины.

Отмеченное только что поведение кол. 12 требует пояснения. Учитывая, что в течение всего июля средние суточные температуры держались в пределах 15—17°, можно полагать, что значительная часть выпадающих осадков возвращалась обратно в атмосферу в результате испарения с поверхности почвы и десукции древесным и травянистым растительным покровом из самых верхних слоев почвы. Для первой половины июля, когда уровень воды в кол. 12 продолжал понижаться, можно приближенно считать, что все выпадавшие осадки испарялись и десукцировались, не попадая в нижние горизонты почвы. Особенно следует отметить роль лесной подстилки, которая в силу высокой влагоемкости поглощает и удерживает значительное количество осадков.

Во второй половине июля в кол. 12 начался подъем, но очень медленный. Как известно из работ А. Ф. Лебедева (1936) и как было экспериментально подтверждено Е. А. Ансберг (1937), механизм связи между подъемом почвенно-грунтовых вод и выпадением осадков может быть двояким. В одном случае, когда уровень вод лежит достаточно близко к дневной поверхности, а граница капиллярной каймы совпадает с нею, подъем почвенно-грунтовых вод при выпадении осадков вызывается немедленным гидростатическим перемещением воды в капиллярной зоне и поэтому происходит очень быстро. В другом случае, когда уровень почвенно-грунтовых вод лежит более глубоко и капиллярная кайма оторвана от дневной поверхности, выпадающие осадки должны предварительно просочиться до капиллярной каймы, после чего лишь может начаться подъем уровня почвенно-грунтовых вод. В этом случае подъем уровня начинается не сразу и происходит медленно, даже при большом количестве осадков.

Поведение кол. 12 во второй половине июля, очевидно, отвечает этому второму случаю. Капиллярная зона, в результате понижения уровня почвенно-грунтовых вод и иссушения верхних горизонтов, оторвалась от дневной поверхности, и осадки, выпадавшие в течение второй половины июля, должны были сначала просачиваться через толщу какой-то мощности, вследствие чего подъем уровня почвенно-грунтовых вод происходил медленно. К концу июля капиллярная кайма достигла дневной поверхности, вследствие чего выпадение 30.0 мм осадков в первой пятидневке августа вызвало уже резкий и быстрый подъем, относящийся к первому из рассмотренных только что случаев, т. е. быстрому подъему, в основе которого лежит немедленная гидростатическая передача давления.

Вернемся к рассмотрению дальнейшего поведения почвенно-грунтовых вод в кол. 10, 11 и 12.

Во второй пятидневке августа осадков не выпало вовсе. Все три колодца реагировали на это резким понижением уровня воды в них.

В третьей пятидневке вновь выпало большое количество осадков — 58.7 мм, вследствие чего в колодцах снова произошло резкое повышение уровня, которое и привело к летнему максимуму 16/VIII.

После этого наступил новый длительный период спада грунтовых вод, продолжавшийся до третьей пятидневки ноября. Осадки, выпавшие в количестве 6.7 мм в пятой пятидневке августа, отразились лишь небольшим замедлением спада во всех трех колодцах. Выпадение 25.4 мм в первой пятидневке сентября вызывало остановку в понижении уровня в кол. 12 и незначительное его повышение в кол. 10 и 11. Очевидно, выпадавшие осадки почти полностью задерживались подстилкой и верхними слоями почвы.

Довольно большое количество осадков, выпавшее в первой пятидневке октября (17.5 мм), не препятствовало продолжавшемуся понижению вод в кол. 12.

Быстрый спад уровня после 16/VIII следует, вероятно, отнести как на счет бокового стока, так и значительного расхода влаги на десукцию интенсивно вегетирующим еще растительным покровом. Средние суточные температуры хотя и начинали с половины августа сильно колебаться и несколько понижаться, но все еще в течение более чем месяца оставались довольно высокими.

Наиболее низкого уровня кол. 10, 11 и 12 достигают 11/XI (см. фиг. 6). 13/XI выпало осадков 16.3 мм, а за всю третью пятидневку —24.3 мм. Эти осадки вызвали значительный подъем уровня во всех трех колодцах, причем в кол. 10 этот подъем имел очень резкий характер, а в кол. 12 шел по сравнительно пологой кривой. Кол. 11 занял в этом отношении промежуточное положение.

В чем заключается причина различной интенсивности подъема в этих трех колодцах? Подъем начинался примерно с одинаковой глубины: около 220 см в кол. 12 и 11 и около 200 см в кол. 10. Поэтому различное положение капиллярной зоны по отношению к дневной поверхности не могло быть причиной различной скорости подъема. Эту причину следует, вероятно, искать в различной влажности верхних почвенных горизонтов, которая в свою очередь вызывается различным растительным покровом. Сильно развитый моховой покров на подзоле у кол. 10 служил значительно лучшей защитой от испарения, нежели довольно тонкая подстилка у кол. 11 и 12. В силу большей влажности верхних горизонтов, расход осадков на их увлажнение значительно меньше, и влияние их на уровень почвенно-грунтовых вод оказалось гораздо более энергичным.

Выпадение 14/XI еще 6.0 мм осадков не отразилось на глубине залегания вод, быть может, вследствие того, что 15/XI наступили заморозки.

Только 19/XI начался новый заметный подъем воды, продолжавшийся до 21/XI и связанный, очевидно, с выпадением 19/XI 6.2 мм осадков и повышением 20/XI температуры выше 0°.

После 26/XI началось понижение уровня воды, вызванное наступлением морозного (до —17.1°) периода. Это понижение прекратилось 16/XII, когда вследствие наступившей, хотя кратковременной (18 и 19/XII) и небольшой (до +0.3°), оттепели уровень воды резко повысился в кол. 10 и 11 и более постепенно (в силу более глубокого залегания воды) в кол. 12.

В кол. 10 и 11 после этого началось очень медленное понижение уровня, идущее до конца года, а в кол. 12 продолжался до 30/XII медленный подъем, сменившийся начавшимся 31/XII спадом.

Колодец 9

Кол. 9 соответствовал полосе торфянистого подзола и находился, как можно видеть из фиг. 1, как раз на перегибе склона, в том месте, где поверхность последнего делалась горизонтальной и переходила в поверхность торфяника.

Такое положение в рельефе не могло, очевидно, не сказаться на режиме колебаний уровня почвенно-грунтовых вод в этом колодце. И действительно, мы видим, что кривая колебания уровня в нем, будучи некоторыми своими участками весьма похожей на кривые рассмотренной выше группы колодцев, — в других частях очень сильно от них отличается.

В течение всего периода от начала наблюдений, т. е. с 1/XI 1936 г. и до момента начала устойчивого зимнего спада в кол. 10, 11 и 12, т. е. до 16/I, вода в кол. 9 держалась на глубине около 20 см с колебаниями на 5—6 см в ту и другую сторону. Минимум 1/XII и максимум 21/XII, резко отмеченные на кривых кол. 10, 11 и 12, на кривой кол. 9 выражены едва заметными отклонениями.

Более энергичный зимний спад уровня в кол. 9 начался с 21/I 1937 г., т. е. на пятидневку позже, чем в кол. 10, 11 и 12.

В чем заключалась причина этих отличий в поведении кол. 9 от колодцев вышележащих? Мы уже говорили выше, что в толще покровного суглинка, при соответствующем стоянии уровня почвенно-грунтовых вод, создается боковое передвижение воды вниз по склону. Принимая во внимание равномерность склона и более или менее постоянную величину мощности покровного суглинка, мы можем считать, что для колодцев, расположенных на склоне, величина прихода воды от бокового ее передвижения будет в любом поперечном сечении равна ее расходу.

К кол. 9 это положение неприменимо, так как, благодаря его положению на перегибе склона, величина расхода воды на боковое передвижение будет в нем меньше, чем величина прихода. Поэтому заметное понижение уровня воды в нем могло наступить лишь после того, как уровень воды на соседнем участке, т. е. в кол. 10, упадет настолько, что приход воды с этого участка значительно уменьшится.

И действительно, как можно видеть из приводимых ниже данных табл. 5, понижение уровня в кол. 9 резко усилилось после того, как глубина уровня воды в кол. 10 приблизилась к 1 м.

По этой же причине на кривой колебаний уровня кол. 9 мы не находим и минимума 1/XII, ибо в этот период вода в кол. 10 стояла все же высоко (около 75 см) и кол. 9 находился под влиянием непрерывного бокового притока воды с вышележащих участков склона.

Зимний минимум в кол. 9 наступил 16/II, т. е. на три пятидневки раньше, чем в кол. 12. При этом в течение трех пятидневок (с 11/II до 25/II)

Таблица 5

Колебания уровня грунтовых вод в кол. 9 и 10 за период 11/I — 6/II 1937 г.

Дата	Кол. 10	Кол. 9	Кол. 9
	Глубина уровня воды (см)	Глубина уровня воды (см)	Изменение глубины (см)
11/I	32	20	
			3
16/I	40	23	
			6
21/I	75	29	
			15
26/I	104	44	
			0
1/II	106	44	
			28
6/II	165	72	

уровень воды в кол. 9 держался почти без изменения на глубине около 87 см.

Между 26/II и 1/III в кол. 9 наблюдался заметный подъем, причина которого неясна. Представляется вероятным, что этой причиной является повышение температуры, наблюдавшееся в течение пятидневки 21/II — 26/II. Хотя температура все время продолжала оставаться ниже 0°, но возможно, что ее повышение сделало возможным подтаивание снега снизу.

Следующий подъем воды в кол. 9 отмечен 21/III, т. е. одновременно с повышением в кол. 10 и 11. Причиной подъема, несомненно, явилась оттепель. При этом глубина стояния воды доходила до 20 см от поверхности.

Далее наступил медленный подъем, который достиг максимума одновременно с кол. 10, 11 и 12, т. е. 21/IV. В этот момент вода стояла почти на поверхности. Подъем сменился спадом, который к 1/V достиг 30 см.

Затем уровень снова повысился до 20 см от поверхности и держался на этой величине до 26/V, вероятно, вследствие выпадения осадков в третьей, четвертой и пятой пятидневках мая, задержавших понижение уровня и в кол. 10, 11 и 12.

После 26 мая наступил (одновременно с кол. 10, 11 и 12) весенне-летний спад, продолжавшийся до 11/VII.

И здесь мы видим то же самое явление: заметное понижение уровня воды в кол. 9 начинается лишь после того, как глубина уровня в кол. 10 приближается к 1 м.

Эти данные подтверждают сказанное выше.

26/VI спад заметно замедлился при ничтожном количестве осадков. Это было вызвано тем, что к 26/VI уровень воды достиг нижней границы легких по механическому составу поверхностных наносов, вследствие чего расход на испарение через капиллярный подъем, идущий через слоистую песчаноглинистую, гораздо более тяжелую толщу, сильно уменьшился.

Довольно большое количество осадков, выпавших в первой (11 мм) и второй (14.8 мм) пятидневках июля, не повлияло на уровень воды в кол. 9, который продолжал падать. Очевидно, значительная доля этих осадков расходовалась на насыщение уже до известной степени пересохших верхних слоев, а частью на испарение и десукцию. И только 36.9 мм осадков,

Таблица 6

Колебания уровня грунтовых вод в кол. 9 и 10 за период 16/V — 11/VI 1937 г.

Дата	Кол. 10	Кол. 9	Кол. 9
	Глубина уровня воды (см)	Глубина уровня воды (см)	Изменение глубины (см)
16/V	39	20	
			0
21/V	39	20	
			3
26/V	50	23	
			9
1/VI	75	32	
			7
6/VI	100	39	
			34
11/VI	132	65	

выпавших в третьей пятидневке, дали резкое повышение уровня в кол. 9, которого мы не наблюдали в кол. 12. Повышение закончилось пиком 21/VII, вызванным дополнительными осадками 19.4 мм, выпавшими в четвертой пятидневке. Однако расход на испарение и десукцию был настолько велик, что выпадение 11.3 мм в пятой пятидневке не могло удержать уровень даже на достигнутой высоте, и он начал падать. Осадки, выпавшие в последней пятидневке июля, в первой и третьей пятидневках августа дали двойной пик на кривой кол. 9, соответствующий такому же пику на кривых кол. 10, 11 и 12. Однако на кривой кол. 9 вершины этого пика имели значительно меньшую высоту. Это объясняется тем, что в кол. 9 уровень воды подходил уже близко к поверхности (почти до 20 см), что резко увеличило боковой сток в толще гор. A_1 и A_2, значительно более водопроницаемых, нежели нижележащие горизонты.

После 16/VIII уровень воды в кол. 9 начал падать, как и в кол. 10, 11 и 12, но более медленно, по тем же причинам, которые мы указывали, говоря о весенне-летнем спаде. 25.4 мм осадков, выпавших в первой пятидневке сентября, дали небольшой эффект в смысле повышения уровня, но все же несколько больший, чем в кол. 10, 11 и 12, очевидно, вследствие более высокого стояния уровня в кол. 9.

Спад продолжался до 5/X, после чего начался медленный подъем, вызванный осадками, выпавшими в количестве 17.5 мм в первой пятидневке октября и поддерживаемый небольшими осадками, выпадавшими в дальнейшем. Этот медленный подъем сменился 14/XI очень резким скачкообразным подъемом, вызванным выпадением 13/XI— 16.3 мм, а 14/XI —6.0 мм осадков. После этого до конца года уровень воды в кол. 9 колебался незначительно — от 20 до 37 см, не имея такого хорошо выраженного минимума около 12—13/XII, какой наблюдался в кол. 10 и 11.

Колодец 8

Кол. 8 имеет кривую еще более однообразную, чем кол. 9. Заметный зимний спад уровня в кол. 8 начался лишь с 1/II 1937 г.; до этой даты глубина уровня, как и в кол. 9, колебалась около 20 см. Если в кол. 9 зимний минимум был растянут на три пятидневки, то в кол. 8 он продолжался

до 16/II, после чего уровень начал подниматься. Причины поднятия те же, вероятно, что и в кол. 9, т. е. повышение температур, хотя и продолжавших оставаться отрицательными.

Промежуток времени до весеннего максимума (21/IV) характеризуется кривой, подобной кривой кол. 9, но несколько смягченной вследствие более близкого к поверхности положения уровня воды в кол. 8, который колебался с 1/III до 11/IV от 30 до 10 см. В период весеннего максимума колодец был затоплен и уровень воды в течение нескольких дней держался выше поверхности.

С 1/V и до 6/VI глубина уровня колебалась около 20 см от поверхности. Заметный летний спад начался лишь 16/VI, т. е. значительно позже, чем в кол. 9 (6/VI), и тем более в кол. 10, 11 и 12 (26/V).

Причина более позднего начала летнего спада в кол. 8 по сравнению с кол. 9 та же, что и для кол. 9 в сравнении с кол. 10, 11 и 12. Как мы увидим ниже, при относительно низком стоянии почвенно-грунтовых вод сток с торфяника шел в сторону его периферии, и поэтому понижение уровня в кол. 8 за счет бокового оттока могло начаться лишь после того, как произошло достаточное понижение уровня в кол. 9.

Размеры весенне-летнего спада в кол. 8 еще меньше, чем в кол. 9. Этот спад, как и в кол. 9, закончился 11/VIII, после чего кривая приобрела форму, сходную с кривой кол. 9, но значительно снивелированную. Она имела четыре пика — 21/VII, 6/VIII, 16/VIII и 6/IX, но вышина их была еще меньше, чем на кривой кол. 9, причем вершины двух средних пиков лежали на глубине около 20 см, а последнего лишь немногим глубже.

После 6/IX кривая начала падать, но величина падения очень невелика даже по сравнению с кол. 9. Осадки первой пятидневки октября вызвали немедленное повышение уровня, который далее в четвертой пятидневке октября и третьей пятидневке ноября ступенчато повышался до глубины 20 см; на этой глубине он держался до конца года.

Колодец 6

Этот колодец имеет еще более простую кривую. Уровень воды в нем с 1/XI 1936 г. и до 16/III 1937 г., т. е. до весенней оттепели, колебался незначительно и стоял по большей части на глубине около 20 см. В частности, зимний минимум (11—26/II) не выражен совершенно. Это обстоятельство дает основание утверждать, что заметный сток воды из торфяника в питаемый им ручей имел место лишь тогда, когда глубина уровня воды в торфянике меньше 20 см. При более глубоких уровнях этот сток, если и происходил, то был ничтожен.

С 16/III в кол. 6 начался слабый непрерывный подъем, закончившийся максимумом 21/IV, т. е. одновременно с остальными колодцами. Кол. 6 при этом подвергался затоплению, как и кол. 8, но несколько более сильному и продолжительному. После этого началось очень медленное падение уровня, вплоть до 16/VI, когда уровень достиг глубины около 20 см. Далее шло несколько более быстрое понижение уровня, которое, однако, достигло глубины лишь 45 см и 1/VII, сразу же после начала июльских осадков, сменилось новым медленным подъемом, доводящим уровень к 26/VII снова до глубины 20 см.

Пики, отмеченные нами на кривых кол. 8 и 9, не выражены, кроме очень незначительного третьего пика —16/VIII. С 21/VIII до конца года уровень воды колебался на глубине около 20 см, с незначительным понижением в конце сентября.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ 1937—1940 гг.

В этом разделе мы рассмотрим результаты наблюдений за период после 1 ноября 1937 г., когда были введены в действие дополнительные колодцы.

Прежде чем обратиться к годовому ходу колебаний уровня, остановимся на некоторых общих явлениях, характеризующих поведение почвенно-грунтовых вод в отдельных горизонтах толщи наносов, на примере профиля № 1.

На фиг. 7, 10 и 11 изображены кривые колебаний уровня * почвенно-грунтовых вод в кол. 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16 и дополнительных к ним, обозначаемых теми же номерами с литерами А, Б, В, за 1938 г. Расположение колодцев в смысле глубины их заложения, глубины нахождения их действующих частей и битумных тампонов видно из колонок, изображенных на тех же фигурах, и поэтому описывать их мы не будем. Экспликация условных знаков, обозначающих разные наносы на колонках, дана на фиг. 1.

Уже первый беглый взгляд на эти фигуры убеждает нас в том, что поведение уровня воды в колодцах, установленных рядом, но на разные глубины, неодинаково и что, следовательно, представлять себе всю толщу почвенно-грунтовых вод вполне однородной, во всех своих частях связанной исключительно гидростатически,— было бы неправильно.

Попытаемся разобраться в поведении почвенно-грунтовых вод в системе наносов нашего профиля. Для этого обратимся прежде всего к кривым колебаний уровня в кол. 16, 16А и 16Б (фиг. 7). Эти три колодца расположены на самой вершине холма и поэтому передвижение воды в них свободно от каких бы то ни было сторонних влияний, т. е. бокового притока, напора, подпора и т. д.

1/XI 1937 г. мы нашли воду только в кол. 16Б, т. е. наиболее глубоком, на глубине 274 см. В течение первых двух пятидневок ноября уровень воды в колодце несколько опускался, при ничтожном количестве осадков (0.5 мм за всю декаду). В течение последующих четырех пятидневок ноября уровень заметно, но равномерно повышался, что, очевидно, было вызвано выпадением довольно большого количества осадков в третьей пятидневке (26.8 мм) и небольшого — в четвертой (10.0 мм) и в шестой (3.9 мм). Впрочем, осадки последней пятидневки выпадали при температурах ниже 0° (от −4.0 до −7.2°). Следует отметить, что повышение уровня в кол. 16Б начиналось не сразу после выпадения осадков (13/XI выпало 16.3 мм осадков, и лишь 16/XI отмечен подъем на 16 см). При этом подъем уровня шел очень равномерно, и отсутствие осадков в пятой пятидневке с одновременным опусканием средних суточных температур ниже 0° не отразилось на ходе подъема. Характер подъема указывает на то, что его началу предшествовало просачивание воды на ту или иную глубину, лишь после чего начался гидростатический подъем.

В течение первых двух пятидневок декабря уровень в кол. 16Б колебался незначительно, а затем начал несколько падать, достигнув минимума 21/XII, после чего опять несколько повысился. Это повышение, очевидно, было вызвано оттепелью в четвертой пятидневке декабря (см. температурную кривую на фиг. 7). В этом случае реакция на поступление в почву наступила тоже примерно через три дня.

---

* Величины осадков и мощность снегового покрова даны по наблюдениям на водобалансовой площадке, расположенной примерно в 200 м от профиля. При этом величины осадков даны по дождемеру, расположенному в большом окне. Средние суточные температуры попрежнему даются по наблюдениям на лесной метстанции Заповедника, расположенной в 4 км от профиля.

Оттепель была очень кратковременной и сменилась значительным понижением температуры, достигавшим 29/XII —28°. Тем не менее, повышение уровня воды в кол. 16Б продолжалось до 1/I 1938 г., что опять-таки указывает на наличие просачивания.

С 1/I 1938 г. началось понижение уровня, совпавшее с периодом низких температур и закончившееся 26/I. После этого снова начался медленный подъем уровня, вызванный, очевидно, потеплением (—0.2° 27/I и —0.8° 30/I) и, следовательно, возможным подтаиванием снега внизу и сверху. Это повышение стало более быстрым с 6/II после небольшой оттепели (6/II+1.6°). С 11/II температура опустилась ниже —10°, что вызвало замедление, но все же не прекращение подъема. С 16/II, в связи с новым повышением (до —5°), подъем ускорился, а с 21/II сменился небольшим падением, вызванным понижением температуры до —13° (23/II).

Оттепель в начале марта вызвала новый подъем, а заморозки во второй пятидневке — небольшое понижение; с 11/III начался подъем, вызванный небольшими, но частыми оттепелями, который с 21/III перешел в бурный подъем, связанный с началом весеннего снеготаяния.

Таким образом, за весь этот период с 1/XI 1937 г. по 21/III 1938 г. в кол. 16Б наблюдался общий подъем уровня воды, прерываемый кратковременными понижениями. Подъем вызывался просачиванием воды от дождей или таяния снега, причем подъем начинался не сразу после начала поступления воды в почву, а прекращение поступления воды в поверхностные горизонты почвы, в свою очередь, не сразу вызывало остановку подъема, а лишь через некоторый промежуток времени —5—7 дней. Эти факты указывают на то, что мы имеем здесь дело именно с п р о с а ч и в а н и е м.

К сожалению, наблюдения за этот период велись раз в пятидневку, вследствие чего некоторые детали могли от нас ускользнуть. Некоторые дополнения могут быть сделаны по данным кол. 14Б, в котором наблюдения с 11/XII велись ежедневно. В нем уровень воды стоял ниже, чем в кол. 16Б, и, вероятно, поэтому общий ход кривой получился более плавным. Оттепель в начале февраля сказалась в этом колодце через три дня: оттепель была 6/II, а повышение уровня отмечено 9/II.

С 21/III 1938 г. в кол. 16Б начался бурный весенний подъем, который за одну пятидневку довел уровень почти до той глубины, около которой он далее колебался в течение всего периода снеготаяния. Одновременно появилась вода и в кол. 16А, уровень в котором повышался одинаково с кол. 16Б. Впрочем, эта тождественность может быть кажущейся, вследствие слишком длительных перерывов между наблюдениями (5 дней).

Сопоставляя между собой кол. 14Б и 14А, мы видим, что в них подъем шел неодинаково, что можно видеть из табл. 7.

Из табл. 7 мы видим, что 25/III вода в кол. 14Б стояла уже на глубине 174 см, в то время как в кол. 14А лишь на глубине 200 см. В дальнейшем эта разница уменьшилась и под конец исчезла совсем, но в начале она была совершенно отчетлива и довольно велика. К выяснению причин этой разницы мы вернемся несколько ниже, а сейчас отметим, что и в кол. 16А вода в начале подъема, вероятно, стояла на более низком уровне, нежели в кол. 16Б.

21/III появилась вода и в кол. 16. В этот момент разница уровней воды в кол. 16 и 16Б достигала 1 м. Но уже 26/III эта разница уменьшилась до 36 см, 1/IV — до 23 см, а в дальнейшем в период снеготаяния колебалась от 28 до 48 см.

21/III мы установили несомненное существование двух самостоятельных горизонтов почвенно-грунтовых вод — одного в толще покровного суглинка, водоупором для которого служил тяжелый суглинок, залегающий ниже, и второго — в толще морены, водоупор для которого нам неизвестен. Аналогичное положение для кол. 14 наблюдалось с 12 по 28/XI 1937 г. и с 22 по 24/III 1938 г., когда мы могли также констатировать наличие двух вполне самостоятельных горизонтов — одного в толще покровного суглинка, регистрируемого кол. 14, и другого в толще морены, регистрируемого кол. 14Б. Кол. 14А, действующая часть которого расположена выше нижнего горизонта и изолирована битумным тампоном от верхнего горизонта, оставался при этом сухим.

Таблица 7

Колебания уровня воды в кол. 14А и 14Б за период 21/III — 1/IV 1938 г.

Дата	Кол. 14А	Кол. 14Б
	Глубина воды (см)	Глубина воды (см)
21/III	>202	271
22/III	>202	266
23/III	>202	244
24/III	>202	205
25/III	200	174
26/III	160	152
27/III	132	126
28/III	110	109
29/III	102	100
30/III	82	86
31/III	72	72
1/IV	69	69

Учитывая относительно более легкий механический состав и, следовательно, гораздо бо́льшую водопроницаемость покровного суглинка, по сравнению с подстилающими его тяжелыми суглинками и мореной, одновременное существование двух подобных горизонтов почвенно-грунтовых вод является вполне естественным.

Однако дальнейшее поведение колодцев, регистрирующих эти два горизонта, в период с 1/IV до конца снеготаяния, уже не представляется столь простым и легко объяснимым.

Рассмотрим период с 1/IV по 16/V 1938 г. В этот промежуток времени уровень воды кол. 16, 16А и 16Б хотя и испытывал заметные колебания от одного дня к другому, но в общем держался около одной и той же средней глубины: около 15—20 см в кол. 16 и около 40—50 см в кол. 16А и 16Б.

Таким образом, уровни во всех трех колодцах в течение этого периода колебались в п р е д е л а х т о л щ и п о к р о в н о г о с у г л и н к а.

Считая уровень воды в кол. 16 отвечающим истинному уровню воды в толще покровного суглинка, мы, очевидно, должны констатировать, что уровни воды в кол. 16А и 16Б не отвечали каким-либо реальным естественным уровням почвенно-грунтовых вод в рассматриваемой толще наносов, т. е. являлись ф и к т и в н ы м и.

В поисках разрешения данного вопроса можно, вообще говоря, предположить две возможности. Либо во время снеготаяния вся толща наносов полностью насыщалась водой, — в этом случае мы имели бы дело с единой г и д р о с т а т и ч е с к и с п л о ш ь с в я з а н н о й с и с т е м о й, и вода в кол. 16, 16А и 16Б по закону сообщающихся сосудов

должна была бы стоять на одном и том же уровне.* Либо в это же время создавалось два или больше самостоятельных, гидростатически не связанных горизонта почвенно-грунтовых вод, подобно тому как это имело место в ноябре 1937 г. для кол. 14. В этом случае вода в кол. 16, 16А и 16Б стояла бы на разных уровнях, но уровень в кол. 16А и 16Б должен был бы быть во всяком случае ниже нижней поверхности покровного суглинка. Мы же не наблюдали ни того, ни другого. Воды стояли на разных уровнях, но все они находились в пределах толщи покровного суглинка.

Вместе с тем в кол. 16А и в кол. 16Б вода стояла примерно на одном и том же уровне (кол. 16Б показывал только более резкие колебания), хотя действующая часть первого расположена на глубине 130—180 см, а действующая часть второго на глубине 280—330 см. Это говорит о том, что в пределах толщи подстилающих суглинков и морены мы имеем дело с одним непрерывным гидростатически связанным горизонтом почвенно-грунтовых вод.

Гнездо кол. 14, 14А и 14Б дало совершенно аналогичную картину. Отличие от гнезда кол. 16, 16А и 16Б заключалось, во-первых, в том, что кол. 14А и 14Б дали совершенно тождественные, налагавшиеся друг на друга кривые колебаний уровня и притом очень резко колеблющиеся, в то время как кол. 16А дал кривую, значительно более плавную, нежели кол. 16Б. При этом переломы кривой кол. 16Б в точности соответствовали переломам кривой кол. 14А и 14Б и имели одинаковые с ними амплитуды колебаний. Во-вторых, кривая колебаний кол. 14А и 14Б лежала ниже по отношению к кривой кол. 14, нежели кривая кол. 16А и 16Б по отношению к кол. 16.

Сопоставляя внимательно кривые кол. 16 с кривой кол. 16А и в особенности кол. 16Б, мы можем заметить, что эти кривые на некоторых своих участках не являются симбатными. Так, например, в период с 10/IV по 13/IV уровень воды в кол. 16 медленно опускался, в то время как в кол. 16А и особенно 16Б резко поднимался. Между 26 и 29/IV, при постоянстве уровня в кол. 16, уровень в кол. 16Б испытывал заметные колебания.

Это заставило нас предположить, что колебания уровня воды в колодцах зависели не только от увеличения или уменьшения количества воды, поступавшей в почву, что, в свою очередь, в период снеготаяния зависело от колебаний температуры, но и от каких-то еще иных причин. В литературе есть много указаний на изменения атмосферного давления, как на одну из причин колебания уровня воды в колодцах. Для того чтобы установить, не имеет ли эта причина влияния и на наши колодцы, мы составили особый, более подробный график для периода с 1/IV по 5/V, изображенный на фиг. 8. На этом графике приводятся колебания уровня воды в кол. 16, 16А, 16Б и 14Б, колебания атмосферного давления, средней суточной температуры, количества осадков и ход уменьшения толщины снегового покрова.

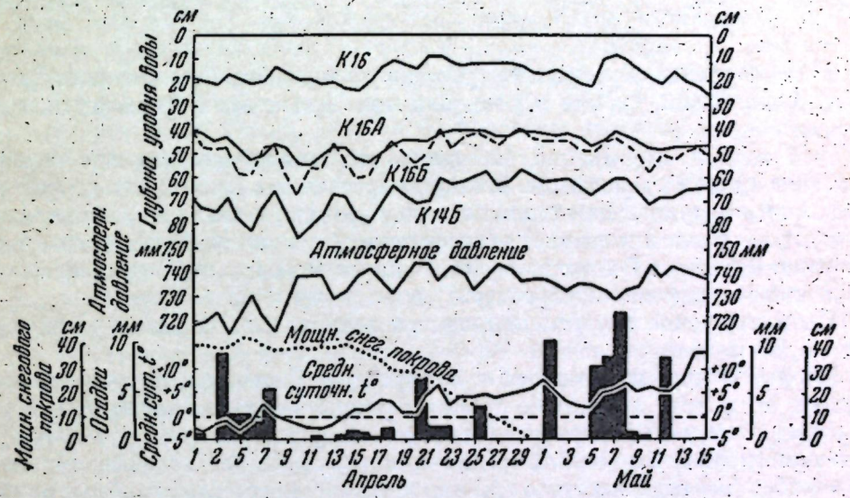
При первом же взгляде на этот график мы можем констатировать очень резко выраженную обратную зависимость между колебаниями уровня кол. 16Б и 14Б, с одной стороны, и изменениями атмосферного давления,— с другой. Кол. 16Б и 14Б вели себя при этом совершенно одинаково, и их кривые почти подобны. Что касается кол. 16А, то его кривая близка по

* Строго говоря, так как влага, хотя и медленно, но просачивается вниз, то и в этом случае вода не стояла бы на вполне одинаковых уровнях, благодаря влиянию падения напора. Но так как просачивание происходит весьма медленно, то влияние падения напора было бы ничтожным.

своей форме к кривой кол. 16Б, но значительно смягчена. При этом следует отметить, что вверх направленные пики кривой кол. 16Б совмещаются с кривой кол. 16А, в то время как направленные вниз располагаются значительно ниже ее. Кривая кол. 14А, как можно видеть на фиг. 7, полностью накладывается на кривую кол. 14Б.

Кривая кол. 16 (фиг. 8) по общей конфигурации сходна с кривой кол. 16Б, но сильно смягчена, и, кроме того, в некоторые периоды, о которых мы говорили выше, она имеет обратную форму.

Таким образом, колебания уровня воды во всех рассматриваемых колодцах обнаруживают обратную связь с колебаниями атмосферного давления, но в изолированных глубоких колодцах эта связь выражена значительно отчетливее, а сами колебания в отношении их амплитуды гораздо более резки, нежели в мелких колодцах.



Фиг. 8. Зависимость между колебаниями уровня воды в колодцах и изменениями атмосферного давления.

Можно попытаться, следуя примеру Г. Н. Высоцкого (1925), приближенно определить количественную зависимость между колебаниями атмосферного давления и колебаниями уровня воды в колодцах.

В табл. 8 для нескольких характерных периодов вычислены величины изменения атмосферного давления в сантиметрах водяного столба и сопоставлены с одновременными колебаниями уровня кол. 14Б и 16Б.

Таким образом, средняя «эффективность» атмосферного давления измеряется величинами порядка от —0.60 до —0.70, с тенденцией к увеличению с течением времени. Знак минус соответствует обратной зависимости. Г. Н. Высоцкий (1925) на Жорновском участке наблюдал значительно меньшую «эффективность»: на изменение атмосферного давления на 1 мм ртутного столба колодцы отвечали изменением уровня на 0.8—4.5 мм, т. е. «эффективность» равнялась 0.06—0.33.

Пульсация всех, а в особенности изолированных глубоких колодцев, в зависимости от атмосферного давления, дала нам все основания утверждать, что в водоносной толще, в которой установлены колодцы, имелось некоторое количество защемленного воздуха, * который играл

* Интересные данные и соображения о защемленном воздухе имеются в работе И. С. Васильева, печатаемой в настоящем же томе.

Таблица 8

Колебания уровня грунтовых вод и изменения атмосферного давления в апреле

Период	Кол. 14Б	Кол. 16Б	Среднее изменение глубины уровня воды в кол. 14Б и 16Б (см)	Атмосферное давление. Уменьшение (−) или увеличение (+)		Отношение изменения глубины уровня воды к изменению атмосферного давления
	Повышение (+) или понижение (−) глубины уровня воды (см)	Повышение (+) или понижение (−) глубины уровня воды (см)		в мм ртутного столба	в см водяного столба	
Апрель						
4—6	−14	−12	−13	+16	+21.6	−0.60
6—8	+14	+12	+13	−16	−21.6	−0.60
8—10	−20	−22	−21	+24	+32.4	−0.65
13—16	−11	−14	−12.5	+13	+17.5	−0.71

роль своеобразного буфера и за счет сжатия и расширения которого происходили колебания уровня в колодцах при изменениях атмосферного давления.

Этот воздух, несомненно, находился под давлением бо́льшим, нежели давление внешней атмосферы. Это доказывается тем фактом, что «эффективность» атмосферного давления меньше единицы. Если бы защемленный воздух имел давление, равное атмосферному, то и эта «эффективность» была бы равна единице. Величина эффективности зависит, вероятно, не только от давления защемленного воздуха, но и от его количества.

Происхождение этого защемленного воздуха может иметь своей причиной два явления.

Первое из них заключается в следующем. В начальный период снеготаяния в почву поступали сравнительно небольшие количества воды, благодаря чему вся образующаяся от таяния снега вода успевала просочиться сквозь покровный суглинок в подстилающие тяжелые суглинки и морену, не задерживаясь на их верхней поверхности. Этот период мы рассматривали выше и констатировали в это время просачивание воды до уровня почвенно-грунтовых вод, находящегося в этот момент в морене. Содержащийся в тяжелых суглинках и морене воздух, вытесняемый просачивающейся водой, при этом выходил кверху, хотя, вероятно (об этом мы скажем ниже), часть его все же оставалась.

19/III началась первая длительная оттепель, в связи с чем количество поступавшей в почву воды резко увеличилось и начало превышать количество воды, способное просочиться в толщу тяжелых суглинков и морены. Вследствие этого в толще покровного суглинка появился второй, верхний, горизонт почвенно-грунтовых вод, который сплошным водным слоем покрыл толщу тяжелых суглинков и морены, создавая тем самым препятствие для выхода воздуха. Вместе с тем, этот водный слой сдавливал оставшийся в подстилающей породе воздух, причем создаваемое таким путем давление нарастало с увеличением мощности верхнего водоносного горизонта. Хорошей иллюстрацией этих явлений служат кол. 14 и 14Б (фиг. 7). Резкий подъем в кол. 14Б начался после 22 марта (повышение 21—22/III равно 5 см, 22—23/III 22 см, 23—24/III 39 см). 22/III уровень воды в кол. 14Б достиг 86 см, т. е. как раз нижней поверхности покровного суглинка. Очевидно, что как раз с 22/III вода в кол. 14Б начала подниматься не столько вследствие просачивания, сколько вследствие нарастающего давления воздуха, и уровень воды в этом колодце сделался, так сказать, манометрическим. Однако действительное повышение уровня воды в морене в этот

период тоже продолжалось, что видно из того, что 25/III появилась вода в кол. 14А. Если бы действительного повышения уровня в это время не происходило, то и вода в этом колодце не появилась бы. Несколько выше мы указывали, что в начальный период повышения воды в кол. 14А уровень в нем стоял ниже, чем в кол. 14Б, и сравнялись они позднее. Это произошло, вероятно, потому, что уровень в кол. 14Б к 25/III (см. табл. 7) поднялся не только вследствие повышения действительного уровня воды в породе, но и потому также, что он испытывал одновременно и давление сжатого воздуха. У колодца же 14А верхушка его действующей части в этот момент еще не перекрывалась зеркалом грунтовых вод, воздух имел свободный выход и, следовательно, уровень воды в колодце более или менее отвечал истинному уровню почвенно-грунтовых вод. Лишь начиная с 27/III, после того как вся действующая часть кол. 14А наполнилась водой, он догнал кол. 14Б.

В результате всех этих явлений под нижней поверхностью покровного суглинка создался особый п е р е х о д н ы й горизонт, не полностью насыщенный водой и содержавший в себе значительное количество сдавленного воздуха. Именно такую картину рисует и Г. Н. Высоцкий (1925) в результате своих наблюдений на Жорновском участке, проводившихся в иных почвенно-грунтовых условиях.

Начиная с того момента, когда уровень верхнего горизонта почвенно-грунтовых вод достигнет своего наиболее высокого положения (т. е. в нашем случае почти достигнет поверхности), дальнейшее п о п о л н е н и е нижнего горизонта водой, вероятно, прекращается, и просачивание воды из верхнего горизонта в нижний, через переходный горизонт, содержащий сдавленный воздух, может совершаться лишь «транзитом», т. е. при условии одновременной равной отдачи нижним горизонтом воды в какие-либо другие еще глубже лежащие горизонты породы, или в ключи, которые могут находиться далеко от данной точки.

Второй путь образования защемленного воздуха рисуется в следующем виде. Известно, что в структурных суглинках, даже очень тяжелого механического состава, каковыми в нашем случае являются подстилающие тяжелые суглинки и морена, вода может передвигаться относительно свободно по межструктурным трещинам. При этом вода, находящаяся в этих трещинах, представляет собою самостоятельную систему, лишь частично связанную с водой внутри структурных отдельностей. Суммарный объем этих трещин очень невелик, и поэтому «насыщение» породы (понимая в данном случае под этим выражением лишь заполнение трещин) может происходить очень быстро и требует небольшого количества воды. Это насыщение происходит в самом начале снеготаяния и заключается в наполнении водой трещин. Результатом является создание водных оболочек вокруг структурных отдельностей, причем внутри последних в мелких порах остается защемленный воздух. Последний уже в период насыщения или, — лучше сказать,—наполнения водой породы претерпевает сжатие как в силу гидростатического давления воды, находящейся в межструктурных трещинах, так и вследствие некоторого капиллярного втягивания воды внутрь отдельностей по мельчайшим порам. Дополнительное сжатие может создаваться давлением верхнего горизонта почвенно-грунтовых вод. Скопление воздуха внутри структурных отдельностей создает целую систему таких пористых тел — «воздушных подушек», часть пор которых заполнена находящимся под давлением воздухом, и которые отделены друг от друга как бы тонкими водными оболочками, представляющими собой заполненные водой межструктурные трещины. До какого уровня может распространяться такое насыщение подстилающих пород — сказать трудно, но очевидно,

вода, находящаяся в межструктурных трещинах, может вступать в связь с водой, находящейся в покровном суглинке. Об этом мы говорили выше, констатируя, что вода в соседних изолированных колодцах (16А и 16Б, 14А и 14Б) держалась на одном уровне, независимо от глубины нахождения их действующей части. Особенно характерна в этом отношении пара колодцев 16А и 16Б, поскольку действующая часть кол. 16А залегала на глубине всего лишь 130—180 см. Если бы на этой глубине не было свободной гравитационной воды, т. е. до нее не доходило бы зеркало нижнего водоносного горизонта, то не было бы воды и в этом колодце. Стояние воды на одном уровне в кол. 16А и кол. 16Б, несмотря на большую разницу (150 см) в глубине нахождения их действующих частей, указывает на то, что во всей толще подстилающих суглинков и морены имелся один водоносный горизонт, ведущий себя как одно целое.

Представляется весьма вероятным, наконец, участие в образовании защемленного воздуха и биологических процессов, на что наше внимание обратил С. И. Долгов.

Возникает вопрос о том, как представлять себе состояние самого верхнего слоя подстилающих пород, т. е. слоя, граничащего с покровным суглинком. Мы думаем, что это состояние может быть различным, в зависимости от условий наполнения водой подстилающей породы. Рассмотрим поведение уровня воды в кол. 16 и 16Б, 14 и 14Б в период весеннего спада. С 12/V по 19/V уровень воды в колодцах опускался: в кол. 14 на 23 см; в кол. 16 на 26 см; в кол. 14Б на 5 см; в кол. 16Б на 6 см.

Такая разница в понижении воды в мелких и глубоких колодцах делается понятной, если учесть, что в тот же период с 12 V по 19/V атмосферное давление понизилось на 11.4 мм. Это понижение давления, очевидно, и замедлило понижение уровня в глубоких колодцах.

За следующие 4 дня, с 19/V по 23/V уровень в колодцах понизился: в кол. 14 на 25 см; в кол. 16 на 20 см; в кол. 14Б на 28 см; в кол. 16Б на 27 см.

На этот раз понижение в глубоких колодцах шло быстрее, чем в мелких, чему, очевидно, способствовало повысившееся за этот период на 15.6 мм атмосферное давление.

Между 28 и 30/V вода из покровного суглинка исчезла, т. е. исчез верхний горизонт почвенно-грунтовых вод. Точную дату этого исчезновения установить довольно трудно, но это и не так важно. Важно то, что в этот момент вода в глубоких колодцах стояла на 30 см (кол. 16Б) — 40 см (кол. 14Б) ниже, чем в мелких колодцах. Принимая во внимание, что уровень в глубоких колодцах является манометрическим, истинный уровень почвенно-грунтовых вод в подстилающих суглинках и морене и в этот момент не мог быть выше. Следовательно, и в период опускания воды мы также имели два самостоятельных горизонта почвенно-грунтовых вод. Нет никаких оснований отрицать такое положение и для всего периода снеготаяния, т. е. наивысшего стояния вод. Таким образом, между верхним горизонтом почвенно-грунтовых вод и нижним (истинного положения которого мы точно не знаем) несомненно существует содержащий значительное количество сжатого воздуха переходный горизонт, через который вода может протекать из верхнего горизонта в нижний лишь при условии наличия расхода из последнего, не создавая при этом, однако, гидростатической связи между этими двумя горизонтами.

Чем обусловливается разность в уровнях воды в поверхностных и глубоких колодцах? Она обусловливается тремя главными причинами.

Во-первых, чем мощнее, при прочих равных условиях, верхний водоносный горизонт, тем больше будет давление защемленного воздуха и тем

выше, следовательно, поднимется вода в изолированных глубоких колодцах.

Вторая причина заключается в глубине нахождения зеркала нижнего горизонта почвенно-грунтовых вод в тот момент, когда начинает образовываться сплошной верхний горизонт. Чем эта глубина больше, тем больше, при прочих одинаковых условиях, останется в подстилающей породе воздуха и тем поэтому глубже будет находиться уровень воды в глубоких колодцах. Именно этим, вероятно, надо объяснить тот факт, что между уровнями воды в кол. 14 и кол. 14Б в период снеготаяния имелась бóльшая разница, нежели между кол. 16 и 16Б, ибо разница между уровнями воды в кол. 14Б и 14 в момент появления воды в последнем составляла около 150 см, а между кол. 16Б и 16 в аналогичный момент меньше 100 см.

В-третьих, на высоту стояния воды в этих колодцах должно влиять соотношение между содержанием воды и содержанием воздуха в структурных отдельностях подстилающих пород. В том случае, если эти отдельности полностью и а с ы щ е н ы водой, а уровень почвенно-грунтовых вод стоит высоко, — во всей толще наносов, начиная от покровных суглинков и кончая мореной, должен установиться сплошной, гидростатически связанный водоносный горизонт, так как в этом случае «воздушные подушки» будут отсутствовать. Такой случай может, вероятно, иметь место, если в структурной породе д л и т е л ь н о держится вода. Защемленный, находящийся под давлением, воздух может при этом постепенно исчезнуть из породы, в результате растворения в воде и диффузного перемещения в растворенном состоянии кверху, до зеркала почвенно-грунтовой воды, где он может уже выделиться в атмосферу. Можно думать, что этим явлением — сплошным пропитыванием водой структурных отдельностей — сопровождается оглеение глинистых структурных пород. Быть может, это явление представляет собою даже обязательное условие сплошного оглеения. Случай, близкий к этому, мы, повидимому, имели в кол. 10 и кол. 11, где вся толща подстилающих пород в той или иной мере (в кол. 11 меньше, в кол.10 — больше) оглеена. Воздух из структурных отдельностей может быть удален, конечно, и не полностью — та или иная часть его может сохраниться. Но чем его будет меньше, тем «буферность» подстилающих пород тоже будет меньше, тем меньше будет мощность «переходного» воздухоносного горизонта, тем выше поднимутся воды в глубоких изолированных колодцах и тем меньше будут амплитуды колебаний, вызываемых изменениями атмосферного давления. И то и другое мы и наблюдали в кол. 10 и 11, где разность между уровнями воды в мелких и глубоких колодцах была гораздо меньшей, чем в кол. 14 и 16, равно как значительно меньше были и амплитуды «атмосферных» колебаний. В этих последних колодцах подстилающие породы при летнем и зимнем длительном понижении почвенно-грунтовых вод хорошо аэрировались, а весенний подъем вод был слишком кратковременным для того, чтобы вызвать сплошное насыщение водой структурных отдельностей. В кол. 10 и 11 почвенно-грунтовые воды стояли в среднем выше, чем в кол. 14 и 16. Кроме того, насыщение водой структурных отдельностей и оглеение в подстилающих породах у кол. 10 и 11 могут иметь и реликтовый характер.

Наконец, количество защемленного воздуха зависит и от быстроты снеготаяния и вообще от быстроты проникновения воды в почву. Чем быстрее идет насыщение покровного суглинка водой, тем больше остается защемленного воздуха в подстилающих слоях.

Выше мы говорили о том, что защемленный воздух, являющийся «буфером» для воды в глубоких изолированных колодцах, может либо

находиться внутри структурных отдельностей, либо скопляться в переходном горизонте под нижней поверхностью покровного суглинка. Является интересным вопрос о том, какая из этих форм более эффективна в качестве «буфера». Если мы обратимся к кривым кол. 14Б и 16Б (фиг. 7), то увидим, что резко выраженные колебания уровня, вызванные колебаниями атмосферного давления, наблюдались только в период весеннего высокого стояния вод, в то время как в дальнейшем кривые приобретали очень ровный характер. Это говорит, очевидно, о том, что наибольшее «буферное» действие проявлял воздух, скопившийся под покровным суглинком, так как после исчезновения воды из последнего, т. е. после исчезновения переходного горизонта с сжатым воздухом, колебания уровня воды, вызываемые изменениями атмосферного давления, если и сохранялись, то имели ничтожное значение.

Кол. 12 (фиг. 7) стоит несколько особняком, и характерным для него является почти полное наложение друг на друга кривых всех трех колодцев: 12А, 12Б и 12В (кривой кол. 12 мы не изображаем, так как она точно воспроизводится кривой кол. 12А). Все кривые показывают зависимости колебаний уровня воды в колодцах от изменений атмосферного давления, но амплитуда этих колебаний несколько меньше, чем в кол. 16Б, 14А и 14Б. Очевидно, и в этом случае мы имеем дело с породами, содержащими «воздушные подушки». Своеобразное поведение гнезда кол. 12 объясняется, возможно, наличием песчаной прослойки на глубине 270—290 см, которая, вероятно, связана с лежащей выше по склону песчаной линзой, пройденной кол. 13 (см. фиг. 1).

Выше мы уже отмечали, что и кривые мелких, поверхностных колодцев обнаружили зависимость своих колебаний от изменений атмосферного давления. Но эта зависимость гораздо менее резко выражена (в смысле амплитуды колебаний) и, кроме того, иногда затушевывалась иными явлениями — например усилением просачивания воды. Все же мы должны допустить, что и в покровном суглинке, породе не структурной, имелось, вероятно, некоторое количество защемленного воздуха. Это предположение находит себе подтверждение в установленном экспериментально З. С. Громовой факте, что даже при постепенном, медленном насыщении снизу монолита покровного суглинка водой в нем все же сохраняется некоторое количество воздуха, превышающее 10% от общей порозности.

Рассмотренные выше закономерности, установленные нами на основании наблюдений, относящихся в 1938 г., полностью подтвердились и дальнейшими наблюдениями, хотя 1939 и 1940 гг., в силу значительной засушливости первого из них, отличались некоторыми особенностями.

В 1939 г. в кол. 14 (фиг. 7), а в 1940 г. и в кол. 14 и 16 (фиг. 7) уровень воды в литерных колодцах далеко не достигал высоты нижней поверхности покровного суглинка. В 1940 г. весной вода совсем не появлялась в кол. 14А и лишь на очень короткий промежуток времени появилась в кол. 16А. Тем самым полная самостоятельность обоих горизонтов почвенно-грунтовых вод получает дополнительное подтверждение.

Далее следует отметить, что в кол. 14А в 1939 г. (фиг. 7) и в кол. 16А в 1940 г. (фиг. 7) вода появилась, как только уровень воды в соответствующих кол. Б достиг высоты дна кол. А. При этом в дальнейшем вода в кол. А и Б в обоих случаях (особенно в кол. 14 в 1939 г.) оказалась на одинаковых уровнях, которые одинаково и колебались.

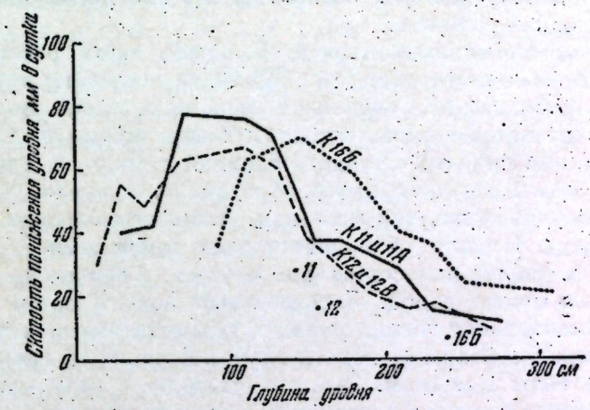
Учитывая, что при этом в кол. А вода не заполняла всей действующей части и, следовательно, в кол. А уровень не мог быть манометрическим, следует заключить, что в этом случае и в кол. Б мы имели дело с истинным уровнем.

Такой случай может иметь место при медленном, относительно, поступлении воды в покровный суглинок, когда вода, хотя и скопляется в его нижних слоях, но не лишает его полностью водопроницаемости и воздухопроницаемости.

В другие периоды (в кол. 16 весною 1939 г., в кол. 14 и 16 осенью 1940 г.) попрежнему в кол. А и Б наблюдался фиктивный манометрический уровень.

Прежде чем перейти к колодцам заболоченного участка, попытаемся, на основании рассмотрения поведения уровня почвенно-грунтовых вод, подойти к решению вопроса о мощности капиллярной зоны.

На фиг. 9 мы изобразили (по данным 1938 г.) графически зависимость между скоростью понижения уровня почвенно-грунтовых вод и глубиной их зеркала. Точки, по которым построены кривые, взяты для длительных периодов без осадков, причем для каждого такого периода вычислялась величина понижения уровня для соответствующего колодца



Фиг. 9. Зависимость между скоростью понижения и глубиной почвенно-грунтовых вод (по данным 1938 г.).

и средняя за этот период глубина зеркала. Три отдельные точки соответствуют зимнему понижению (1-я половина января 1938 г.), а кривые — понижению в течение лета и осени.

Кривые, изображенные на фиг. 9, имеют три довольно отчетливо выраженных участка: первый до глубины около 150 см, второй, гораздо более пологий, от 150 до 230—250 см и третий — глубже 250 см, близкий уже к горизонтальному.

Учитывая, что понижение уровня почвенно-грунтовых вод идет летом за счет просачивания влаги, испарения и бокового стока, и условно допуская, что величины просачивания и бокового стока после понижения зеркала ниже нижней поверхности покровного суглинка остаются постоянными, мы можем думать, что изменения в скорости понижения зеркала, начиная с этого момента, зависят от того, какую роль в расходе почвенно-грунтовых вод играют испарение и десукция, действующие через капиллярный подъем. Резкий перегиб кривых на глубине около 150 см в сторону уменьшения скорости понижения уровня указывает, как нам кажется, что эта величина соответствует максимальной возможной мощности капиллярной зоны, которая на самом деле, вероятно, меньше. Такой же перелом кривых на глубине около 250 см соответствует, вероятно, суммарной мощности капиллярной каймы.

Характерно, что все три отдельные точки, относящиеся к зимнему периоду, расположены значительно ниже кривой. Расстояние между этими

точками и имеющими те же ординаты точками кривых характеризует, очевидно, участие в понижении уровня почвенно-грунтовых вод испарения и десукции, которые в зимний период отсутствуют. Поскольку и точка 16Б лежит значительно ниже кривой кол. 16Б, постольку можно думать, что все же некоторая связь с корнеобитаемым слоем существовала при залегании уровня почвенно-грунтовых вод и на этой глубине (240 см).

Таким образом, указанные выше и полученные этим методом величины мощности капиллярной и переходной зон нельзя считать вполне достоверными. Они имеют лишь ориентировочное значение и должны быть проверены и установлены иными методами.

Перейдем к рассмотрению поведения отдельных водоносных горизонтов в колодцах заболоченного участка нашего профиля (кол. 9, 8 и 7 и соответствующие им литерные колодцы).

В этой группе колодцев мы сталкиваемся с явлениями иного порядка, нежели в колодцах склонов.

В кол. 9 на протяжении первой, большей, части рассматриваемого периода кривые обоих колодцев (фиг. 10) почти совпадают друг с другом. Однако в то время как до февраля уровень воды в мелком колодце держался все же несколько выше, чем в глубоком изолированном колодце, т. е. вел себя, как колодцы склонов, начиная с февраля и до начала весеннего понижения мы наблюдали обратное положение: уровень воды в глубоком колодце выше, чем в мелком. Незначительная разница в глубине уровней до февраля объясняется теми причинами, о которых мы говорили выше. Толща наносов сильно оглеена, и можно думать, что вся она сплошь насыщена водой. Защемленный воздух почти отсутствует, и вся вода, насыщающая толщу наносов, гидростатически связана в одну систему. Начиная с февраля, вода в глубоком колодце начинала превышать уровень воды в мелком. Это происходило в результате оттепели в начале февраля, вызвавшей резкое повышение уровня в кол. 10 и 11. Мы уже указывали выше, что кол. 9 отличался от кол. 10 и 11 своим положением в рельефе, а следовательно, и условиями оттока воды. Наиболее вероятным объяснением более высокого положения уровня в глубоком колодце является, по нашему мнению, появление напора со стороны кол. 10. Это подтверждается следующим расчетом:

До оттепели (1/II)

	Кол. 10	Кол. 9А
Относительная отметка устья колодца (м)	48.85	48.27
Глубина уровня воды	1.10	0.38
Относительная отметка уровня воды	47.75	47.89

После оттепели (11/II)

Относительная отметка устья колодца (м)	48.85	48.27
Глубина уровня воды	0.44	0.20
Относительная отметка уровня воды	48.41	48.07

Таким образом, до оттепели в начале февраля кривая депрессии имела небольшой уклон от кол. 9 к кол. 10. После оттепели это положение изменилось на обратное, и кол. 9А действительно оказался в условиях напора.

В дальнейшем, во время весеннего спада в летний период, уровни в кол. 9 и 9А снова возвратились в нормальное положение, но разность между ними была невелика. Она значительно увеличилась лишь осенью, во время ноябрьского подъема. Очевидно, исключительная засуха, имевшая место летом 1938 г. и явившаяся причиной значительного понижения почвенно-грунтовых вод даже на заболоченном участке, способствовала основательному просушиванию сильно оглеенной песчано-глинистой толщи, находящейся под покровным суглинком у кол. 9. При последовавшем в ноябре выпадении значительного количества осадков, вызвавшем резкий подъем уровня почвенно-грунтовых вод, в этой толще осталось довольно много защемленного воздуха, вследствие чего разность уровней между кол. 9 и 9А значительно увеличилась.

Для кол. 9 в нормальные годы характерно также высокое стояние (около 20—25 см от поверхности) почвенно-грунтовых вод в течение осени, весны и значительной части зимы, хотя зимой в нем и наблюдалось обычно некоторое небольшое понижение уровня. В начале 1939 г. (фиг. 10) уровень в этом колодце стоял необычно глубоко — почти на 150 см. Оттепели в конце января и особенно в середине февраля несколько подняли уровень, который затем к концу марта снова снизился до 140 см. В апреле, в начале снеготаяния (так же как и в кол. 7 и 8) наступил резкий, потом более медленный подъем, который довел глубину к концу апреля до 20 см. Колеблясь около этой величины, уровень удерживался до начала июня, после чего начал быстро падать. В начале июля это падение прерывается кратковременным подъемом, вызванным выпадением 4 июля ливня в 35 мм. Затем падение возобновилось и шло до середины ноября, приводя уровень на глубину свыше 2 м. В ноябре наблюдался небольшой подъем и затем началось медленное снижение, длившееся до конца марта 1940 г. (фиг. 10). В середине апреля наблюдался сначала резкий, потом несколько замедляющийся подъем, начало которого совпало с началом усиленного снеготаяния. Высокое стояние продолжалось до середины июня, когда начался спад. В середине июля, в конце июля, в середине августа при выпадении ливневых осадков наблюдались три резких подъема, которые сменялись падениями уровня — быстрыми и сильными в первых двух случаях и более медленным и меньшим — в третьем. Обильные осадки середины сентября привели уровень на глубину 20 см; колеблясь около этой величины, уровень и сохранялся до начала декабря, после чего началось, с установлением морозного периода и прекращением, следовательно, просачивания, очень слабое понижение.

Таким образом, в кол. 9 в течение длительного времени в 1939 г. (свыше 9 месяцев) и в 1940 г. (около 4 месяцев) почвенно-грунтовые воды в толще покровного суглинка отсутствовали и в почвообразовании участия не принимали. В то же время в годы нормальные по метеорологическим условиям подобное явление если и может иметь место, то лишь как весьма кратковременное.

Кол. 7 и 8 расположены уже на торфянике. В числе членов наноса здесь появилась прослойка тяжелой вязкой глины между торфом и покровным суглинком. Эта прослойка, видимо, и определяла отличительные черты режима почвенно-грунтовых вод на этом участке профиля. Уже чисто визуальные наблюдения при закладке шурфов и скважин, убедили нас в том, что водопроницаемость этой прослойки если не равна нулю, то во всяком случае очень мала, так как нам случалось извлекать из-под нее явно не насыщенный водой покровный суглинок, в то время как в торфе стояла вода. Характер колебаний уровня почвенно-грунтовых вод (фиг. 11) подтверждает это заключение.

В кол. 8Б в начале периода (осень 1937 г.) уровень стоял не только ниже, чем в кол. 8А, но и не достигал торфяного горизонта. Другими словами, мы имеем в этот момент два явно разобщенных, самостоятельных горизонта почвенно-грунтовых вод: один в торфе, другой в покровном суглинке. Уровень в кол. 8Б при этом медленно повышался и к концу

ноября сравнялся с уровнем в кол. 8А. Постепенность этого повышения указывает на то, что оно происходило за счет бокового притока воды — очевидно, со стороны кол. 7, так как в это время (фиг. 13) кривая депрессии падала от кол. 7 к кол. 9. Причиной повышения являлось, вероятно, повышение уровня в кол. 9, которое меняло условия оттока от кол. 8. Не исключена полностью и возможность вертикального просачивания из торфа, но, принимая во внимание медленность подъема, при близком стоянии уровня воды в покровном суглинке к нижней поверхности торфа, едва ли эта причина может иметь большое значение. При осеннем подъеме 1938 г. подъем в кол. 8Б начался с середины октября, при отсутствии воды в торфяном горизонте, где она появилась только в начале ноября. После этого подъем в кол. 8Б несколько ускорился, но все же оставался постепенным. Из этого можно заключить, что некоторое просачивание из торфа все же имело место. В начале весеннего снеготаяния кол. 8Б перешел в напорное положение, и уровень в нем начал превышать уровень в кол. 8А. Максимум в последнем имел место около 23/IV, в то время как максимум в кол. 8Б — лишь 3/V, когда вода в нем поднялась даже выше дневной поверхности, что явно указывает на влияние напора.

Отчетливое существование двух раздельных горизонтов почвенно-грунтовых вод мы наблюдали и в дальнейшем. В результате ливней в конце июля в торфяном горизонте дважды появлялась вода, в то время как в кол. 8Б уровень стоял ниже нижней поверхности глинистой прослойки. При осеннем подъеме имело место то же самое, но в еще более резко выраженной форме.

В кол. 7 мы наблюдаем примерно те же явления, что и в кол. 8, но в этом случае кол. 7Б в течение всего периода наблюдений находился, очевидно, в условиях напора. Заметный весенний подъем в нем наступил на две пятидневки позже, нежели в кол. 7А, а весенний максимум — на четыре пятидневки позже. Начиная с 11/V и до середины августа, вода в кол. 7Б имела напорный характер. В середине августа ее уровень резко понизился в течение одной пятидневки — на 43 см. Причина такой резкости понижения нам не совсем ясна. Возможно, что она связана с прорывом воздуха где-либо со стороны, вызванным понижением уровня вод на соседних участках.

Заканчивая на этом настоящий раздел, мы хотели бы остановиться на некоторых методических выводах, которые вытекают из изложенного выше.

Как было сказано, на нашем профиле имелись колодцы двух типов — лишенные изоляции, т. е. такие, у которых вся труба, на всем ее протяжении являлась действующей, и изолированные, у которых действующим являлся только нижний полуметровый отрезок.

Колодцы, лишенные изоляции, могут более или менее правильно отражать поведение уровня лишь того горизонта почвенно-грунтовых вод, который в данный момент является верхним.

Колодцы изолированные, как мы видели, могут более или менее правильно отражать поведение уровня того горизонта почвенно-грунтовых вод, который находится в пределах их действующей части. Однако, как только уровень воды в изолированном колодце превысит верхний конец действующей части, так сейчас же уровень воды в нем может сделаться манометрическим, т. е. не отвечающим действительному уровню.

Поэтому, для того чтобы обеспечить возможность наблюдения над всеми имеющимися горизонтами почвенно-грунтовых вод (если их несколько), нужно ставить серию изолированных наблюдательных колодцев таким образом, чтобы дно каждого выше стоящего колодца располагалось на уровне (или немного ниже) верхнего конца действующей части соседнего, ниже стоящего колодца. Тогда совокупность действующих частей всех установленных колодцев позволит более или менее правильно регистрировать поведение всех отдельных водоносных горизонтов. Длины действующих частей колодцев при этом нужно согласовать с мощностью обслуживаемых ими отдельных членов слоистой толщи наносов.

Для наблюдений над уровнем почвенно-грунтовых вод при этом смогут быть использованы данные, полученные в тот период, когда уровень воды в соответствующем колодце находился в пределах действующей части. Те же замеры уровня, которые были сделаны, когда уровень воды превышал верхний конец действующей части, могут быть использованы для суждения о поведении защемленного воздуха. Однако для более точного изучения последнего целесообразно, наряду с колодцами, устанавливать особые трубки малого диаметра, соединенные с манометрами, с помощью которых можно регистрировать изменения давления защемленного воздуха.

6. ОБЩИЙ ХАРАКТЕР КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ ВОД НА ПРОФИЛЕ № 1 в 1938—1940 гг.

В 1938 г. кривые всех колодцев и, в особенности, колодцев склонов имели гораздо более простой характер, нежели в 1937 г., причиной чего является сильная засуха 1938 г.

Колодцы вершины холма и примерно верхних двух третей склона (с кол. 16 до кол. 12 включительно) имеют весьма сходные кривые (фиг. 7). Период до весеннего подъема мы уже рассматривали выше и поэтому останавливаться на нем не будем, но отметим только, что оттепель в начале февраля вызвала более сильный и резкий подъем в кол. 12, по сравнению с кол. 14 и 16. Причиной этого явилось, несомненно, более близкое к поверхности стояние воды в кол. 12, в силу чего подъем произошел не столько вследствие просачивания, сколько был гидростатическим.

Еще резче и еще отчетливее такой характер подъема наблюдался в кол. 11 и 10 (фиг. 10), в которых и ноябрьский и декабрьский подъемы 1937 г. имели тот же характер.

Наоборот, в кол. 9 резко выражен только декабрьский подъем 1937 г., который также имел гидростатический характер, в то время как ноябрьский и февральский подъемы выражены незначительно, будучи срезаны близостью дневной поверхности. В кол. 7 и 8 (фиг. 11) это последнее обстоятельство имело решающее значение, в силу чего ноябрьский, декабрьский и февральский подъемы на их кривых не отразились вовсе.

Весенний подъем выражен очень резко на кривых всех колодцев склона (10, 11, 12, 14, 16). Разница заключается только в величине этого подъема, определявшейся предшествовавшей этому подъему глубиной стояния воды. Наибольшее повышение мы наблюдаем в кол. 14, несколько меньшее в кол. 16, а далее оно уменьшается от кол. 12 к кол. 10. На кривых кол. 9, 8 и 7 (фиг. 10 и 11) это повышение едва заметно, так как вода к этому времени и так уже близко стояла к поверхности. Кол. 7, как и другие колодцы в пределах торфяника, испытывал в конце апреля поверхностное затопление.

В период весеннего снеготаяния вода во всех колодцах склона, включая и кол. 9, стояла у самой поверхности — на глубине в среднем около 10—15 см. Можно думать, что в этом случае мы получаем преувеличенную глубину, т. е. что фактически насыщение водой было, вероятно, полным —

до самой поверхности. За это говорит наличие поверхностного стока, одновременно наблюдавшееся на стоковых площадках, расположенных на том же холме, на средней части его склона, недалеко от профиля. Представить себе поверхностный сток, при глубине уровня почвенно-грунтовых вод в 10—15 см, трудно. Причиной такого расхождения с действительностью явилось то, что замер уровня в колодцах производился в утренние часы, когда колодцы не успевали еще пополниться водой после ночного заморозка, который вызывал уменьшение снеготаяния и понижение уровня воды.

Снеговой покров, как можно видеть на рассматриваемых графиках, в 1938 г. исчез к 1/V. Между тем высокое стояние воды в колодцах продолжалось почти до середины мая. Это объясняется тем, что в первой половине мая выпало в несколько приемов 50.3 мм осадков, которые и поддержали уровень почвенно-грунтовых вод. Эта картина аналогична той, которая наблюдалась и в 1937 г., когда снеготаяние, начавшись в половине марта, кончилось в половине апреля, а понижение уровня воды в колодцах началось лишь в начале мая, а затем вновь было задержано почти до 20 мая. При этом во второй половине апреля выпало 10 мм осадков, а в первых двух декадах мая — 26.5 мм осадков.

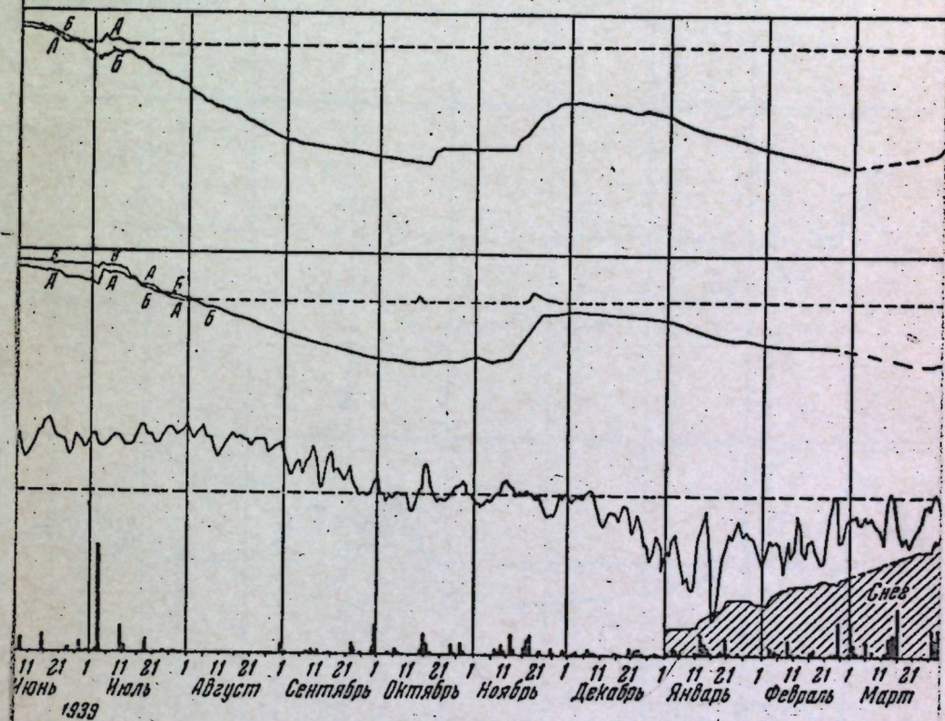
Таким образом, несмотря на то, что в 1937 г. весна была более дружной, общий период высокого стояния почвенно-грунтовых вод растянулся на 55 дней (с 1/IV по 26/V), а в 1938 г., при менее дружной весне, он занял 50 дней (с 26/III по 16/V).

Понижение уровня воды во всех колодцах склона началось почти одновременно — около 16/V и шло довольно быстро и равномерно до 15/VI. Такой ход объясняется почти полным отсутствием в этот период осадков (всего лишь 4.9 мм с 16/V по 13/VI). Во второй половине июня выпало 81 мм осадков, что вызвало значительный подъем воды во всех колодцах, отраженный на кривых всех колодцев в виде большого двойного пика. Кол. 14 и 16 регистрировали появление самостоятельного водоносного горизонта в покровном суглинке. При этом подъем во всех колодцах имел гидростатический характер, т. е. проходил очень резко, за исключением кол. 16А, 16Б, 14А и 14Б (фиг. 7), где он, повидимому, происходил за счет просачивания. Это тем более вероятно, что максимумы в глубоких колодцах наступали заметно позднее, нежели в мелких.

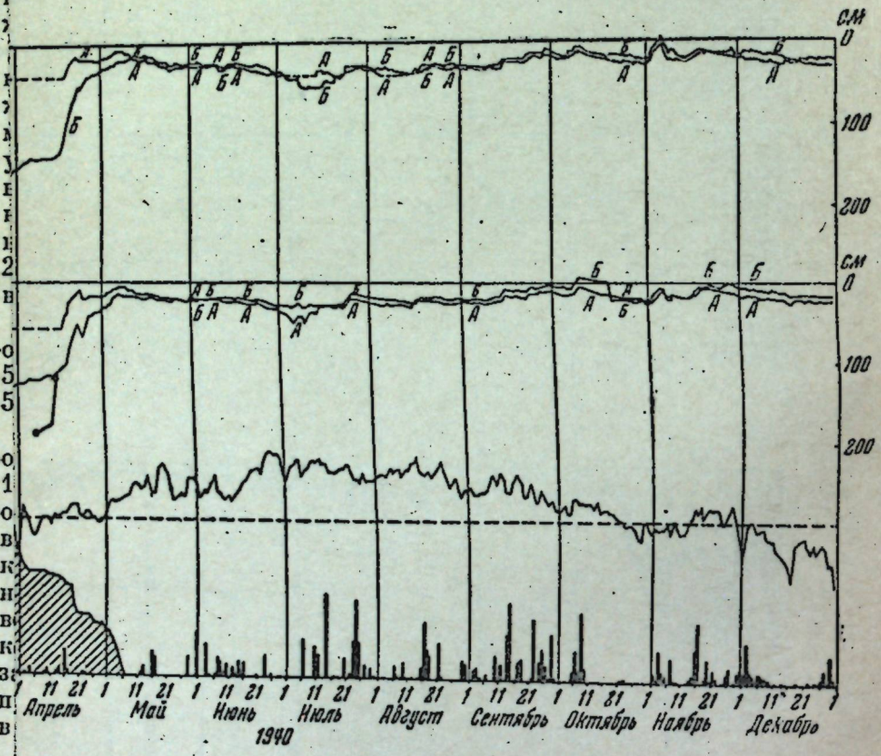
На кривой кол. 8 (фиг. 11) этот июньский подъем отражен довольно слабо, а на кривой кол. 7 не выражен почти совсем вследствие того, что этот колодец к половине июня только начал освобождаться от весенних вод.

Выпадение осадков в количестве 10.6 мм 6/VII не отразилось на уровне почвенно-грунтовых вод. В середине июля в течение трех дней (19/VII, 21/VII и 22/VII) выпало 42.4 мм осадков в виде дождей ливневого характера. Однако это не сказалось на колодцах верхней части склона: очевидно, вся выпавшая влага пошла на увеличение влажности верхних сильно высохших слоев почвы. Кривые кол. 12, 11 и 10 (фиг. 7 и 10), в которых уровень воды достиг уже глубины около 2 м, отражают выпадение этих осадков в виде небольших подъемов, которые, судя по характеру кривой, обусловлены просачиванием. Кол. 9 (фиг. 10), в котором вода опустилась лишь до 140 см, наоборот, реагировал на эти осадки очень резким повышением уровня, явно гидростатического характера. В кол. 8 отмечалось кратковременное появление воды в торфяном горизонте. В кол. 7А наблюдался небольшой и медленный подъем.

Аналогичную картину мы видим и при выпадении 28.8 мм осадков 31/VII. Выпадение этих осадков на уровне воды в кол. 12, 14 и 16 не отразилось.



дцах 7 и 8.



На кривых кол. 10 и 11 видим небольшие подъемы, вызванные просачиванием. Колодец же 9 опять-таки дал резкий подъем гидростатического характера, вполне подобный предыдущему подъему. В кол. 8 опять наблюдалось кратковременное появление воды в торфяном горизонте.

Далее, с 1/VIII начался длительный плавный спад воды во всех колодцах, который продолжался вплоть до середины октября. Выпадение 14.3 мм осадков 18 и 19/VIII и 33.5 мм с 7 по 15/IX отразилось на уровне воды только в кол. 7, где можно было констатировать соответствующие небольшие подъемы, но только в торфяном горизонте. Все колодцы склона, до кол. 8 включительно, не отзывались на эти осадки, очевидно вследствие большой иссушенности почвы. В кол. 14Б и 16Б в этот период вода исчезла совсем и не появлялась уже до конца года. Временное исчезновение воды наблюдалось и в кол. 10А.

В октябре в три приема выпало 56.6 мм осадков: 13.9 мм с 5 по 8/X, 2.4 мм с 10 по 11/X и 40.3 мм с 13 по 21/X. Эти осадки уже сказались на уровне почвенно-грунтовых вод. В кол. 12 отмечена остановка в понижении уровня с 25/X по 11/XI. В кол. 11 с 25/X, в кол. 9 с 18/X, в кол. 8 с 15/X, в кол. 7 с 11/X начался подъем. Как характер кривых, так и то обстоятельство, что подъем наступил не сразу после выпадения осадков, указывают на то, что он во всех случаях шел за счет просачивания.

С 21/X снова наступил сухой период, который длился до 3/XI, когда за один день выпало 24.0 мм осадков. Интересно отметить, что в 4 км, на усадьбе Заповедника, в тот же день было отмечено лишь 1.8 мм осадков. Далее в течение ноября выпало с перерывами еще 31.0 мм осадков, причем значительные осадки были 6, 8 и 9/XI.

Кол. 12 реагировал на эти осадки совершенно ничтожным повышением уровня. В кол. 11 и 10 повышение уровня было более заметно, но все же не очень велико. Во всех трех случаях оно шло за счет просачивания. В кол. 9 мы наблюдали сразу же быстрый подъем, который принял с 3/XI характер гидростатического. В кол. 8 и 7 также происходило повышение уровня, довольно плавное.

С 13/XII, в связи с внезапным наступлением морозов, которые очень быстро довели средние суточные температуры до —20°, в колодцах заболоченного участка профиля (7, 8 и 9) началось понижение уровня. В колодцах склона (10,11, 12) вода продолжала держаться примерно на одном уровне, вероятно, вследствие незакончившегося еще просачивания.

Исключительные метеорологические условия 1938 и 1939 гг. не могли не отразиться и на режиме почвенно-грунтовых вод в 1939 и 1940 гг. К сожалению, у нас нет полных данных о режиме почвенно-грунтовых вод для «среднего», или «нормального», года, ибо за время наших наблюдений годом, близким к таковому, был только 1937, для которого мы имели лишь весьма неполные данные. Поэтому выяснить особенности режима в 1939 и 1940 гг. со всеми подробностями мы не можем и вынуждены ограничиться установлением лишь наиболее резких отклонений этого режима от средней нормы.

Прежде всего рассмотрим, в каком соотношении находились между собой процесс снеготаяния и колебания уровня почвенно-грунтовых вод в 1939 и 1940 гг. Как мы уже говорили выше, эти две зимы (1938—1939 гг. и 1939—1940 гг.) сильно отличались друг от друга. С 13/XII 1938 г. установилась морозная погода, причем средняя суточная температура воздуха опускалась до —21°. В то же время снеговой покров появился лишь 25/XII. Сильные морозы без снегового покрова вызвали глубокое промерзание почвы. Зимних осадков было мало, и мощность снегового покрова лишь не надолго превысила 20 см, колеблясь в течение большей части

зимы между 10—20 см. В январе, феврале, марте и начале апреля имели место оттепели. Средние суточные температуры выше 0° установились с 15/IV, и с этого же дня началось настоящее снеготаяние, закончившееся 20/IV. Запас воды в снеге к моменту начала снеготаяния достиг всего лишь 55 мм.

Вследствие глубокого в начале зимы промерзания почвы, только в колодцах нижней части профиля № 1—7, 8 и 9 весенний водоподъем в 1939 г. (фиг. 10 и 11) наступил в начале апреля — во время последней оттепели и до начала общего снеготаяния. Более высокая влажность почвы на этом участке, очевидно, значительно уменьшила глубину промерзания, в силу чего и оказалось возможным просачивание до начала снеготаяния.

Во всех остальных колодцах (фиг. 7) некоторое повышение уровня началось во время снеготаяния, но наиболее резкий подъем имел место уже по окончании последнего, а в кол. 14 и 16 вода появилась лишь через 2—4 дня после этого момента. Иными словами, глубокое промерзание почвы в начале зимы явилось причиной того, что бóльшая часть и без того скудного запаса снеговой воды ушла поверхностным стоком, и инфильтрация в почвенно-грунтовые воды происходила больше за счет весенних осадков, выпадавших по окончании снеготаяния.

Зима 1939—1940 гг. имела совершенно иной характер, чем зима 1938—1939 гг. Снеговой покров начал образовываться с конца ноября, еще до начала наступления сильных морозов. К моменту их наступления покров имел мощность в 5—7 см, начал нарастать одновременно с усилением морозов и к концу месяца достиг толщины в 20—22 см.

Средние суточные температуры воздуха в конце декабря опускались (фиг. 7, 10 и 11) ниже —20°, в начале января (фиг. 7, 10 и 11) упали ниже —30°, а в середине января достигли рекордно низкой цифры в —40°, при суточных минимальных, достигавших —44°. В дальнейшем температура несколько повысилась, колеблясь, однако, до второй половины марта в пределах от —10 до —15°. Четыре раза — в конце февраля, середине и конце марта и в начале апреля средняя суточная температура поднималась до 1—1.5° выше нуля. Но эти подъемы были очень кратковременными — порядка 1—2 суток, и, благодаря предшествовавшему сильному промерзанию снеговой толщи, не могли вызвать снеготаяния. И только около 13/IV кривая средних суточных температур пересекла нулевую линию, в связи с чем началось медленное снеготаяние, резко усилившееся 20/IV. Впрочем, в конце апреля средняя суточная температура еще раз опускалась ниже 0°, что снова вызвало замедление снеготаяния.

К началу апреля 1940 г. средняя мощность снегового покрова достигла 80 см (фиг. 7, 10 и 11). Затем снег несколько осел, и к моменту начала снеготаяния его толщина достигала 60—63 см, при запасе воды в нем около 170 мм. Таким образом, в эту зиму, в отличие от предыдущей, снеговой покров был очень мощным и довольно рыхлым (последнее благодаря отсутствию оттепелей). Во время снеготаяния имело место, видимо (прямых объективных данных нет), очень большое испарение с поверхности снега — очевидно, благодаря очень сухой весне.

Вследствие большой мощности снегового покрова и его рыхлости, несмотря на очень сильные зимние морозы, значительного промерзания почвы в лесу (а как мы увидим ниже, — и в поле) не было, или она успела оттаять снизу, как это было установлено Н. А. Качинским (1927), до начала снеготаяния.

Поэтому в кол. 7, 7А, 8, 8А, 9, 11, 12А, а также на профиле № 2 в кол. 62А и 64А, вода в 1940 г. появилась и начала подниматься уже в середине

или во второй половине апреля (фиг. 7, 10, 11 и 20), т. е. вскоре после начала снеготаяния, что могло иметь место только в том случае, если почва не была промерзшей сплошь. Вместе с тем, однако, подъем воды в кол. 11 и 12А был невелик, а в остальных колодцах она поднималась постепенно. Медленность поднятия и малое количество воды, появившейся в кол. 11 и 12А, объясняется, с одной стороны, довольно медленным таянием снега, а с другой — большой иссушенностью почвенно-грунтовой толщи. Именно в силу последнего обстоятельства, очевидно, значительный подъем второго горизонта почвенно-грунтовых вод (кол. 11А, 12В, 14Б, 16Б, а также на профиле № 2 кол. 62В и 64В) произошел уже в мае, т. е. лишь после окончательного схода снегового покрова.

Может возникнуть вопрос — почему же в кол. 14, 16 и 60 вода появилась тоже лишь по окончании снеготаяния, а не одновременно, скажем, с кол. 11 и 12А? И почему то же самое наблюдалось в кол. 10?

Нам думается, что причину этого расхождения для кол. 14 и 16 следует искать в совокупном влиянии рельефа и растительного покрова. Кол. 14 и 16 лежат на самой верхней части холма. Вместе с тем они окружены наиболее богатой по составу растительностью, в которой довольно большое участие принимают широколиственные породы с относительно глубокими корневыми системами. Поэтому в течение сильно засушливого 1939 г. почвенно-грунтовая толща в области расположения кол. 14 и 16 была иссушена особенно сильно и глубоко. Вследствие этого вода, несомненно просачивавшаяся в течение всего периода снеготаяния 1940 г., расходовалась на насыщение влагой почвенно-грунтовой толщи, и это насыщение лишь к моменту окончания снеготаяния достигло такой величины, что в этой толще появились почвенно-грунтовые воды, подъем которых, однако (фиг. 7), был невелик и относительно непродолжителен.

Что касается кол. 10, то, как мы увидим ниже, как раз в области его расположения кривые депрессии дали наиболее сильный прогиб в сухие периоды года, т. е. и здесь имело место сильное иссушение почвенно-грунтовой толщи вследствие усиленного оттока; и в этом случае продолжительность насыщения этой толщи водой была очень велика.

Переходим к ознакомлению непосредственно с особенностями режима почвенно-грунтовых вод в 1939—1940 гг. и начнем с кол. 14 и 16. В 1939 г. (фиг. 7) на кривых этих колодцев наблюдался один большой выступ, соответствующий периоду весеннего водоподъема. В отличие от кол. 10 и 11, этот выступ короче и не имеет такой плоской формы, особенно для нижнего горизонта почвенно-грунтовых вод. Весеннему водоподъему предшествовал период очень глубокого стояния почвенно-грунтовых вод (сухие колодцы), и такой же период следовал после весеннего подъема до весны 1940 г.

В 1940 г. (фиг. 13), несмотря на гораздо больший запас снеговой воды, весенний водоподъем в кол. 14 и 16 выражен еще хуже, чем в 1939 г. — по причине сильного предшествовавшего пересыхания почвенно-грунтовой толщи.

Верхний горизонт почвенно-грунтовых вод появился на короткое время и держался на сравнительно большой глубине, поднимаясь близко к поверхности лишь сейчас же по окончании снеготаяния. Нижний горизонт достигал глубины лишь в 2— 2.5 м и тоже не надолго.

Ливневые осадки середины июля не повлияли сколько-нибудь на уровень воды в кол. 14 и 16, но, очевидно, совместно со всей массой июльских осадков, вызвали значительное промачивание почвенно-грунтовой толщи, поскольку ливень 24/VII вызвал уже значительный подъем и даже кратковременное появление верхнего горизонта почвенно-грунтовых вод.

То же самое наблюдалось в середине августа, и наконец, ливень 14/IX, так же как и в отношении кол. 10 и 11, вызывая резкий подъем, явился началом длительного периода высокого стояния почвенно-грунтовых вод, длившегося почти до конца года. В течение этого периода уровень верхнего горизонта почвенно-грунтовых вод колебался в пределах 10—20 см от дневной поверхности, падая до 40 см лишь в конце октября.

Кол. 10 и 11 имели очень близкий ход кривых колебаний уровня (фиг. 10). Главное отличие этих колодцев друг от друга в этот период, кроме того, что в кол. 11 все явления наступали несколько позже, заключалось в том, что в кол. 10 разность уровней между изолированным и неизолированным колодцами была меньше, чем в кол. 11, и оставалась более или менее постоянной в течение всего времени высокого весеннего стояния. В кол. 11 эта разница вначале была гораздо больше, а затем постепенно уменьшалась. Это отличие зависит, вероятно, от постепенного вытеснения воздуха, находящегося под верхним горизонтом почвенно-грунтовых вод, вверх по склону.

В целом, в 1939 г. для кол. 10 и 11 характерен один большой весенний выступ на кривой колебаний их уровня. Никаких других подъемов не имеется.

Кривая 1940 г. (фиг. 10) показывает совершенно иную картину. В начале года, до конца апреля, уровень медленно падал, находясь при этом на большой глубине. В самом конце апреля началось нарастание обычного весеннего выступа на кривых — более медленное в кол. 11, более резкое в кол. 10. Как и прежде и по той же, вероятно, причине, разница в уровне воды в изолированном и неизолированном колодцах в кол. 10 значительно меньше, чем в кол. 11.

Высокое весеннее стояние перешло в спад в начале второй половины июня, продолжавшийся почти до середины июля. Дальнейший ход кривых делается совершенно иным, чем в 1939 г. В середине июля, в конце июля, в середине августа и в середине сентября мы наблюдаем четыре резко выраженных подъема, из коих первые три сменяются довольно быстрым падением, в то время как последний подъем является началом длительного периода высокого стояния воды, продолжающегося с небольшими колебаниями до начала декабря, когда началось медленное понижение.

Эти четыре подъема вызваны выпадением ливневых осадков порядка 20—25 мм в сутки. То обстоятельство, что эти ливни выпадали на общем фоне обилия атмосферных осадков, и явилось, видимо, причиной столь резких и сильных подъемов уровня почвенно-грунтовых вод и высокой насыщенности влагой покровного суглинка. Значительное количество осадков в период после середины сентября и одновременное снижение испарения и десукции вызвали высокое стояние почвенно-грунтовых вод в течение всей осени.

Колодцы нижней части профиля (№ 7, 8; фиг. 11) в 1939—1940 гг. вели себя особенно необычно. В то время как в 1937 г. (к сравнению с которым мы вынуждены пока прибегать за отсутствием многолетних средних) в течение осени, зимы и весны вода в этих колодцах держалась на более или менее постоянной глубине около 20 см, в начале 1939 г., в пределах торфяного слоя, мы не находим воды вовсе. Торфяник был полностью иссушен засухой 1938 г., так что почвенно-грунтовые воды имелись в этот момент лишь в толще покровного суглинка, подстилавшего торфяник. В середине февраля 1939 г. в кол. 7 и в начале апреля в кол. 8 вода появилась в толще торфа и постепенно ее уровень достиг глубины около 20 см. Поверхностного затопления, обычного в это время года, не наблюдалось не только около кол. 8, но даже и около кол. 7.

Высокие уровни держались в кол. 8 до середины июня, а в кол. 7 до середины июля, после чего они начали довольно быстро падать, вода из торфа исчезла снова, и к концу октября 1939 г. уровень понизился почти до 2 м в кол. 8 и до 140 см в кол. 7. Осенью наблюдался слабый подъем, кратковременные появления воды в торфянике (как, например, 19/XI), сменяемые новым падением в декабре, которое продолжалось до конца марта 1940 г. Весеннее снеготаяние 1940 г. вызвало подъем и появление сначала самостоятельного горизонта в толще торфа. Несмотря на очень большой запас снеговой воды, и в 1940 г. не наблюдалось поверхностного затопления. Однако насыщение почвенной толщи весной было, видимо, полное, ибо в дальнейшем уровни колебались уже сравнительно слабо, давая лишь в первой половине июля небольшое и кратковременное понижение. Далее уровни снова подошли к дневной поверхности на расстоянии 20 см и, колеблясь около этой величины, оставались в этом положении до конца года, будучи поддержаны обильными осадками конца лета и осени. При этом в кол. 7Б и 7В в течение длительных периодов уровень оказался напорным, в кол. 7Б в середине октября — даже выше дневной поверхности.

Подведем итоги всему сказанному в этом разделе. Благодаря исключительным метеорологическим условиям 1938 и 1939 гг. уровень почвенно-грунтовых вод на всех элементах рельефа, за исключением заболоченных депрессий, имел только один длительный подъем в весенний период, в конце снеготаяния или по его окончании.

По окончании снеготания и выпадения весенних осадков уровень почвенно-грунтовых вод начал падать и непрерывно понижался до весны следующего года. Не только летних, но и осенних подъемов уровня почвенно-грунтовых вод в 1939 г. не наблюдалось.

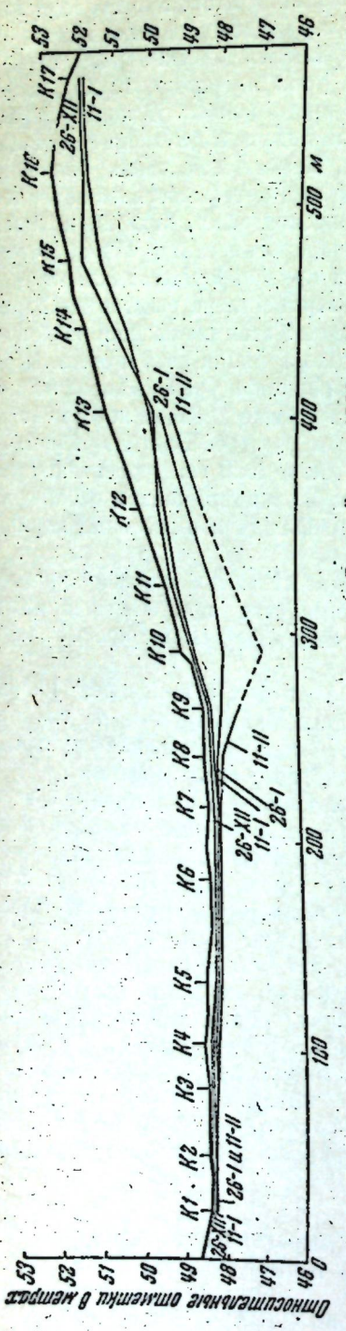
Что касается заболоченных депрессий, то в них в конце лета наблюдалось пересыхание толщи торфа (по нашим наблюдениям на глубину не менее 1 м), а осенью — незначительный подъем почвенно-грунтовых вод имел место лишь в толще породы, подстилающей торфяник.

Несмотря на большое количество зимних осадков и накопление к весне 1940 г. значительного запаса воды в снеговом покрове, весенний водоподъем в 1940 г. был более слабым, нежели в 1939 г., когда запас воды в снеговом покрове был значительно (в два с половиной раза) меньше. Причиной этого является сильное иссушение почвенно-грунтовой толщи в течение 1939 г. и в меньшей мере — очень сухая весна 1940 г.

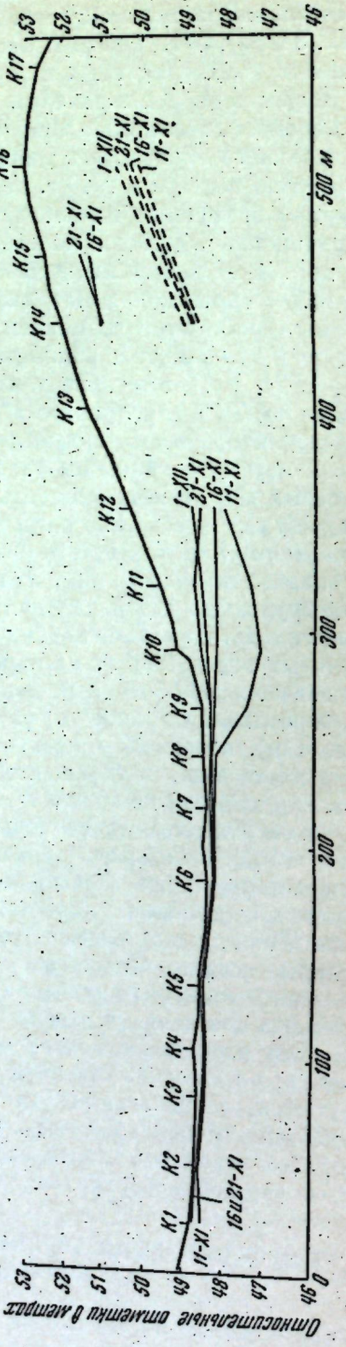
Обильные осадки, выпадавшие в июле, августе и сентябре 1940 г., вызывали несколько раз появление верхнего (в толще покровного суглинка) горизонта почвенно-грунтовых вод. Эти же осадки явились причиной постепенного насыщения почвенно-грунтовой толщи влагой, в результате которого в середине сентября на всех элементах рельефа появился верхний горизонт почвенно-грунтовых вод, который, будучи поддерживаем дальнейшим обильным выпадением осадков, сохранился до конца года, причем зеркало этого горизонта держалось бо́льшую часть осени вблизи от дневной поверхности.

7. ПЕРЕДВИЖЕНИЯ УРОВНЯ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ ВОД НА ПРОФИЛЕ № 1 В ЦЕЛОМ

В этой главе мы познакомимся с тем, как перемещается на всем профиле в целом уровень почвенно-грунтовых вод, т. е. как перемещается и какие формы принимает депрессионная кривая. Это рассмотрение мы приурочим к отдельным характерным периодам, в течение которых кривая перемещается в каком-либо одном направлении.



Фиг. 12. Профиль № 1. Кривые депрессии. Зимний спад 1936—1937 гг.



Фиг. 13. Профиль № 1. Кривые депрессии. Осенний подъем 1937 г.

При этом мы ограничимся рассмотрением 1937—1938 гг., так как для этого периода имеются наиболее полные данные.

На фиг. 12—19 изображены кривые депрессии для 8 периодов. Сплошными линиями обозначены кривые, полученные по основным (мелким) колодцам, а прерывистыми линиями — кривые по глубоким изолированным колодцам. Точечный пунктир изображает предполагаемый уровень, не обоснованный прямыми наблюдениями.

З и м н и й с п а д 1936—1937 гг. изображен на фиг. 12. Воды залегали 26/XII 1936 г. довольно близко к поверхности вследствие, как мы знаем, теплой и довольно богатой осадками осени. На участке склона от кол. 11 и ниже они подошли совсем близко к поверхности. Между кол. 15 и 12 кривая депрессии дала значительный прогиб под кол. 13. Причиной этого прогиба явилась залегающая здесь крупная песчаная линза. Первоначально мы предполагали, что эта линза является дреной, отводящей воду куда-либо в сторону. Однако, как мы увидим ниже, это не так.

С 26/XII 1936 г. начался, как мы уже знаем, зимний спад. К 11/I 1937 г. депрессионная кривая несколько понизилась и выпрямилась, хотя прогиб под кол. 13 все же сохранился. Вода в кол. 13 за эти 15 дней несколько даже повысилась, очевидно, за счет бокового стока с вышележащей части холма.

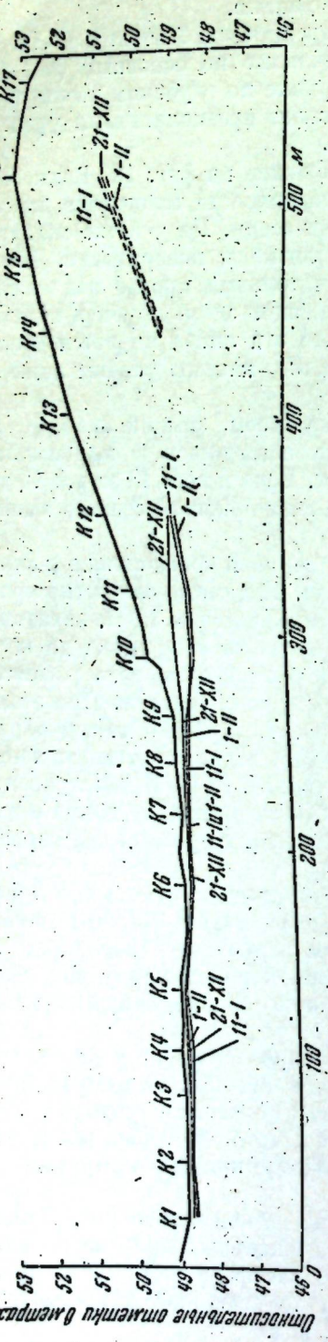
К 26/I 1937 г. вода уходит из колодцев верхней части склона и сильно понижается под нижней его частью. Под кол. 10 наметился прогиб кривой депрессии, который, повидимому, резко усиливается к 11/II, захватывая в сферу своего влияния и периферическую часть торфяника до кол. 7 включительно. На остальной части торфяника воды во весь рассматриваемый период стоят очень высоко — почти у поверхности. При этом до 26/I их поверхность имела прогиб под кол. 7, который таким образом является водосбором, что, впрочем, и понятно, так как он имеет наинизшую высотную отметку (48.175 м относительная). К 11/II вся кривая депрессии в пределах торфяника получает наклон в сторону холма и имеет прогиб под кол. 10. К причинам появления этого прогиба мы вернемся ниже.

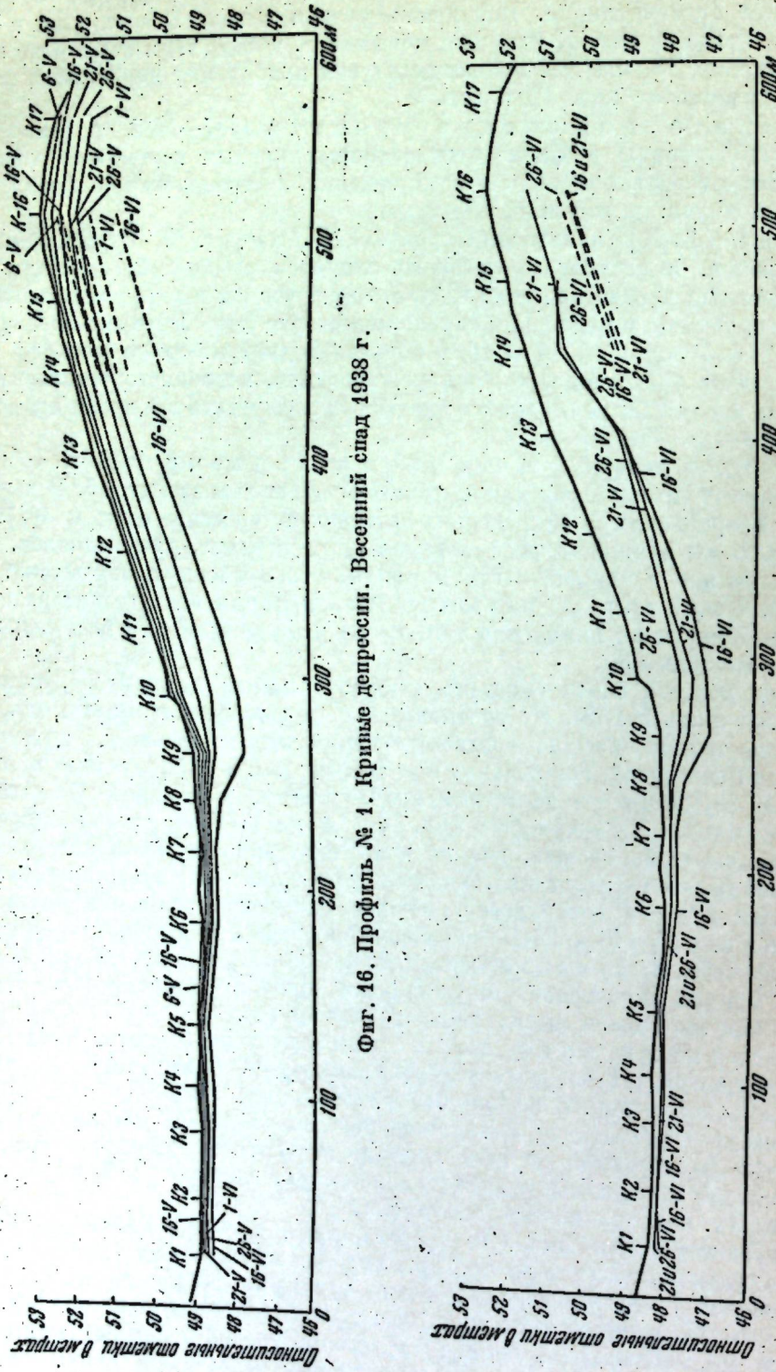
На фиг. 13 изображены депрессионные кривые во время н о я б р ь с к о г о п о д ъ е м а 1937 г. В начале подъема, 11/XI, мы находим уже знакомую картину — кривая депрессии падает от левого края торфяника по направлению к холму, дает резкий перелом книзу под кол. 8 и прогиб под кол. 10, на этот раз уже вполне обоснованный прямыми наблюдениями.

От кол. 10 кривая поднимается кверху и прослеживается на большой глубине до кол. 12. Далее имеется перерыв, и под кол. 14 и 16 мы находим самостоятельный глубокий горизонт почвенно-грунтовых вод. Является ли этот горизонт продолжением того, который мы наблюдаем под кол. 10—12, мы не знаем и поэтому кривых на чертеже не соединили.

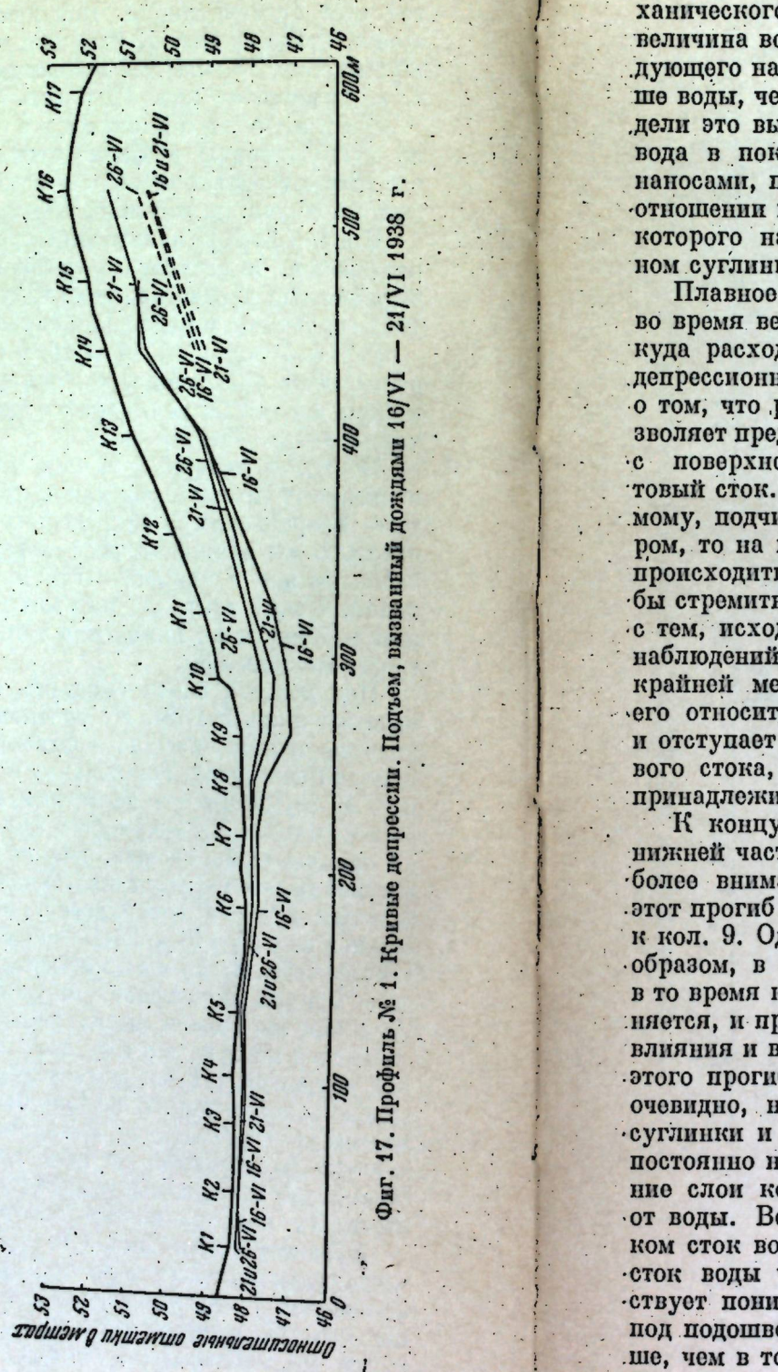
К 16/XI в положении кривых происходят резкие изменения. Депрессионная кривая на участке кол. 8—12 превращается в прямую горизонтальную линию. Кривая под кол. 14—16 слегка поднимается, почти параллельно самой себе. Между кол. 14 и 15 возникает самостоятельный верхний горизонт почвенно-грунтовых вод.

Еще через 5 дней, к 21/XI, мы констатируем дальнейшее поднятие кривой, причем на участке кол. 10—12 она получает выпуклую вверху форму. Это происходит, очевидно, потому, что в кол. 10 и 11 имеет место очень резкий подъем, скорее гидростатического характера, в то время


Относительные отметки в метрах
0
25
50
51
48
47
46
K1
K2
K3
K4
K5
K6
K7
K8
K9
K10
K11
K12
K13
K14
K15
K16
K17
100
200
300
400
500 м
11-I
1-II
21-XII
1-II
11-I
21-XII
11-I
1-II
21-XII
11-I
21-XII
1-II
11-I
21-XII
11-I
1-II
21-XII
11-I
1-II
21-XII
11-I
1-II



Фиг. 16. Профиль № 1. Кривые депрессии. Весенний спад 1938 г.



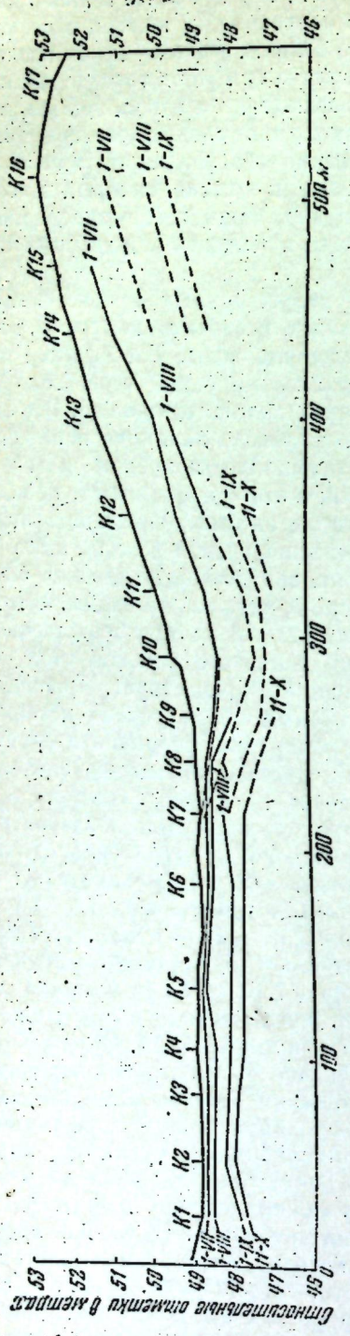
Фиг. 17. Профиль № 1. Кривые депрессии. Подъем, вызванный дождями 16/VI — 21/VI 1938 г.

грунтовых вод, в покровном суглинке в силу его гораздо более тонкого механического состава остается значительно больше воды, нежели в песке, величина водоотдачи которого значительно больше. Поэтому и для последующего насыщения водой покровного суглинка требуется гораздо меньше воды, чем для песка. В силу этого при выпадении осадков, как мы видели это выше и увидим еще раз при рассмотрении следующего графика, вода в покровном суглинке, непосредственно подстилаемом тяжелыми наносами, поднимается гораздо быстрее, нежели в песке, который в этом отношении играет роль своего рода резервуара, лишь после наполнения которого начинается повышение уровня воды в лежащем над ним покровном суглинке.

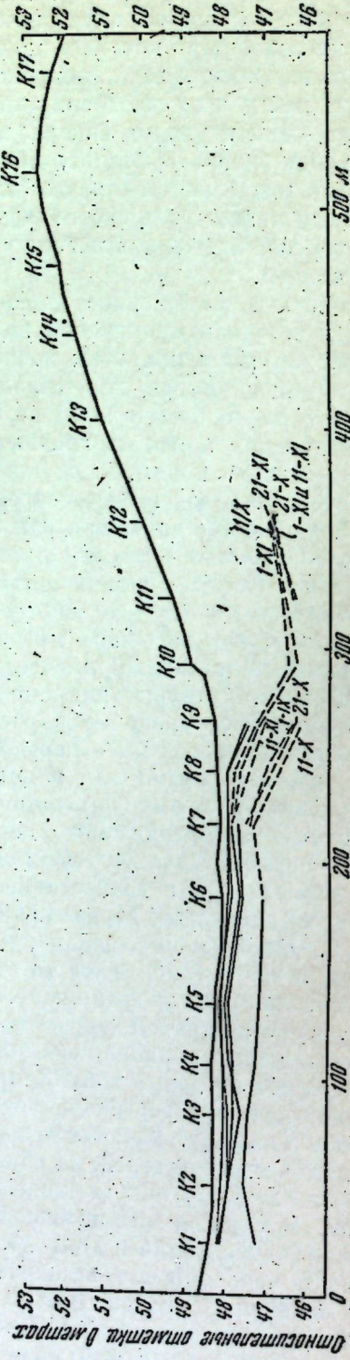
Плавное и постепенное перемещение депрессионных кривых книзу во время весеннего понижения вод заставляет поставить вопрос о том, куда расходуются при этом почвенно-грунтовые воды. Тот факт, что депрессионная кривая перемещается параллельно самой себе, говорит о том, что расходование воды на всех точках склона одинаково. Это позволяет предположить, что главными видами расхода являются испарение с поверхности почвы, десукция растительным покровом и грунтовый сток. Боковой внутрипочвенный сток в этот период имеет, повидимому, подчиненное значение, так как если бы он был довлеющим фактором, то на верхних участках склона понижение уровня должно было бы происходить быстрее, чем на нижних, и кривая депрессии должна была бы стремиться к горизонтальному положению, чего мы не видим. Вместе с тем, исходя как из общих представлений, так и из непосредственных наблюдений на стоковых площадках, мы знаем, что боковой сток, по крайней мере в толще покровного суглинка, существует. Очевидно, его относительное значение в рассматриваемый период очень невелико и отступает на второй план перед суммой испарения, десукции и грунтового стока, в то время как в период снеготаяния довлеющее значение принадлежит боковому внутрипочвенному и грунтовому стоку.

К концу рассматриваемого периода кривая депрессии образует под нижней частью склона уже знакомый нам прогиб. Всматриваясь, однако, более внимательно в депрессионные кривые, мы можем заметить, что этот прогиб намечается гораздо раньше. Уже 6/V имеется уклон от кол. 8 к кол. 9. Одновременно, однако, есть уклон и от кол. 8 к кол. 7. Таким образом, в этот период воды со склона стекают к подошве последнего, в то время как воды торфяника стекают к кол. 7. К 16/VI положение меняется, и прогиб кривой депрессии под кол. 9 захватывает в сферу своего влияния и воды торфяника, особенно резко дренируя кол. 8. Образование этого прогиба на депрессионной кривой обязано своим происхождением, очевидно, наличию вертикального просачивания сквозь подстилающие суглинки и морену. Различные наносы, находящиеся под торфяником, постоянно насыщены водой, за исключением покровного суглинка, верхние слои которого, как мы видели выше, могут иногда освобождаться от воды. Вследствие насыщенности водою толщи наносов под торфяником сток воды с холма в этом направлении исключен. В то же время сток воды через морену несомненно происходит, — об этом свидетельствует понижение уровня воды во всех глубоких колодцах. В результате под подошвой склона уровень почвенно-грунтовых вод понижается больше, чем в торфянике, и воды из периферической части последнего устремляются к этому же месту, в силу чего на кривой депрессии и образуется прогиб.

Исходя из общих наблюдений над строением окраинных частей торфяников, их «берегов», можно утверждать, что торфяники в очень многих



Фиг. 18. Профиль № 1. Кривые депрессии. Летний спад 1938 г.



Фиг. 19. Профиль № 1. Кривые депрессии. Осенний подъем 1938 г.

случаях имеют «берега», сложенные минеральным грунтом. Другими словами, очень часто торфяники занимают депрессии, причем окружающие их более возвышенные участки суши сложены теми или иными минеральными наносами. В пределах Центрального лесного заповедника такой случай мы наблюдали еще на западной окраине «Старосельского мха».

Поэтому можно считать, что взаимоотношения между почвенно-грунтовыми водами торфяного болота и окружающей его суши, которые характеризуются нашим профилем и при котором в одни периоды воды с возвышенных участков суши стекают в сторону торфяника, а в других, наоборот, стекают с торфяника в сторону суши, — являются достаточно распространенными в природе. При этом, однако, периферическая полоса торфяника, могущая быть дренированной этим путем, едва ли может достигать значительной ширины.

На фиг. 17 изображено положение депрессионных кривых в период подъема от июньских дождей 1938 г. Мы видим, что в нижней половине склона (от кол. 13 до кол. 10) кривая депрессии по мере выпадения осадков приближается к поверхности, причем уровень под кол. 10 повышается быстрее, нежели под кол. 13, т. е. кривая стремится принять положение, более близкое к горизонтальному. Чем может объясняться такой характер передвижения кривой? Это обусловлено, вероятно, двумя причинами. Первая и, вероятно, главная заключается в воздействии песчаной линзы под кол. 13; о механизме этого воздействия мы уже говорили выше. Эта линза, с одной стороны, дренирует (временно) вышележащий участок склона, с другой — может отдавать воду путем бокового подтока в нижележащие участки склона. Вторая причина заключается в том, что воды, стекающие со склона холма, подпираются стекающими навстречу водами торфяника, в силу чего подъем на месте стыка этих двух потоков должен быть особенно большим.

21/VI появился верхний горизонт почвенно-грунтовых вод на участке кол. 14—15, а 26/VI — и на участке кол. 15—16, при одновременном существовании самостоятельного глубокого горизонта, который в рассматриваемый период испытывает лишь небольшое поднятие.

С 1/VII начался длительный период летнего понижения почвенно-грунтовых вод, который закончился лишь в середине октября. На фиг. 18 мы приводим положения депрессионной кривой в течение этого периода. Эти данные, к сожалению, далеко не полны в силу того, что во многих даже глубоких колодцах вода вследствие сильной засухи исчезла. В качестве общего явления можно отметить значительное понижение уровня почвенно-грунтовых вод, вызванное, очевидно, этой исключительной засухой. Кривая депрессии при этом перемещается опять-таки почти параллельно самой себе и дневной поверхности, что указывает на то, что главной причиной понижения были, очевидно, расход на испарение, десукцию и грунтовый сток.

Очень интересным фактом является сплошное пересыхание торфяника. Выше мы видели, что в торфяном горизонте и в покровном суглинке имеются два самостоятельных горизонта почвенно-грунтовых вод. Но так как почти все колодцы торфяника — 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8, кроме 7А, 7Б, 8А и 8Б, проходят толщу торфа и заканчиваются в подстилающем его покровном суглинке, то эти колодцы отражают в своих колебаниях колебания зеркала воды верхнего, т. е. находящегося в торфе горизонта почвенно-грунтовых вод, и поэтому понижение уровня воды в этих колодцах ниже нижней поверхности торфа может иметь место лишь при исчезновении воды в последнем. Это мы и констатируем в конце лета, когда уровень воды во всех колодцах оказался уже в толще покровного

суглинка. Следует отметить, что явления стока почвенно-грунтовых вод из торфяника имеют место не только в сторону холма (правая сторона торфяника на фиг. 18), но и в сторону низкого заболоченного водораздела, лежащего по другую сторону торфяника (влево от него на той же фиг. 18). Об этом свидетельствует перегиб кривой депрессии под кол. 2, отмечаемый 1/IX и 11/X.

Следует, наконец, отметить, что в начале летнего понижения под кол. 5, которому соответствует (см. фиг. 1) выступ морены, намечается перегиб кривой депрессии выпуклостью кверху, т. е. точка кол. 5 получает значение как бы некоторого местного водораздела. Позднее водораздел перемещается к кол. 2.

Фиг. 19 изображает перемещение кривой депрессии во время осеннего повышения уровня. В пределах нижней части склона (кол. 10—12) это перемещение очень невелико — около 2—3 дм, очевидно, вследствие сильной иссушенности почвы. Значительный подъем наблюдается, наоборот, на участке торфяника—до 1 м. При этом в течение довольно долгого времени сохраняется самостоятельный горизонт почвенно-грунтовых вод в толще покровного суглинка под торфяником, на что указывают пунктирные кривые между кол. 9 и 7 11/X, 21/X и 1/XI. Эти кривые обрываются в кол. 7, так как далее на торфянике мы не имели изолированных колодцев, и показания кол. 1—6 соответствуют уровню воды в верхнем торфяном горизонте.

Следует отметить прогибы на кривой депрессии в начале подъема под кол. 3 и 6, обязанные своим происхождением песчаным линзам, т. е. подобные тем перегибам, которые возникают под кол. 13.

8. КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ ВОД ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ НА ПРОФИЛЕ № 2

Результаты наблюдений на этом профиле, начавшихся с конца 1938 г., мы изложим более кратко, так как основные закономерности, установленные нами при рассмотрении режима почвенно-грунтовых вод на профиле № 1, сохраняют все свое значение и здесь.

Прежде всего колодцы профиля № 2 не только полностью подтверждают существование двух самостоятельных горизонтов почвенно-грунтовых вод, но и свидетельствуют о том, что число этих горизонтов может быть большим. В этом отношении особенно показательно поведение гнезда кол. 60 (фиг. 20), на рассмотрении которого мы сейчас и остановимся.

В начале 1939 г. вода отсутствует во всех четырех колодцах.*

18/IV в кол. 60 и 20/IV в кол. 60Б и 60В (т. е. в момент окончания снеготаяния) появилась вода, причем, как нетрудно видеть на фиг. 20, все три горизонта являются вполне самостоятельными: один в покровном суглинке, другой в толще выщелоченной морены, третий в толще карбонатной морены. В кол. 60А вода в течение всего 1939 г. ни разу не появляется. Сопоставляя этот факт с тем обстоятельством, что уровень в кол. 60Б трижды едва достигает только уровня дна кол. 60А, можно не сомневаться в том, что кол. 60Б регистрирует особый самостоятельный горизонт. С другой стороны, учитывая, что действующая часть кол. 60Б расположена значительно выше действующей части кол. 60В, можно не сомневаться в том, что оба эти колодца регистрируют также вполне самостоятельные горизонты почвенно-грунтовых вод; следовательно, таких горизонтов в данном случае мы наблюдаем не менее трех, причем толща выщелоченной морены имеет самостоятельный горизонт.

Майские осадки 1939 г. поддерживают почвенно-грунтовые воды всех трех горизонтов примерно на одном и том же для каждого горизонта уровне. В начале же июня началось довольно быстрое падение — более быстрое в верхнем горизонте, более медленное в обоих нижних. В последних падение происходило с одинаковой скоростью. Так, за 15 дней с 10 по 25/VI уровень в кол. 60Б понизился на 32 см, а в кол. 60В — на 34 см. Очевидно, заметного пополнения третьего горизонта из второго не происходило, так как в этом случае третий горизонт падал бы медленнее, чем второй. Можно думать, что вода обоих горизонтов расходовалась преимущественно на сток.

35 мм осадков, выпавших 3/VI, отражаются резким пиком на кривой кол. 60 и лишь ничтожно — на кривой кол. 60В. Около 11/VII вода исчезла во всех трех колодцах до весны 1940 г.

В 1940 г. (фиг. 20) вода в гнезде кол. 60 появилась одновременно с кол. 16 —6/V, т. е. на следующий день после исчезновения сплошного снежного покрова и за три дня до полного его исчезновения.

Подъем во всех колодцах внезапный и очень сильный. При этом подъем явился максимальным в кол. 60В, меньшим в кол. 60Б и еще меньшим в кол. 60А, в котором он к тому же наступил на сутки позже. Сейчас же после подъема уровень воды в кол. 60В оказался наивысшим (не считая кол. 60), несколько ниже расположился уровень воды в кол. 60Б и еще ниже в кол. 60А. При этом в кол. 60Б и 60В уровень поднялся выше нижней поверхности покровного суглинка, не достигая, однако, уровня в кол. 60. Это свидетельствует о том, что уровни в кол. 60Б и 60В являются фиктивными. Что касается кол. 60А, то, поскольку в нем вода не заполняет всей действующей части, можно считать уровень в нем истинным.

От 14 к 15/V вода во всех трех литерных колодцах резко спала, причем в кол. 60А она исчезла вовсе. Это падение приурочено к моменту, когда длительное падение атмосферного давления перешло в повышение.

В начале этого периода падения атмосферного давления уровень воды в литерных колодцах несколько возрос (особенно в кол. 60Б), а затем резко упал. Очевидно, падение атмосферного давления позволило воздуху, зажатому между первым и вторым, вторым и третьим горизонтами почвенно-грунтовых вод, расшириться и прорваться через колодцы, что и вызвало понижение уровня в последних. При этом, однако, в них сохранились все же фиктивные уровни, что видно из того, что последние значительно выше дна кол. 60А, который, начиная с 15/V до начала августа, остается сухим.

После описанного резкого падения, уровень в кол. 60В занимает более низкое положение, нежели в кол. 60Б, причем, начиная примерно с 25/VI, уровень в кол. 60В падает заметно быстрее, чем в кол. 60Б.

Более высокое положение уровня в кол. 60В, чем в кол. 60Б, в самом начале подъема указывает на то, что в это время воздушная подушка между вторым и третьим горизонтами находится под более высоким давлением, нежели подушка между первым и вторым горизонтами.

Это более высокое давление вызывается, видимо, не только давлением вышележащих, т. е. первого и второго горизонтов почвенно-грунтовых вод, но, возможно, и давлением боковым, возникающим вследствие того, что на соседних, более пониженных участках подъем почвенно-грунтовых вод начинается раньше, как то можно видеть на фиг. 20 (кол. 62 и 64).

* Кол. 60В (равно как и кол. 62В и 64Б) был установлен на предельную глубину, превышению которой мешали валуны, встреченные при бурении скважины.

Воздух, вытесняемый водой, просачивающейся в почву на этих пониженных участках, будет, очевидно, вытесняться вверх, т. е. по направлению к участкам, более повышенным. Это и может создать избыточное давление в почвенно-грунтовой толще на этих повышенных участках.

Небольшой расчет подтверждает наличие такого избыточного давления. Сделаем этот расчет на 11/V. В кол. 60 вода стоит у поверхности. Учитывая мощность покровного суглинка, равную 85 см, имеем давление, вызываемое этим горизонтом, равное 85 см водного столба. В кол. 60Б вода стоит на глубине 80 см.

Принимая во внимание, что в этот же момент вода в кол. 60А стоит на глубине 115 см и что граница между выщелоченной и невыщелоченной моренами лежит на глубине 195 см, максимальная возможная мощность второго горизонта почвенно-грунтовых вод составит 80 см. На самом деле она, видимо, меньше и не превышает 55—60 см. Но даже, если она равна 80 см, то и в этом случае оба верхних горизонта создают давление, равное 165 см водного столба.

В то же время уровень воды в кол. 60В находится на глубине 40 см. Истинное положение уровня воды в толще невыщелоченной морены едва ли значительно превышает верхний конец действующей части кол. 60В, судя по тому, что небольшое понижение атмосферного давления уже вызывает прорыв воздуха, о котором говорилось выше. Поскольку верхний конец действующей части кол. 60В лежит на глубине 260 см, постольку давление в воздушной прослойке между вторым и третьим горизонтами должно равняться 260—40 = 220 см водного столба или лишь немногим меньше. Эти величины значительно превосходят ту, которую мы получили выше (165 см) и которая представляет собою максимальную возможную сумму давлений, развиваемых двумя верхними горизонтами почвенно-грунтовых вод. Поэтому и можно думать, что существует какое-то добавочное давление, причину которого мы видим в боковом сдавливании воздушных прослоек.

Естественно, что прорыв воздуха, возникающий при понижении атмосферного давления, в гораздо большей степени снижает давление во второй воздушной прослойке (в которой давление больше), чем в первой. Поэтому падение уровня в кол. 60В сильнее, чем в кол. 60Б.

В конце июня кривые кол. 60Б и 60В начинают расходиться — уровень в кол. 60В падает быстрее. Это объясняется, видимо, тем, что в кол. 60Б в это время уровень истинный, ибо вода уже не заполняет (начиная с 27/VI) всей действующей части колодца, и снижение уровня идет за счет оттока. В колодцах же 60В в то же время уровень является еще манометрическим, и снижение идет как за счет оттока, так и за счет понижения давления в воздушной прослойке, вызываемого уменьшением мощности второго горизонта почвенно-грунтовых вод.

В середине и в конце июля, в середине августа и в середине сентября, при обильном выпадении осадков, наблюдаются резкие подъемы уровня воды во всех колодцах, кроме 60А, сменяемые довольно быстрым же падением. При всех этих подъемах наблюдаются такие же явления, как и при весеннем подъеме, т. е. появление в кол. 60Б и 60В фиктивных манометрических уровней, фиктивность которых особенно подчеркивается периодическим появлением истинного уровня в кол. 60А, на глубине гораздо большей, чем в кол. 60Б и 60В. Точно так же в начале подъемов уровень в кол. 60В поднимается до большей высоты, чем в кол. 60Б, а затем делается ниже последнего.

Все подъемы и начало всех падений уровня в кол. 60Б и 60В являются очень резкими и происходят, несомненно, преимущественно за счет

передачи давления как непосредственно водным столбом, так и через подушки сжатого воздуха.

Сентябрьский подъем является началом длительного до конца года периода высокого стояния почвенно-грунтовых вод. На протяжении конца сентября и октября уровень воды в кол. 60В остается более высоким, чем в кол. 60Б, но постепенно с ним сближается, за счет, вероятно, растворения сдавленного воздуха воздушных прослоек и диффузного выделения его через толщу почвенно-грунтовых вод. Одновременно идет медленное просачивание воды вниз, доказательством чего является медленный подъем воды в кол. 60А. По заполнении в последнем всей действующей части водой, что происходит в начале декабря, уровень воды и в кол. 60А делается видимо манометрическим, судя по его поведению 4—6/XII. 12/XII в кол. 60А наблюдается резкий подъем, в результате которого уровень в нем почти выравнивается с уровнем в кол. 60. Очевидно, произошел где-то прорыв воздуха, и между двумя горизонтами установилась гидростатическая связь. Причину прорыва предположительно можно видеть в замерзании почвы.

Таким образом, гнездо кол. 60 доказывает существование трёх самостоятельных горизонтов почвенно-грунтовых вод — одного в покровном суглинке, второго в выщелоченной морене и третьего в карбонатной морене. Аналогичную картину показывает и гнездо кол. 62 (фиг. 20), особенно в 1940 г. Здесь мы наблюдаем те же три горизонта, приуроченные к тем же членам толщи наносов. При этом прослойка песка и выщелоченная морена (кол. 62А и 62Б) образуют, видимо, один общий водоносный горизонт.

Однако в гнезде кол. 62 наблюдается более резко выраженная тенденция к выравниванию уровней во всех колодцах, нежели в гнезде кол. 60. В течение весны 1939 г. (фиг. 20) во всех литерных колодцах вода находится почти на одном и том же уровне, а к концу 1940 г. почти одинаковый уровень устанавливается во всех четырех колодцах. Таким образом, разобщение отдельных горизонтов почвенно-грунтовых вод в этом случае является временным, и воздушные прослойки с течением времени полностью или почти полностью исчезают. Происходит ли это путем растворения и диффузии через водоносные горизонты, или путем вытеснения воздуха в сторону более повышенных элементов рельефа, т. е. в сторону кол. 60,— сказать трудно. Судя по тому, что в гнезде кол. 60 разобщенные горизонты остаются до конца года, а в гнезде кол. 62 разобщение исчезает, можно думать, что дело не столько в диффузии (которая, несомненно, должна происходить), сколько в боковом вытеснении воздуха.

Три хорошо выраженных самостоятельных горизонта почвенно-грунтовых вод мы наблюдаем и в гнезде кол. 64 как в 1939 г., так и в 1940 г. (фиг. 20). Только здесь они приурочены к другим наносам: верхний — попрежнему к покровному суглинку, второй — к различным суглинистым отложениям, а третий — к песчаной линзе.

Однако поведение гнезда кол. 64 заметно отличается. Для этих колодцев характерны более постепенные подъемы, особенно для кол. 64Б.

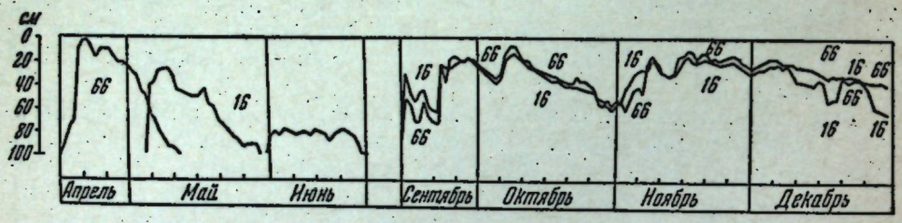
Учитывая положение этого гнезда колодцев — над древней депрессией, выполненной позднейшими отложениями, можно предположить, что уровень воды в кол. 64Б является напорным.

Что же касается кол. 64А, то он, вероятно, регистрирует особый самостоятельный горизонт, как это было и в предыдущих двух гнездах. К концу 1940 г. наблюдается ясно выраженное сближение уровней во всех трех колодцах.

Таким образом, и колодцы почвенно-гидрологического профиля № 2 подтверждают те общие закономерности, касающиеся распределения почвенно-грунтовых вод по отдельным почвенным горизонтам и взаимосвязи между этими горизонтами, которые были установлены нами ранее. Как выясняется, число этих горизонтов может быть и больше двух. Отдельные горизонты могут наблюдаться в различных песчаных прослойках и линзах. Отдельные горизонты могут существовать в выщелоченной и невыщелоченной (т. е. карбонатной) морене. Следует отметить, что и кол. 16А свидетельствует о возможности существования самостоятельного горизонта почвенно-грунтовых вод в выщелоченной морене. В начале мая 1940 г. (фиг. 7) мы наблюдаем появление воды в этом колодце, с пиком 11/V, при значительно более глубоком положении воды в кол. 16Б.

9. КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ ВОД ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА ПРОФИЛЕ № 3

Нам остается еще рассмотреть данные наблюдений на полевом профиле № 3. Этот профиль был заложен осенью 1938 г., причем при закладке колодцы были установлены в сухую почву. В кол. 67, 68 и 69 вода появилась лишь через несколько дней после конца снеготаяния и держалась около одного месяца, после чего исчезла и не появлялась больше до конца года.



Фиг. 21. Уровень почвенно-грунтовых вод на поле и в лесу; 1940 г.

Эти явления объясняются глубоким промерзанием почвы и сбросом всего (притом небольшого) запаса снеговой воды поверхностным стоком. Но количество весенних осадков оказалось достаточным для того, чтобы создать в покровном суглинке на короткий промежуток времени горизонт почвенно-грунтовых вод.

Весной 1940 г., благодаря отсутствию глубокого промерзания почвы или вследствие того, что промерзшая с осени почва успела оттаять к концу зимы под снежным покровом, мощность которого к концу марта достигла в поле 90 см, вскоре после начала снеготаяния, в середине апреля, во всех колодцах профиля почти одновременно появилась вода. Ввиду того, что общий характер колебаний уровня во всех колодцах, стоящих на поле (т. е. 66, 67 и 68), был одинаков, как примерно одинакова была и глубина уровня, мы ограничимся приведением кривой колебаний только кол. 66, стоящего на вершине холма. Эта кривая изображена на фиг. 21, причем для сравнения здесь же наложена кривая кол. 16, который находится в совершенно одинаковых условиях в отношении рельефа и литологии, но в лесу.

Как нетрудно видеть на фиг. 21, между этими двумя колодцами наблюдается весьма большая разница в весенний период. В кол. 66 вода, как уже упоминалось, появляется 16/IV, т. е. через 2—3 дня после начала снеготаяния. Почвенно-грунтовая толща была, очевидно, достаточно влажна, так как вода очень быстро поднимается до самой поверхности.

На высоком уровне вода держится до 27/IV, т. е. до окончания снеготаяния, которое на полевом участке закончилось 28/IV. С этого дня уровень почвенно-грунтовых вод начинает быстро падать, так как осадки в начале мая отсутствуют. 12/V верхний горизонт почвенно-грунтовых вод в поле исчезает. В лесу, как мы уже знаем, в тех же геоморфологических условиях, на вершине холма, верхний горизонт почвенно-грунтовых вод появляется лишь в момент окончания снеготаяния — 5/V, причем уровень воды поднимается хотя и резко, но достигает глубины лишь в 30 см, после чего сейчас же начинает падать. Причина такого расхождения в поведении почвенно-грунтовых вод в поле и в лесу как в отношении срока подъема, так и интенсивности последнего заключается, как мы уже говорили, в гораздо более сильной иссушенности почвенно-грунтовой толщи, особенно ее глубоких слоев, в лесу, причиной которой является десукция древесной растительностью. Сорная травянистая растительность, покрывавшая поле в течение лета 1939 г., не могла оказать такого десугирующего действия, какое оказывает растительность лесная. Поэтому влажность почвенно-грунтовой толщи к весне 1940 г. была в поле гораздо выше, чем в лесу.

Верхний горизонт почвенно-грунтовых вод в лесу (кол. 16) держится в течение большей части июня, вследствие довольно обильного выпадения осадков. В поле в то же время этот горизонт отсутствует, видимо вследствие того, что в течение довольно сухого мая толща покровного суглинка успела достаточно просохнуть и июньские дожди не могут довести ее влажность до полного насыщения.

После 22/VI верхний горизонт почвенно-грунтовых вод исчез и в лесу. В дальнейшем он кратковременно появлялся в конце июля и в середине августа (эти появления на фиг. 21 не изображены, вследствие их кратковременности; см. фиг. 7). После ливней 14—15/IX (около 40 мм) верхний горизонт почвенно-грунтовых вод появляется одновременно и в поле и в лесу. В лесу подъем сначала несколько больше, но в дальнейшем уровни в кол. 16 и 66 почти сравниваются и колеблются почти одинаково до конца года, свидетельствуя о близости гидрогеологических условий в обеих точках.

10. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ РЕЖИМОМ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ ВОД И ХАРАКТЕРОМ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

В предыдущих главах мы ознакомились с общим характером режима почвенно-грунтовых вод на нашем участке и с основными управляющими им факторами. Выше мы говорили уже о том, что на нашем профиле представлена целая серия почв, принадлежащих к подзолистому, подзолисто-болотному и болотному типам. Попытаемся теперь выяснить, каким режимом почвенно-грунтовых вод характеризуются эти почвы.

В табл. 9 мы приводим месячные средние глубины стояния почвенно-грунтовых вод за 1937 г. и среднюю за весь год.

Как можно видеть из этой таблицы, данные для характеристики режима почвенно-грунтовых вод различных видов почв весьма недостаточны. Однако пользоваться для этой цели данными за все четыре года (1937—1940) мы не считаем возможным, так как из этих четырех лет два года (1938 и 1939), как мы знаем, резко выдавались по своей засушливости. Поэтому для общей характеристики режима почвенно-грунтовых вод отдельных видов почв мы вынуждены ограничиться лишь 1937 г. К сожалению, в этом году у нас еще не было глубоких колодцев и поэтому данные получились неполные.

Таблица 9

Средние месячные глубины (в см) стояния почвенно-грунтовых вод

№ колодца	За 1937 г.												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
6	17	16	16	1	10	23	33	19	22	23	21	16	18
7	18	22	22	2	10	24	44	25	25	32	23	17	22
8	21	23	27	7	18	41	63	26	38	41	23	20	31
9	26	80	48	11	22	76	120	45	99	130	66	29	63
10	53	>165	135	16	37	130	>165	97	>165	>165	117	86	—
11	53	152	142	15	21	117	>158	96	>158	>158	128	111	—
12	75	155	172	24	26	127	193	112	175	—	193	155	128
13	119	163	179	54	52	144	>185	167	179	>185	>185	>185	—
14	106	>117	>117	40	43	106	>117	>117	>117	>117	>117	>117	—
15	86	>116	>116	20	35	102	>116	99	>116	>116	105	112	—
16	92	> 97	> 97	30	51	96	> 97	95	> 97	> 97	> 97	> 97	—

Сопоставление месячных средних глубин позволяет установить следующее. Существенной разницы в уровнях между кол. 6 и кол. 7, характеризующими торфяно-глеевые почвы, нет. В 1937 г., который мы можем, по метеорологическим условиям, принять более или менее близким к среднему, уровень воды в этих колодцах колебался в среднем около 20 см (средняя годовая для кол. 6—18 см, для кол.7—22 см). Просматривая график № 6, мы видим, что глубина около 20 см для кол. 6 являлась очень характерной.

В теплое время года, в бездождные периоды, это может объясняться тем, что, начиная с этой глубины, значительно понижалось действие испарения. В холодное же время или в дождливые периоды стремление уровня воды не подниматься выше 20 см, очевидно, объяснялось условиями стока, который в слое 0—20 см шел несравненно легче, чем в более глубоких слоях.

Кол. 8, соответствующий торфяно-глеевому подзолу, характеризовался уже заметно более глубоким стоянием почвенно-грунтовых вод. Это видно и из сопоставления средних месячных и по средней годовой, которая составляла уже свыше 30 см. Глубина около 20 см и здесь, во влажное время (январь с его оттепелями, май, август, ноябрь, декабрь), встречалась еще довольно часто. Значительные понижения уровня почвенно-грунтовых вод имели место лишь в отдельные, довольно короткие промежутки времени.

Кол. 9, соответствующий торфянистому подзолу, имел еще бóльшие глубины уровня почвенно-грунтовых вод. Это отчетливо видно и из сопоставления средних месячных и по средней годовой (63 см для 1937 г.), которая более чем в два раза превышает среднюю годовую для кол. 8. Изменчивость уровня почвенно-грунтовых вод здесь также увеличивалась (см. фиг. 6). Однако в этом колодце еще встречались длительные периоды (например, осень 1937 г., см. фиг. 6), когда уровень воды стоял в пределах 2—3 дм от поверхности, не отзываясь на перерывы в выпадении осадков, в то время как во всех вышележащих колодцах в эти периоды мы наблюдаем значительные изменения в положении уровня воды.

Характеристика колодцев, начиная с кол. 10 и выше, встречает значительные затруднения в силу того, что для 1937 г., более или менее близкого к среднему, мы имели лишь неполные данные вследствие недостаточной глубины колодцев.

Ввиду этого нам придется в качестве объективных показателей сопоставить данные за отдельные периоды, более короткие, чем год.

За шесть месяцев 1937 г., когда вода имелась во всех рассматриваемых колодцах (январь, апрель, май, август, ноябрь и декабрь), средние глубины выразились в следующих величинах: кол. 9—22 см; кол. 10—48 см; кол. 11—49 см; кол. 12—65 см.

Из этих цифр мы видим, что между торфянистым подзолом (кол. 9) и подзолом (кол. 10) существует очень резкий скачок в уровне грунтовых вод в сторону его увеличения. Наоборот, между кол. 10, 11 и 12 разница значительно меньше. Это позволяет утверждать, что близкое залегание почвенно-грунтовых вод и все связанные с этим явления имели особенно существенное значение для всех почв подзолисто-болотного ряда, начиная от торфянистого подзола до торфяно-глеевой почвы. В то же время почвы собственно подзолистого типа, в нашем случае от подзола до дерново-палево-подзолистой почвы, в этом отношении находились в условиях, гораздо более близких. Из этого можно заключить, что в жизни и эволюции этих почв непосредственное влияние почвенно-грунтовых вод, со всеми связанными с ними явлениями, имеет подчиненное и более или менее одинаковое значение.

Чему равна «критическая» величина средней годовой глубины уровня почвенно-грунтовых вод, т. е. та величина, при которой уже начинается заболачивание?

В наших условиях эта величина лежала между 128 см (средняя годовая для кол. 12, соответствующего дерново-среднеподзолистой почве) и 63 см (средняя годовая для кол. 9, соответствующего торфянистому подзолу). Следовательно, она была близка к 1 м; возможно, даже несколько меньше этой величины. И. С. Васильев (1937) на Молого-Шекснинском междуречье нашел величину, близкую к указанной.

Не нужно думать, однако, что незаболоченные дерново-подзолистые почвы разной степени оподзоленности не отличаются одна от другой по средней глубине залегания почвенно-грунтовых вод.

Сопоставляя между собой кол. 10, 11 и 12, мы видим, что под кол. 10 средний уровень почвенно-грунтовых вод лежал все же несколько менее глубоко. В отдельные периоды, например осенью 1937 г., разница между этими колодцами могла значительно возрасти. Так, в течение второй половины ноября по данным табл. 3 средний уровень составляет: кол. 10—58 см; кол. 11—98 см; кол. 12—175 см.

В декабре того же года имеем следующие средние месячные: кол. 10—86 см; кол. 11—111 см; кол. 12—155 см.

Причиной такой большой разницы является, вероятно, подпор со стороны вод торфяника, приводящий к неравномерному подъему уровня почвенно-грунтовых вод, что хорошо видно на фиг. 13. Более высокое их стояние под кол. 10 вызывало большую влажность почвенных горизонтов, со всеми вытекающими отсюда последствиями, и усиленное оподзоливание.

Далее, говоря о разнице в условиях образования различных подзолистых почв, следует указать еще на одно обстоятельство, которое было выяснено еще академиком Вильямсом (1940, стр. 92—93). Вообще говоря, чем ниже расположена та или иная почва на склоне, тем бóльшим количеством воды она должна промываться. Это можно понять из следующего рассуждения. Если мы представим себе такой воображаемый случай, когда подстилающая порода вполне водонепроницаема и вместе

с тем расход влаги на десукцию и испарение отсутствует, то вся гравитационная влага, проникшая в почву, должна рано или поздно стечь боковым током, причем нижние части склона должны дольше находиться в состоянии насыщения водой и промываться бо́льшими ее количествами, чем верхние. Имеющие место в действительности грунтовый сток и особенно расход на десукцию и испарение очень сильно нивелируют в отношении бокового стока отдельные участки склона, так как общее количество воды, стекавшей этим путем, сильно уменьшилось. Но все же известная разница в этом отношении между отдельными участками склона должна сохраниться. Уловить ее нашими обычными методами очень трудно, может быть, это можно сделать на длинных, очень однородных склонах по соответствующим средним многолетним величинам. Тем не менее, повторяем, разница должна существовать, и ею, по нашему мнению, и следует объяснить усиление оподзоливания вниз по склону.

Ко всему сказанному можно добавить, что всякое изменение угла склона должно неизбежно отражаться на характере почвообразования. При уменьшении этого угла скорость бокового потока естественно уменьшается и влажность почвы возрастает. Это должно вызвать усиление подзолообразования в смысле большей его интенсивности. При еще большем приближении угла наклона к нулю появятся элементы заболачивания, что при достаточной ширине соответствующего участка склона может привести к развитию уже болота того или иного типа. Иллюстрацию этого можно найти в сопоставлении почвенного покрова и поведения почвенно-грунтовых вод на участках склона выше кол. 10, с одной стороны, и между кол. 10 и кол. 8 — с другой.

Наоборот, увеличение углов склонов должно вести к увеличению скорости бокового потока, что, в свою очередь, вызовет понижение влажности почвы и уменьшение интенсивности оподзоливания.

Почвенная карта опытного участка Почвенной станции (стр. 76) хорошо иллюстрирует эти закономерности, на которые впервые указал академик Вильямс. При сближенных горизонталях, т. е. на участках со сравнительно крутыми склонами, мы находим преимущественно дерново-средне- и сильноподзолистые почвы. Как только горизонтали начинают раздвигаться, так сейчас же дерново-подзолистые почвы сменяются подзолами.

Указывая на влияние режима почвенно-грунтовых вод и влажности на оподзоливание и заболачивание почв, мы отнюдь не считаем, что эти причины являются единственными. Прежде всего нужно указать, что их влияние может быть прямым и косвенным. Прямое влияние заключается в непосредственном действии на почвенную массу большего или меньшего количества влаги, а также в обусловливаемой влажностью почвы степени ее аэрации.

Косвенное влияние всех явлений, связанных с влагой, осуществляется в первую очередь через растительность. А поскольку и оподзоливание, и оторфовывание, и оглеение прежде всего являются результатом жизнедеятельности растений, постольку косвенное влияние режима почвенно-грунтовых вод и режима влажности, осуществляющееся через растительный покров, является более сильным, нежели их прямое влияние. И только в явлениях передвижения веществ в почвенной толще непосредственное участие почвенно-грунтовых вод, вероятно, особенно велико.

* * *

В итоге рассмотрения всех материалов, изложенных в данной работе и относящихся к Центральному лесному заповеднику, естественно возникает вопрос — в какой мере общая картина поведения почвенно-грунтовых вод и установленные нами закономерности являются характерными для зоны подзолистых почв? Иными словами, на какую часть этой зоны могут быть распространены выводы, вытекающие из настоящей работы?

Для того чтобы точно и обоснованно ответить на этот вопрос, нужно располагать аналогичными материалами по целому ряду точек интересующей нас зоны. Между тем таких данных в литературе весьма мало. Они ограничиваются наблюдениями Отоцкого, Высоцкого, Родникова, Ансберг и Малянова. Эти наблюдения по большей части носят отрывочный характер и страдают неполнотой. Тем не менее, сопоставляя с ними наши данные, мы можем утверждать, что та картина режима почвенно-грунтовых вод, которая вытекает из нашей работы, является характерной для большей части зоны подзолистых почв, в пределах распространения толщи четвертичных наносов. Наименее ясной остается для нас возможность экстраполяции наших выводов на южную часть зоны, где широкое распространение имеют более или менее тяжелые и мощные покровные суглинки.

11. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании четырехлетних наблюдений над режимом почвенно-грунтовых вод на трех профилях в Центральном лесном заповеднике, в условиях описанного геологического строения, для которого характерно наличие покровного легкого суглинка, подстилаемого тяжелыми структурными суглинками — мореной и ее дериватами, мы можем сделать следующие выводы.

1. Уровень почвенно-грунтовых вод в течение года находится относительно близко от дневной поверхности, опускаясь в нормальные по метеорологическим условиям годы даже на наиболее дренированных элементах рельефа (вершина холма), не глубже 2—3 м.

2. Уровень почвенно-грунтовых вод в течение года сильно колеблется. Его колебания находятся в тесной зависимости от метеорологических факторов, из коих выпадение жидких осадков и таяние снега вызывают повышение уровня, а высокие температуры, являясь причиной усиленного испарения из почвы и транспирации древесной растительностью, вызывают понижение уровня. Боковой сток и грунтовый сток оказывают, повидимому, второстепенное влияние на понижение уровня.

3. В начале весеннего снеготаяния почвенно-грунтовые воды на всех элементах рельефа поднимаются к дневной поверхности и удерживаются на этом уровне до конца снеготаяния или даже дольше — в случае достаточного количества весенних осадков.

4. После окончания снеготаяния уровень почвенно-грунтовых вод понижается, причем размеры, характер и число испытываемых им в дальнейшем, в течение вегетационного периода, колебаний всецело определяются метеорологическими условиями года.

5. Осенью, во время выпадения осенних осадков при пониженных температурах, обычно наблюдается значительное повышение уровня почвенно-грунтовых вод.

6. Зимой, во время длительных периодов с температурами ниже нуля, уровень почвенно-грунтовых вод опускается, вследствие расхода на сток.[1] Это падение может прерываться подъемами, вызываемыми оттепелями.

[1] А так же, быть может, вследствие подтягивания влаги в замерзающий верхний слой, на что обратил наше внимание С. И. Долгов.

7. Подъемы уровня грунтовых вод, вызываемые выпадением жидких осадков или таянием снега, могут иметь двоякий характер: или быть медленными, постепенными, начинающимися не сразу после выпадения осадков, или резкими, следующими немедленно за выпадением осадков.

8. Характер повышения определяется по преимуществу глубиной залегания уровня почвенно-грунтовых вод и соответственно положением верхней границы капиллярной каймы. При медленном повышении уровня оно происходит вследствие просачивания воды, а при быстром — вследствие немедленной гидростатической передачи давления.

9. В периоды таяния снега или обильного выпадения осадков на всех элементах рельефа, вследствие многослойности наносов, создаются два или больше самостоятельных горизонтов почвенно-грунтовых вод — один верхний в толще покровного суглинка, остальные — в толще подстилающих тяжелых суглинков (морены и ее дериватов). В сухие периоды на повышенных элементах рельефа верхний горизонт исчезает. Верхний горизонт может появляться, повидимому, в любое время года.

10. Каждый из этих горизонтов почвенно-грунтовых вод представляет собой гидростатически связанную систему, но между собой они гидростатически не связаны, за исключением, быть может, участка подошвы склона.

11. Между этими горизонтами создаются промежуточные воздухоносные горизонты, в которых в периоды особенно обильного поступления воды (весеннее снеготаяние, летние ливни) воздух находится под давлением выше атмосферного.

12. Колодцы, опущенные в нижний горизонт и изолированные от вод верхнего горизонта, в периоды обильного поступления воды в почву (весеннее снеготаяние) показывают фиктивный уровень, превышающий истинный уровень и резко реагирующий на колебания атмосферного давления. Последнее явление зависит от скопления сжатого воздуха между двумя водоносными горизонтами.

13. Просачивание воды из верхнего горизонта в нижний через промежуточный горизонт происходить может, но гидростатической связи при этом не создается.

14. В пределах торфяника также имеются два самостоятельных горизонта почвенно-грунтовых вод: один в торфе, другой в подстилающей породе. Нижний горизонт в соответствующие периоды года может быть напорным. В сухие летние периоды вода из толщи торфа может исчезать.

15. Сток почвенно-грунтовых вод при высоком стоянии их уровня идет с повышенных элементов рельефа в сторону торфяника. При низком стоянии уровня почвенно-грунтовых вод наблюдается их сток в обратном направлении, т. е. от торфяника, где они в этот период стоят выше, в сторону нижних частей склона к торфянику, где они стоят ниже.

16. Характер почвообразования находится в очень тесной связи с глубиной залегания уровня почвенно-грунтовых вод для почв болотного и подзолисто-болотного ряда. Для почв подзолистого ряда (до подзола включительно) связь между характером почвообразования и глубиной уровня почвенно-грунтовых вод имеется, но менее тесная.

17. Для торфяно-глеевых почв характерна годовая средняя глубина уровня почвенно-грунтовых вод около 20 см, при наличии длительных периодов стояния на этой глубине и незначительного снижения в самое теплое и сухое время года.

18. Для торфяно-глеевого подзола характерна средняя годовая глубина уровня почвенно-грунтовых вод около 30—35 см, также при довольно длительных периодах стояния уровня на глубине около 20 см, и при мало рельефной кривой колебаний уровня.

19. Торфянистый подзол характеризуется средней годовой глубиной уровня почвенно-грунтовых вод около 60—65 см, при несколько более рельефной кривой колебаний уровня, но все же еще при наличии довольно продолжительных периодов с глубиной в 20—30 см.

20. Дерново-средне- и сильноподзолистые почвы и подзол характеризуются средними годовыми глубинами уровня почвенно-грунтовых вод, превышающими, повидимому (данных недостаточно), 1 м.

21. Судя по перемещению кривых депрессии в период весеннего понижения уровня почвенно-грунтовых вод, участие бокового стока в этом перемещении невелико и уступает по своему значению испарению и десукции в сочетании с грунтовым стоком.

22. Общая картина режима почвенно-грунтовых вод и закономерности этого режима, установленные в настоящей работе, могут быть, повидимому, распространены на бо́льшую часть зоны подзолистых почв.

ЛИТЕРАТУРА

Ансберг Е. А. Материалы к изучению режима верхнего горизонта грунтовых вод Молого-Шекснинского междуречья. Тр. Почв. инст. АН СССР, т. XVI. М., 1937.

Васильев И. С. Водный режим главнейших почвенных разностей Молого-Шекснинского междуречья. Тр. Почв. инст. АН СССР, т. XVI, М.—Л., 1937.

Вильямс В. Р. Почвоведение. 1940.

Высоцкий Г. Н. Первые водомерные исследования на Жорновском участке Белорусской лесной опытной станции. Зап. Белор. гос. инст. сельск. и лесн. хоз., в. 6. Минск, 1925.

Высоцкий Г. Н. Очерки о почвах и режиме грунтовых вод. Бюлл. почвоведа, № 1—2. М. 1927.

Каменский Г., Биндеман Н., Вознорovская М., Альтовский М. Режим подземных вод. ОНТИ, М.—Л., 1938.

Качинский Н. А. Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевых участках. М., 1927.

Климат СССР, ч. 1, в. 1. Гл. Геофизическая обсерватория. Л., 1926.

Небольсин С. Средние количества атмосферных осадков в России по наблюдениям 1888—1912. Пгр., 1916.

Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. Изд. АН СССР, М., 1936.

Отоцкий П. Режим грунтовых вод. Почвоведение, т. XVII, Л., 1915; т. XVIII. Л., 1916.

Родэ А. А. Подзолообразовательный процесс. Изд. АН СССР, М., 1937.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

1950. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА им. В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXXII

И. С. ВАСИЛЬЕВ

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

1. ВВЕДЕНИЕ

Наблюдения за водным режимом подзолистых почв, результаты которых излагаются в настоящей статье, велись на Почвенной станции, организованной совместно Почвенным институтом Академии Наук СССР и Центральным лесным государственным заповедником на территории последнего. Наблюдения производились на специальных опытных площадках, заложенных в лесу и в поле, на территории Центрального заповедника (Ц. Л. Г. З.) (Нелидовский район Великолуцкой области).

Территория Заповедника занимает площадь около 350 кв. км. Заповедник расположен на водоразделе между бассейнами рек Волги и Зап. Двины. Опытный участок Почвенной станции имеет площадь около 3 кв. км и расположен на южной окраине Заповедника, недалеко от с. Федоровского, в кварталах 136, 137 и 138.

В географическом отношении территория Заповедника изучалась в 1938 г. проф. И. П. Герасимовым и в 1940 г. Н. Н. Соколовым.

Площадь Заповедника располагается в западной части средней зоны ледниковых равнин и плато Европейской территории СССР. Она представляет собою древнее структурное плато, сложенное палеозойскими отложениями, прикрытыми толщей ледниковых отложений. В орографическом отношении это слабоволнистая, возвышенная равнина с аболютными отметками 200—250 м.

Толща четвертичных отложений весьма изменчива по своей мощности и составу. Н. Н. Соколов (1949) считает, что надморенная толща почвенного участка состоит из двух горизонтов, различных по возрасту. Верхний горизонт, включая сюда и покровный суглинок, относится ко времени последнего оледенения, а толща под ним — к межледниковому времени; верхняя морена данной местности, залегающая под межледниковой толщей, относится к предпоследнему, а не последнему оледенению, как это обычно считают.

Поверхностные надморенные отложения очень разнообразны: светло-бурые пылеватые покровные суглинки, пески, супеси, слоистые песчано-глинистые отложения с прослоями погребенных почв, торфяники и др. По данным Н. Н. Соколова, механический и минералогический состав некоторых основных видов четвертичных отложений рисуется в следующем виде.

М о р е н а у д. Верховье: плистых частиц (< 0.001 мм) не более 8%, физической глины (< 0.01 мм) 48% в тяжелом валунном суглинке и 30% в среднем валунном суглинке. Все другие фракции встречаются в различных количествах.

Б е з в а л у н н ы е г л и н ы: частиц < 0.001 мм около 20—37%, частиц < 0.01 мм более 80%, а песка — 5—20%.

П о к р о в н ы е с у г л и н к и: преобладает фракция крупной пыли (0.05—0.01) 63%; затем около 25% мелкого и тонкого песка (0.25—0.05 мм); 3—7% частиц < 0.001 мм; крупного песка мало.

Анализированные покровные породы, по мнению Соколова, можно отнести к лёссовидным суглинкам, которые от лёсса (например, полтавского) отличаются своей большей грубостью: в лёссах частиц < 0.01 мм содержится 50% и больше, примесь же песка (мелкого и тонкого) падает до 5%.

По минералогическому составу валунные суглинки и прочие четвертичные отложения довольно близки друг к другу.

	Кварц	Полевые шпаты	Обыкнов. роговая обманка	Эпидот	Циркон	Гранат
1. Валунный суглинок:						
легкая фракция (%) . .	72—76	18—23	—	—	—	—
тяжелая » (%) . .	—	—	19—27	6—20	9—16	4—9
2. Покровные супесь и суглинок:						
легкая фракция (%) . .	72—76	23—27	—	—	—	—
тяжелая » (%) . .	—	—	27—36	6—10	10—13	—

Опытный участок Почвенной станции лежит на водораздельной равнине с плоским холмисто-моренным рельефом, образованным плоскими заболоченными впадинами и различной высоты и выраженности грядами и холмами.

Геологическое строение участка охарактеризовано в работе А. А. Роде, помещенной в настоящем томе.

Из описания, произведенного А. А. Роде, видно, что на холме надморенные отложения довольно разнообразны и непостоянны в своем пространственном распространении. Но перекрывающий их с поверхности покровный легкий суглинок встречается всюду и здесь изменяется лишь его мощность, которая колеблется в пределах от 65 до 100 см.

Почвенный покров опытного участка станции очень пестр: здесь мы имеем всю гамму переходов почв подзолистого и подзолисто-болотного рядов, начиная от дерново-слабоподзолистой и кончая торфяно-глеевой. Благодаря однообразию почвообразующей породы (покровный суглинок) распределение почв связано здесь преимущественно с рельефом: более крутые и дренированные участки склонов заняты почвами дерново-слабо- и среднеподзолистыми, пологие склоны — дерново-сильноподзолистыми и подзолами, очень пологие склоны — торфянистыми подзолами и торфяно-глеевыми подзолами, понижения — торфяно-глеевыми почвами.

Всем этим почвам соответствует следующая растительность: дерновым слабо- и среднеподзолистым почвам — сложные ельники с широколиственным подлеском из клена, лещины, липы и др.; дерново-сильноподзолистым почвам — тоже сложные ельники, но с подлеском из одной только липы; подзолам — ельники-черничники с подлеском из рябины; торфянистым подзолам — сфагново-черничные ельники почти без подлеска, с единичной рябиной; торфяно-глеевым подзолам — угнетенные сфагновые ельники с редкой черникой, с преобладанием брусники и вересковых; наконец, торфяно-глеевым почвам — «согры» — сфагновые

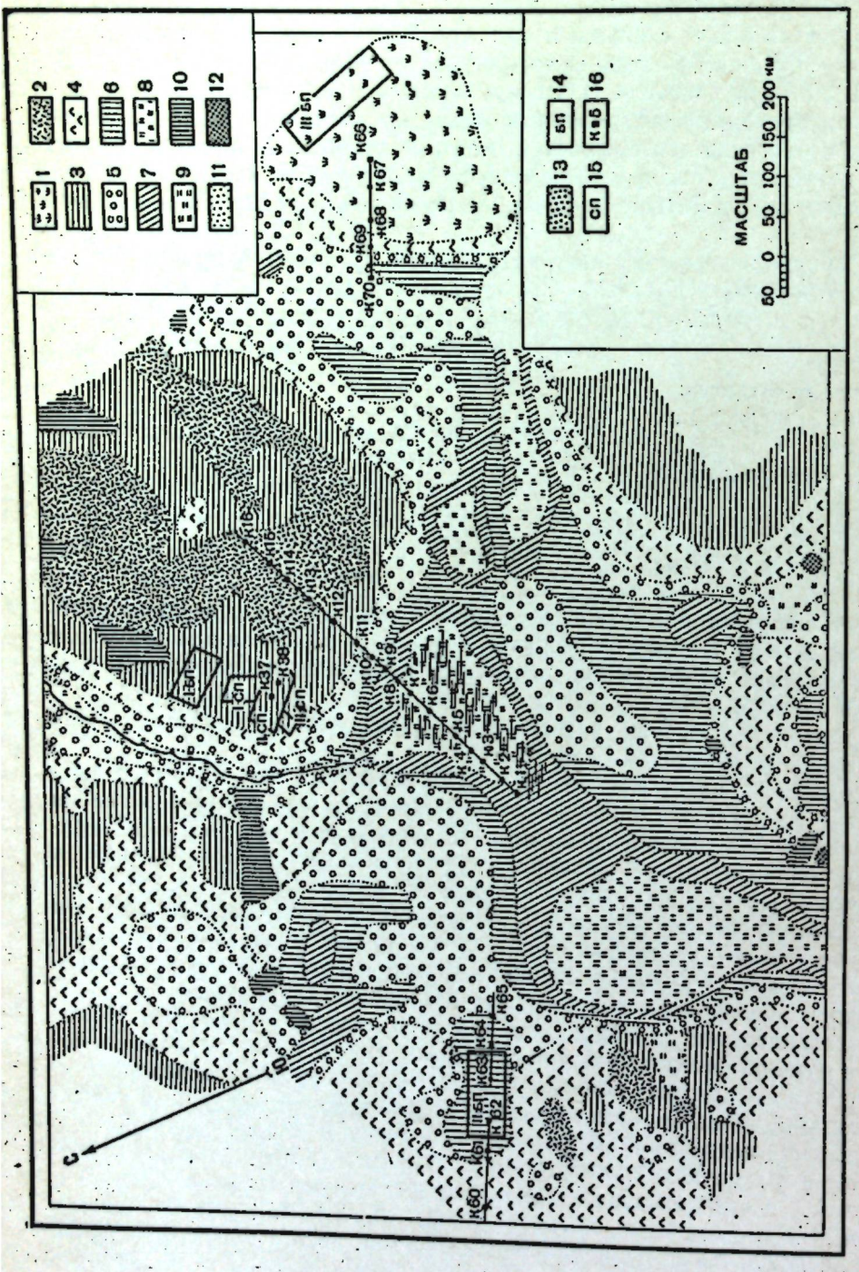


Схема почвенного покрова участка Почвенной станции. 1936 г.

На легком суглинке: *1* — дерново-среднеподзолистые (пашня); *2* — дерново-слабоподзолистые (палевые); *3* — дерново среднеподзолистые; *4* — дерново-сильноподзолистые; *5* — подзолы; *6* — торфянистые подзолы; *7* — торфяно-подзолистоглеевые; *8* — торфяно-глеевые; *9* — глееватоподзолистые; *10* — темноцветно-подзолисто-глеевые; *11* — темноцветноглеевые. На покровных супесях: *12* — дерново-слабоподзолистые; *13* — подзолы, *14* — балансовая площадка; *15* — стоковая площадка; *16* — колодцы.

Таблица 1

Механический состав подзолистых почв

(из работы В. А. Чернова)

№ разреза	Почва	Горизонт	Глубина (см)	Фракции (мм)					
				1—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	< 0.001
1	Дерново-палево-подзолистая	A_1	13—23	0.76	16.83	58.96	7.11	10.30	6.04
		A_2	23—37	0.83	15.59	67.00	5.99	4.08	6.51
		B	37—67	0.45	21.59	60.93	3.09	1.24	12.70
		C	67—93	2.57	32.51	50.95	2.51	2.68	8.78
5	Дерново-среднеподзолистая	A_1	5—15	1.32	16.13	57.28	9.52	4.15	11.60
		A_2	20—30	0.90	17.64	64.25	7.12	4.00	6.09
		B	50—60	0.95	15.29	63.31	2.67	3.43	14.35
		C	80—90	4.30	31.28	51.38	3.09	1.93	8.02
2	Дерново-сильноподзолистая	A_1	4—13	0.94	16.07	50.40	7.06	8.95	16.58
		A_2	13—40	0.73	14.70	62.64	5.46	8.79	7.68
		B	40—62	0.74	20.11	57.32	1.80	4.43	15.60
		C	62—98	0.51	22.57	62.53	2.02	2.94	9.43
3	Подзол	A_2	6—19	0.37	28.12	56.51	3.06	6.17	5.77
		B_1	19—37	0.68	24.67	57.42	3.32	6.40	7.52
		B_2	37—88	0.52	20.65	62.82	2.82	4.42	8.77
		C	88—98	2.98	37.08	44.46	2.34	4.10	9.04
4	Торфянисто-глеевый подзол	A_2	13—19	0.37	23.35	55.25	5.75	5.97	9.31
		B	19—57	0.80	28.13	43.73	7.05	4.54	15.75
		C	57—106	0.27	29.02	56.38	2.44	2.09	9.80
7	Подзол	A_2	5—12	0.43	19.37	60.28	5.69	6.71	7.52
		B_1	12—22	0.75	21.72	58.03	4.87	4.41	10.22
		B_2	22—38	0.29	20.78	55.36	4.56	4.68	14.41
		BC_1	38—71	14.50	48.72	25.15	1.70	1.94	7.99
		C_2	71—115	15.90	21.89	52.38	0.56	1.35	7.92

ельники с примесью березы и сосны, сильно угнетенные и замшелые, с кустарничками из семейства вересковых и пушицей в напочвенном покрове.

О механическом составе почв опытного участка можно судить по данным табл. 1*, а о некоторых химических свойствах их по данным табл. 2. Из табл. 1 видно, что почвообразующей породой здесь является грубопылеватый, лёссовидный легкий суглинок: количество илистых частиц (< 0.001 мм) в гор. С колеблется в пределах 8—9%, тонкой пыли (0.01—0.001) 4—6%, грубой пыли (0.05—0.01) 45—60%; мелкого песка (0.25—0.05) 20—40%, среднего песка немного. Ясно прослеживается вынос тонких илистых частиц (< 0.001) из верхних горизонтов и обогащение ими иллювиального гор. В; исключение составляет лишь разрез № 3 подзола, у которого наблюдается слабое, но неуклонное возрастание илистых частиц по профилю сверху вниз.

* Данные заимствованы из работы В. А. Чернова (1947), так как наши данные утеряны во время войны.

Таблица 2

Некоторые данные по химической характеристике почв опытного участка

(Анализы М. М. Абрамовой)

№ разреза	Почва	Горизонт	Глубина (см)	pH	Гигроскоп. вода	Потеря от прокаливания	Зольность	Гумус	Поглощенные катионы (м-экв.): Ca	Mg	H*	% ненасыщенности
1	Дерново-палево-подзолистая. Вершина плоского округлого холма. Сложный ельник	A_0	0—2	4.28	9.77	84.96	15.04	71.66	30.0	14.1	12.0	21
		A_1A_2	2—6	3.05	2.43	—	—	8.20	3.6	1.5	9.2	64
		A_2	6—15	4.58	1.60	—	—	2.59	0.6	0.3	6.1	87
		A_2	15—32	4.92	1.11	—	—	0.96	0.3	0.1	1.3	79
		A_2B	32—48	5.01	1.36	—	—	0.22	1.0	0.3	—	—
		BC_1	48—62	5.06	1.27	—	—	0.16	1.77	0.4	—	—
		C_2	70—80	4.92	1.55	—	—	—	3.0	0.6	—	—
		C_3	180—190	8.08	1.25	—	CO_2=	1.79%	8.4	4.0	—	—
227	Дерново-среднеподзолистая. Довольно крутой сев.-вост. склон. Сложный ельник	A_0	0—3	5.41	9.98	73.45	26.55	57.71	35.8	13.7	18.0	26
		$A_1(A_0)$	3—8	4.39	4.59	—	—	17.32	4.2	1.4	24.3	81
		A_1	10—18	5.03	1.79	—	—	4.27	1.0	0.2	10.3	89
		A_2	18—31	5.54	1.11	—	—	0.86	0.5	0.2	2.3	76
		A_2B	38—48	5.18	1.48	—	—	0.37	1.4	0.4	—	—
		B	48—58	5.18	1.33	—	—	0.18	1.7	0.4	—	—
		B	58—72	5.41	0.95	—	—	0.11	2.0	0.6	—	—
		C_1	72—84	5.58	0.89	—	—	0.08	2.6	0.7	—	—
			84—102	5.74	0.82	—	—	0.08	2.5	0.4	—	—
16	Дерново-сильноподзолистая. Более пологий сев.-вост. склон. Ельник-кисличник	A_0	0—2	5.10	10.99	80.97	19.03	65.26	54.5	10.3	3.4	5
		$A_1'(A_0)$	2—6	4.56	7.66	—	—	38.03	29.2	4.7	8.3	19
		A_1	6—13	4.74	1.74	—	—	3.97	2.5	0.5	4.1	58
		A_2	13—25	5.24	1.09	—	—	1.06	0.8	0.2	1.3	56
		B	25—42	5.02	1.42	—	—	0.34	2.0	0.5	3.2	56
		C_1	42—60	5.26	1.19	—	—	0.16	2.2	0.6	—	—
		C_2	60—85	5.69	0.93	—	—	0.12	2.8	0.6	—	—
6	Подзол. Пологий сев.-вост. склон. Ельник-черничник	A_0	0—4	4.38	10.42	85.54	14.46	70.99	39.5	10.7	14.6	22
		A_1A_2	4—10	4.20	1.42	—	—	3.50	1.7	0.5	6.0	75
		A_2	10—16	4.40	1.07	—	—	1.83	0.5	0.1	5.0	89
		A_2B	16—31	4.74	1.25	—	—	1.22	0.4	0.2	3.0	84
		B	31—50	5.02	1.48	—	—	0.27	2.5	1.2	3.1	45
		C_1	50—84	6.06	0.99	—	—	0.15	3.7	1.3	0.4	7
			84—119	6.18	0.98	—	—	—	—	—	—	—
7	Торфяно-глеевый подзол. Очень пологий сев.-вост. склон. Сфагновый ельник-черничник с примесью березы	T_1	0—12	3.72	12.57	93.46	6.54	—	12.7	3.5	—	—
		T_2	12—20	3.72	13.02	89.88	10.12	—	12.7	3.2	—	—
		T_3	20—31	4.00	7.55	49.06	50.94	—	3.8	1.4	—	—
		A_2g	31—47	4.64	1.16	—	—	1.77	1.0	0.2	—	—
		A_2Bg	47—74	5.47	1.02	—	—	0.29	3.0	1.3	—	—
		Bg	74—93	5.62	1.02	—	—	0.14	3.8	1.5	—	—
		Cg	93—116	6.02	0.92	—	—	0.15	4.0	1.5	—	—

* По данным М. М. Абрамовой (1947), обменная кислотность в почвах Заповедника обусловлена не только поглощенным водородом, но и «активным» (поглощенным) алюминием. Лишь в подстилке значительно больше поглощенного водорода, чем «активного» алюминия, тогда как в гумусовом и особенно в подзолистом горизонтах почти вся обменная кислотность связана с «активным» алюминием.

В табл. 2 приводятся некоторые данные, характеризующие химический состав почв.* Если исключить дерново-палево-подзолистую почву, которая занимает особое место в ряду подзолистых почв, то прослеживается некоторая связь между степенью подзолистости и некоторыми данными химического состава; так, например, активная кислотность растет от почв менее подзолистых к почвам более подзолистым. Этого нельзя сказать в отношении степени ненасыщенности почв основаниями: дерново-сильноподзолистая почва более насыщена основаниями, чем дерново-среднеподзолистая. Не наблюдается также коррелятивной связи между обменной и активной кислотностью. К особенностям исследованных подзолистых почв опытного участка необходимо отнести высокое содержание гумуса в гор. A_1 (8—17 и более %), что, по мнению А. А. Роде, объясняется энергичным перемешиванием нижних слоев подстилки с гумусовым горизонтом, производимым мелкими животными, населяющими поверхностные слои почвы (черви, насекомые и пр.). Необычно высокое содержание гумуса в подзолистом гор. A_2 (1—2.5%), на вид совершенно белесом, связано, вероятно, с присутствием растворимых органических веществ, поступающих с просачивающимися водами из подстилки и гумусового горизонта, причем в таких формах, которые не накладывают цветового отпечатка на гор. A_2.

О характере подстилок на лесном опытном участке можно судить по данным табл. 3.

Таблица 3

Некоторые данные по химической характеристике лесных подстилок. Сложный ельник. Почва дерново-среднеподзолистая

(Анализы М. М. Абрамовой)

	pH	Органич. вещество (%)	Обменный Ca (м-экв.)	Обменный H (м-экв.)	Степень насыщенности (условно по Ca) (%)
Хвойная подстилка (ель) . .	5.07	68.55	39.4	7.5	85
Гориз. A_1	4.97	22.17	16.6	13.1	55
Лиственная подстилка (осина + единично клен)	5.42	71.86	67.6	6.2	92
Гориз. A_1	5.15	10.59	8.6	5.4	61

Хвойные и лиственные подстилки различны не только по химическому составу, но и по физическим свойствам: хвойные подстилки значительно более рыхлы и водопроницаемы, чем лиственные. Так, например, в сфагново-черничном ельнике объемный вес подстилки, представляющей собою слаборазложившийся торф, образованный отмершим мхом и еловым опадом, равен 0.04, а в сложном ельнике объемный вес подстилки из лиственного и хвойного опада достигает величины 0.09.

Опытный участок Почвенной станции в Заповеднике находится в зоне преимущественного распространения дерново-подзолистых почв, вблизи северной ее границы (Н. П. Ремезов, 1948, карта). По имеющимся аналитическим материалам, почвы этого участка следует отнести к дерново-

* Данные любезно предоставлены нам М. М. Абрамовой.

подзолистым, с заметным преобладанием подзолистого процесса над дерновым.

Согласно новейшим данным (И. В. Тюрин, 1935; Е. Н. Иванова, 1945 и 1947), для типично-подзолистых почв характерны следующие признаки: гумус кислый; активная кислотность в гумусовом горизонте (A_1) выше, чем в подзолистом (A_2). Биологическое накопление поглощенных оснований и других зольных элементов происходит лишь в подстилке, в гумусовом же горизонте оно отсутствует. Сумма поглощенных оснований в гор. A_1 меньше, чем в породе, и очень близка к их количеству в подзолистом гор. A_2. Максимальная ненасыщенность основаниями наблюдается в гумусовом горизонте, откуда с глубиной она убывает. В почвах же дерново-подзолистых имеет место накопление поглощенных оснований в верхнем гумусовом горизонте; гумус менее кислый; активная кислотность в гумусовом горизонте меньше, чем в подзолистом; ненасыщенность основаниями увеличивается сверху вниз. Вполне развитый и структурный гумусовый горизонт обязательно присутствует.

Если на основе этих признаков проанализировать данные табл. 2, то нетрудно убедиться в том, что почвы опытного участка действительно имеют в основном черты подзолистых почв с ясно выраженными признаками дернового процесса. В самом деле, значительное накопление поглощенных Ca и Mg наблюдается лишь в подстилке; во всех почвах гумус кислый; активная кислотность в гумусовом горизонте выше, чем в подзолистом A_2; ненасыщенность основаниями уменьшается сверху вниз. Это признаки типично-подзолистых почв. Вместе с тем сумма поглощенных Ca и Mg в гумусовом горизонте заметно больше, чем в подзолистом A_2 и даже чем в иллювиальном B; сам же гумусовый горизонт часто вполне отчетливо выражен; иногда он ясно структурный и достигает значительной мощности (до 10 см), что характерно уже для дерново-подзолистых почв.

Наличие развитого гумусового горизонта не является, повидимому, характерным признаком для дерново-подзолистых почв, ибо по этому вопросу до сих пор имеются еще крупные разногласия. Так, Н. П. Ремезов (1948) считает, что развитый гумусовый горизонт встречается лишь у дерново-подзолистых почв, а в почвах подзолистых он отсутствует. Е. Н. Иванова (1945, 1947) держится другой точки зрения: она не исключает возможности образования гумусового горизонта и в типично-подзолистых почвах, но при этом подчеркивает, что в этом горизонте не происходит накопления поглощенных оснований и других минеральных элементов, в силу чего гумус в нем кислый и легкоподвижный.

Необходимо отметить, что образование гумусового горизонта такой значительной мощности, которая наблюдается в некоторых почвах опытного участка, обязано не только дерновому процессу, протекающему под влиянием корневой системы травяной растительности, густо пронизывающей верхний 15 см слой почвы, но в значительной степени и водному режиму.

Как будет видно из дальнейшего изложения, почвы опытного участка в Заповеднике нередко бывают в состоянии весьма избыточного увлажнения, которое обусловливает скорость и направление процесса разложения органических остатков и приводит в конечном счете к постепенному накоплению гумуса в поверхностных слоях почвы.

Говоря о различных свойствах подзолистых почв лесного опытного участка, необходимо иметь в виду, что в словом лесу под влиянием различных причин, главным образом микрорельефа и растительности, создаются условия для образования почв с различной степенью оподзоленности даже на очень небольших расстояниях (несколько метров), а поэтому под наименованием, скажем, дерново-среднеподзолистой почвы надо разуметь почвенный комплекс, в котором дерново-среднеподзолистым почвам принадлежит лишь доминирующее значение. Эта комплексность отсутствует на сильно заболоченных площадях с покровом из торфяно-глеевых почв.

На нашем опытном участке пестрота почвенного покрова изучалась М. М. Абрамовой, которая выяснила, что основной причиной этого явления служат микрорельеф и характер подстилки. В микропонижениях и под хвойной подстилкой почвы более сильно оподзолены, чем на микроповышениях и под лиственной подстилкой. Эта комплексность почвенного покрова была учтена и при изучении водного режима почв.

Описание опытных площадок

Первая водно-балансовая площадка была заложена в 1937 г. на северо-западном склоне холма, с уклоном 0.020—0.030. Микрорельеф хорошо выражен и обусловлен главным образом прикорневыми возвышениями около стволов деревьев, а также западинками и холмиками на месте вывороченных елей. Растительность — сложный ельник (*Piceetum compositum*) с примесью осины и частично березы. Состав: 0.7 ель, 0.3 осина, единично береза; полнота 0.8; бонитет I; возраст 90—100 лет; средний диаметр 36 см. Во втором ярусе — клен, ильм, липа.* В подлеске — лещина, крушина, жимолость, изредка рябина. В травяном покрове — медуница, ясменник, голубая перелеска, кислица и др. Моховой покров образован лиственными зелеными мхами.

Более полное представление о растительном и моховом покрове можно составить из следующего описания.

Моховой покров, степень покрытия 0.3—0.4

Hylocomium proliferum . . .	sp_2
Pleurozium schroeberi	sp_2
Rhytidiadelphus triquetrum . .	sp_1
Brochyteecum	sp_1

Травяной покров, степень покрытия 0.5—0.6, местами 0.9

Oxalis acetosella	cop_3
Majanthemum bifolium . . .	sp_1
Stellaria nemorum	sp_3
Anemone nemorosa	sp_3
Equisetum pr.	sp_2
Trientalis europ.	sp_3
Dryopteris phaegopteris . . .	sp_1
Dryopteris Linneana	sp_1
Athyrium filix femina	sp_1
Galeobdolon luteum	sp_1
Rubus saxat.	sp_1
Viola myr.	sol
Aconitum excl.	un
Vaccinium myrtillus	sol
Asperulla odorat.	sol
Mercurialis perenis	sp_1
Ranuncullus repens	sp_1
Hepatica triloba	sp_1

* В условиях Заповедника эти породы обычно создают подлесок и только некоторые их экземпляры выходят во второй ярус.

Почва — дерново-среднеподзолистая, легкосуглинистая, подстилаемая средним и тяжелым суглинками с линзами и прослоями гравельного песка.

Почва опытной площадки охарактеризована как дерново-среднеподзолистая по признаку преобладания этого вида почв. В действительности же здесь мы имеем комплекс из дерновых среднеподзолистой, слабоподзолистой и сильноподзолистой почв.

Приведем описание «среднего» профиля этой почвы.

A_0	0—4 см.	Подстилка довольно рыхлая, из хвои, листьев, тонких веточек и травянистых растений. Мощность ее колеблется от 2 до 7 см.
A'_1	4—9 см.	Легкосуглинистый, темносерый, местами почти черный, рыхлый, рассыпчатый, мелкокомковатой структуры, весь пронизан корнями травянистых растений; постепенно переходит в нижележащий; нередко отсутствует.
A''_1	9—16 см	Суглинистый, серый, значительно светлее предыдущего, крупчатой структуры, густо пронизан корнями; изредка белесые пятна по ходу корней; довольно рыхлый, но значительно плотнее предыдущего.
A_2	16—25 см.	Суглинистый, белесый, иногда с гумусовыми примазками, заметно уплотнен; структура пластинчатая.
A_2B	25—35 см.	Суглинистый, пестрой окраски, белесые пятна и полосы чередуются с желто-бурыми, иногда белесые узкие языки довольно глубоко заходят в гор. В. Мощность 5—15 см, в среднем 10 см.
B	35—65 см.	Суглинистый, желтовато-бурый, заметно плотнее предыдущего, книзу уплотнение слабеет.
C_1	65—90 см.	Легкосуглинистый, книзу несколько опесчанен, менее плотный, чем предыдущий, неясно тонкослоистый.
C_2	90—100 см.	Такой же, как и предыдущий, но с примесью и прослоями более грубого песка.
C_3	100—112 см.	Суглинок сильнопесчанистый с галькой и валунчиками, красно-бурый.
	112—153 см.	Тяжелый, грубопесчанистый суглинок, с гальками и валунчиками; красно-бурый, иногда оливково-бурый. На глубине 115—125 см изредка попадаются линзы глинистого песка.

В 70—80 м от нижней границы площадки протекает небольшой ручей, летом пересыхающий.

Вторая водно-балансовая площадка заложена в 1938 г. на очень пологом юго-восточном склоне довольно плоской гряды, вытянутой в направлении ССВ. Уклон площадки 0.005—0.007. Растительность — сфагново-черничный ельник (*Piceetum sphagnoso-myrtillosum*) с редкой примесью осины и березы; состав: 1.0 ель, ед. осина и береза; полнота 0.8; бонитет I + II; возраст 80 лет; средний диаметр 25 см. В подлеске — редкая рябина. В травяном покрове — преимущественно черника. В моховом покрове — сфагновые мхи, сменяемые на приствольных повышениях зелеными лиственными мхами.

Микрорельеф в общих чертах тот же, что и на площадке № 1, т. е. волнисто-западинный, но выражен слабее, что обусловлено заторфовыванием понижений.

Почва — торфянистый подзол, легкосуглинистый, со слабым поверхностным оглеением. Строение почвенного профиля характеризуется следующими чертами.

TA'_0	0—5 см.	Торф сфагновый, неразложившийся.
TA''_0	5—8 см.	Торф черно-бурый, хорошо разложившийся, пронизан корнями растений, при высыхании делается трещиновато-комковатым.
$A_2(g)$	8—25 см.	Суглинистый, белесый, с явными следами поверхностного оглеения, пластинчатой структуры, вверху с примазками органического вещества.
A_2	25—35 см.	Тот же горизонт, но без ясных следов оглеения.
A_2B	35—45 см.	Суглинистый, окраска пестрая вследствие чередования белесых и желто-бурых полос и пятен; местами белесые узкие языки проникают глубоко в нижележащие слои.
B	45—65 см.	Суглинистый, бурый, плотнее предыдущего.
C_1	65—85(100) см.	Легкосуглинистый, бурый с красноватым оттенком.
C_2	85—150 см.	Тяжелосуглинистый, опесчаненный, плотный, вязкий. На глубине 95—130 см нередки линзы гравельного песка. Галька и валунчики здесь встречаются реже, чем на площадке № 1.

Такова морфология почв, занимающих заторфованные понижения между стволами елей. На приствольных повышениях заторфовывание выражено значительно слабее, причем в образовании торфа главное участие принимают не сфагновые, а зеленые лиственные мхи.

Для того чтобы иметь возможность сравнения данных по водному режиму подзолистых почв под лесом и вне леса, наблюдения над водным режимом почв в 1939 г. были начаты также и в поле, на опытном пахотном участке, на котором В. Д. Кисляков производил опыты с окультуриванием целинных земель. Этот участок расположен в 50—100 м от лесного массива Заповедника, на пологом юго-западном склоне (уклон 0.020—0.030). Микрорельеф участка характеризуется заметными неровностями, обусловленными небольшими повышениями и западинками, что приводит к такой же значительной пестроте почвенного покрова, как это было отмечено выше и для площадки № 1. В общем «почву участка можно охарактеризовать как дерново-среднеподзолистую, легкосуглинистую, с хорошо гумусированным пахотным слоем средней мощности» (В. Д. Кисляков и И. С. Васильев, 1946).

Приведем описание почвенного разреза.

A_1	0—15(22) см.	Пахотный слой, темносерый, суглинистый, с небольшими белесыми пятнами.
A_2	15(22)—40 см.	Суглинистый, подзолистый, довольно слабо уплотненный, постепенно переходящий в нижележащий.
$B(A_2B)$	40—60 см.	Суглинистый, ржаво-бурого цвета с белесыми потёками и пятнами, заметно уплотнен.
$C_1(BC_1)$	60—85 см.	Легкосуглинистый (супесчаный) ржаво-бурого цвета, переходящий внизу в красновато-бурый неплотный. Внизу изредка небольшие валуны и хрящ.
C_2	85—150 см.	Опесчаненная валунная глина, красно-бурого цвета; разных размеров валуны и хрящ; иногда попадаются линзы песку.

2. МЕТОДЫ РАБОТЫ

Выбору и организации водно-балансовых площадок предшествовала топографическая съемка в масштабе 1/2000, на основе которой была произведена почвенная съемка опытного участка на площади около 300 га. Как уже отмечалось выше, площадка № 1 на дерново-среднеподзолистой почве в сложном ельнике была заложена в 1937 г., площадка № 2 на торфянистом подзоле в сфагново-черничном ельнике в 1938 г., а площадка № 3 на дерново-среднеподзолистой почве на пашне в 1939 г.

На всех площадках производились наблюдения над влажностью почв, осадками, испарением из почвы, а на площадке № 1, кроме того, и над

Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы) и ее

Генетический горизонт	Слои (см)	1 июля					
		n	M	σ	m	v	P
A_0	0—4	20	198.8	32.8	7.34	16.5	3.7
A_1'	4—9	10	53.3	10.8	3.42	20.3	6.4
A_1''	9—16	10	34.3	5.14	1.63	15.0	4.8
A_2	16—25	10	25.7	2.22	0.70	8.6	2.7
A_2B	25—35	10	24.1	3.03	0.96	12.6	4.0
B	35—45	9	22.8	1.50	0.50	6.6	2.2
	45—55	5	21.8	1.27	0.57	5.8	2.6
BC_1	55—65	5	21.5	2.14	0.96	9.9	4.5
C_1	65—75	5	20.0	1.81	0.81	9.0	4.0
C_2	85—95	8	18.3	2.78	0.98	15.2	5.4
	100—110	8	17.8	2.20	0.78	12.4	4.4
	120—130	9	18.6	3.62	1.21	19.5	6.5
	140—150	8	18.9	4.53	1.60	24.0	8.5

Генетический горизонт	Слои (см)	16 июля					
		n	M	σ	m	v	P
A_0	0—4	20	84.6	27.9	6.25	33.0	7.4
A_1'	4—9	9	34.4	7.81	2.60	22.7	7.5
A_1''	9—16	10	24.8	7.28	2.31	29.4	9.3
A_2	16—25	10	17.5	4.03	1.27	23.0	7.2
A_2B	25—35	10	17.0	3.36	1.06	19.8	6.2
B	35—45	10	18.8	2.08	0.66	11.1	3.5
	45—55	5	18.1	1.77	0.77	9.8	4.2
BC_1	55—65	5	18.5	2.11	0.94	11.4	5.1
C_1	65—75	5	18.8	1.78	0.80	9.5	4.2
C_2	85—95	10	17.4	3.10	0.98	17.8	5.6
	100—110	10	15.9	2.48	0.78	15.6	4.9
	120—130	9	17.1	2.59	0.86	15.1	5.0
	140—150	9	17.5	2.93	0.98	16.8	5.6

стоком (поверхностным и внутрипочвенным). Кроме того, были начаты наблюдения над величиной десукции древесной растительностью на площадке № 1. Были определены также некоторые физические и водно-физические свойства почв: удельный вес, объемный вес, скважность, капиллярная влагоемкость, максимальная гигроскопичность, влажность завядания, коэффициент фильтрации (лишь для площадки № 1), а для пашни еще и полевая (наименьшая) влагоемкость.

Наблюдения над влажностью почв производились на лесных площадках один раз в 5 дней в летний период и один раз в 10 дней зимой, в поле же один раз в декаду в течение всего года. Для определения влажности закладывалось 8 скважин вдоль склона примерно в 3—5 м друг от друга. Такое расположение скважин и их число обеспечивали, как показало специальное исследование (И. С. Васильев, 1950), получение величин

Таблица 4

математические характеристики. 1-я водно-балансовая площадка. Июль 1938 г.

6 июля						11 июля					
n	M	σ	m	v	P	n	M	σ	m	v	P
19	220.4	57.6	13.2	25.7	5.9	20	141.1	36.7	8.42	26.0	5.9
10	40.7	7.87	2.49	19.3	6.1	10	38.4	5.31	1.68	13.8	4.3
10	33.4	6.70	2.12	20.0	6.3	10	28.2	6.57	2.08	23.3	7.4
10	24.1	4.17	1.32	17.3	5.5	10	19.7	2.32	1.03	11.8	5.2
10	23.0	2.61	0.83	11.3	3.6	10	19.1	2.14	0.67	11.2	3.5
9	21.6	1.45	0.48	6.7	2.2	10	20.2	1.59	0.50	7.9	2.5
5	20.7	1.64	0.73	7.9	3.5	5	19.2	1.56	0.70	8.2	3.7
5	21.6	1.17	0.52	5.4	2.4	5	19.7	1.37	0.61	6.9	3.5
5	20.7	1.06	0.47	5.1	2.3	5	19.8	1.10	0.49	5.6	2.5
9	19.5	2.04	0.68	10.5	3.5	10	19.0	3.53	1.12	18.6	5.9
9	16.7	3.59	1.20	21.5	7.2	10	16.8	3.21	1.01	19.1	6.0
9	18.5	4.22	1.41	22.8	7.6	9	16.4	4.28	1.43	26.1	8.7
9	17.2	2.60	0.87	15.1	5.1	9	18.6	2.72	0.90	14.6	4.8

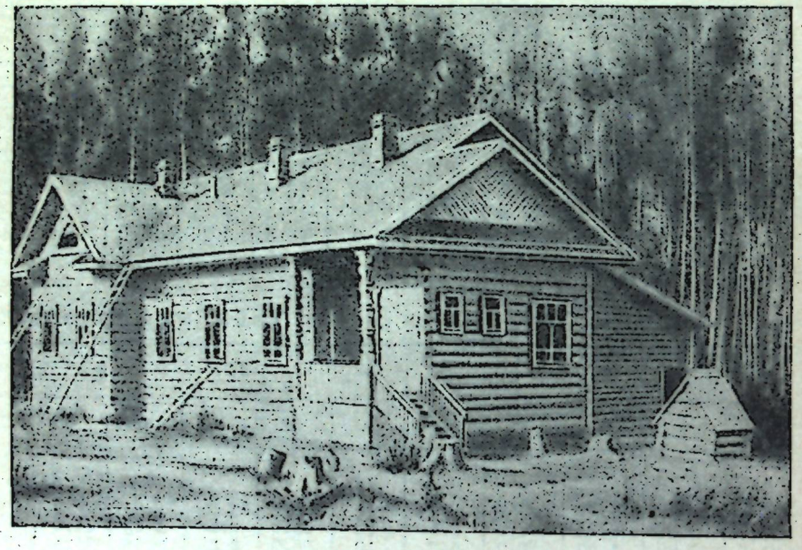
Таблица 4 (продолжение)

21 июля						26 июля					
n	M	σ	m	v	P	n	M	σ	m	v	P
20	177.3	45.9	10.3	25.9	5.8	19	156.3	45.8	10.5	29.4	6.8
10	38.7	3.82	1.21	9.9	3.1	10	33.9	8.28	2.62	24.4	7.7
9	34.8	5.89	1.97	16.9	5.7	10	25.9	6.35	2.01	24.5	7.8
10	22.3	2.16	0.68	9.7	3.0	10	19.5	2.52	0.79	12.9	4.0
10	21.7	1.37	0.43	6.3	2.0	10	18.0	3.61	1.14	20.8	6.3
10	20.4	1.29	0.41	6.3	1.9	10	19.5	2.11	0.67	10.8	3.4
5	18.2	1.33	0.60	7.3	3.3	5	17.9	1.41	0.63	7.9	3.5
5	16.5	2.82	1.26	17.1	7.6	5	18.0	1.31	0.58	7.3	3.2
5	18.6	1.52	0.68	8.2	3.7	5	17.9	2.13	0.95	11.9	5.3
10	17.7	2.86	0.90	16.2	5.1	10	17.3	3.24	1.02	18.7	5.9
9	19.0	3.72	1.24	19.6	6.5	10	17.7	3.59	1.13	20.2	7.3
9	18.3	4.82	1.61	26.2	8.8	8	18.5	4.65	1.65	25.1	8.9
7	18.1	4.12	1.55	22.7	8.6	9	19.6	3.55	1.18	18.1	6.0

влажности почв с определенной известной точностью. Повторность для различных слоев была установлена различная: для верхних (A_0 и A_1) 16-кратная, а глубже 8—4-кратная, что давало возможность определять влажность с погрешностью не более 10%. Взятие образцов было приурочено к генетическим горизонтам почвы, причем до глубины 35 см образцы брались из прикопок, а глубже, до 150 см,— почвенным буром системы Розанова. Образцы брали подряд, без пропусков, захватывая сразу слой почвы в 10 см мощности, при этом в 10 см образец почвы, взятый буром, иногда попадали одновременно два различных горизонта. Но учитывая необходимость определения в дальнейшем запаса влаги во всей почвенной толще, мы не считали возможным браковать такие образцы, тем более, что такое смешение неоднородных слоев в одном образце могло иметь место лишь на глубине 80—100 см и

изредка в более глубоких слоях, где, по данным геологического бурения, можно было встретить отложения различного литологического состава. Выбраковывались же образцы лишь явно неправильно взятые или испорченные во время их лабораторной обработки. Взятые образцы почв помещались в алюминиевые стаканчики с крышкой и переносились в лабораторию, где они немедленно взвешивались, а затем высушивались при температуре 100—105° до постоянного веса. Влажность вычислялась в процентах от веса сухой почвы.

Взвешивание образцов почв производилось с точностью до 0.1 г, а вычисления с точностью до 0.1%.



Фиг. 1. Почвенная станция в Центрально-лесном заповеднике. Здание лаборатории.

Величины влажности подвергались математической обработке методом вариационной статистики по формуле для малых выборок (А. А. Сапегин, 1935). Точность определения влажности почв на наших опытных площадках принята $P \leqslant 10\%$ (табл. 4).

Наблюдения над осадками и испарением производились ежедневно в утренние часы. Осадки измерялись при помощи обычных дождемеров, а испарение из почвы при помощи испарителей-лизиметров системы Попова. На площадке № 1 было установлено 5 пар испарителей и около них 5 дождемеров с таким расчетом, чтобы охватить по возможности основные сочетания условий в лесу: пара № 1 установлена в большом окне, пара № 2 — около ствола большой ели, под ее кроной, пара № 3 — под сплетением крон двух елей, пара № 4 — под кронами ели и клена и пара № 5 — в узком просвете между кронами двух елей. Кроме того, на большой поляне был установлен дополнительно еще один (шестой) дождемер, показания которого условно принимались за количество осадков, выпадающих над лесом.

Чтобы полнее уловить влияние пестроты условий сложного ельника на количество жидких осадков, достигающих поверхности почвы, был использован опыт М. И. Сахарова (1939), и летом 1939 г. на площадке № 1

было установлено 27 дождемерных воронок с приемной поверхностью 200 кв. см.

На площадке № 2 по тому же принципу было установлено 4 пары испарителей и 4 дождемера: пара № 1 установлена под сплошным шатром, образованным соприкасающимися кронами елей, пара № 2 — около ствола большой ели под ее густой кроной, пара № 3 — в щели между кронами елей и пара № 4 — в окне средней величины (его диаметр 5—6 м). И здесь, кроме того, на большой поляне был установлен еще один дождемер (пятый).



Фиг. 2. Площадка № 1. Сложный ельник. Испарители-лизиметры Попова и дождемер (в центре).

Дождемеры устанавливались во всех случаях около испарителей прямо на земле и защиты Нифера не имели — в лесных условиях в последней не было надобности. Испарители были заряжены монолитами почвы вместе с растущими на ней травянистыми растениями и мхами на весь период наблюдений. Испарители показывали, таким образом, суммарное испарение почвой и травянистой растительностью.

В поле на трех опытных делянках было установлено по одной паре испарителей с почвой и растительностью, а на первой и третьей делянках еще дополнительно по одной паре испарителей лишь с одной почвой без растительности (черный пар).

Существует мнение, что применяющиеся для измерения осадков обычные дождемеры страдают большими недостатками. Для иллюстрации приведем данные К. А. Лашкевича (1938) по среднегодовым суммам осадков за 1927—1934 гг., полученные им на Мариупольской лесоагромелиоративной станции: полевая метстанция — 385.5 мм, на большой поляне в лесу (9.5 га) — 454.4 мм и на лесной прогалине в 40 м ширины при древостое 18—20 м высотою — 506.3 мм. На основании этих данных автор пришел к заключению, что эти различия обусловлены выдуванием

жидких и особенно твердых осадков из дождемеров на поле и на большой поляне в лесу. Кроме того, Лашкевич установил, что так называемые горизонтальные осадки (туман), не улавливаемые обычными дождемерами, могут достигать заметных величин. Для выяснения этого вопроса был установлен под дубом огромный дождемер, размером 10 × 10 м, по которому за период 22/IX—1/XII было замерено 11.1 мм осадков, в то время как по обычному дождемеру на лесной прогалине только 3.3 мм. Эти данные мало убедительны: с точки зрения поставленного вопроса величина дождемеров тут не при чем, ибо в большой дождемер, вероятно, попали капли тумана, сконденсированного на кроне дуба, чего, конечно, не могло бы быть, если бы большой дождемер установить на лесной прогалине рядом с обычным дождемером. В этом опыте имеет значение установление того факта, что конденсация тумана на кронах растений может действительно достигать заметных величин.

Неудивительно поэтому, что П. И. Колосков (1938) настойчиво рекомендует пересмотреть вопрос о методах измерения осадков и перейти к применению дождемеров типа Кошмидера и Бразье, как более совершенных в отношении измерения жидких осадков, но страдающих недостатками обычных дождемеров при измерении твердых осадков.

Однако в нашей гидрометсети пока придерживаются дождемеров старой конструкции, поэтому такими же дождемерами пользовались и мы.

Для измерения величины испарения из почвы существует несколько конструкций испарителей, из которых наибольшее распространение имеют испаритель Рыкачева и комбинированный испаритель-лизиметр Попова. Последний по своей идее должен быть более совершенным прибором, чем испаритель Рыкачева. Но, работая с ним в течение ряда лет при изучении водного режима почв Молого-Шекснинского междуречья, мы обнаружили в нем ряд существенных недостатков (1937) и пришли к выводу о необходимости провести опыты по сравнительной оценке испарителей обеих систем в условиях подзолистой зоны. Такие опыты были проведены в Центральном лесном заповеднике в 1937—1938 гг.; они показали, что испаритель-лизиметр системы Попова в условиях подзолистой зоны в общем почти не имеет преимуществ перед почвенным испарителем Рыкачева (Васильев, 1950).

Однако, начиная наши наблюдения в 1937 г. и не имея еще результатов только что указанных сравнительных испытаний, мы пользовались приборами Попова.

Для наблюдения над стоком на площадке № 1 были устроены три стоковые площадки размером 20 × 20, 40 × 40 и 40 × 80 м. Преследовалась двоякая цель: первая — непосредственное наблюдение над стоком и вторая — выяснение влияния размера площадки на определяемую величину стока.

Площадки были устроены таким образом, чтобы каждая давала возможность получать одновременно величины как поверхностного, так и внутрипочвенного стока на глубинах 40 и 60 см, т. е. бокового стока в почвенных гор. $A_1 + A_2$ и в гор. В. Описание устройства площадок будет дано при рассмотрении явлений стока.

Из физических свойств определялись лишь некоторые, указанные выше. Удельный вес определялся обычным пикнометрическим способом с 3—6-кратной повторностью.

Объемный вес и капиллярная влагоемкость определялись в одних и тех же образцах почв с ненарушенной структурой, заключенных в алюминиевые стаканчики в 5 см высотою и емкостью в 100 см³. Повторность взятия образцов колебалась в зависимости от горизонта в пределах 9—21.

Скважности — общая, капиллярная и некапиллярная — определялись путем вычисления.

Коэффициент фильтрации был определен лишь для среднеподзолистой почвы в монолитных образцах высотою 50 см и сечением 169 кв. см для последовательных слоев от 0 до 400 см.

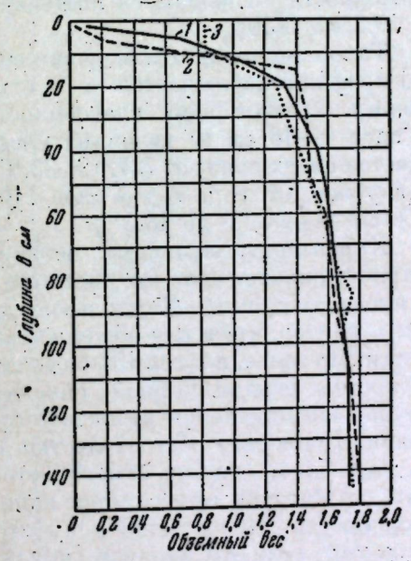
Максимальная гигроскопичность определялась по методу А. Николаева (1936), т. е. насыщением почвы парами воды над насыщенным раствором K_2SO_4.

Влажность завядания определялась обычным способом, но вместо широких стеклянных пробирок употреблялись алюминиевые стаканчики для определения влажности.

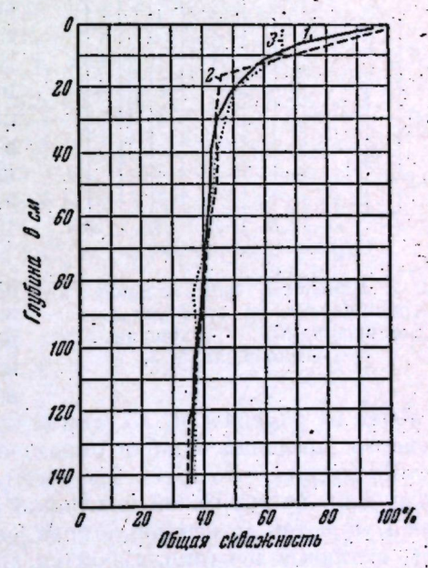
Полевая (наименьшая) влагоемкость была определена лишь на площадке № 3 (пашня) методом заливания площадки в 4 м². Для защиты от поверхностного растекания воды была применена квадратная рама размером 2 × 2 м.

3. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Физические свойства почв всех трех опытных площадок охарактеризованы в табл. 5, 6 и 7 и наглядно представлены на графиках (фиг. 3, 4, 5).



Фиг. 3. Изменение объемного веса по профилю почв.
——— площадка № 1; - - - площадка № 2; ····· площадка № 3.

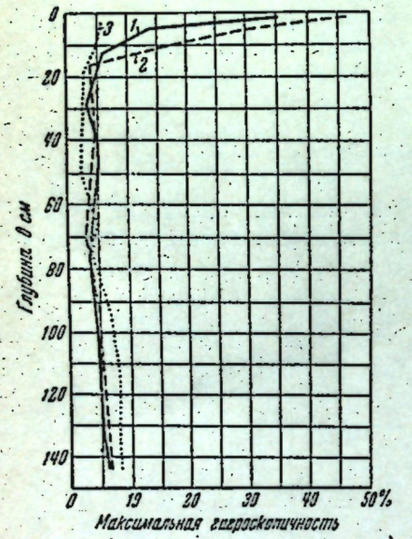


Фиг. 4. Изменение общей скважности по профилю почв.
——— площадка № 1; - - - площадка № 2; ····· площадка № 3.

Анализируя данные табл. 5, можно легко подметить закономерное изменение физических свойств вниз по профилю почвы. Удельный вес изменяется лишь в пределах перегнойно-аккумулятивных гор. A_0—A_1 (0—16 см), а именно — он увеличивается от 1.87 в подстилке до 2.62 в нижней части гумусового слоя; дальше, в глубь профиля, его изменения незначительны, от 2.67 до 2. 74, т. е. лежат почти в пределах точности определения. Очевидно, значительная изменчивость и малая величина удельного веса в слое 0—16 см связаны с содержанием органического

вещества. Обращает на себя внимание довольно высокий удельный вес подстилки, но величины примерно такого же порядка встречаются и в других работах. Так, например, А. С. Скородумов (1940) для подстилки 9-летнего соснового насаждения в Черниговской области получил удельный вес 1.62, а А. П. Малянов (1938) в Московской области, в Куровском леспромхозе, для подстилки в 103-летнем сосновом лесу получил удельный вес 1.50—1.74, в 40-летнем еловом лесу 1.57—1.89 и в еловом лесу Зеленоградского леспромхоза 1.65.

Объемный вес резко увеличивается сверху вниз в пределах слоя 0—16: от 0.09 в гор. A_0 до 1.06 в гор. A_1''; дальше, начиная с гор. A_2 и до глубины 150 см, он возрастает постепенно и медленно от 1.34 до 1.73. Зависимость его от содержания органического вещества и порозности очевидна.



Фиг. 5. Изменение максимальной гигроскопичности по профилю почв. ——площадка № 1; - - - площадка № 2; ····· площадка № 3.

Общая скважность, в противоположность объемному весу, резко уменьшается от подстилки (95.2%) к нижней части гумусового горизонта (59.6%). Начиная с гор. A_2 и до глубины 150 см, величины общей скважности уменьшаются постепенно с 49.8 до 36.0%.

Такой же порядок изменения вниз по профилю наблюдается и в отношении капиллярной влагоемкости: в слое 0—16 см ее величина уменьшается сверху вниз от 727.0 до 32.8%, а глубже, от гор. A_2 до слоя 140—150 см,— от 32.8 до 18.3%.

Характерны величины некапиллярной скважности. Ее уменьшение в пределах слоя 0—16 см имеет тот же характер, что и для общей скважности. Но ниже, во всей 134-см толще, величина некапиллярной скважности почти не изменяется, во всяком случае эти изменения незначительны и лежат в пределах ошибки определения. Последнее обстоятельство заставляет думать, что здесь мы имеем, возможно, ошибку самого метода определения капиллярной влагоемкости, по которой вычисляется капиллярная, а затем и некапиллярная скважность. Ибо трудно допустить, чтобы величина некапиллярной скважности, если бы таковая имелась в минеральных слоях почвенно-грунтовой толщи, не изменялась бы в горизонтах почвы, различных по своему механическому составу и сложению.

В самом деле, при капиллярном насыщении 5-см столбиков почвы водой мы обычно наблюдали очень большой привес в образцах после первых же трех часов насыщения; в дальнейшем скорость насыщения сильно падала. Отсюда можно сделать довольно вероятное предположение, что в первые часы вода заполняет все крупные поры во всем образце почвы (о чем можно судить также по выпотеванию на верхней поверхности образца), а затем начинается проникновение воды в более мелкие поры, заполненные воздухом. Последний препятствует вхождению воды в поры, и некоторая часть их остается, вероятно, частично или даже совсем не заполненной водой. Надо думать, что если не полностью, то в большей

Таблица 5

Физические свойства дерново-среднеподзолистой почвы. Сложный ельник (площадка № 1)

Генетический горизонт	Глубина (см)	Объемный вес	Удельный вес	В от % объема почвы			В % от веса сухой почвы				Влажность завядания
				Общая скважность (вычислен.)	Капиллярная скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная влагоемкость	Полная влагоемкость (вычислен.)	Максимальная гигроскопичность		
		M ± m*	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m		M ± m
A_0	0—4	0.09±0.004	1.87±0.04	95.2±0.24	65.4±4.25	29.8±4.25	727.0±34.6	1056.0±47.0	35.4±0.80	64.0±3.38	
A_1'	4—9	0.68±0.020	2.53±0.03	73.1±0.79	59.0±1.75	14.1±1.92	86.7±1.95	108.0±3.37	12.55±0.03	—	
A_1''	9—16	1.06±0.030	2.62±0.01	59.6±1.15	49.2±1.94	10.2±2.25	46.4±2.25	56.3±1.95	5.76±0.05	10.8±0.17	
A_2	16—25	1.34±0.035	2.67±0.03	49.8±1.41	43.9±1.74	5.9±2.24	32.8±1.40	37.2±1.43	3.95±0.12	6.1±0.15	
A_2B	25—35	1.44±0.030	2.68±0.06	45.3±1.64	38.4±1.38	6.9±2.14	26.7±0.76	31.5±1.31	3.38±0.01	—	
B	35—45	1.54±0.020	2.70±0.01	43.0±0.77	36.8±1.14	6.2±1.37	23.9±0.54	27.9±0.62	4.41±0.03	6.84±0.23	
	45—55	1.57±0.015	2.74±0.02	42.7±0.68	35.8±0.89	6.9±1.12	22.8±0.29	27.2±0.63	3.88±0.02	—	
BC_1	55—65	1.61±0.020	2.74±0.01	41.3±0.76	35.3±0.96	6.0±1.22	21.9±0.30	25.6±0.56	3.46±0.02	—	
C_1	65—75	1.63±0.020	2.74±0.02	40.5±0.85	34.3±0.97	6.2±1.29	21.0±0.32	24.8±0.60	3.20±0.00	—	
C_2	85—95	1.67±0.015	2.75±0.02	39.3±0.60	32.8±1.39	6.5±1.51	19.6±0.99	23.5±0.41	4.22±0.01	—	
	100—110	1.73±0.012	2.74±0.01	36.8±0.50	30.3±0.79	6.5±0.94	17.5±0.24	21.3±0.32	4.78±0.02	—	
	120—130	1.72±0.017	2.70±0.03	36.3±0.97	30.1±0.87	6.2±1.30	17.5±0.27	21.1±0.51	4.94±0.08	—	
	140—150	1.73±0.018	2.70±0.02	36.0±0.81	31.7±1.12	4.3±1.38	18.3±0.54	21.0±0.51	6.07±0.09	—	
	200—210	1.76±0.010	2.75±0.01	36.0±0.60	—	—	—	—	7.60±0.05	—	
	240—250	1.79±0.000	2.75±0.01	35.0±0.75	—	—	—	—	8.35±0.03	—	

* m — погрешность определения.

Физические свойства торфянистого подзола. Сфагново-черничный ельник (площадка № 2)

Генетический горизонт	Глубина (см)	Объемный вес	Удельный вес	В % от объема почвы			В % от веса сухой почвы			
				Общая скважность (вычислен.)	Капиллярная скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная влагоемкость	Полная влагоемкость (вычислен.)	Максимальная гигроскопичность	Влажность завядания
		M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m
A_0'	0—5	0.04±0.002	1.74±0.06	97.7±0.14	52.2±3.45	45.5±3.45	1306.0±56.2	2442.0±122.0	46.40±0.10	98.7±5.70
A_0''	5—8	0.24±0.017	1.80±0.01	86.7±0.95	64.6±5.90	22.1±5.98	269.0±15.6	361.0±38.4	28.56±0.19	74.7±2.85
$A_2(g)$	8—25	1.41±0.031	2.61±0.00	46.0±1.15	43.5±2.10	2.5±2.39	30.9±1.34	32.6±1.07	4.04±0.08	8.24±0.31
A_2	25—35	1.48±0.024	2.65±0.02	44.2±1.00	41.2±1.27	3.0±1.62	27.8±0.73	29.8±0.83	4.05±0.03	—
A_2B	35—45	1.48±0.020	2.69±0.01	45.0±0.77	40.0±1.04	5.0±1.29	27.0±0.60	30.4±0.66	4.54±0.08	6.35±0.18
B	45—55	1.51±0.017	2.71±0.00	44.3±0.63	39.6±1.02	4.7±1.20	26.2±0.61	29.3±0.53	5.01±0.01	—
	55—65	1.59±0.012	2.75±0.00	42.2±0.44	38.6±0.65	3.6±0.78	24.3±0.37	26.5±0.34	4.63±0.15	—
C_1	65—75	1.60±0.014	2.73±0.05	41.4±1.19	37.0±0.80	4.4±1.44	23.1±0.46	25.8±0.78	3.88±0.01	—
	75—85	1.63±0.023	2.72±0.00	40.1±0.84	36.7±1.25	3.4±1.51	22.5±0.70	24.6±0.62	3.49±0.01	—
C_2	85—95	1.65±0.017	2.76±0.01	40.2±0.63	35.7±1.04	4.5±1.22	21.6±0.59	24.3±0.46	4.22±0.01	—
	100—110	1.72±0.030	2.73±0.01	37.0±1.12	30.3±1.26	6.7±1.68	17.6±0.67	21.5±0.75	5.08±0.08	—
	120—130	1.78±0.023	2.74±0.02	35.0±0.96	29.0±1.30	6.0±1.62	16.3±0.75	19.7±0.51	5.70±0.00	—
	140—150	1.80±0.023	2.75±0.01	34.5±0.87	30.2±1.40	4.3±1.65	16.8±0.75	19.2±0.54	5.88±0.00	—

Таблица 7

Физические свойства дерново-среднеподзолистой почвы. Пашня (площадка № 3)

Генетический горизонт	Глубина (см)	Объемный вес	Удельный вес	В % от объема почвы			В % от веса сухой почвы			
				Общая скважность (вычислен.)	Капиллярная скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная влагоемкость	Полная влагоемкость (вычислен.)	Максимальная гигроскопичность	Влажность завядания
		M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m
$A_1(+A_2)$	0—5	0.85±0.03	2.50±0.06	66.0±1.45	57.0±3.10	9.0±3.42	67.0±2.77	77.5±3.22	5.50±0.02	9.60±0.14
	5—18	0.86±0.06	2.56±0.02	66.4±2.36	58.6±6.31	7.8±6.74	68.2±5.58	77.1±4.25	4.93±0.01	8.92±0.20
$A_2(+A_1)$	18—25	1.31±0.03	2.66±0.01	50.8±1.14	44.8±1.78	6.0±2.11	34.2±1.12	38.8±1.24	2.85±0.01	7.12±0.07
A_2	30—40	1.41±0.04	2.68±0.01	47.4±1.50	40.8±2.13	6.6±2.61	29.0±1.26	33.6±1.42	2.41±0.03	5.25±0.21
A_2B	40—50	1.49±0.02	2.68±0.01	44.4±0.77	39.1±1.38	5.3±1.58	26.2±0.86	29.8±0.65	2.19±0.03	—
B	50—60	1.53±0.03	2.69±0.01	43.2±1.13	35.8±1.28	7.4±1.71	23.4±0.70	28.2±1.16	2.80±0.02	—
BC_1	60—70	1.60±0.03	2.69±0.02	40.5±1.20	36.3±1.31	4.2±1.78	22.7±0.70	25.3±0.89	4.30±0.05	—
C_1	70—80	1.63±0.03	2.71±0.04	40.0±1.41	34.9±0.88	5.1±1.66	21.4±0.41	24.5±0.98	3.87±0.00	—
	80—90	1.75±0.01	2.75±0.01	36.5±0.43	28.7±1.29	7.8±1.36	16.4±0.73	20.9±0.27	5.29±0.02	—
C_2	90—100	1.70±0.06	2.72±0.02	37.5±2.22	31.6±3.10	5.9±3.81	18.6±1.70	22.0±1.52	6.70±0.17	—
	110—120	1.70±0.06	2.72±0.02	37.5±2.22	30.3±1.68	7.2±2.78	17.8±0.76	22.0±1.52	8.06±0.01	—
	140—150	1.73±0.05	2.71±0.00	36.3±1.85	32.7±1.89	3.6±2.65	18.9±0.94	21.0±1.23	8.15±0.04	—

части, некапиллярная скважность, величина которой равняется 4—7%, представляет собой именно такие поры, наполненные воздухом, защемленным при насыщении образца почвы водой, так как, насколько об этом можно судить по визуальным определениям, крупных, действительно некапиллярных пор, которые не могли бы быть заполнены водой в коротком 5-см образце, в наших почвах нет.

Для подтверждения правильности этих наблюдений вычислим размер тех пор, которые не могут быть заполнены водою при капиллярном насыщении почвенных столбиков высотою 5 см. Воспользуемся для этого известной формулой для высоты поднятия воды в капиллярах:

$$h = \frac{2\sigma}{rgd},$$

где h — высота капиллярного поднятия, в сантиметрах; r — радиус капилляра, в сантиметрах; σ — поверхностное натяжение воды, равное 73 динам на 1 см; g — ускорение силы тяжести, равное 981 см/сек.²; d — плотность воды, близкая к 1.

Подставив известные величины в формулу, получим для нашего случая:

$$5 = \frac{0.15}{r},$$

откуда $r = 0.03$ см, а $d = 0.06$ см. Для столбика высотою $h = 1$ см получим $d = 3.0$ мм.

Таким образом, поры с диаметром 0.6 мм и меньше все будут заполнены водою в почвенном столбике высотой 5 см; поры с диаметром 0.6—3.0 мм будут заполняться в зависимости от высоты их расположения над уровнем воды в чашке; так, например, не заполненными водою на высоте 1 см окажутся поры, диаметр которых больше 3.0 мм. Следовательно, при определении капиллярной влагоемкости может оказаться не заполненной водою часть пор размером 0.6—3.0 мм и больше. Поры же таких размеров нетрудно заметить и простым глазом.

В том, что минеральные слои наших почв не имеют или почти не имеют пор размером больше 0.6 мм, убеждают нас также величины полной влагоемкости, полученные при экспериментальном определении в тех же 5-см столбиках почвы, в которых определялась капиллярная влагоемкость. Величины этих влагоемкостей приводим ниже (табл. 8).

Из табл. 8 видно, во-первых, что лишь в гумусовом слое, и особенно в подстилке, величина непосредственно определенной полной влагоемкости заметно больше величины капиллярной влагоемкости, будучи в то же время значительно меньше величины вычисленной полной водовместимости. В последнем случае разница объясняется не только присутствием в образцах защемленного воздуха, но также и тем, что во время определения полной влагоемкости вода очень крупных пор подстилки и гумусового слоя частично успевает вытечь из них еще до взвешивания образцов. Во-вторых, во всех минеральных слоях непосредственно определенные величины полной и капиллярной влагоемкости почти полностью совпадают; следовательно, в этих слоях действительно нет крупных некапиллярных пор. Все это и подтверждает сделанный выше вывод о том, что так называемая некапиллярная скважность в минеральных слоях почвы в данном случае представляет собою не что иное, как защемленный воздух, объем которого колеблется от 4 до 7% от объема почвы, или от 12 до 18% от общей порозности.

Таблица 8

Величины капиллярной и полной влагоемкости дерново-среднеподзолистой почвы. Сложный ельник.

Горизонт	Слои (см)	Капиллярная влагоемкость	Полная влагоемкость		Разница между полной влагоемкостью (вычисленной) и капиллярной		
			определенная	вычисленная	в вес. %	в объемн. %	в % от скважности
A_0	0—4	727.0	755.0	1056.0	329.0	29.8	31.3
A_1'	4—9	86.7	90.9	108.0	21.3	14.1	19.3
A_1''	9—16	46.4	47.4	56.3	9.9	10.2	17.1
A_2	16—25	32.8	32.5	37.2	4.7	5.9	12.0
A_2B	25—35	26.7	26.5	31.5	4.8	6.9	15.2
B	35—45	23.9	24.2	27.9	4.0	6.2	14.4
	45—55	22.8	22.8	27.2	4.4	6.9	16.2
BC_1	55—65	21.9	21.9	25.6	3.7	6.0	14.5
C_1	65—75	21.0	21.3	24.8	3.8	6.2	15.3
C_2	85—95	19.6	19.4	23.5	3.9	6.5	16.5
C_3	100—110	17.5	17.9	21.3	3.8	6.5	17.6
	120—130	17.5	17.8	21.1	3.6	6.2	17.4
	140—150	18.3	17.8	21.0	2.7	4.3	12.0
Среднее	16—150	22.2	22.2	26.1	3.9	6.2	15.1

Присутствие в почвах и грунтах защемленного воздуха отмечается во многих исследованиях (Д. Н. Виноградский, 1936; А. Т. Морозов, 1935, Г. И. Покровский, 1933, 1937 и др.), из которых вытекает, что происхождение защемленного воздуха обязано неравномерному движению воды в капиллярах почвы и грунта.

Христиансен (Christiansen, 1944) и другие зарубежные авторы указывают, что в лабораторных условиях при любом способе насыщения коротких колонок почв и грунтов водою, т. е. при подаче воды сверху или снизу, в них всегда защемляется то или иное количество почвенного воздуха. Лишь насыщение под вакуумом почти исключает защемление воздуха в почвах и грунтах. Смит и Браунинг (цитир. по Христиансену, 1944) определяли «ненасыщенность» водою почв до полной водовместимости, обусловленную наличием защемленного воздуха. Эта «ненасыщенность» в среднем для 200 образцов почв выразилась в 9% от общей порозности, причем наивысшая величина была 22%. Как видим, величины получены довольно близкие к нашим.

Г. И. Покровский (1937) дает формулу для определения объема защемленного воздуха

$$V_1 = V - \frac{M_1}{\rho} - \frac{M_0}{\rho_{mb}},$$

где V_1 — объем защемленного воздуха; V — объем образца почвы или грунта; M_1 — масса воды в образце (при неизменной влажности); M_0 — масса сухого образца; ρ — плотность воды (приблизительно равная единице); ρ_{mb} — плотность скелета грунта.

Нетрудно видеть, что по этой формуле как раз и определяется величина некапиллярной скважности, если считать, что M_1 (при неизменной влажности) есть величина капиллярной влагоемкости, M_0 — объемный вес, ρ_{mb} — удельный вес твердой фазы.

Из опытов Громовой (Ц. Л. Г. З.), проведенных в лабораторных условиях на монолитах с целью выявить величину водоотдачи покровных суглинков Заповедника, попутно выяснилось, что при таких условиях в покровных суглинках задерживается значительное количество защемленного воздуха.

Приведем результаты этих опытов (табл. 9).

Таблица

Величины водоотдачи в покровном легком суглинке
(в мм водного слоя)

Глубина взятия образца (см)	Вычисленная водовместимость		Содержание влаги после опыта		Водоотдача, полученная из опыта	
	монолит А	монолит В	монолит А	монолит В	монолит А	монолит В
3—8	39.4	38.8	23.5	23.8	9.6	5.0
8—18	84.3	82.7	40.8	54.6	4.8	9.0
18—28	58.6	59.2	41.5	39.3	3.6	6.7
28—38	47.7	48.0	36.1	39.5	3.5	4.0
38—48	45.7	44.5	33.0	36.8	1.1	1.2
48—58	43.9	43.3	33.5	39.0	4.7	4.1
58—68	42.8	42.1	34.4	35.6	3.1	4.1
68—78	42.9	40.8	32.7	36.1	3.0	3.2
78—88	39.4	37.7	30.9	30.1	2.2	1.0
Сумма	444.7	437.1	306.4	334.8	35.6	38.3

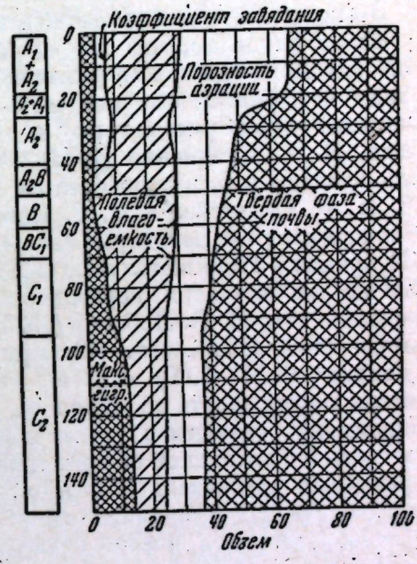
Из этих данных следует, что, во-первых, величина водоотдачи в общем книзу понижается и в среднем для покровного суглинка равна 8.4% от водовместимости, вычисленной по общей порозности. Во-вторых, сумма вытекшей и оставшейся воды в монолитах значительно меньше общей водовместимости. Последний факт Громова объясняет тем, что даже при насыщении монолита водой снизу в суглинке остается значительное количество защемленного воздуха, которое может доходить до 15—20% от общей порозности.

Все сказанное выше о способе получения величины некапиллярной скважности приводит нас к заключению, что хотя некапиллярную скважность принято считать (и не без основания) за довольно хороший показатель воздухопроницаемости и структурности (А. Г. Дояренко, 1924), мы, в полном согласии с Н. А. Качинским (1931) ставим под большое сомнение надежность существующего метода для определения этой весьма важной величины.

За последнее время и А. Г. Дояренко (1941) склонен считать, что показателем почвенной структуры является не просто грубое соотношение некапиллярной и капиллярной скважностей, получаемых принятыми грубыми методами, подкупающими своей простотой, а дифференциальная скважность, определяемая более тонкими приемами. Чайльдс (Childs, 1940), пользуясь прибором Хайнеса, сделал попытку определить не только распределение пор по размерам, но и разбить их на две большие группы — межагрегатные и внутриагрегатные, характеризующие некоторые свойства почв, в частности водопроницаемость и структурность. Правда, и эти методы, основанные на одном и том же принципе, имеют один общий недостаток: они дают преуменьшенные количества крупных пор и преувеличенные — мелких, как это вытекает из того простого соображения, что вода, заключенная в крупных порах с узкими выходами (шейками), вытечет из них лишь при том отрицательном давлении, развиваемом в приборе, при котором будет извлекаться вода из узких шеек этих пор. Несмотря на указанный недостаток, эти методы, несомненно, представляют собою шаг вперед в направлении выяснения природы почвенной порозности.

В последнее время Н. А. Качинский (1947) предложил свое дифференцированное деление порозности почвы, исходя из представлений о различных категориях влаги, удерживаемой в почве с той или иной силой. Нам это деление представляется очень интересным и весьма целесообразным; оно позволит более обоснованно подходить к решению целого ряда почвенно-гидрологических вопросов, например об условиях, определяющих передвижение влаги в почвенно-грунтовых толщах.

На графике (фиг. 6) наглядно изображены соотношения между различными частями порозности, занятыми водой различных категорий, в дерново-среднеподзолистой почве на пашне. Обращает на себя внимание значительная величина порозности аэрации, в особенности в верхнем слое почвы.



Фиг. 6. Площадка № 3. Соотношение между объемами, занимаемыми твердой, жидкой (в пределах полевой влагоемкости) и газообразной фазами почвы.

Величины максимальной гигроскопичности дерново-среднеподзолистой почвы в сложном ельнике, достигая больших значений в подстилке (35.4%), резко уменьшаются в гумусовом слое (12.55 и 5.76%); в остальной же части профиля они подвержены не таким большим, но все же довольно значительным колебаниям (3.38—6.07). Колебания величин максимальной гигроскопичности по профилю почвы, как известно, сопряжены с содержанием органического вещества и минеральных коллоидов.

Просматривая данные табл. 6 и 7 и графики фиг. 3, 4 и 5, можно констатировать в общем ту же картину изменения физических свойств по профилю у торфянистого подзола и дерново-среднеподзолистой почвы на пашне, которая прослеживается у дерново-среднеподзолистой почвы в лесу на площадке № 1. Большие различия в абсолютных величинах физических свойств почв всех трех площадок можно отметить лишь для верхних горизонтов в пределах 0—25 см, а глубже, для соответствующих слоев всей остальной части почвенного профиля, эти различия настолько малы, что они часто, повидимому, лежат просто в пределах ошибки определения. Как исключение, следует отметить существенную разницу в величинах максимальной гигроскопичности глубоких слоев почв (90—150 см) лесных площадок, с одной стороны, и полевой площадки — с другой. Это различие связано, повидимому, с тем, что на полевой площадке покровный суглинок подстилается более тяжелыми глинами, чем на лесных площадках. А вообще приводимые величины физических свойств почв опытных площадок достаточно убедительно говорят о довольно большой

однородности почвообразующей породы — покровного легкого суглинка — на территории опытного участка.

Отмеченные выше незначительные различия в физических свойствах нижних горизонтов почв наших опытных площадок не являются, повидимому, исключением для почв подзолистой зоны, развитых на однородной породе, но находящихся под различными культурами. Так, Н. В. Родников (1937, 1940), проводивший работы по водному режиму почв в подмосковных лесах, пришел, между прочим, к заключению, что физические свойства сильно оподзоленных почв, развитых на моренном среднем суглинке под лесом и лугом, заметно различаются лишь в верхних гумусовых горизонтах, а в более глубоких слоях они почти одинаковы.

Несколько слов о коэффициенте завядания.

Несмотря на то, что последний является весьма важной почвенной константой, до сих пор не решен еще вопрос об установлении соотношения между коэффициентом завядания (или влажностью завядания, как ее называют некоторые авторы) и величиной максимальной гигроскопичности. Н. А. Качинский (1936), например, принимал ранее этот множитель близким к 2, в последнее же время (1947) он принимает его равным 1.5. Н. К. Сафотеров и Н. Г. Иовенко (1933) считают, что он в среднем не превышает 1.5; некоторые авторы дают ему значение 1.34. Множитель 1.34 принят в Гидрометслужбе СССР. Все эти числа — осредненные числа. Вообще же значения переводного множителя колеблются в широких пределах; так, Н. В. Лобанов (1925, 1926) дает пределы 1.5—3.5, а М. Х. Пигулевский (1939, стр. 96), приводя данные Либенберга (1.34—3.01) и Генриха (3.57—6.60), считает, что в некоторых случаях значение множителя может падать до величины, меньшей единицы. Все эти колебания, повидимому, связаны с типом почвы и ее генетическими горизонтами, а отчасти и с методикой определения. Отсюда ясно, что установить единый переводный множитель для всех почв нельзя, но установление таких множителей для различных типов почв погоризонтно было бы весьма целесообразно, ибо определение величины максимальной гигроскопичности значительно проще и надежнее, чем величины влажности завядания. Чем больше накопится фактического материала по этому вопросу, тем лучше будет решена задача. Поэтому мы считаем не бесполезным привести здесь величины отношения влажности завядания к максимальной гигроскопичности для почв наших опытных площадок (табл. 10).

Заканчивая на этом рассмотрение наших данных по влажности завядания, необходимо отметить следующее.

Как известно, в основу методики определения коэффициента завядания положены работы Бриггса и Шанца, сделавших вывод, что коэффициент завядания у всех травянистых растений для одной и той же почвы почти одинаков. Исследования последнего времени приводят к заключениям, значительно расходящимся с выводами Бриггса и Шанца. Особенно интересны в этом отношении работы Д. В. Федоровского (1948). Этот автор на основании тщательно поставленных опытов убедительно доказывает зависимость величины влажности завядания от возраста, рода и вида растений, а также от осмотического давления почвенного раствора. Необходимо также отметить, что Франсессон на основании своих опытов установил, что величина максимальной гигроскопичности почвы, определенная во влажных образцах путем высушивания их над 10% раствором H_2SO_4, значительно выше, чем в образцах той же почвы, доведенных до воздушно-сухого состояния на воздухе и затем помещенных в эксикатор для насыщения их парами воды над 10% раствором серной кислоты. Попутно в этих опытах выявился следующий интересный факт: максимальная гигроскопичность почв, полученная над 3% раствором H_2SO_4, близка к влажности завядания, определенной методом проростков.

Таблица 10

Отношение величины влажности завядания к величине максимальной гигроскопичности в почвах опытных площадок

Почва	Генетический горизонт	Глубина (см)	Влажность завядания	Максимальная гигроскопичность	Отношение
I. Дерново-среднеподзолистая (сложный ельник)	A_0	0—4	64.00	35.40	1.80
	A_1	9—16	10.80	5.76	1.87
	A_2	16—25	6.10	3.95	1.54
	B	35—45	6.84	4.41	1.55
II. Торфянистый подзол (сфагново-черничный ельник)	A_0 (торф)	0—5	98.70	46.40	2.12
	A_0' (торф)	5—8	74.70	28.56	2.61
	A_2	8—25	8.24	4.04	2.04
	A_2B	35—45	6.35	4.54	1.40
III. Дерново-среднеподзолистая (пашня)	A_1 (+A_2)	0—5	9.60	5.50	1.74
	A_1 (+A_2)	5—15	8.92	4.93	1.82
	A_2 (+A_1)	15—25	7.12	2.85	2.50
	A_2	30—40	5.25	2.41	2.18

Примечание. Влажность завядания определялась методом проростков.

Из исследований обоих авторов вытекает, что в природных условиях коэффициент завядания даже для одной и той же почвы представляет собой величину, изменчивую во времени, в зависимости от климатических условий, вида растения и фаз его развития. А это, несомненно, усложняет решение вопроса об установлении средних величин коэффициента завядания по почвенным зонам.

Перейдем к выяснению фильтрационной способности наших почв. Коэффициент фильтрации, как указывалось выше, определялся в монолитных образцах мощностью в 50 см и площадью поперечного сечения в 169 см². Монолиты брались с площадки № 1 (сложный ельник), причем лишь до глубины 250 см, так как брать глубже не позволяла грунтовая вода; по этой причине монолиты на глубинах 250—400 см были взяты около пункта «Красное», примерно в 4—5 км от площадки № 1.

Результаты наблюдений обрабатывались по формуле Дарси (Каменский, 1933).

$$Q = K \cdot \frac{h}{l} \cdot F,$$

где Q — расход воды в единицу времени (в см³/сек); h — высота напора, или разность давления в см водяного столба на концах почвенной колонки; l — длина фильтрующего слоя монолита; F — площадь поперечного сечения почвы; K — коэффициент фильтрации, принимаемый в качестве константы для данного грунта или почвы и зависимый только от их свойств.

В этой формуле $\frac{Q}{F} = V$ есть скорость фильтрации, следовательно $V = \frac{Q}{F} = K\frac{h}{l}$, т. е. при напорном градиенте $\frac{h}{l} = 1$ коэффициент

фильтрации приобретает размерность скорости. Необходимо отметить, что величина V не отображает собою истинной скорости передвижения воды при фильтрации; величина истинной скорости получится, если в формулу ввести коэффициент пористости грунта или почвы. Поэтому нами были вычислены не только величины коэффициента K, но и скорости фильтраций $U = \frac{Q}{F \cdot P_0}$, где P_0 — активная порозность.* Результаты вычисления приводятся в табл. 11 и наглядно представлены на графиках (фиг. 7 и 8).

Таблица 11

Величины коэффициента и скорости фильтрации в дерново-среднеподзолистой почве на площадке № 1

Глубина (см)	Порода	Коэффициент фильтрации		Скорость фильтрации	
		см/сек.	см/сутки	см/сек.	см/сутки
0—50	Легкий суглинок	0.000818	71.0	0.002293	198.0
50—100	То же	0.000368	31.8	0.001155	100.0
100—150	Средний песчанистый суглинок	0.000322	27.8	0.001011	93.0
150—200	Тяжелый суглинок	0.000092	8.0	0.000418	36.0
200—250	То же	0.000072	6.2	0.000411	35.0
250—300	» »	0.000077	6.6	—	—
300—350	» » (глина)	0.000037	3.2	—	—
350—400	Глина	0.000009	0.8	—	—

Данные табл. 11 получены как средние не из всех наблюденных величин, а лишь из довольно близких между собою скоростей фильтрации в конце наблюдений. Наблюдения, проводившиеся в течение 1.5—3 месяцев, показали значительные колебания скоростей фильтрации, причем последние менялись несколько раз то в сторону повышения, то в сторону снижения, пока не установился более или менее равномерный ток воды. Причины изменчивости динамики скорости фильтрации заключаются, повидимому, в изменении порозности, происходящем под влиянием распыления водой почвенных агрегатов, переупаковки почвенных частиц и набухания илистых частичек, как это неоднократно отмечалось многими исследователями в их опытах по фильтрации (И. Н. Антипов-Каратаев, 1930; С. В. Астапов, 1936). Большое влияние на динамику фильтрации оказывает также защемленный в почве воздух (Christiansen, 1944), а также барометрическое давление и температура (А. А. Черкасов, 1931).

Из табл. 5 видно, что наибольшей водопроницаемостью, как и следовало ожидать, обладает поверхностный слой почвы 0—50 см; глубже водопроницаемость значительно падает, причем ее уменьшение происходит скачками на глубинах 150—200 и 350—400 см, что служит показателем смены пород от более легких к более тяжелым. Изменение величины коэффициента фильтрации с глубиной, а также закономерность связи

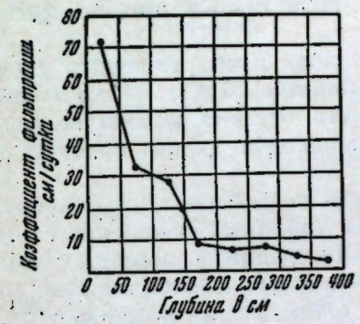
* Под активной порозностью мы понимаем разность между общей порозностью и той ее частью, которая занята прочно связанной водой. Содержание последней нами не определялось, но для подзолистых почв оно, повидимому, близко к величине максимальной гигроскопичности.

этой величины с общей скважностью отчетливо прослеживаются на графиках (фиг. 7 и 8).

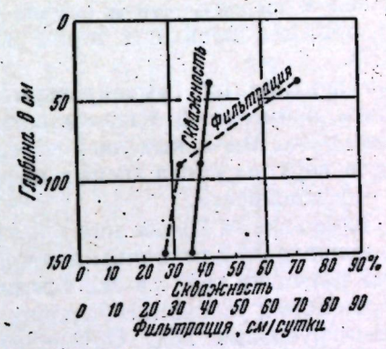
Приведенные данные по фильтрации нельзя, конечно, отнести к отдельным генетическим горизонтам почвы, ибо в монолитах, мощностью 50 см, скорость фильтрации определяет менее проницаемый для воды слой, а не все слои в своей совокупности.*

Заканчивая рассмотрение физических свойств почв на опытных площадках, необходимо остановиться еще на одном их свойстве — на их максимальной водоудерживающей способности.

Эта способность, как известно, измеряется тем максимальным количеством воды, которое может удерживаться в почве без заметного ее перемещения в течение довольно длительного времени. Это свойство почвы разные авторы называют по-разному. С. И. Долгов в своей монографии о почвенной влаге (1948), подробно анализируя вопрос о максимальной водоудерживающей способности почвы, приходит к выводу, что более



Фиг. 7. Изменение коэффициента фильтрации с глубиной.



Фиг. 8. Зависимость величины фильтрации от скважности.

правильно называть это свойство почвы «полевой влагоемкостью». Термин этот весьма сильно укрепился в нашей почвенной литературе. Полевая влагоемкость рассматривается обычно для двух случаев: 1) при неглубоком залегании грунтовых вод, когда имеется их связь с почвенной влагой, и 2) при глубоком залегании грунтовых вод, когда связь их с почвенной влагой отсутствует. В первом случае полевая влагоемкость будет соответствовать, очевидно, так называемой равновесной влажности (по А. Ф. Лебедеву), и величина ее будет весьма изменчивой, находясь в зависимости от положения уровня грунтовых вод. А раз это так, то такую полевую влагоемкость никак нельзя отнести в разряд почвенно-гидрологических констант, ибо нельзя считать таковой величину, которая изменяется в зависимости от содержания влаги в почвенном профиле. Лишь во втором случае полевая влагоемкость будет величиной более или менее постоянной. Под полевой влагоемкостью, как константной величиной, мы понимаем именно ту, которая имеет место при глубоком залегании грунтовых вод. Но в таком случае, как это делает и С. И. Долгов, между полевой влагоемкостью и наименьшей влагоемкостью П. С. Коссовича можно поставить знак равенства. Поэтому, учитывая, что Коссович (1904) впервые установил самое явление и предложил свой термин для характеристики водоудерживающей способности почв,

* План работ Почвенной станции предусматривал определения водопроницаемости почв по их генетическим горизонтам, причем как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Выполнить эти определения помешала война.

мы склонны думать, что нет основания подменять его термином «полевая влагоемкость», и в дальнейшем будем пользоваться термином Коссовича «наименьшая влагоемкость».

Как уже было отмечено выше, величина наименьшей влагоемкости была определена лишь для почвы на площадке № 3 (пашня). На лесных площадках эту величину невозможно было определить по техническим причинам (отсутствие дорог и пр.). Учитывая, однако, что физические свойства одних и тех же минеральных слоев почв всех трех площадок мало отличаются друг от друга, можно без особой погрешности данные по наименьшей влагоемкости для минеральных слоев площадки № 3 (пашня) распространить на минеральные слои двух других площадок (лес). В возможности такого допущения нас убеждают результаты исследований П. П. Рогового (1940). Этот исследователь определял водоудерживающую способность песчаных, супесчаных и суглинистых подзолистых почв в лесу и в поле в природных условиях методом изолированных колонн и пришел к выводу, что в случае одинаковых почвообразующих пород «водоудержание почв под лесом и в поле приблизительно одинаково» (стр. 27).

Для верхних же гумусированных слоев почв различных площадок величины наименьшей влагоемкости, конечно, будут резко отличаться друг от друга. Мы попытались определить эту интересующую нас величину для верхних слоев лесных почв, используя данные срочных наблюдений по влажности.

На площадке № 1 величины влажности подстилки и гумусового слоя, а на площадке № 2 величины влажности торфяных слоев сильно колебались по периодам года за все время наблюдений, в зависимости от метеорологических условий. В больших пределах колебался также и уровень почвенно-грунтовых вод. Определить наименьшую влагоемкость почв (по Коссовичу) в полевых условиях можно было бы лишь в случае глубокого залегания почвенно-грунтовых вод, что в условиях опытного участка заповедника имеет место лишь после длительных засушливых периодов. Лето 1938 и 1939 гг. было засушливым, уровень почвенно-грунтовых вод на площадке № 1 понизился в августе 1938 г. до 230 см, а в августе 1939 г. до 250 см; именно по этой причине наименьшая влагоемкость для полевой площадки и была определена в августе 1939 г.

Вместе с тем известно, что хвойная подстилка и торф обладают особыми свойствами по отношению к воде: после сильного подсушивания влажность хвойной подстилки при последующем смачивании не сразу достигает величины водоудерживающей способности, о чем убедительно говорят опыты Н. Ф. Созыкина (1939) и П. П. Рогового (1940). Торф при высушивании сильно сокращается в объеме и растрескивается, а при последующем смачивании довольно медленно увлажняется и набухает, ибо вода в большей своей части «проваливается» в щели торфа, и, следовательно, требуется довольно длительное время, чтобы влажность иссушенного торфа при смачивании достигла величины наименьшей влагоемкости.

Отсюда намечается и путь, которому надо следовать, чтобы определить величину наименьшей влагоемкости в торфе, подстилке и гумусированных слоях почвы, пользуясь срочными наблюдениями по влажности. Для этого, как нам кажется, надобно выбрать в ряду срочных наблюдений по влажности два таких периода, когда вслед за засушливым идет дождливый и холодный, в течение которого почти исключается потеря влаги в лесу на испарение и десукцию. Если влажность подстилки, торфа и гумусированных слоев почвы в какой-то момент времени в дождливом периоде установилась и в дальнейшем изменяется довольно слабо, то такую влажность можно без большой погрешности принять за величину наименьшей влагоемкости этих слоев.

Просматривая данные влажности почв в лесу за 1939 г., мы обнаружили два таких периода, о которых говорилось выше. В табл. 12 и 13 приводятся данные влажности верхних слоев этих почв для конца засушливого летнего периода и для всего осеннего дождливого периода.

Предшествующий летний период был засушливый: в августе выпало всего 3.7 мм осадков при среднемесячной температуре воздуха 16.2°, а за время 1—6/IX и 6—16/IX выпало соответственно 1.7 и 6.2 мм осадков при средней температуре воздуха около 10°. Уровень почвенно-грунтовых вод понизился к концу засушливого периода до 240 см на площадке № 2 и до 270 см на площадке № 1.

Таблица 12

Дерново-среднеподзолистая почва. Площадка № 1

Горизонт	Слои (см)	Полная влагоемкость (%)	Влажность (в % от веса сухой почвы) IX 6	IX 26	X 21	XI 1	XII 1	XII 11	XII 21	Средняя достаточно устойчивая влажность
A_0	0—4	1056.0	60.5	103.3	148.0	181.9	176.3	198.0	218.9	194.0
A_1'	4—9	108.0	21.6	30.7	47.1	48.8	51.0	52.5	52.2	50.3
A_1''	9—16	56.3	14.7	19.7	26.9	25.3	31.0	32.2	29.1	30.8
A_2	16—25	37.2	10.6	14.9	19.4	17.3	23.7	23.2	21.0	22.6
A_2B	25—35	31.5	9.7	13.5	13.8	15.6	21.7	20.8	21.3	21.2
Осадки (мм)			18.1	28.8	11.1	45.8	6.7	3.8		—
Среднесуточная температура воздуха			10.6	0.4	—1.8	—2.5	—0.6	—8.9	—12.6	—
Уровень почвенно-грунтовых вод (см)			273	282	303	307	311	314	312	—

Примечание. Подчеркнуты величины послойной влажности, мало изменяющиеся во времени.

Как видно из табл. 12 и 13, со второй половины сентября начался осенний, дождливый и холодный период. Величины десукции и испарения, вероятно, близки к нулю. Влажность сильно иссушенной подстилки на площадке № 1, постепенно увеличиваясь, с 1/XI установилась на уровне, который относительно слабо колебался в дальнейшем. Влажность гумусового слоя A'_1 (4—9 см) стабилизировалась уже к 21/X, а слоя A_1'' (9—16) и нижележащих оподзоленных слоев лишь к 1/XII. Влажность же иссушенных торфяных слоев на площадке № 2 сделалась более или менее устойчивой к 21/X, сравнительно слабо изменяясь во времени вплоть до зимнего периода. Вместе с тем заметно увеличилась влажность и в нижележащих минеральных горизонтах почв на обеих лесных площадках. Последнее обстоятельство указывает на то, что выпадавшие осадки лишь частично задерживались как подстилкой, так и торфяными слоями, несмотря на их сильную иссушенность, и только после длительного и постепенного смачивания осадками влажность этих горизонтов установилась на сравнительно мало изменяющемся уровне. Эту относительно устойчивую влажность верхних слоев почв на лесных площадках мы можем, следовательно, принять, конечно с известной погрешностью, за величину их естественной наименьшей влагоемкости.

Таблица 13

Торфянистый подзол. Площадка № 2

Горизонт	Слои (см)	Полная влагоемкость (%)	Влажность (в % от веса сухой почвы)										Средняя за период 21/X—21/XII
			Сентябрь		Октябрь		Ноябрь		Декабрь				
			16	26	1	21	1	11	1	21			
A_0'	0—5 (торф)	2442.0	103.9	251.0	356.0	448.0	415.0	495.0	446.0	473.0			450.0
A_0''	5—8 (торф)	361.0	109.2	117.0	165.0	185.0	187.0	234.0	193.0	195.0			200.0
A_2 (g)	8—25	32.6	21.0	25.3	25.7	23.1	24.7	24.0	28.3	26.4			—
A_2	25—35	29.8	18.9	21.0	21.6	22.7	23.3	21.5	24.0	24.0			—
Осадки (мм)			12.8	4.6	24.7	11.1	7.0	24.4	14.4	10.5			—
Среднесуточная температура воздуха			13.5	0.4	5.4	—1.8	—2.5	+5.1	—0.6	—12.6			—
Уровень почвенно-грунтовых вод (см)			237	243	257	270	276	282	291	299			—

Учитывая резкие различия между площадками № 2 и 3 по рельефу, мы попытались установить величину наименьшей влагоемкости для минеральных слоев торфянистого подзола (площадка № 2), тоже на основании анализа данных послойной влажности.

Таблица 14

Влажность в минеральных слоях торфянистого подзола в зимний период 1939—1940 гг.

Горизонт	Слои (см)	Среднемесячная влажность (в % от веса сухой почвы)					
		1939		1940			
		IX	XII	I	II	III	IV
A_2(g)	8—25	22.5	26.6	25.2	25.4	25.4	29.3
A_2B	35—45	19.8	24.3	25.1	22.4	20.2	27.5
B	55—65	18.6	20.7	22.1	21.3	19.6	24.1
C	75—85	17.1	18.2	19.1	17.9	18.2	21.9
	100—110	13.8	15.3	15.6	14.6	14.7	16.7
	140—150	14.7	14.2	16.6	15.8	14.2	16.9
Уровень почвенно-грунтовых вод (см)		235	296	306	316	326	27

Прослеживая изменения влажности в минеральных слоях торфянистого подзола в зимний период 1939—1940 гг. (табл. 14), нетрудно заметить, что влажность этих слоев, увеличившись в январе по сравнению с сентябрем, в марте опять заметно снизилась. Одновременно и уровень почвенно-грунтовых вод упал с 235 см в сентябре до 326 см в марте. Эти данные могут служить указанием на наличие нисходящих гравитационных токов влаги во всем почвенном профиле торфянистого подзола в течение зимнего периода. Считая, что за длительный зимний период вся

Таблица 15

Величины наименьшей (полевой) влагоемкости почв опытных площадок (в % от веса сухой почвы)

Площадка № 1, дерново-среднеподзолистая почва			Площадка № 2, торфянистый подзол			Площадка № 3, дерново-среднеподзолистая почва		
Генетич. горизонт	Слои (см)	Наименьшая влагоемкость	Генетич. горизонт	Слои (см)	Наименьшая влагоемкость	Генетич. горизонт	Слои (см)	Наименьшая влагоемкость
A_0'	0—4	194.0	A_0'	0—5	450.0	A_1 (+A_2)	0—5	36.4
A_1'	4—9	50.3	A_0''	5—8	200.0		5—18	35.4
A_1''	9—16	30.8	A_2 (g)	8—25	25.4	A_2 (+A_1)	18—25	20.9
A_2	16—25	22.6	A_2	25—35	23.0	A_2	30—40	20.8
A_2B	25—35	21.2	A_2B	35—45	20.2	A_2B	40—50	20.0
B	35—45	20.4	B	45—55	19.8	B	50—60	19.6
	45—55	19.8	B	55—65	19.6	BC_1	60—70	18.1
BC_1	55—65	18.8	C'	65—75	19.3	C_1	70—80	16.4
C_1	65—75	17.2		75—85	18.2		80—90	14.7
	85—95	14.9		85—95	15.7		90—100	15.1
	100—110	15.0		100—110	14.7		110—120	15.0
	120—130	14.6		120—130	14.6		140—150	14.1
	140—150	14.1		140—150	14.2		—	—

гравитационная влага успела просочиться вглубь, мы можем послойную влажность в толще 0—150 см, наблюденную в марте 1940 г., условно принять за величину наименьшей (полевой) влагоемкости торфянистого подзола на площадке № 2.

Сравнивая эти величины послойной влажности за март 1940 г. на площадке № 2 с величинами наименьшей влагоемкости соответствующих слоев почвы на площадке № 3, установленными специальным полевым опытом, можно видеть, что они относительно мало отличаются между собою.

Для почв наших опытных площадок мы будем иметь следующие величины наименьшей влагоемкости (табл. 15).

Если величину наименьшей влагоемкости в слое 0—150 см выразить в миллиметрах водного слоя и в % от полной влагоемкости, то получим следующие результаты (табл. 16).

Таблица 16

Наименьшая влагоемкость в слое 0—150 см

Площадки	В мм водного слоя	В % от полной влагоемкости
Площадка № 1 (сложный ельник) . . .	415.4	62.5
Площадка № 2 (сфагново-черничный ельник)	436.0	67.7
Площадка № 3 (пашня)	416.0	63.0

Как видим, цифры получились близкие между собою, в особенности для площадок № 1 и № 3, расположенных в одинаковых условиях рельефа.

4. РЕЖИМ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ

Метеорологические условия

Как известно, одним из главных факторов, обусловливающих режим влажности почв, являются метеорологические условия. Поэтому, прежде чем перейти к рассмотрению режима влажности наших почв, остановимся вкратце на климатических условиях района Центрального лесного заповедника и прилегающих к нему областей.

Средняя продолжительность сезонов года в районе заповедника:

Зима с 3/XI по 14/IV, т. е. 163 дня
Весна с 15/IV по 13/V, т. е. 29 дней
Лето с 14/V по 14/IX, т. е. 124 дня
Осень с 15/IX по 2/XI, т. е. 49 дней

Период с температурой от +5° (весна) до +5° (осень) продолжается около 167 дней. Продолжительность снегового покрова в районе Заповедника на открытых безлесных местах около 148 дней, а в лесу на 35—40 дней больше. Устанавливается снеговой покров в среднем 20/XI, а сходит 11/IV.

Колебания средних месячных температур и месячных сумм осадков по месяцам весьма велики. Следует отметить, что наинизшие температуры в январе и феврале достигали —40° и даже —44° и что только в июле не бывает заморозков. Самые теплые и в то же время самые дождливые месяцы — июнь, июль и август. Наиболее холодными являются январь и февраль; оттепели в эти месяцы вообще редки и кратковременны.

Для более подробного ознакомления с метеорологическими условиями района Заповедника за период исследований (1937—1941 гг.) обратимся к данным табл. 17 и 18.

Табл. 17 и 18 распределения температур и осадков по месяцам указывают в общем на сравнительно невысокие температуры при достаточно больших количествах осадков как в летний, так и в зимний период. Более подробные данные представлены на фиг. 9, по которой легко прослеживаются колебания осадков по пятидневкам и ход среднесуточных температур воздуха с июля 1937 г. по июнь 1941 г.

Все четыре года, в течение которых велись наблюдения над водным режимом почв, заметно отличаются друг от друга в метеорологическом отношении. Средняя температура и годовая сумма осадков за 1937 г. близки к многолетним средним, вследствие чего этот год мы можем условно назвать «нормальным» годом. 1938 и 1939 гг. характеризуются исключительно засушливым летом, а 1940 г.— исключительно холодными и дождливыми летом и осенью.

Зимние периоды, предопределяющие в значительной степени ход увлажнения почвы весной и влияющие в дальнейшем на состояние увлажнения в летний период, также имеют свои особенности. Зима 1937—1938 гг. характеризуется мощным снеговым покровом, толщина которого достигла в марте 60 см. Сильные морозы наступили уже после того, как выпал снег, мощность которого достигла к этому времени 15—20 см, а в наиболее холодный месяц—январь—мощность снегового покрова была около 40 см. Благодаря этому, промерзания почвы в лесу в эту зиму не наблюдалось. Довольно слабые оттепели были отмечены в феврале и несколько более сильные в марте. Снеготаяние началось в апреле, протекало довольно дружно и к маю снеговой покров в лесу исчез.

Зима 1938—1939 гг. заметно отличается от предыдущей: сильные морозы наступили в середине декабря, снеговой же покров установился лишь в конце декабря, вследствие чего почва успела значительно промерзнуть до того, как выпал снег. Мощность снегового покрова была небольшой (10—20 см), с максимальной величиной 30 см в конце марта, и почва, промерзшая осенью, еще глубже промерзла в течение малоснежной зимы. Сравнительно частые оттепели в январе и особенно в феврале и марте вызвали образование под снегом ледяной корки. Снег сошел в конце апреля.

В зиму 1939—1940 гг. снеговой покров установился в конце ноября, но мощность его в лесу до середины декабря, когда наступили устойчивые и значительные морозы (до —12° С), не превысила 5—6 см. В январе, при морозах, державшихся от —20 до —30°, доходивших иногда до —40° и до—44°, снежный покров постепенно увеличивался до 40 см, что, однако, не спасло почву от значительного промерзания, которое в лесу достигало 25—30 см, а в поле 40—50 см. Максимальной толщины (70 см) снеговой покров достиг лишь в марте. До марта оттепелей не было. Снеготаяние, начавшееся в апреле, было растянуто из-за частых заморозков, и снег в лесу сошел лишь в конце первой декады мая, а в поле на несколько дней раньше.

Таблица 17

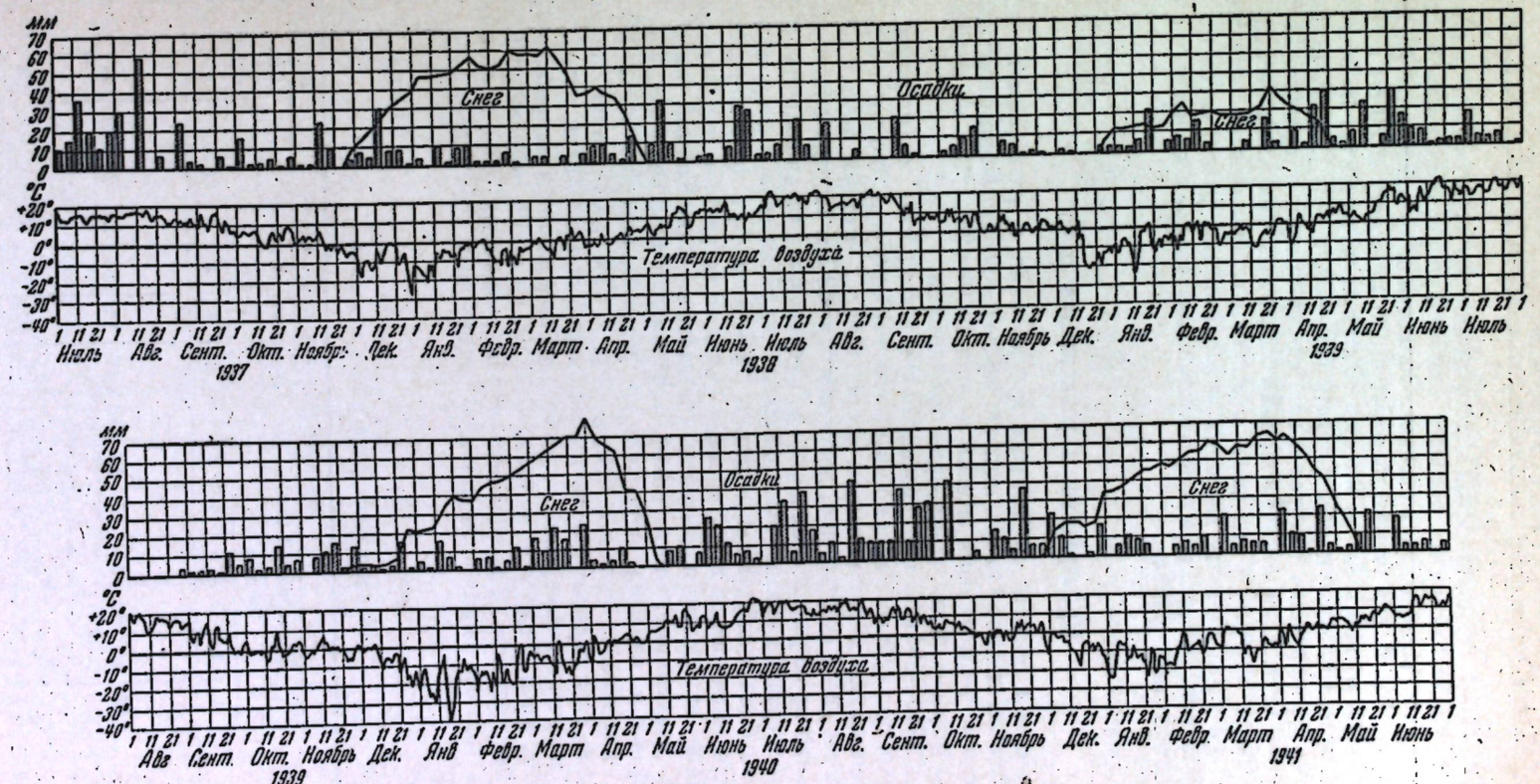
Средние месячные температуры (по данным метстанции Заповедника)

Пункт	Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Заповедник, лес	1937	—11.2	— 7.4	—2.8	4.4	10.8	14.8	15.1	15.7	11.6	4.6	—0.2	—9.9	+3.8
» »	1938	— 8.4	— 5.9	—0.8	1.2	9.6	12.8	19.8	18.0	11.9	5.4	2.3	—8.6	+4.8
» »	1939	— 8.4	— 3.4	—4.0	1.7	8.5	14.5	17.2	16.2	6.5	—0.5	—1.0	—7.5	+3.4
» »	1940	—17.8	—14.3	—7.6	0.4	9.8	13.0	15.9	14.8	10.1	2.3	1.0	—7.7	+1.7
» »	1941	—14.7	— 9.6	—6.6	—0.8	5.6	11.6	—	—	—	—	—	—	—
Заповедник, поле . . .	1937	—	—	—	—	13.2	16.8	16.0	16.9	12.2	4.9	—0.3	—9.9	—
» » . . .	1938	— 8.4	— 6.1	—0.5	2.0	10.2	13.7	21.4	19.4	12.4	5.6	2.3	—9.0	+5.3
» » . . .	1939	— 8.6	— 3.6	—3.9	5.3	9.3	15.3	18.4	17.5	6.9	0.5	—1.2	—7.6	+4.0
» » . . .	1940	—17.9	—14.3	—7.5	0.8	11.4	13.9	16.9	15.4	10.4	2.2	0.9	—7.8	+2.6
» » . . .	1941	—14.5	— 9.7	—6.6	—0.5	6.3	11.6	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 18

Осадки по месяцам, в мм (по данным метстанции Заповедника)

Пункт	Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Заповедник, лес	1937	13.6	57.8	39.9	10.0	37.8	26.8	112.5	95.5	38.1	30.0	38.7	60.2	560.8
» »	1938	34.9	12.5	16.9	13.8	45.3	68.2	39.9	24.3	30.2	32.8	17.2	10.0	346.0
» »	1939	38.7	34.9	23.0	68.4	84.2	28.4	34.3	3.8	25.6	40.7	51.6	27.8	461.4
» »	1940	31.3	32.6	87.4	23.0	25.7	72.9	115.9	84.3	128.4	46.5	89.5	58.1	795.6
» »	1941	32.4	28.2	47.9	67.8	45.0	40.9	—	—	—	—	—	—	—
Заповедник, поле . . .	1937	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42.2	67.3	41.5	—
» » . . .	1938	29.4	20.4	26.2	39.4	50.4	82.7	48.9	25.5	32.2	63.3	64.8	21.6	504.8
» » . . .	1939	36.1	24.2	22.9	67.2	90.0	24.9	56.8	2.90	25.1	41.5	48.9	17.1	457.6
» » . . .	1940	23.4	26.0	63.9	23.7	24.4	63.7	105.6	80.0	135.5	44.7	76.3	37.6	704.8
» » . . .	1941	21.1	15.8	41.6	68.8	47.3	37.6	—	—	—	—	—	—	—



Фиг. 9. Осадки, снеговой покров и температура воздуха в еловом лесу.

Глубина снегового покрова в том же масштабе, что и для осадков, но в см.

В 1940—1941 гг. постоянный снежный покров установился в конце ноября. Осенние заморозки вызвали слабое промерзание лишь в поле до 7—10 см, а в лесу оно отсутствовало. Снежный покров быстро нарастал, и к январю 1941 г. его мощность достигла 35 см в лесу и 30 см в поле. Максимальной толщины (65 см в лесу и 60 см в поле) он достиг по обыкновению в марте. Сильные морозы в январе (от —20 до —25°) вызвали лишь неглубокое промерзание, которое в лесу не превышало в среднем 12 см, а в поле 13—15 см. Слабые оттепели были отмечены в феврале и несколько более сильные в марте. Устойчивое снеготаяние, как обычно, началось в апреле, но из-за сильных весенних заморозков оно растянулось почти до середины мая, когда снег в лесу сошел окончательно. В поле снег исчез на несколько дней раньше.

Промерзание и размерзание почв

Остановимся вкратце на вопросе промерзания и размерзания почв на опытных площадках в лесу и на поле. Более подробные данные имеются, к сожалению, лишь за один зимний период 1940—1941 гг., а за предшествующие зимы — лишь отрывочные наблюдения.

В зиму 1940—1941 гг. промерзание почвы в лесу было весьма неравномерным как по глубине, так и по интенсивности процесса: в один и тот же день промерзание местами совсем отсутствовало, местами было слабое и неглубокое (2—5 см), местами достигало 10—12 см. Иногда оно сковывало верхний промерзший слой довольно крепко, а иногда довольно слабо. В поле промерзание обычно было сильнее и глубже: если в лесу максимальная глубина промерзания достигала 12—15 см, то в поле 15—20 см. Отмеченная выше пятнистость промерзания в пространстве и различная его глубина обусловлены разными причинами. Важнейшими из них являются, повидимому, микрорельеф, связанная с ним мощность снегового покрова и характер напочвенного растительного покрова. Как известно, чем мощнее снежный покров, тем слабее промерзание почвы. Если в поле снег распределяется неравномерно под влиянием ветра, то в лесу он ложится тоже неровным слоем вследствие влияния микрорельефа и древесных крон. Так, в зиму 1940—1941 гг. на очень небольшой площади в лесу разница в толщине снега для различных точек достигала 10—25 см, как это видно из показаний снегомерных реек (табл. 19).

Таблица 19

Распределение снега в лесу и в поле

Дата	Мощность снегового покрова (см)														
	Площадка № 1 (лес)						Площадка № 2 (лес)						Поле		
	Рейки						Рейки						Рейки		
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3
15 декабря 1940	17	20	15	19	15	18	16	16	14	13	24	27	24	23	24
25 марта 1941	64	72	71	60	50	78	60	59	65	58	70	53	53	60	57

Резко выраженный микрорельеф на наших опытных площадках обусловливает перераспределение влаги осадков: депрессии увлажнены всегда сильнее, чем повышенные точки, и, кроме того, над первыми снежный покров всегда будет более мощным, чем над вторыми; следовательно, депрессии должны промерзать слабее, чем всхолмления. Пестрый травянистый и моховой покров также способствует созданию пестроты промерзания. Специальные исследования в подзолистой зоне многих авторов и в особенности Н. А. Качинского (1927), М. И. Сахарова (1938, 1945), Н. И. Костюкевича и П. Д. Червякова (1940) согласно указывают, что, во-первых, почва в поле промерзает значительно глубже, чем в лесу, и во-вторых, что степень промерзания связана с мощностью снегового покрова, с микрорельефом и мощностью напочвенного растительного покрова, а в особенности с мощностью подстилки и мохового покрова.

Приведем данные по промерзанию и оттаиванию почвы в зиму 1940—1941 гг. на наших опытных площадках (табл. 20).

Таблица 20

Промерзание и оттаивание почвы на опытных площадках зимой 1940—1941 гг.

Время наблюдений	Мощность снегового покрова (см)			Средняя темпер. воздуха (°С)		Глубина промерзания (см)		
	Лес		Поле			Лес		Поле
	Площ. № 1	Площ. № 2	Площ. № 3	Лес	Поле	Площ. № 1	Площ. № 2	Площ. № 3
11 ноября	—	—	—	—4.0	—4.3	0	0	7—11
21 »	—	—	—	+4.0	+3.9	0	0	9—17
1 декабря	5	5	3	—11.9	—11.9	0	0	10—14
11 »	18	20	25	—5.8	—5.9	0	0	9—12
21 »	16	17	24	—4.5	—4.4	0	0	8—14
1 января	34	35	31	—19.2	—19.3	2—4	3—5	10—15
11 »	37	38	35	—7.3	—7.6	3—4	2—5	7—13
21 »	42	45	45	—17.1	—16.6	4—8	4—5	4—12
1 февраля	44	48	47	—19.0	—18.3	3—10	9—10	9—15
11 »	52	51	49	—0.4	—0.4	9—12	8—12	10—14
21 »	52	54	54	—11.8	—12.6	12—15	13—15	12—30
1 марта	58	56	53	—9.0	—8.8	8—12	8—10	?
11 »	57	51	57	—1.7	—2.0	7—10	6—10	?
21 »	62	58	56	—11.0	—11.4	7—15	8—12	?
11 апреля	58	52	51	—7.3	—7.0	7—9	7—10	9—25
14 »	—	—	—	+0.1	0.0	0—13	0—13	8—17
17 »	—	—	—	+1.0	+1.2	0—4	4—5	0—8
19 »	56	—	—	—0.4	+0.1	0—2	2—7	0—8
22 »	—	—	—	+0.9	+0.8	0—1	0—5	0
26 »	48	—	—	—0.1	0.0	0	0—5	0
1 мая	41	—	—	+3.4	+6.0	0	0—5	0
5 »	22	—	—	+3.9	+5.6	0	0—5	0
7 »	—	—	—	+2.5	+3.1	0	0—1	0
10 »	14	—	—	+0.3	+0.5	0	0	0
17 »	0	—	—	+4.5	+4.5	0	0	0

В дополнение к данным табл. 20 отметим, что смерзание почвы в лесу было слабое — лопата проходила в мерзлый слой легко, в поле же смерзание сильное — лопата с трудом брала мерзлую почву. Влажность почвы на всех площадках в январе — марте 1941 г. была очень высокая, зна-

чительно выше величины наименьшей влагоемкости (см. дальше, фиг. 15, 16 и 17), так что большая часть порозности была занята водой. На основании этого можно с уверенностью говорить о том, что небольшие различия во влажности не могли явиться причиной больших различий в смерзании почвы в лесу и в поле. Наиболее вероятная причина явления лежит в напочвенном растительном покрове.

Приведенные данные подтверждают высказанные выше положения о причинах, влияющих на глубину промерзания почвы. Следует добавить, что почва в лесу, уйдя под снег талой, все же стала промерзать и к январю промерзла, правда, лишь местами, до 2—5 см, несмотря на снеговой покров, достигавший 34 см. В дальнейшем промерзание усиливалось и 21/II достигло максимума, равного 12—15 см, при мощности снегового покрова, равной 54 см. Следовательно, при наличии продолжительных низких температур воздуха даже довольно мощный снеговой покров не спасает почву от промерзания. Картина, близкая к описанной, рисуется в работе Н. А. Качинского (1927, стр. 39) в зиму 1925—1926 гг., но лишь для залежи, опушки леса и вырубки в лесу. В самом лесу промерзание было ничтожное (0.5 см) и пятнами. Очевидно, основные факторы, обусловливающие это явление, — мощность снегового покрова и температура воздуха, а от соотношения этих факторов и длительности их действия зависит и самая глубина промерзания.

С 1/III, как видно из приведенной выше таблицы, начинается оттаивание почвы, что нельзя не поставить в связь с увеличением мощности снегового покрова и повышением температуры воздуха. Охлаждение верхних слоев почвы, происходящее через снежный покров, превышало нагревание их теплом, притекающим из глубоких слоев, вследствие чего до 1/III происходило постепенное углубление промерзания, а с 1/III соотношение притока и отдачи тепла, повидимому, изменилось в обратную сторону, и началось оттаивание промерзшей почвы. Как было показано Качинским (1927), производившим исследования по Московской области, размерзание почв идет преимущественно снизу, за счет притока тепла из глубоких слоев. Но вместе с тем Качинский наблюдал и такие случаи, когда оттаивание шло одновременно и снизу и сверху, что имело место при маломощном снежном покрове, исчезавшем прежде, чем заканчивалось размерзание, происходившее под влиянием притока тепла из глубоких слоев почвы. В этих случаях почва начинает оттаивать и сверху под непосредственным воздействием лучей солнца и теплого воздуха.

Говоря об оттаивании почвы весной, нельзя не отметить, что в лесу это явление должно протекать иначе, чем в поле, в силу резкого различия в напочвенном растительном покрове. Вот что пишет об этом В. Р. Вильямс (1947, стр. 79): «Ранней весной кроны и стволы деревьев днем нагреваются и в течение круглых суток поглощенное тепло легко передается вниз, к основанию ствола, так как живое влажное дерево представляет прекрасный проводник тепла. Здесь тепло беспрерывно расходуется на с о г р е в а н и е п о ч в ы и о т т а и в а н и е с н е г а в о к р у г стволов излучением темного тепла. Еще задолго до обнажения почвы кольцом вокруг ствола мы уже находим талую почву вокруг всех толстых корней дерева, вследствие чего вода может проникать как в талую почву леса, так и в рыхлый слой подстилки. Вследствие этого все количество весенней воды впитывается в лесную подстилку и отчасти в талую почву леса».

Такую же картину снеготаяния в лесу, только что приведенную из работы В. Р. Вильямса, и то же самое объяснение образования приствольных воронок в снегу дает также Г. А. Харитонов (1949) для условий Шипова леса. Поэтому следует ожидать, что в лесу оттаивание почвы должно

происходить не только снизу, но и сверху, тогда как в поле преимущественно снизу, если процесс протекает при наличии довольно мощного снежного покрова. Наши данные и данные Харитонова являются достаточно убедительной иллюстрацией к только что приведенным высказываниям В. Р. Вильямса по обсуждаемому вопросу.

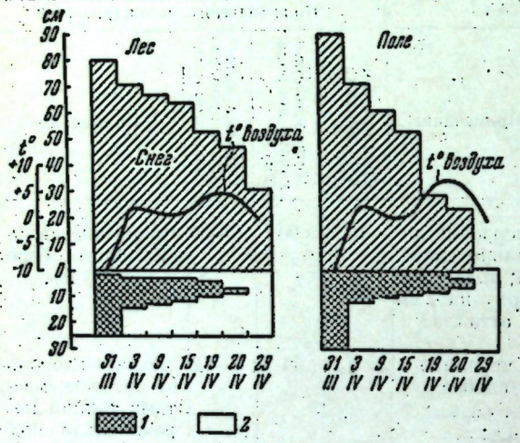
Приведем имеющиеся у нас данные по размерзанию почвы весной 1940 г. Зима 1939—1940 гг. была очень сурова, и почва промерзла в лесу до 30 см, в поле до 40—50 см. Размерзание началось в марте и происходило преимущественно снизу, а в лесу частично и сверху (табл. 21 и фиг. 10).

Таблица 21

Размерзание почвы в лесу и в поле весной 1940 г.

Время наблюдений	Лес, площадка № 1				Поле (пашня), площадка № 3			
	Средняя темпер. воздуха (°С)	Мощность снегового покрова (см)	Глубина залегания промерзшего слоя (см)	Примечание	Средняя темпер. воздуха (°С)	Мощность снегового покрова (см)	Глубина залегания промерзшего слоя (см)	Примечание
31 марта	—10.6	80	2—25	Смерзание довольно сильное; подстилка сверху на 2 см оттаяла	—10.3	90	0—30	Смерзание сильное; лопата берет с трудом
3 апреля	+ 2.2	71	3—14	Смерзание слабое	+ 2.5	71	0—12	Смерзание довольно сильное; местами тонкая корочка льда под снегом
9 апреля	+ 0.8	67	3—13	Смерзание слабое	+ 0.7	61	0—10	Смерзание довольно сильное; корочка льда около 1 см
15 апреля	+ 0.6	64	3—12	Смерзание слабое, слабее, чем 9 апреля; воды под снегом нет	+ 0.6	53	0—9	Смерзание значительное; под снегом много воды; наблюдается заметный сток
19 апреля	+ 4.5	53	4—10	Смерзание слабое; подстилка оттаяла, но воды в ней нет	+ 6.8	29	0—8	Ледяная корка местами до 2 см; под коркой тонкий слой воды; под мерзлым слоем воды нет
20 апреля	+ 4.8	47	7—9	Смерзание весьма слабое	+6.2	24	3—6	Сверху почва оттаяла на 3 см; глубже, до 7—8 см, еще значительное смерзание
29 апреля	— 0.7	31	—	Почва оттаяла; редкие кристаллы льда на глубине 7—9 см	— 0.5	1—0	—	Почва оттаяла; редкие кристаллы льда на глубине 5—7 см

С промерзанием и размерзанием почвы, как известно, связан непосредственно целый ряд явлений, относящихся к водному режиму почв, и прежде всего характер весеннего промачивания почв талыми снежными водами. Поэтому, естественно, возникает вопрос о водопроницаемости мерзлых почв. Общепринятого по этому вопросу мнения не существует, но среди большинства исследователей укоренилось представление о мерзлой почве как о водонепроницаемой, что в качестве непреложной истины вошло и в учебники по метеорологии. Некоторые же исследователи, в том числе А. А. Шалабанов (1903), Н. А. Качинский (1927) и др., считают, что мерзлая почва водопроницаема, но в меньшей мере, чем талая, причем причину этого они видят в том, что крупные поры, червоточины, трещины, различной величины пустоты по ходу сгнивших корней лишь частично заняты замерзшей водой и в них, следовательно, остается достаточно свободного пространства для образования водопроводящей системы. Качинский (1927) поставил опыт на водопроницаемость почвы, промерзшей на 33 см и имеющей влажность для пахотного слоя в 32.5%, пользуясь для опыта водой из-под снега при температуре 0.0° С. В результате, вода в течение часа впиталась в почву в количестве 17 мм — «величина весьма заметная, хотя и много меньшая, нежели водопроницаемость талой почвы» (стр. 65). Дальнейшее обследование показало, что «с поверхности почва размерзлась в среднем на 3 мм. В остальной толще она осталась мерзлой, но местами заметно была смочена и слегка мазалась. Червоточины и другие пустоты, по которым главным образом просачивалась вода, увеличивались в своем свободном от льда диаметре, но даже в них целиком лед не растаял. Таким образом, талая снежная вода, проникая сквозь мерзлую почву, размораживает в ней лишь отдельные канальцы и ходы. И только после длительного воздействия талых вод мерзлая почва может и совсем оттаять» (стр. 65). Очевидно, чем влажнее мерзлая почва, тем меньше ее водопроницаемость, но лишь «почва переувлажненная, представляющая сплошной оледенелый слой, абсолютно непроницаема для воды» (стр. 65).



Фиг. 10. Размерзание почвы весной 1940 г.
1 — почва мерзлая; 2 — почва оттаявшая.

В своих опытах по водопроницаемости почв и грунтов в Барабе П. И. Сребрянская (1945) приводит следующие данные (табл. 22). Водопроницаемость мерзлых почв и грунтов Сребрянская связывает с величиной их влажности, подчеркивая, что с увеличением влажности уменьшается водопроницаемость. На гриве, где влажность почв относительно небольшая, водопроницаемость мерзлых почв всего лишь в два раза меньше, чем у талых почв, на склоне и в приболотном поясе, увлажненных значительно сильнее по сравнению с гривой, водопроницаемость мерзлых почв уже в 10 раз меньше, чем у талых, а в низинном болоте, насыщенном водой, мерзлые торфа практически водонепроницаемы.

Все вышеизложенное о промерзании, размерзании и водопроницаемости мерзлых почв даст нам возможность, как увидим ниже, лучше понять ход влажности почв на наших опытных площадках в зимний и весенний периоды.

Таблица 22

Водопроницаемость мерзлых и талых грунтов в Барабе
(по П. И. Сребрянской)

Пункт	Коэффициент фильтрации (*K*) в см/сек	
	мерзлый грунт	талый грунт
1. Грива	0.00120	0.00220
2. Склон от гривы к приболотному поясу	0.00035	0.00350
3. Приболотный пояс	0.00008	0.00080
4. Низинное болото	0.00000	0.00220

Динамика влажности почв

Наблюдения над влажностью почв велись круглый год.

В табл. 23, 38 и 40 приводятся среднемесячные величины влажности этих почв. * Кроме того, для наглядности эти последние данные представлены на фиг. 11, 12 и 13 в виде изолиний влажности.

Прежде чем перейти к рассмотрению хода влажности наших почв, остановимся на вопросе о том, что же именно характеризуют собою хроноизоплеты абсолютной влажности. Из табл. 5, 6 и 7 видно, что физические свойства различных слоев почвы сильно изменяются вниз по профилю, в особенности в верхней его части. Поэтому одинаковые величины абсолютной влажности, относящиеся к различным слоям почвенного профиля, будут неравноценны с точки зрения характеристики ими степени увлажнения этих слоев: верхний слой в таком случае всегда окажется сильнее увлажнен, чем нижний. Показателем же степени увлажнения почвы является, как известно, относительная влажность, т. е. влажность, выраженная в процентах какой-либо константы влажности, лучше всего от наименьшей влагоемкости. Вместе с тем составленные нами хроноизоплеты абсолютной влажности в достаточной степени достигают поставленной перед ними цели — наглядно изобразить ход влажности почвы в зависимости от обусловливающих его факторов.

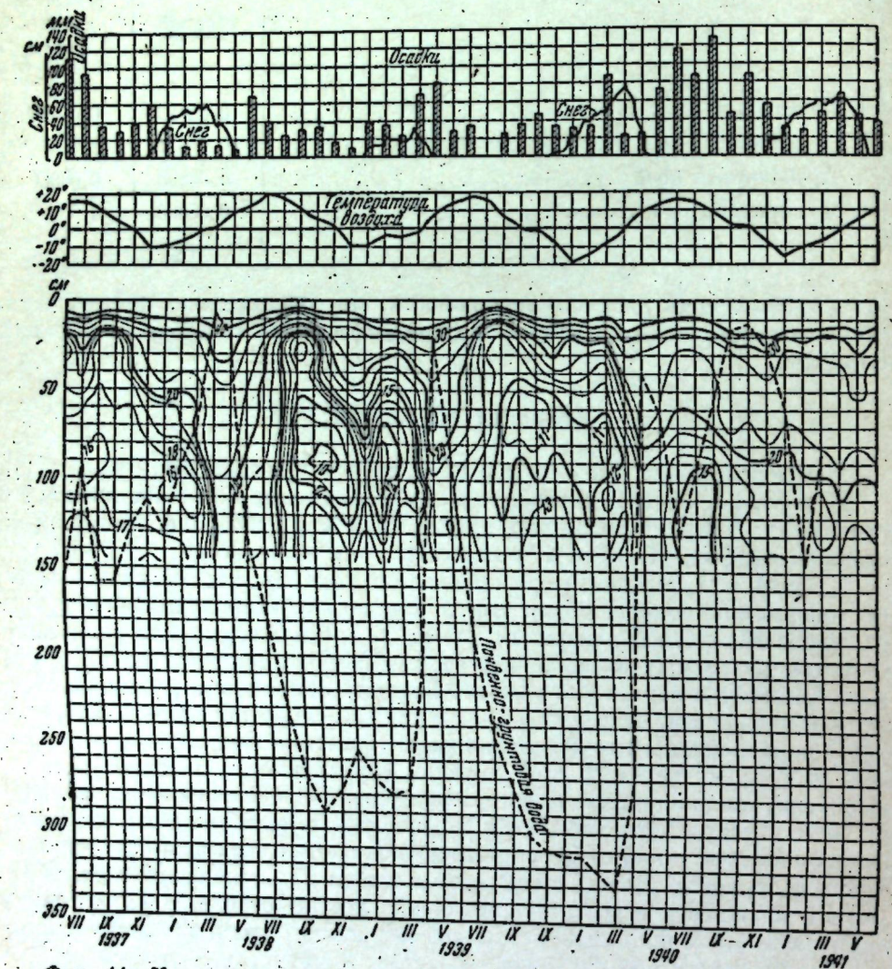
Графики хроноизоплет влажности почвы составлены следующим образом: на оси абсцисс отложены сроки наблюдений, а на оси ординат, по глубинам почвенного профиля (от 0 до 150 см) — среднемесячные величины абсолютной влажности.

Более длительные наблюдения над влажностью почвы производились на площадке № 1 (дерново-среднеподзолистая почва, сложный ельник), данные для которой мы и подвергнем рассмотрению прежде всего.

Обратимся к графику фиг. 11, который изображает ход среднемесячных величин влажности почвы на площадке № 1.

* В приложении (табл. 1а — 12а) приводятся подробные данные абсолютной влажности почв (в % от веса сухой почвы) по всем срокам наблюдений.

При самом беглом просмотре графика бросаются в глаза прежде всего периоды весеннего промачивания почвы, периоды летнего ее иссушения и периоды относительно устойчивой влажности почвы, ушедшей под снег при той или иной степени осеннего увлажнения. Нетрудно видеть, что интенсивность процесса находится в прямой связи с погодными условиями, определяемыми в основном соотношением осадков и температур воздуха.



Фиг. 11. Хронизоплеты абсолютной влажности дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1.

Выше были охарактеризованы различия метеорологических условий каждого года. Эти различия и наложили свой отпечаток на изменение влажности почвы. Динамика влажности так отчетливо прослеживается на графике, что подробные объяснения к нему вряд ли необходимы. Остановимся лишь на основных чертах этой динамики по периодам года и оттеним ее особенности для каждого года в отдельности.

Летне-осенний период 1937 г. характеризуется выпадением больших количеств осадков, обусловивших, несмотря на довольно высокие температуры воздуха, значительное увлажнение почвы. Под снег в зиму 1937—

1938 гг. почва ушла, следовательно, значительно увлажненной и притом, как отмечалось выше, незамерзшей. Вполне понятно поэтому, что слабые оттепели в феврале и более сильные в марте 1938 г. вызывали заметное увлажнение почвы до глубины 80—90 см. В апреле началось дружное снеготаяние, которое вызвало быстрое и сильное промачивание всего профиля почвы, достигшее максимума в начале мая. Уже мартовские оттепели, усилившиеся в конце месяца, вызывали 22/III внутрипочвенный сток, а 26/III поверхностный сток, постепенно увеличивавшийся в апреле. Сток поверхностный с перерывами продолжался до 12/V, а внутрипочвенный без перерыва до 20/V, причем он поддерживался в мае не столько талыми водами (так как снежный покров в лесу к маю уже исчез), сколько довольно обильными осадками, выпавшими в первой половине мая, как это отчетливо видно на фиг. 9, на которой подробно изображены ежесуточный ход температур воздуха и пятидневные суммы осадков. С мая началось просушивание почвенного профиля, которое происходило сначала под влиянием главным образом оттока почвенно-грунтовых вод, но с середины мая, когда установилась среднесуточная температура≈10° и выше, т. е. когда начался собственно вегетационный период, * на первое место выступили десукция и испарение. Относительно небольшие осадки в летний период при высоких температурах воздуха не могли покрыть расходы влаги на испарение и десукцию, что привело к быстрому и интенсивному просушиванию всего почвенного профиля, неуклонно продолжавшемуся до октября, о чем говорят почти вертикальные изолинии фиг. 11. Максимум просыхания почвы падает на сентябрь. Но в октябре температура воздуха понизилась до +5°С, вегетационный период закончился, и небольшие осадки в октябре, ноябре и отчасти декабре уже вызывали заметное повышение влажности верхних слоев почвы до глубины 60—90 см, в то время как влажность нижних слоев почв оставалась почти неизменной. К сентябрю на глубине 60—120 см образовался наиболее просушенный слой, с влажностью 10—12%. Это относительно сухое пятно устойчиво сохранялось до весны 1939 г.

Напомним, что метеорологические условия 1939 г. характеризуются малоснежной и довольно мягкой зимой с частыми оттепелями, небольшими весенними осадками, сухим и жарким летом и небольшими осенними осадками. Почва к зиме 1938—1939 гг. пришла значительно слабее увлажненной, чем к зиме 1937—1938 гг. Значительные морозы до установления снегового покрова (фиг. 9) вызвали заметное промерзание почвы до глубины 15—25 см. Оттепели в январе и особенно в феврале при маломощном снежном покрове привели к образованию под снегом небольшой ледяной корки. Эти условия определили ход влажности зимой и весной 1939 г. Январские и февральские оттепели увлажнили верхний слой почвы, но на глубине 30—90 см в эти месяцы отмечалось уменьшение влажности, обусловленное, повидимому, стеканием вглубь избыточной влажности, которая образовалась при осеннем промачивании почвы. Верхний 25 см слой почвы, с общей водовместимостью 165.6 мм, имел на 1/IV 1939 г. запас влаги всего 101.7 мм, а его свободная водовместимость была 64 мм, т. е. он, вероятно, смог бы поглотить всю талую воду, запас которой на 1/IV выражался всего в 52.7 мм. Но ледяная корка под снегом препятствовала быстрому проникновению воды в почву; это обстоятельство, а также выпавшие в апреле твердые и жидкие осадки вызвали небольшой поверхностный сток (4.9 см), продолжавшийся с перерывами с 22/IV по 8/V, и более сильный внутри-

* По данным мирового агро-климатического справочника (1937), начало и конец вегетации большинства растений лесной подзолистой зоны приурочены к установлению устойчивой среднесуточной температуры воздуха в пределах (+5° С) — (+10° С).

Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы).

Генетический горизонт	Слои (см)	1937 VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
A_0	0—4	222.0	208.0	178.0	227.0	269.0	336.0	294.0	308.0	343.0
A_1'	4—9	41.7	43.1	32.0	35.1	39.7	46.3	47.3	54.7	54.0
A_1''	9—16	27.0	30.6	23.1	25.4	27.7	33.2	35.2	34.1	36.2
A_2	16—25	18.3	22.1	17.4	17.1	20.9	23.9	24.3	25.3	25.9
A_2B	25—35	17.3	19.7	16.3	16.7	19.8	22.7	22.5	23.6	24.6
B	35—45	18.5	19.4	17.3	17.5	18.6	21.9	23.4	22.0	22.5
	45—55	18.0	18.6	16.9	17.4	17.6	20.2	21.2	20.1	20.9
BC_1	55—65	17.5	17.1	16.3	17.1	16.9	18.5	18.9	19.2	20.0
C_1	65—75	16.8	16.6	16.4	16.4	16.6	17.7	18.7	19.0	20.3
C_2	85—95	16.5	16.0	15.0	16.7	15.5	16.3	16.9	16.2	18.0
	100—110	16.5	16.0	16.8	16.4	15.5	16.6	15.8	15.5	15.2
	120—130	17.9	18.5	17.5	16.9	16.6	16.8	16.3	16.5	16.1
	140—150	18.4	18.5	18.8	17.7	17.4	18.1	17.9	17.4	16.2
Уровень почвенно-грунтовой воды по кол. 38, 11 и 11а (см)		158	96	158	158	128	111	129	94	70

Генетический горизонт	Слои (см)	1939 VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
A_0	0—4	172.0	79.8	74.3	130.0	165.0	198.0	211.0	209.0	210.0
A_1'	4—9	47.3	28.7	24.8	38.8	48.2	52.3	52.4	49.0	52.2
A_1''	9—16	30.5	20.3	16.9	22.2	28.1	30.8	28.8	31.0	29.3
A_2	16—25	22.5	15.6	12.8	16.0	20.0	23.0	18.9	21.0	20.8
A_2B	25—35	20.5	14.4	12.0	13.7	17.1	21.3	18.6	17.4	16.8
B	35—45	19.2	15.8	13.2	12.2	14.6	17.2	17.6	15.8	14.8
	45—55	19.0	15.8	12.5	10.9	11.2	11.9	14.0	14.2	13.0
BC_1	55—65	18.7	15.8	11.3	10.3	10.1	11.3	12.6	12.5	12.1
C_1	65—75	18.6	15.7	11.2	10.4	10.2	11.3	11.3	11.9	10.2
C_2	85—95	15.7	13.4	11.3	12.4	11.3	12.4	11.7	11.5	11.0
	100—110	14.1	12.6	11.5	12.6	12.6	12.9	12.4	11.6	13.3
	120—130	14.3	13.2	12.1	12.7	13.4	13.6	12.8	12.0	12.8
	140—150	14.7	13.7	12.2	13.1	13.3	13.6	13.5	12.8	11.9
Уровень почвенно-грунтовой воды по кол. 38, 11 и 11а (см)		188	246	276	301	309	312	312	321	330

Таблица 23

Средние месячные. Водно-балансовая площадка № 1. Сложный ельник

1938 IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1939 I	II	III	IV	V	VI
360.0	338.0	211.0	163.0	91.0	95.3	179.0	202.0	225.0	251.0	417.0	383.0	490.0	217.0	198.0
55.1	60.1	51.0	39.9	30.9	23.3	34.4	41.3	39.2	55.4	61.8	60.4	70.6	74.0	45.5
44.5	41.3	34.2	30.2	22.5	20.7	24.9	25.7	25.4	30.0	34.7	39.9	48.4	42.1	36.6
32.9	33.9	26.1	21.5	16.0	12.2	14.4	21.3	23.4	24.3	23.8	24.2	29.2	29.7	25.7
31.8	31.2	24.6	20.5	14.4	11.4	12.7	19.8	22.7	23.6	21.7	19.9	22.9	24.9	22.9
26.8	27.9	22.5	20.5	15.3	13.0	14.2	18.1	21.4	20.4	16.8	17.5	20.2	22.6	21.2
25.3	25.3	21.8	19.3	15.5	12.3	12.3	15.5	19.0	19.7	15.2	15.0	17.2	21.4	21.3
24.5	24.7	21.5	19.3	15.9	11.5	11.9	12.4	15.1	16.2	13.5	13.5	16.6	22.0	21.6
24.6	23.8	21.0	19.3	15.8	10.3	10.8	10.7	11.9	16.5	11.5	12.6	14.6	22.4	20.9
24.0	22.6	19.5	18.2	14.7	10.4	9.8	9.4	10.9	12.8	10.4	11.6	14.5	19.3	17.3
21.0	20.7	18.0	17.3	13.9	12.4	12.2	10.9	10.4	12.6	10.7	13.5	12.3	16.7	16.3
19.0	20.3	17.7	17.9	14.6	12.2	14.2	13.4	11.8	13.8	12.1	14.6	14.8	16.5	17.1
20.0	20.1	17.8	18.3	14.3	12.6	13.9	13.5	13.4	15.2	13.7	14.7	13.8	16.1	16.6
6	20	130	179	230	270	290	277	253	270	279	276	200	22	86

Таблица 23 (продолжение)

1940 IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1941 I	II	III	IV	V	VI
406.0	203.0	208.0	196.0	195.0	250.0	323.0	390.0	426.0	425.0	504.0	636.0	574.0	426.0	333.0
54.6	45.0	41.4	38.0	34.9	41.0	57.4	52.6	58.5	53.7	49.6	51.9	44.3	44.8	45.2
30.6	28.7	27.2	23.8	23.7	25.4	31.8	32.0	36.2	28.3	31.8	27.2	28.1	36.5	29.6
26.0	25.2	24.0	21.2	21.2	22.3	24.2	26.8	28.8	25.1	24.4	26.7	26.4	29.8	26.2
22.3	24.7	23.2	20.9	20.2	21.4	24.1	24.9	26.9	24.9	23.7	23.8	25.4	26.7	24.9
20.8	23.6	22.3	19.9	20.4	20.7	23.9	23.4	24.8	22.6	23.9	23.3	25.3	27.0	25.4
18.1	22.7	22.0	19.7	20.2	20.4	24.0	22.9	24.0	23.3	23.0	24.6	23.5	24.5	23.6
15.1	22.5	21.0	18.5	18.7	19.7	22.8	21.3	24.2	21.6	22.1	22.5	23.5	24.1	23.2
12.1	18.5	17.0	15.2	15.1	15.1	17.9	19.8	19.1	19.2	20.5	21.6	22.1	20.5	21.9
12.6	16.5	16.6	15.4	14.3	14.8	17.5	17.3	19.8	18.6	19.2	18.0	20.4	19.6	19.0
11.5	16.2	16.4	14.6	14.1	15.1	17.5	18.4	18.6	18.2	18.5	17.3	18.2	17.8	18.5
13.0	16.9	16.4	15.2	14.3	15.0	17.7	17.6	19.1	19.1	18.2	18.5	18.0	17.6	17.4
268	39	63	133	93	58	16	13	26	61	146	85	?	?	?

почвенный сток (13—15 мм) в слое 0—60, длившийся с 21/IV по 12/V. Этот сток в первой декаде мая поддерживался за счет выпавших жидких осадков (23.2 мм). Таким образом, бо́льшая часть воды растаявшего снега и выпавших осадков, как видим, постепенно впитывалась в почву, несмотря на ее промерзание и на ледяную корку, которая была не сплошной.

Явления стока будут подробно рассмотрены в особой главе, здесь же мы приводим лишь некоторые данные, чтобы правильнее оценить ход влажности почвы и ее увлажнение в весенний период. Для лучшего обозрения представим все это в виде отдельной таблички:

Запас воды в снеге на 1/IV 1939 г.	+52.7 мм
Осадки, проникшие под полог леса в апреле	+51.4 »
То же в мае (1—12)	+23.2 »
Испарение с поверхности снега 1—24/IV (см. главу 5)	— 4.6 »
Итого приход	122.8 мм

Запас влаги в слое почвы 0—150 см к 1/IV	392.3 мм
То же к 11/V	487.3 »
Увеличение запаса влаги в почве за период 1/IV—11/V	95.0 »
Сток поверхностный и внутрипочвенный	18.0 »
Просочилось в глубокие слои (глубже 150 см)	9.8 »

В результате весной 1939 г. наблюдалось промачивание всего почвенного профиля, но, как видно из графика, это промачивание привело к значительно более слабому его увлажнению, чем весной 1938 г. Подсчеты показывают, что если в мае 1938 г. средний запас влаги в почвенно-грунтовой толще 0—150 см равнялся 573.5 мм, то в мае 1939 г. он достиг лишь 496.6 мм. В засушливое лето и относительно сухую первую половину осени шло интенсивное просыхание почвы, весьма похожее на просыхание почвы летом и в начале осени 1938 г. К началу сентября, как и в предыдущее лето, на глубине 50—120 см образовался сильно просушенный слой с влажностью 10—12%, что составляет примерно 60—65% от наименьшей влагоемкости. Эта сильно просушенная прослойка держалась весьма устойчиво до весны 1940 г. Небольшие осенние дожди вызвали весьма слабое промачивание лишь верхней половины покровного суглинка. Влажность глубоких слоев (85—150 см) почти не изменилась, оставаясь на уровне наименьшей влагоемкости и даже несколько ниже ее. Почва к зиме 1939—1940 гг. была сильно просушена, примерно до той же степени, что и в предыдущий год.

1940 г., как отмечено выше, был исключительным по метеорологическим условиям (фиг. 9). Зима необычайно суровая с сильными морозами, доходившими в январе до —44° и вызвавшими промерзание почвы в лесу до 25—30 см. Оттепелей не было до марта. Весна затяжная и холодная; лето весьма дождливое; осень холодная и очень дождливая. Отсутствие оттепелей зимой исключило образование под снегом ледяной корки, благодаря чему весной талая снежная вода постепенно проникала в мерзлую почву, увлажняя ее лишь в пределах покровного суглинка, т. е. до глубины 85 см. Весь почвенный профиль до глубины 150 см был промочен лишь к маю и максимально увлажнен до той же степени, что и в прошлую весну: запас воды в нем в мае 1939 г. равнялся 496.6 мм, а в мае 1940 г.— 497.6 мм. Несмотря на то, что запас воды в снеге к моменту снеготаяния равнялся 164 мм, поверхностный сток был весьма кратковременным и ничтожным: он продолжался всего 3—4 дня и выразился в 1.6 мм, что объясняется холодной затяжной весной. Почти все талые снежные воды впитывались верхними слоями почвы, но не успевали быстро просочиться вглубь и создали значительный внутрипочвенный сток в слое 0—60 см.

Сопоставим данные по запасу воды в снеге и осадках с величинами стока и изменением запаса влаги в почве:

Запас воды в снеге на 1/IV 1940 г.	+164.0 мм
Осадки, проникшие под полог леса в апреле	+ 13.2 »
То же в мае	+ 15.7 »
Испарение с поверхности снега (см. главу 5)	— 7.6 »
Итого приход	185.3 мм

Запас влаги в слое 0—150 см к 1/III	334.6 мм
То же к 28/IV	426.0 »
» к 11/V	520.0 »
Увеличение запаса влаги в почве за период 28/IV—11/V	94.0 »
Сток поверхностный и внутрипочвенный	31.5 »
Израсходовано на увеличение запаса влаги в почве за 1—28/IV и на просачивание в глубокие слои	59.8 »
	185.3 мм

Несмотря на высокие летние температуры воздуха, обусловившие сильное испарение и транспирацию, летний минимум запаса влаги в почве выражен довольно слабо и падает на август (418.1 мм против 281.0 мм в сентябре 1938 и 1939 гг.), что объясняется обильными летними осадками. Сильные осенние дожди в сентябре — ноябре вызвали дальнейшее увлажнение почвы, даже большее, чем весной: запас воды в толще 0—150 см к декабрю достиг 531.6 мм, что сильно превышает величину наименьшей влагоемкости (415.4 мм), и под снегом почва ушла более влажной, чем даже в 1937 г., который ближе всего подходит к «нормальному» году, так как метеорологические условия этого года близки к средним многолетним.

Благодаря такому обилию осадков в летний и осенний периоды 1940 г., весь почвенный профиль был в состоянии сильного увлажнения, значительно превышающего величину наименьшей влагоемкости, что вызвало даже летом небольшой внутрипочвенный сток. Осенью же внутрипочвенный сток достиг весьма внушительных размеров (62.4 мм), и наблюдался даже поверхностный сток (4.5 мм). После небольшого перерыва внутрипочвенный сток возобновился в ноябре с новой силой и продолжался до конца года, достигнув за этот период значительной величины (46.5 мм).

Зимний период 1940—1941 гг.— это период относительной стабилизации влажности почвы на очень высоком уровне, намного превышающем величину наименьшей влагоемкости. Вполне понятно поэтому, что весеннее снеготаяние 1941 г. вызвало лишь слабое дополнительное увлажнение почвенного профиля, но вместе с тем очень сильный поверхностный и особенно внутрипочвенный сток.

Приведем данные по изменению запаса влаги в почве за период стока и сопоставим их с данными по запасу воды в снеге и осадках и с величинами стока:

Запас воды в снеге на 1/IV 1941 г.	+145.0 мм
Осадки, проникшие под полог леса в апреле	+ 51.0 »
То же в мае	+ 34.0 »
» в июне	+ 25.1 »
Испарение с поверхности снега 1/IV—17/V	— 9.4 »
Итого приход	245.7 мм

Запас влаги в слое 0—150 см к 1/IV	556.4 мм
То же к 21/V	558.1 »
» к 21/VI	533.1 »
Уменьшение запаса влаги в почве за период 1/IV—21/VI	23.1 »
Поверхностный и внутрипочвенный сток	111.0 »
Следовательно, расход влаги на испарение, десукцию и просачивание в глубокие слои	157.8 »

Из приведенных данных обращает на себя внимание очень большая величина расхода влаги на испарение, десукцию и просачивание в глубокие слои, что вызывает законное сомнение в ее правильности. В самом деле, при небольших скоростях фильтрации величина просачивания не должна быть большой; не должно быть большого расхода влаги также на испарение и десукцию, если учесть, что вследствие холодной и затяжной весны вегетационный период в этом году начался только в конце мая. Следовательно, отмеченная выше очень большая величина расхода влаги на испарение, десукцию и просачивание в глубокие слои могла получиться лишь за счет преуменьшения величины стока. Подробный анализ этого явления будет дан в главе о стоке.

На фиг. 11 прослеживается некоторое понижение влажности к июлю, но только в верхних слоях почвы. Это понижение происходило под влиянием испарения, десукции и внутрипочвенного стока.

Такова в общих чертах динамика влажности дерново-среднеподзолистой почвы под сложным ельником на площадке № 1 за весь четырехлетний период наблюдений — с июня 1937 г. до июля 1941 г.

Связь динамики влажности почвы с динамикой почвенно-грунтовых вод

Рассмотрев в общих чертах ход влажности почвы на площадке № 1, остановимся несколько подробнее на выяснении некоторых вопросов, связанных с динамикой влажности, и прежде всего на взаимосвязи ее с динамикой уровня почвенно-грунтовых вод.

При беглом взгляде на график фиг. 11 легко усмотреть, что динамика влажности почвы и динамика уровня почвенно-грунтовых вод синхронны, что вполне понятно, ибо оба эти явления находятся в прямой зависимости прежде всего друг от друга и вместе с тем от одних и тех же основных факторов, из которых главный — метеорологические условия. Но при более внимательном анализе можно заметить некоторые особенности, относящиеся к механизму самого явления. Хорошо известно, что выпадающие осадки увеличивают влажность почвы и повышают уровень почвенно-грунтовых вод при неглубоком их залегании. Глубина промачивания почвы связана, очевидно, не только с количеством и характером выпадающих осадков и состоянием увлажнения почвы, но и со способностью почвы задерживать воду и ее водопроницаемостью, т. е. с ее физическими свойствами.

Выпадающие осадки, прежде чем достичь зеркала почвенно-грунтовых вод, должны, казалось бы, просочиться через почвенно-грунтовую толщу. Но если эти осадки задерживаются в верхних слоях почвы, то, естественно, они не достигнут почвенно-грунтовых вод и не смогут непосредственно вызвать их подъем. На самом же деле часто наблюдается иная картина: выпадающие осадки вызывают подъем почвенно-грунтовых вод, не достигая их зеркала. Подобные случаи нередко можно проследить, анализируя график фиг. 11. Так, например, в июле и августе 1937 г. выпало много осадков (около 210 мм), но они вызвали слабое увлажнение почвенных слоев лишь в пределах толщи покровного суглинка (слой 0—85 см); влажность

же более глубоких слоев почти не изменилась. В то же время уровень почвенно-грунтовых вод с глубины большей чем 158 см поднялся до 96 см, как это зарегистрировано по смотровому колодцу № 11. Противоречие налицо. Приведем данные, подтверждающие это противоречие (табл. 24).

Таблица 24

Площадка № 1. Дерново-среднеподзолистая почва. Среднемесячные запасы влаги (в мм)

Слои (см)	1937	
	Июль	Август
0—25	61.6	68.5
25—85	164.7	169.0
85—150	193.3	193.1
Уровень почвенно-грунтовой воды по кол. 11 (см)	>158	96
Выпало осадков (мм)	112.5	95.5

Отметим, что кол. 11 (глубина 158 см) и кол. 11А (глубина 341 см) установлены в сложном ельнике на дерново-среднеподзолистой почве, но вдали от водно-балансовой площадки № 1, около которой колодца в рассматриваемый период времени еще не было. Лишь в 1938 г. на стоковой площадке, рядом с водно-балансовой площадкой № 1, были установлены смотровые колодцы, да и то только до глубины 120 см. Поэтому нам по необходимости приходится пользоваться для сравнения данных влажности почвы с уровнем почвенно-грунтовых вод по кол. 11 и 11А. Вместе с тем мы считаем необходимым выяснить, хотя бы по данным за другие годы, в какой степени режимы воды в кол. 11 и 11А и на стоковой площадке (кол. 38) отличаются друг от друга.

Представление о различиях в режиме воды в кол. 11, 11А и 38 можно составить по данным замеров воды в этих колодцах в 1940 г. (табл. 4а, приложение). Эти различия прослеживаются довольно ясно в периоды, когда наблюдается разобщение между верхним и нижним горизонтами почвенно-грунтовой воды (май, июнь). В осенний же и позднеосенний периоды, после смыкания нижнего горизонта почвенно-грунтовой воды с верховодкой, показания уровней воды во всех трех колодцах очень близки друг к другу. В мелких колодцах (11 и 38) уровни воды расходятся лишь в весенний период, когда обсохшие колодцы начинают наполняться талой водой, образующей верховодку (май, июнь). С течением времени эти расхождения уменьшаются и, наконец, сходят на-нет: 6/VI 1940 г. вода в обоих колодцах стояла на глубине 55 см. Поэтому данные кол. 11 и 11А могут быть использованы, конечно с некоторой погрешностью, для характеристики режима верховодки и нижнего горизонта почвенно-грунтовой воды на площадке № 1.

Как известно, средние величины часто нивелируют явление и могут привести к не совсем правильному его истолкованию. Поэтому возьмем не усредненные месячные данные, а более дробные, по пятидневкам.

Для наглядности приведем данные влажности дерново-среднеподзолистой почвы за август 1937 г., выраженные в миллиметрах водного слоя (табл. 25).

Из этой таблицы видно, что осадки, выпавшие за пятидневку 1—6/VIII в количестве 30.0 мм, увеличили влажность почвы лишь до глубины

Таблица 25

Запасы влаги в дерново-среднеподзолистой почве (в мм). Сложный сельник

Слои (см)	Август 1937 г.					Наименьшая влагоемкость (мм)
	1	6	11	16	27	
0—25	67.4	74.8	61.4	76.4	57.2	74.1
25—85	159.0	165.2	166.5	175.2	161.9	177.7
85—150	194.2	189.8	185.1	196.0	200.5	163.6
Уровень почвенно-грунтовой воды по кол. 11 (см)	145	65	127	31	133	—
Выпало осадков (мм)	30.0	0.0	58.4	6.8		—
Среднесуточные темпер. воздуха	15.4	17.1	18.3	18.4	11.0	—

85 см, а в более глубоком слое (85—150 см) влажность даже слегка уменьшилась. В то же время уровень воды в кол. 11 поднялся со 145 до 65 см. В следующую пятидневку осадков не было, влажность почвы снизилась лишь в верхнем 25 см слое, а в нижних слоях она почти не изменилась. Вместе с тем вода в колодце упала почти до прежнего своего уровня.

Сравнение данных по колебанию влажности почвы и уровня воды в смотровом колодце за июль — август 1937 г. с такими же данными за пятидневку 1—6 августа 1937 г. дает основание говорить о том, что в обоих случаях закономерность отмеченного выше явления не изменилась. Следовательно, создается впечатление, что осадки не достигли зеркала почвенно-грунтовых вод и подъем последних обусловлен другими причинами.

Многие исследователи — А. Ф. Лебедев (1936), А. А. Роде (1936), Б. Зимин (1932), Е. А. Ансберг (1937) и др. установили, что подъем уровня грунтовых вод часто происходит гораздо быстрее, чем это позволяет скорость фильтрации в грунт выпадающих атмосферных осадков. Это расхождение объяснялось тем, что повышение грунтовых вод происходит вначале не за счет непосредственного воздействия просочившихся осадков, а за счет передачи гидростатического давления на мениски наполненных водою капилляров, до которых осадки успевают просочиться, конечно, гораздо быстрее, чем до зеркала грунтовых вод, а также за счет давления на мениски воды защемленного воздуха, сжимаемого выпавшими осадками, причем этот последний фактор действует (по Ларсену) значительно быстрее первого.

Но если наблюденное за данный период времени повышение воды в смотровом колодце вполне удовлетворительно объясняется указанными причинами, то чем же в рассматриваемом случае объяснить стабильность влажности почвы на глубинах 55 см и ниже? Ведь влажность этих слоев должна увеличиться при повышении уровня почвенно-грунтовых вод, которые к моменту наблюдения должны были заполнить эти слои? Ответ может быть один: отмеченное противоречие свидетельствует о том, что уровень воды в смотровом колодце неправильно отображает действительный уровень почвенно-грунтовых вод.

Известно, что если грунтовая вода имеет несколько горизонтов, то для изучения поведения ее в том или ином горизонте необходимо правильно устанавливать смотровые колодцы. А. Д. Брудастов (1934) наглядно показывает, какие большие погрешности могут происходить при неправильной установке колодцев. В наших условиях изучался лишь верхний, открытый горизонт грунтовых вод; колодцы устанавливались с точным учетом геологического строения почвенно-грунтовой толщи, причем в каждой точке на несколько глубин, чтобы получить более правильное представление о поведении почвенно-грунтовой воды в зависимости от обусловливающих его факторов (подробно у А. А. Роде; см. настоящий том). Ошибки, происходящие от неправильной установки смотровых колодцев, здесь были исключены. Таким образом, причина отмеченного выше расхождения между показаниями колодца и данными почвенной влажности кроется, повидимому, в механизме работы самих колодцев.

Еще П. В. Отоцкий (1915, 1916) указывал, что колебания уровня воды в колодцах нельзя отождествлять с колебанием уровня невскрытых грунтовых вод.* На основании литературных данных и главным образом своих экспериментальных исследований он установил, что колебание уровня колодезных вод зависит от температуры почвы, от атмосферного давления и от жидких осадков, причем все эти факторы действуют чаще всего одновременно, и определить коэффициент действия каждого из них в природной обстановке в большинстве случаев не представляется возможным. Приведем некоторые выдержки из выводов Отоцкого по данному вопросу.

При повышении барометрического давления уровень колодезных вод понижается, при понижении — наоборот.

Повышение или понижение почвенной температуры вызывает соответственно подъем или понижение воды в колодцах.

При выпадении жидких осадков уровень колодезных вод поднимается даже в тех случаях, когда между почвой и водоносным слоем залегает слой предельно сухого грунта: Поднятие уровня обычно наступает или непосредственно после выпадения осадков, или через столь короткий промежуток времени, что исключается всякая возможность просачивания до уровня грунтовой воды. Вслед за поднятием уровня воды обычно наступает его опускание до отправной высоты, что свидетельствует о нарушении гидростатического равновесия в водоносном горизонте. Движение уровня колодезных вод вызывается не обогащением водоносного слоя выпавшими осадками, а изменением гидростатического давления на уровень грунтовых вод. В противоположность общепринятому мнению, осадки в огромном большинстве случаев не только не поднимают уровня грунтовых вод, но производят на них депрессионное действие.

Эти и другие выводы Отоцкого по режиму грунтовых вод не устарели, повидимому, и для настоящего времени; так, например, они полностью и без всяких комментариев приводятся в курсе гидрогеологии О. К. Ланге (1933).

Исследования Отоцкого достаточно полно вскрывают механизм работы смотровых колодцев. Если исходить из этих представлений Отоцкого, то можно довольно легко объяснить отмеченные выше расхождения между данными влажности почвы и уровнем почвенно-грунтовой воды за декаду 1—11/VIII 1937 г.

В самом деле, осадки, выпавшие в количестве 30 мм за период 1—6/VIII и полностью задержанные в верхнем слое почвы, произвели сжатие почвенного воздуха, который в силу этого, с одной стороны, противодействовал просачиванию осадков вглубь, а с другой — производил соответствующее давление на водоносный слой в почвенно-грунтовой толще, создавая в нем лишь временное напряженное равновесие и не изменяя или почти не

* Уровень воды в колодцах указывает, повидимому, лишь на глубину положения нулевого гидростатического давления, на что обратил наше внимание С. И. Долгов.

изменяя уровня почвенно-грунтовой воды. Вследствие этого и влажность нижних слоев почвы за тот же период времени не изменилась.

Иная картина должна наблюдаться в случае системы почва + смотровой колодец. Гидростатическим давлением выпавших осадков и давлением сжатого ими почвенного воздуха почвенно-грунтовая вода будет вгоняться в трубу смотрового колодца из прилегающих к его действующей части слоев почвы до тех пор, пока не установится равновесие между этими давлениями и давлением воды в колодце. Но это равновесие будет несколько иное, чем в почвенно-грунтовой толще, ибо в трубе смотрового колодца нет условий для сжатия воздуха. Давление воздуха в трубе равно наружному атмосферному и меньше давления сжатого воздуха в капиллярах почвы. Поэтому уровень воды в колодце должен установиться выше, чем в почвенно-грунтовой толще. Этот установившийся к 6/VIII уровень воды в колодце был, следовательно, манометрическим уровнем, и он поддерживался на определенной высоте до тех пор, пока выпавшие осадки не рассосались в верхних слоях почвы и затем не израсходовались в большей своей части на испарение и десукцию. Как только этот процесс вызвал прорыв воздуха из «воздушной подушки», так сейчас же прекратилось и сжатие воздуха в почвенно-грунтовой толще. Вода из колодца стала выходить обратно в те слои почвы, из которых она поступала в колодец. Когда же наступило равновесие, то к 11/VIII вода в колодце оказалась почти на том же уровне, что и 1/VIII.

Влажность же почвы за промежуток времени 6—11/VIII уменьшилась лишь в верхнем слое 0—25 см, а в более глубоких слоях она почти не изменилась, что становится понятным, если явление рассматривать с изложенной выше точки зрения.

Поведение воды в кол. 11, очень похожее на только что описанное за 1—6—11/VIII, мы наблюдали и за период времени 11—16—27/VIII. Явление это, повидимому, не случайное, и совпадает оно с чередованием коротких бездождных и сильно дождливых, но в то же время и достаточно теплых периодов. Последнее условие, повидимому, необходимо, ибо только при этом условии возможен быстрый расход влаги на испарение и десукцию, благодаря чему исключается сквозное промачивание почвенного профиля при выпадении обильных осадков и обеспечивается быстрое прекращение сжатия воздуха.

Если сопоставить колебания уровня воды в смотровом колодце с изменением температуры воздуха, отражением которой является температура почвы, и с изменением атмосферного давления за рассматриваемый период времени, то мы не сможем обнаружить между этими явлениями закономерной связи, установленной П. В. Отоцким и другими исследователями. Очевидно, осадки, выпадавшие в августе, явились более мощным фактором, который затушевал влияние других факторов, обусловливающих колебание уровня воды в колодце.

Просматривая наши материалы, мы не обнаружили больше такой быстрой смены теплых дождливых и бездождных коротких периодов, какая наблюдалась в августе 1937 г. Но и этих данных, как нам кажется, достаточно, чтобы убедиться в справедливости изложенного выше положения о поведении воды в смотровых колодцах.

Но если, судя по данным влажности почвы, мы приходим к выводу, что уровень воды в кол. 11 не отображает истинного уровня почвенно-грунтовых вод за 6 и 16/VIII, то необходимо, очевидно, поставить вопрос,—а на какой же глубине расположен этот истинный уровень, и нельзя ли определить его, руководствуясь данными послойной влажности в почвенно-грунтовой толще?

Принято считать, что водоносные слои, в которых расположены в определенное время грунтовые воды, насыщены водою до величины полной водовместимости. Допустим, что это так, и сравним данные послойной влажности почвы в нижней половине ее толщи с величинами капиллярной и полной влагоемкостей (табл. 26).

Таблица 26

Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % к весу сухой почвы). Площадка № 1. Сложный ельник

Слои (см)	Август 1937 г.					Капиллярная влагоемкость (%)	Полная влагоемкость (%)
	1	6	11	16	27		
55—65	16.8	16.5	17.0	17.4	17.1	21.9	25.6
65—75	15.0	15.9	17.2	17.0	17.9	21.0	24.8
85—95	16.5	15.6	14.6	17.2	16.0	19.6	23.5
100—110	15.0	15.5	15.7	17.1	16.8	17.5	21.3
120—130	18.8	18.1	17.8	18.7	19.2	17.5	21.1
140—150	19.0	18.6	18.0	19.1	19.6	18.3	21.0
Уровень почвенно-грунтовых вод по кол. 11 (см)	145	65	127	31	133	—	—
Осадки (мм)	30.0	0.0	58.4	6.8		—	—

Из этой таблицы видно, что влажность всех верхних слоев до глубины 120 см значительно меньше не только полной, но и капиллярной влагоемкости. Влажность же слоев 120—130 и 140—150 см имеет значения промежуточные между этими величинами. Следовательно, истинный уровень почвенно-грунтовой воды расположен где-то на глубине, в пределах 130—150 см, и его довольно хорошо отображает уровень воды в кол. 11 за 1, 11 и 27/VIII, чего нельзя сказать про показания колодца за 6 и 16/VIII, уровень воды в котором за эти дни был фиктивным.

Рассмотрим теперь поведение воды в мелких смотровых колодцах в такие весенние периоды, когда при глубоком уровне почвенно-грунтовых вод через почвенную толщу происходит просачивание талых вод. Такой период имел место в 1940 г.

Рассмотрим данные табл. 27.

Из этой таблицы видно, что к 1/III уровень почвенно-грунтовых вод упал до 325 см (кол. 11А), а влажность в минеральных слоях почвы на глубинах 25—150 см была значительно ниже величины наименьшей влагоемкости. Оттепели в апреле вызвали таяние снега, что привело к увлажнению верхних слоев почвы до величины наименьшей влагоемкости (и несколько большей) лишь до глубины 85 см, а ниже влажность осталась без изменения (28/IV). 26/IV в кол. 38 появилась вода на глубине 110 см, вода же в глубоком кол. 11А стояла в это время на глубине 333 см. Каким же образом могла появиться вода в кол. 38? Воздействие гидростатического давления здесь, очевидно, исключено. Следовательно, остается как будто один путь ее поступления в колодец — через отверстия действующей части трубы. Но свободная вода (сверх наименьшей влагоемкости) имеется лишь в слое 85—150 см, да и то в очень небольшом количестве. Спрашивается, может ли эта свободная вода проникнуть через отверстия в трубе,

Таблица 27

Поведение воды в кол. 38 весной 1940 г.

Слои (см)	Запас влаги в почве (в мм водного слоя)										Наименьшая влагоемкость (мм)	Полная влагоемкость (мм)
	Март	Апрель					Май					
	1	20	25	26	27	28	1	2	3	11		
0—25	76.7	Не определялось				110.3	Не определялось			93.1	74.1	165.6
25—85	121.0	То же				179.4	То же			240.8	177.7	252.5
85—150	136.9	»				136.3	»			186.1	163.6	240.8
Глубина воды в кол. 11А (см)	325	336	336	333	333	328	319	317	314	254	—	—
Глубина воды в кол. 38 (см)	Воды нет			110	112	111	Воды нет	108	23	17	—	—
Осадки (мм)	—	—	—	—	—	0.1	—	—	—	—	—	—
Среднесуточная темпер. воздуха	—	4.8	2.6	1.1	0.2	—0.8	2.4	5.4	6.1	—	—	—

расположенные на глубине 70—120 см? А. Ф. Лебедев (1936) утверждает, что «...если сделать дрену в слое капиллярного поднятия, а не в грунтовой воде, то такая дрена работать не будет, так как гидростатическое давление в слое капиллярной воды над ней будет меньше того, что необходимо для вытекания воды на поверхности раздела грунт — воздух» (стр. 162).

Это положение Лебедева очень убедительно подтверждается данными Л. П. Розова (1937) из его исследований почвенно-динамических процессов в подзолистых суглинистых почвах при их дренировании. Если сопоставить данные Розова по глубине стояния грунтовых вод с расходом воды в коллекторе, то оказывается, что этот расход происходит в тот момент, когда уровень грунтовой воды стоит над дреной; при опускании же воды ниже дрены расход в коллекторе равен нулю (1937, фиг. 4).

В месте контакта почвы с действующей частью трубы смотрового колодца создаются такие же условия для поступления в трубу воды из почвы как и в случае дрены. Поэтому, согласно положению Лебедева, то небольшое количество свободной воды, которое имелось в слое 85—150 см нашей почвы 26—28/IV и 2/V, никоим образом не могло проникнуть в смотровой кол. 38.

Откуда же в таком случае появилась талая вода в кол. 38 за указанный период времени? Единственное объяснение, которое остается сделать,— это проникновение талой воды в колодец при помощи пристенной фильтрации с образованием временной «верховодки» у дна колодца. Но вода, попавшая таким образом в колодец, не могла в нем долго держаться; она рассасывалась в относительно сухие слои почвы, окружающие дно колодца.

Относительно слабое таяние снега продолжалось до 28/IV, и вода в колодце, появившись 26/IV, продержалась всего три дня, до 29/IV, т. е. до тех пор, пока происходило таяние снега, восполнявшее убыль воды в колодце через фильтрацию ее у дна. Но как только установилась температура воздуха ниже нуля (—0.8°) и прекратилось таяние снега, то прекратилась и подача воды в колодец через пристенную фильтрацию; рассасывание же воды в относительно сухой грунт у дна колодца продолжалось, что и привело к исчезновению воды в колодце. Но 1/V опять началось слабое таяние снега вызвавшее 2/V появление воды в колодце на глубине 108 см. После же дружного таяния снега за 2 и 3/V вода в колодце появилась уже на глубине 23 см: просачивающаяся в больших количествах вода уже не успевала уходить из колодца через его дно, что и привело к резкому повышению ее уровня в колодце. Ясно, что уровень воды в кол. 38 за 26, 27, 28/IV и 2/V не отображает уровень не только нижнего, но и верхнего горизонта почвенно-грунтовых вод, и является фиктивным. Уровень же за 3/V, вероятнее всего, есть уровень верховодки, мощность которой нам неизвестна.

Таким образом, уровень воды в смотровых колодцах при известных условиях иногда не совсем правильно отображает действительный уровень почвенно-грунтовых вод не только в случае их глубокого залегания, когда в глубоких изолированных колодцах наблюдается манометрический уровень, но и для верховодок.

Выше мы вкратце коснулись вопроса о поведении почвенно-грунтовых вод и будем впредь возвращаться к нему лишь постольку, поскольку это необходимо в связи с рассмотрением режима и динамики почвенной влажности. Подробный же анализ поведения почвенно-грунтовых вод в условиях Центрального лесного заповедника дается в работе А. А. Роде, публикуемой в настоящем томе.

Почвенная влажность и защемленный в почве воздух

При рассмотрении данных влажности почвы на площадке № 1 за июль и август 1937 г. уже было обращено внимание на некоторую несогласованность этих данных с глубиной залегания почвенно-грунтовых вод и была сделана попытка найти объяснение этого явления. Близкая, но не совсем идентичная картина наблюдается и в период май — июнь 1940 г. (табл. 28).

Таблица 28

Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы)
Сложный ельник. 1940 г. Площадка № 1

Горизонт	Слои (см)	Май				Июнь						Полная влагоемкость	Капиллярная влагоемкость
		10	16	21	26	1	6	11	16	21	26		
A_0	0—4	243.0	199.0	192.0	178.0	187.0	172.0	229.0	231.0	214.0	217.0	1056.0	727.0
A_1	4—16	45.8	49.5	44.1	40.5	37.8	38.3	44.3	39.8	46.0	42.3	78.4	63.2
A_2	16—25	29.0	29.4	27.7	28.7	26.1	29.5	28.7	26.9	28.4	23.6	37.2	32.8
A_2B	25—35	29.1	23.6	24.3	24.0	24.4	25.4	24.8	23.5	23.2	22.6	31.5	26.7
B	35—45	26.8	24.1	24.6	23.5	23.8	23.9	24.4	23.0	22.4	22.0	27.9	23.9
	45—55	26.4	22.3	23.9	22.1	22.7	23.0	22.1	22.1	22.1	21.5	27.2	22.8
BC_1	55—65	24.9	22.3	22.1	21.6	23.1	21.7	21.9	22.2	22.1	20.8	25.6	21.9
C_1	65—75	25.2	22.2	22.2	20.3	22.5	21.9	21.1	21.3	19.9	19.3	24.8	21.0
C_2	85—95	17.9	18.6	19.3	18.1	18.5	16.3	16.6	17.0	16.8	16.7	23.5	19.6
	100—110	16.5	15.4	17.0	16.9	16.0	16.8	17.5	16.6	16.0	15.9	21.3	17.5
	120—130	16.3	15.6	16.6	16.4	16.2	16.7	16.5	16.2	16.1	15.4	21.1	17.5
	140—150	16.5	16.5	17.0	17.5	16.5	16.6	15.9	16.6	16.6	16.8	21.0	18.3
Глубина почвенно-грунтовой воды (см) по кол. 38, 11 и 11А		17 77 263	19 74 251	23 59 155	55 73 139	53 70 118	55 55 106	49 56 91	60 55 87	71 72 90	88 108 120		

Примечание. Подчеркнуты слои почвы, в которых располагается верхний горизонт верховодки (по кол. 38).

Из табл. 28 нетрудно убедиться, что влажность каждого из всех слоев почвы на глубине 25—85 см и на глубине 85—150 см почти не изменялась от одного срока наблюдения к другому на протяжении от 16/V до 16/VI. При этом следует отметить, что послойная влажность делает резкий скачок в сторону уменьшения при переходе из покровного суглинка в моренный, т. е. при переходе от слоя 65—75 см к слою 85—95 см. Создается впечатление, что во всех минеральных слоях почвенного профиля послойная влажность как бы стабилизировалась, пришла в состояние временного, но продолжительного равновесия. В то же самое время верховодка в покровном суглинке постепенно понижалась, как это показывает кол. 38, и с 26/V она установилась на уровне 55 см, который с небольшими колебаниями устойчиво сохранялся до 16/VI. Верховодка же в кол. 11 сравнительно устойчиво держалась на уровне около 70 см и лишь 6/VI достигла 55 см, т. е. уровня верховодки в кол. 38. В дальнейшем, 6—21/VI, уровни воды в обоих колодцах были весьма близки между собою. Зеркало глубокого горизонта почвенно-грунтовой воды (кол. 11А) к 26/V поднялось до 139 см, т. е. вошло в зону верховодки. И если бы это действительно случилось, то оба горизонта почвенно-грунтовой воды должны были бы слиться, а вода в колодцах установиться на одном уровне. С некоторым допущением можно принять, что такое слияние произошло лишь к 21/VI. Следовательно, 26/V или вода в кол. 11А стояла значительно выше действительного уровня нижнего горизонта почвенно-грунтовой воды, или нижняя граница верховодки располагалась значительно выше 139 см, или же имело место и то и другое; последнее предположение более вероятно, если учесть все сказанное выше о механизме работы смотровых колодцев.

Возникает вопрос — какова же была мощность почвенной верховодки весной 1940 г.? Данные табл. 28 помогают ответить на этот вопрос. Учитывая сказанное в главе 3 о защемленном в почве воздухе, необходимо принять, что максимальная величина увлажнения почвы и грунта лежит в пределах от капиллярной до максимальной влагоемкости. Эти показатели дают возможность проследить верхнюю и нижнюю границы почвенной верховодки по данным послойной влажности. Как видно из табл. 28, верхняя граница верховодки к 10/V залегала в слое 25—35 см, а нижняя — в слое 65—75 см, т. е. вся верховодка вмещалась в толще покровного суглинка, и ее водоупором служил моренный суглинок. Далее, в то время как верхняя граница верховодки резко понизилась к 26/V, нижняя ее граница не выходила из слоя 65—75 см. Слабое же увеличение влажности в слоях, залегающих глубже 65—75 см, указывает на то, что верховодка в этот период времени расходовалась преимущественно не на просачивание, а на испарение и десукцию.

Что же препятствовало быстрому проникновению верховодки вглубь? Главное препятствие заключалось, вероятно, не столько в слабой водопроницаемости моренного суглинка, сколько в защемленном воздухе, скопившемся в значительном количестве в моренном суглинке во время снеготаяния. В самом деле, если принять, что 21/VI верховодка сомкнулась с зеркалом поднимавшихся почвенно-грунтовых вод, то вполне законно допустить, что к этому сроку вся толща валунного суглинка на глубине 85—150 см должна быть максимально насыщена водой, так же как еще раньше, к 26/V, должна была быть насыщена водой и нижняя часть покровного суглинка на глубине 55—85 см. А если это так, то влажность этих насыщенных влагой слоев должна бы быть близкой к величине полной влагоемкости, на самом же деле она значительно меньше ее: для слоев 55—85 см разница выражается в 3—4%, а для слоев на глубине 85—150 см — в 4—5%, что составит соответственно 12—16 и 18—23%, а в среднем 15—20% от общей скважности. Такая недонасыщенность влагой нижних слоев покровного суглинка и толщи подстилающего моренного суглинка за довольно длительный период (30—40 дней) может быть объяснена лишь присутствием в этих слоях защемленного воздуха, которого в моренном суглинке примерно в 1.5 раза больше, чем в покровном. Этим обстоятельством и объясняется отмеченный выше резкий скачок в сторону уменьшения послойной влажности при переходе покровного суглинка в моренный.

А. А. Роде в своем исследовании режима почвенно-грунтовых вод в Заповеднике (см. настоящий том) на основании анализа поведения почвенно-грунтовых вод также приходит к заключению о наличии защемленного воздуха в покровном суглинке и подстилающем его моренном суглинке, причем он высказывает предположение, что в первом его значительно меньшем, чем во втором.

Выше, при рассмотрении физических свойств дерново-среднеподзолистой почвы под сложным ельником, мы тоже пришли к заключению, что в почвах и грунтах Заповедника присутствует защемленный воздух, объем которого колеблется в пределах 12—18% от общей скважности, т. е. в пределах, весьма близких к тем, которые получились в результате приведенного анализа величин влажности почв при определенном уровне почвенно-грунтовых вод.

Есть основания предполагать, что объем, занимаемый защемленным воздухом в наших почвах, в разные годы и в различные сезоны года, по-видимому, значительно изменяется, но никогда не делается равным нулю. В случае сильного и продолжительного увлажнения не исключена возможность полного или почти полного вытеснения воздуха через растворение его в воде и диффузию, как это предполагает и А. А. Роде. Но процесс этот идет, повидимому, весьма медленно, если судить об этом на основании данных влажности нашего почвенного профиля за весь четырехлетний период наблюдений. Так, даже в «нормальный» по метеорологическим условиям 1937 г., когда почвенный профиль ушел под снег значительно увлажненным, в нем обнаруживается заметное количество защемленного воздуха. Однако сравнение данных влажности с величиной полной влагоемкости дает основание считать, что в весенний период 1938 г. его содержание уменьшилось, но он не исчез полностью.

В летние периоды засушливых 1938—1939 гг. почва просохла, как мы видели, весьма сильно и освобожденные от воды поры заполнились воздухом. Весеннее промачивание привело к защемлению значительной части воздуха, который в заметных количествах сохранился в почве в продолжение всего исключительно дождливого 1940 г. и в зимне-весенний период 1941 г. Если бы защемленный воздух исчез полностью, то влажность слоев почвы, залегающих ниже уровня почвенно-грунтовой воды, была бы равна полной влагоемкости; на самом же деле она ниже этой величины (табл. 29).

Представляется интересным сопоставить объем защемленного воздуха в слое 85—150 см в весенние месяцы наибольшего промачивания почвы с тем объемом пор, который остается свободным от воды и, следовательно, занят воздухом в месяцы наибольшего просыхания почвы.

Представим эти данные в виде следующей таблички (табл. 30).

Из этой таблички явствует, что, во-первых, объем защемленного воздуха представляет собою действительно изменчивую величину, зависящую от степени предшествующего просушивания почвы: чем больше бывает просушена почва в летние месяцы, тем больше воздуха защемляется в ней при весеннем промачивании. Во-вторых, объем защемленного воздуха весной составляет около одной трети наибольшего объема почвенного

Таблица 29

Запас влаги в слоях дерново-среднеподзолистой почвы в месяцы максимального промачивания

(среднемесячные величины, в мм)

Слои (см)	Запас влаги (мм)				Водовместимость (мм)
	1938 IV—V	1939 V	1940 V	1941 IV—V	
25—85	244.4	210.5	218.4	236.3	252.5
85—150	232.0	190.3	188.6	213.2	240.8
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	13	22	39	(33)	

Таблица 30

Изменение объема защемленного в почве воздуха
Слой 85—150 см

	1937	1938		1939		1940		1941
	IX	IV—V	IX	V	IX	V	VII	IV
Общий объем почвенного воздуха (% от общей порозности)	21	—	55	—	56	—	30	—
Объем защемленного воздуха (% от общей порозности)	—	7	—	20	—	22	—	10

воздуха в предыдущее лето. В-третьих, защемленный воздух, повидимому, не исчезает из почвы полностью, что вполне согласуется с мнением некоторых исследователей (Г. И. Покровский, 1933, 1937), которые считают, что защемленный воздух может оставаться в почвенно-грунтовых толщах в течение многих лет.

Присутствие защемленного воздуха мы обнаруживаем и в песчаных подзолистых почвах, как это можно видеть из сопоставления уровня почвенно-грунтовых вод с данными влажности почв Молого-Шекснинского междуречья (И. С. Васильев, 1937; табл. 35, 54, 58 и др.), причем объем его колеблется в значительных пределах.

Нам кажется поэтому, что выражение данных абсолютной влажности почвы в процентах от полной или капиллярной влагоемкости, т. е. в виде относительной влажности, нередко может привести к не совсем правильному представлению о соотношении воздушного и водного режима почвы, если не учитывать при этом величину защемленного воздуха. Ведь последний, как это явствует из самого названия «защемленный», может на длительное время выходить из действенного, так сказать, состояния в смысле участия его в аэрации почвы. Но, с другой стороны, и учитывать при этом объем защемленного воздуха как величину изменчивую во времени и от соотношения метеорологических условий — тоже очень трудно. Поэтому, быть может, нецелесообразно вводить эту переменную величину в расчеты для выражения относительной влажности, но иметь ее в виду для лучшего понимания режима и динамики влажности почв, конечно, необходим о

В связи с этим считаем не лишним поставить такой вопрос: не может ли защемленный воздух при известных условиях способствовать созданию временного водоупора для верховодки? В самом деле, после двух засушливых лет 1938 и 1939 гг., как отмечено выше, во время весеннего промачивания в породе «защемляется» до 20 и более процентов воздуха, который тем больше препятствует фильтрации в глубь талых вод, чем больше он ими сдавливается. Нам кажется, что довольно быстрое образование верховодки весной 1940 г., даже при слабом вначале снеготаянии, вызвавшем слабый внутрипочвенный сток, в значительной степени обязано именно этому обстоятельству.

В правильности этого предположения нас убеждает еще и такой опыт: стеклянная трубка длиною 50 см и диаметром 2 см была плотно набита песком (0.5—0.25 мм). Нижний конец трубки был запарафинирован. На поверхность песка в трубке была осторожно прилита вода сразу в таком количестве, чтобы она образовала слой в 12 мм. Вода просочилась лишь на глубину около 1 см, остальной же ее слой (около 9.0 мм) оставался на поверхности в течение нескольких часов. Но как только поверхность песка около стенки трубки была слегка перемешана тонкой стеклянной палочкой, так сейчас же через поверхность воды стали выделяться пузырьки воздуха, и вся вода в течение 5—10 сек. впиталась в песок.

Вполне законно поставить такой вопрос: не является ли этот защемленный воздух, присутствие которого предполагается в почве, результатом ошибки, сопровождающей всякий раз взятие образцов из слоев, залегающих под зеркалом почвенногрунтовой воды? В таких случаях, как известно, может происходить выжимание буром некоторого количества воды из почвы, в особенности, если в последней имеется заметное количество трещин и крупных пор, из которых вода будет вытекать довольно легко при взятии буром образцов почвы. Но, хотя последние, как отмечено в главе 3, и не были обнаружены в минеральных слоях наших почв, все же какое-то количество влаги из образцов при взятии их буром, повидимому, выжималось. Однако эта ошибка должна была бы быть всегда примерно одна и та же, объем же защемленного воздуха колебался в довольно широких пределах — от 7 до 22% от общей порозности, причем колебался вполне закономерно (см. табл. 30). Не считая приведенные выше величины вполне точными, мы все же находим возможным утверждать, что защемленный воздух в наших почвах имеется и притом в значительных количествах.

В связи с этим следует коснуться еще одного вопроса, имеющего непосредственное отношение к режиму влажности почвы: необходимо ли в условиях таежно-подзолистой зоны производить определение влажности в слоях почвы, находящихся под зеркалом верховодки? Не проще ли влажность таких слоев приравнять к полной водовместимости, вводя к ней поправку на защемленный воздух, объем которого для каждого слоя заранее определен тем или иным путем?

Выше, в главе 3, было отмечено, что объем защемленного воздуха в минеральных слоях наших почв близок к так называемой некапиллярной скважности. Следовательно, максимальное увлажнение почв в природных условиях Заповедника казалось бы не должно быть выше капиллярной влагоемкости, определяемой в лаборатории в столбиках почвы высотою в 5 см. Поэтому при появлении первых признаков верховодки всякое дальнейшее бурение с целью взятия образцов на влажность должно бы прекращаться, а влажность всех глубже лежащих слоев должна бы приравниваться к величине максимальной капиллярной влагоемкости. Наблюденные факты не позволяют согласиться с этими положениями. Приведем следующие данные (табл. 31).

Таблица 31

Влажность слоев дерново-среднеподзолистой почвы, залегающих ниже уровня почвенно-грунтовой воды

Площадка № 1. Сложный сельник

Дата	Глубина почвенно-грунтовой воды (кол. 38 см)	Запас влаги (мм)	
		слой 25—85 см	слой 85—150 см
1938 г.			
21 мая	34	222.7	220.6
26 »	56	216.4	220.2
1940 г.			
21 сентября	18	199.2	169.2
1 октября	12	225.6	190.8
Капиллярная влагоемкость	—	214.0	201.6
Полная водовместимость	—	252.5	240.8

Данные за 21 и 26/V 1938 г. говорят о том, что капиллярная влагоемкость не есть предел насыщения водою минеральных слоев дерново-среднеподзолистой почвы. Вместе с тем влажность последней значительно ниже полной водовместимости.

Данные же за 21/IX и 1/X 1940 г. указывают, во-первых, на процесс постепенного вытеснения защемленного воздуха, а во-вторых, на то, что под зеркалом почвенно-грунтовых вод влажность почвы может быть меньше не только величины полной водовместимости, но и величины капиллярной влагоемкости.*

Все вышеизложенное приводит к такому заключению: в условиях таежно-подзолистой зоны, где грунтовые воды залегают неглубоко и уровень их, в зависимости от выпадающих осадков, может значительно колебаться в течение короткого промежутка времени, происходит периодическое защемление воздуха в зоне колебания почвенно-грунтовых вод. А так как объем защемленного воздуха — величина изменчивая, то и влажность слоев, залегающих под зеркалом почвенно-грунтовых вод, не является величиной постоянной, принимая значения то бо́льшие, то меньшие по

* Может возникнуть вполне законное сомнение в достоверности полученных величин влажности тех почвенных слоев, которые залегают под уровнем почвенно-грунтовой воды. В самом деле, при вбуривании в такие слои вода верховодки сейчас же просачивается вниз и смачивает эти слои, увеличивая степень их увлажненности и, следовательно, искажая их естественную влажность. Чтобы исключить неизбежную при этом ошибку или уменьшить ее до крайних пределов, мы возможно глубже срезали смоченные поверхности такого образца и для определения в нем влажности брали только середину образца. Это мероприятие основывается на таком соображении: время, потребное для взятия образца, исчисляется немногими минутами, для проникновения же воды в глубь образца суглинистой и глинистой почвы требуются часы, а иногда и дни. Но если даже допустить, что, несмотря на указанное мероприятие, образец почвы все же в какой-то степени увлажнился водой верховодки, то приведенные в табл. 31 величины влажности окажутся несколько преувеличенными против действительных. А это может лишь подкрепить высказанное выше предположение о том, что влажность слоев, залегающих ниже уровня почвенно-грунтовой воды, может быть иногда значительно меньше величины полной влагоемкости.

сравнению с величиной капиллярной влагоемкости и редко достигая величины полной водовместимости. Поэтому, чтобы иметь более правильное представление о режиме и динамике влажности таких подзолистых почв, необходимо периодическое послойное определение влажности в них производить до максимально возможной глубины падения уровня почвенно-грунтовых вод, хотя бы при этом часть этих слоев и находилась под зеркалом почвенно-грунтовых вод.

Влажность почвы и величина водоотдачи

Выше было отмечено, что почва в зимний период 1940—1941 гг. находилась в состоянии сильного увлажнения, намного превышающего величину наименьшей влагоемкости. Внутрипочвенный сток прекратился в конце декабря, что вполне согласуется с понижением уровня почвенно-грунтовых вод к 6/I до глубины 60 см (табл. 5а, приложение). Но в дальнейшем влажность почвенного профиля почти не изменялась в течение всей зимы, немного увеличившись лишь в период весеннего промачивания. В то же время уровень почвенно-грунтовых вод с 60 см в начале января понизился в конце февраля — начале марта до 150—160 см, т. е. на 100 см. Как известно, происходящее по причине стока понижение зеркала неглубоко залегающих почвенно-грунтовых вод, поддерживающих капиллярную связь с верхними слоями почвы, является одним из факторов, снижающих влажность почвы. В нашем случае воздействие этого фактора почти не проявляется, а если и проявляется, то в очень слабой степени. В связи с этим возникает вопрос о количественном значении этого фактора, который сводится к вопросу о величине водоотдачи в почвах и грунтах Заповедника.

В цитируемой выше работе З. С. Громовой мы находим, что водоотдача для покровного суглинка в среднем выражается величиной 8.4% от общей водовместимости, вычисленной по общей порозности, причем с глубиной она закономерно убывает, достигая минимальных значений в иллювиальном горизонте, ниже которого вновь слегка повышается, а потом опять падает с глубиной. Если взять только безгумусные слои 25—85 см, то для них водоотдача в среднем будет равна 6.8% от общей водовместимости. Если же учесть, что величина водоотдачи в нижней части покровного суглинка с глубиной уменьшается, а величины общей порозности и коэффициента фильтрации неуклонно падают вниз по профилю почвы, то вполне законно предположить, что в моренном среднем и тяжелом суглинках, подстилающих покровный легкий суглинок, величина водоотдачи, вероятно, будет меньше 6.8%. Однако, не располагая данными, непосредственно полученными из опыта, мы вынуждены будем при всяких расчетах, где это потребуется, принять величину водоотдачи в 6.8% для всех слоев почвенно-грунтовой толщи на наших опытных площадках.

Близкая к этой величина водоотдачи была найдена П. П. Роговым (1940) в Горках (Белоруссия) для сильноподзолистых тяжелосуглинистых почв, подстилаемых с 85 см среднесуглинистой мореной, где она оказалась равной в среднем 6—8%.

В более поздней своей работе (1948) Роговой для метровой толщи тех же суглинков дает величину водоотдачи в 12—13% от водовместимости. Правда, эта величина получена не из опыта, а как разность между водовместимостью и полевой влагоемкостью.*

* Термин «полевая влагоемкость» Роговой заменяет термином «абсолютная влагоемкость», не поясняя, какими соображениями вызвана замена одного термина другим.

Необходимо подчеркнуть, что величина водоотдачи какого-либо слоя почвы будет изменяться в зависимости от высоты этого слоя над уровнем почвенно-грунтовой воды. Следовательно, водоотдача, как и полевая влагоемкость, является величиной переменной. Более или менее точное определение ее при различных уровнях почвенно-грунтовой воды возможно лишь в лабораторных условиях при помощи целой серии монолитов различной мощности, начиная от наименьшей (практически 0.25 м) до наибольшей, соответствующей наиболее глубокому залеганию уровня почвенно-грунтовой воды. Трудность подобных опытов вполне очевидна, но при неглубоких грунтовых водах (до 3—4 м) ее нельзя считать непреодолимой. В наших условиях опыт по многим причинам пришлось ограничить метровыми монолитами.

Подсчеты показывают, что при такой величине водоотдачи (6—8%) понижение уровня почвенно-грунтовой воды с 60 см в начале января до 160 см в начале марта 1941 г. должно повлечь за собою уменьшение влажности почвы не больше, чем на 23 мм, что при запасах влаги в январе — феврале 1941 г. в почвенном профиле в 530—540 мм составит всего только 4—5% от этого запаса. Но понижение уровня почвенно-грунтовых вод не является единственным фактором, обусловливающим режим влажности почвы в зимний период. В самом деле, вполне возможно предположить, что в течение данной зимы, при очень большом увлажнении почвенного профиля, защемленный в нем воздух частично растворялся в воде и постепенно выделялся путем диффузии, влага же занимала его место. Это могло до некоторой степени компенсировать убыль влаги в почве, которая была вызвана оттоком почвенно-грунтовых вод.

Существуют и другие факторы, увеличивающие запасы воды в верхних слоях почвы в зимний период, как то: замерзание талой воды, просачивающейся в верхние слои почвы во время оттепелей, а также дестилляция влаги из глубоких теплых горизонтов к верхним холодным. Но первый из этих факторов не имел места в январе — феврале 1941 г., а второй, если и наблюдался, то в сравнительно слабой степени, во всяком случае его влияние не прослеживается вполне ясно в нашей лесной почве.

Просачивание и капиллярный подъем

Один из весьма существенных вопросов водного режима почвы, на котором необходимо остановиться при выяснении динамики ее влажности, это — просачивание осадков и капиллярный подъем влаги из глубоких слоев. Этот вопрос важен и для уяснения сущности подзолообразования.

О скорости просачивания в различных слоях дерново-среднеподзолистой почвы можно создать некоторое представление по приведенным в табл. 11 величинам скорости фильтрации. Мы говорим *некоторое*, потому что условия, при которых скорость фильтрации осуществляется в лаборатории, резко, конечно, отличаются от тех условий, при которых в природе происходит просачивание выпадающих осадков. В первом случае мы определяем в сущности скорость проталкивания влаги через насыщенную водой породу, под давлением определенной высоты столба жидкости, при этом в лабораторной обстановке, где температура изменяется в сравнительно небольших пределах. В природной же обстановке условия, обусловливающие просачивание осадков и талых снежных вод, резко изменяются в течение года. Температура почвы, как известно, имеет свои суточный и годовой циклы. По данным метстанции Заповедника, температура в верхнем слое почвы в лесу колеблется в течение весенне-летне-

осенних месяцев в широких пределах, как о том можно судить по данным, приводимым ниже (табл. 32).

Таблица 32

Среднесуточные температуры почвы в еловом лесу

Глубина (см)	1938			1939			1940		
	16/IV	28/VII	10/XI	11/V	1/VIII	4/X	15/V	13/VII	24/X
Поверхность почвы .	0.4	20.2	—0.4	2.0	18.9	—0.4	9.1	17.3	—0.1
15 см	0.6	15.6	3.6	0.1	13.6	3.8	4.6	14.0	3.2
30 см	0.8	14.0	5.0	—0.1	12.7	4.6	3.1	12.5	4.3

Уже одно это обстоятельство должно приводить к заметному изменению скорости просачивания: вязкость воды при этих температурах изменяется в пределах 0.0178—0.0101 (Г. Н. Каменский, 1933). Мало того, следует учесть, что резкие колебания температуры в почве ведут также к заметному изменению размера почвенных пор.

Затем, в природе редко наблюдаются случаи, когда вода покрывала бы почву сплошным толстым слоем в течение длительного времени; это бывает иногда весной при очень дружном снеготаянии. Но и здесь условия просачивания усложняются защемлением почвенного воздуха, выход которого через поверхность почвы сильно затрудняется, в то время как в опыте по фильтрации почвенному воздуху предоставляется относительно свободный выход и его защемление происходит, повидимому, в меньшей степени, чем в природных условиях при снеготаянии. Чаще же всего имеет место одновременное поступление в почву сравнительно небольших масс осадков, которые впитываются и рассасываются в почве под воздействием ее капиллярных сил; только избыток влаги (против водоудерживающей способности почвы) действительно просачивается в глубокие слои. Таким образом, скорость инфильтрации осадков в почве определяется скоростями их впитывания, рассасывания и просачивания, которые в значительной мере связаны со степенью увлажнения почвы.

В летний период картина еще больше усложняется: на сцену выступают биологическая деятельность растений и физическое испарение с поверхности почвы. При известных условиях транспирирующая растительность, перехватывающая своими корнями просачивающуюся воду, а также испарение почвой могут сильно замедлить и даже приостановить просачивание влаги, в чем мы имели случай убедиться при рассмотрении хода влажности в среднеподзолистой почве (например август 1937 г.).

Ко всему сказанному следует добавить, что одной из причин изменения скорости просачивания воды в природных условиях, помимо указанных выше, является также смена наносов. Принято считать, что так называемое «узкое место», обусловливающее скорость просачивания воды в почвах и грунтах, определяется мелкопористыми прослоями. Однако в образовании этого «узкого места» принимают участие не только мелкие поры этих прослоев, но и широкие поры подстилающих их легких пород, благодаря которым создается поверхность раздела вода — воздух, значительно увеличивающая «капиллярное противодавление» (по Н. А. Качинскому, 1945) и уменьшающая таким образом скорость просачивания. На этом принципе, как известно, построены водонепроницаемые экраны Лебедева (1936) и Качинского (1945).

Как видим, просачивание воды в глубь почвенно-грунтовой толщи в природных условиях — явление сложное, но проследить это явление с целью установления скорости просачивания не представляется возможным ни по данным влажности (слишком велики интервалы между срочными наблюдениями), ни по данным колебаний уровня почвенно-грунтовых вод, ибо эти колебания связаны не только с непосредственным воздействием осадков, уже просочившихся до зеркала почвенно-грунтовых вод, но и с воздействием гидростатического давления просачивающихся осадков и давления сжатого почвенного воздуха. Более близкое представление об этой скорости можно составить, определяя послойную влажность при промачивании почвы водой в полевом опыте, который ставится с целью выяснения величины наименьшей влагоемкости. Условия промачивания в опыте довольно близки к условиям промачивания весной снежными талыми водами, хотя и не вполне тождественны: в опыте защемленный воздух, как тормозящий фактор, будет довольно слабо влиять на скорость просачивания, так как он может сравнительно легко вытесняться из-под заливаемой небольшой площадки вбок; при снеготаянии же выход защемленного воздуха на дневную поверхность сильно ограничен и его противодействие просачиванию талых вод значительно больше, чем в опыте. Необходимо учесть также различия в вязкости летней воды при опыте (август 1939 г.) и воды талого снега.

В табл. 33 приводятся данные влажности, полученные при определении величины наименьшей влагоемкости на опытной водно-балансовой площадке № 3 (поле) в августе 1939 г.

Таблица 33

Изменение влажности дерново-среднеподзолистой почвы в опыте определения величины наименьшей влагоемкости (в % от веса сухой почвы)

Площадка № 3, пашня

Слои (см)	Влажность до полива	Влажность после полива			
		через 22 часа	через 46 часов	через 70 часов	через 262 часа
0—5	5.0	47.3	40.6	37.6	36.4
5—18	7.3	54.1	38.5	35.9	35.3
18—25	8.2	28.4	27.2	25.5	20.9
30—40	15.0	25.4	24.2	22.9	20.8
40—50	16.7	22.1	21.4	20.9	20.0
50—60	17.6	20.6	20.5	20.1	19.6
60—70	17.3	18.4	18.4	18.4	18.1
70—80	16.2	16.9	17.8	17.4	16.4
80—90	15.5	15.2	16.0	16.2	14.7
90—100	14.6	14.8	18.1	13.3	15.1
110—120	14.2	13.6	18.7	15.0	15.0
140—150	13.3	13.8	14.3	14.1	14.1

Из этой таблицы видно, что в данном опыте вода через 22 часа после полива просочилась до глубины 80 см, а через 46 часов — до 120 см. Если же произвести расчет по скоростям фильтрации, полученным в опыте на монолитах ($u = \frac{V}{p}$), то этих глубин вода могла бы достигнуть соответственно через 13 и 23 часа. Но этот расчет будет не совсем правильным, в особенности для слоя 0—50 см, ибо скорость фильтрации в монолитах 50 см мощности не характеризует собою не только скорость фильтрации в каждом из генетических горизонтов, составляющих в своей совокупности монолит, но и среднюю скорость всего 50 см слоя монолита. Очевидно, для слоя в 0—50 см, с его хорошо проницаемыми горизонтами A_0 и A_1, средняя скорость фильтрации будет несколько больше, чем 198 см/сутки, для остальных же более глубоких слоев она, повидимому, близка к скоростям, полученным в опыте на монолитах. Следовательно, без большой погрешности можно принять, что для наших почв в природных условиях скорость просачивания даже интенсивных осадков в среднем примерно в 2 раза меньше скорости фильтрации, получаемой в лабораторных опытах. Скорость просачивания слабых осадков, вероятно, еще меньше.

Чтобы судить о влиянии восходящего тока влаги на влажность почвы, необходимо располагать опытным данными по скорости и высоте капиллярного подъема в наших почвах. Однако этих данных мы, к сожалению, не смогли получить по целому ряду причин. Определение максимальной высоты капиллярного подъема на монолитах невозможно, в особенности для тяжелых по механическому составу почв. Наблюдения же в природе позволяют иногда такие определения сделать, разумеется, с какой-то погрешностью. Так, путем анализа данных по динамике влажности почв и почвенно-грунтовых вод в наших работах на Молого-Шекснинском междуречье (И. С. Васильев, 1937) максимальная высота капиллярного подъема для легкосуглинистых и тонкопесчанистых почв была установлена в 170 см, а в опытах с монолитами капиллярный подъем закончился на высоте 124 см после 2—3-месячных наблюдений, причем скорость его на этой высоте была весьма мала. А. А. Роде (см. настоящий том) в результате сопоставления некоторых данных при анализе поведения почвенно-грунтовых вод приходит к заключению, что вероятная максимальная высота капиллярного подъема в средних и тяжелых подстилающих суглинках Центрального лесного заповедника близка к 240—250 см. Значение же этой величины очевидно, ибо только располагая ею, можно решать вопросы, связанные с участием почвенно-грунтовых вод в увлажнении почвенной толщи.

Приняв эту величину, попытаемся проследить, как она увязывается с данными динамики влажности почв и почвенно-грунтовых вод.

Ввиду того, что для выяснения этого вопроса будет рассмотрено несколько случаев, мы приведем для удобства обозрения соответствующие выдержки из разных таблиц, сведя их в одну таблицу (табл. 34).

Обратимся к данным влажности почвы за летне-осенний период 1938 г. (табл. 2а, Приложение). Вследствие засушливого лета почвенный профиль был сильно просушен, причем значительно сильнее в верхних слоях, чем в нижних, что вполне понятно; к 1 сентября он имел запас влаги наименьший в году. По замерам на водно-балансовой площадке № 1 в течение 6—15 сентября выпало 16.3 мм осадков, все они были задержаны в верхнем 25 см слое почвы (табл. 34). Почвенно-грунтовые воды к 1 сентября понизились до 251 см и, следовательно, должны были бы иметь связь с верхним 25 см слоем почвы и реагировать на выпавшие осадки соответствующим подъемом в силу передачи только гидростатического давления, так как при таких малых осадках защемленного воздуха образоваться не должно. На самом деле происходило неуклонное понижение их и к 16/IX они понизились до 266 см. Отсюда может быть такой вывод: или максимальная величина капиллярного подъема для почвенно-грунтовой толщи, включающей и покровный легкий суглинок, меньше 250 см, или покровный суглинок иссушен до такой степени, что гидростатическая связь между верхним 25 см

Таблица 34

Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы)
Площадка № 1. Сложный ельник

Горизонт	Слои (см)	1938												1939			Наименьшая влагоемкость
		Сентябрь			Октябрь				Ноябрь					1/VIII	1/IX	21/IX	1/X	
		1	6	16	1	11	16	21	26	1	11	21						
A_0	0—4	58.5	52.3	141.9	105.1	181.5	197.0	227.0	216.0	193.8	198.5	214.0		88.9	59.5	78.6	115.0	360.0
A_1'	4—9	24.5	25.9	27.3	24.4	28.2	38.3	51.0	36.8	38.2	41.9	43.9		34.9	20.5	25.6	31.7	49.5
A_1''	9—16	18.7	18.2	22.3	19.0	18.9	27.3	34.0	31.0	25.2	26.4	25.4		23.1	15.9	16.0	20.7	25.8
A_2	16—25	11.1	11.4	12.4	11.5	9.5	13.9	22.6	17.5	18.9	22.5	22.4		16.8	13.6	11.2	13.6	20.0
A_2B	25—35	10.3	11.7	13.5	10.6	9.8	12.5	19.3	14.7	15.9	20.9	22.5		16.3	13.9	10.5	13.7	20.8
B	35—45	13.5	13.0	13.3	12.2	13.6	16.5	14.2	15.2	15.2	19.2	19.9		18.1	14.0	11.6	13.6	20.0
	45—55	13.4	12.6	12.6	11.6	8.7	14.2	11.9	14.7	13.0	14.5	19.0		17.2	13.7	10.9	12.2	19.6
BC_1	55—65	12.2	11.7	11.8	11.0	11.9	11.6	11.1	14.6	10.3	13.7	13.2		16.4	11.9	11.2	12.7	18.1
C_1	65—75	10.9	10.5	9.3	10.5	10.1	10.5	11.2	13.3	9.9	11.0	11.3		17.4	11.7	11.6	10.5	16.4
C_2	85—95	10.8	10.9	11.0	7.8	10.5	9.0	10.8	9.8	9.5	8.7	10.0		15.7	13.4	12.1	14.4	14.7
	100—110	12.6	13.4	13.5	11.5	11.5	11.1	11.9	13.8	10.8	11.1	10.8		13.0	12.3	12.1	14.1	15.1
	120—130	11.6	11.6	12.5	13.5	14.2	13.4	13.0	15.4	13.7	12.6	14.0		14.8	12.6	12.4	13.2	15.0
	140—150	10.5	13.3	12.9	13.3	15.3	11.2	15.9	13.3	13.9	13.2	13.3		14.8	12.9	12.3	13.4	14.1
Уровень почвенно-грунтовых вод (см)		251	255	266	278	285	286	285	286	282	279	258		220	269	279	297	
Осадки (мм)		0.0	16.3	0.0	7.1	12.6	16.8	0.0	0.0	13.0	2.4			0.0	2.2	10.7		
Среднесуточная темпер. воздуха		19.3	20.4	16.2	5.8	7.6	2.8	4.1	4.0	8.5	0.2	1.8		21.4	12.8	5.7	5.4	

слоем и зеркалом почвенно-грунтовых вод оказалась нарушенной. Проследим дальше: осадки, выпавшие 1—10/X в количестве 7.1 мм, будучи задержаны в подстилке и в гумусовом слое, не изменили положения: почвенно-грунтовые воды продолжали падать, и к 11/X их уровень понизился до 285 см. В следующую пятидневку, 11—16/X, выпало 12.6 мм осадков, почвенный профиль увлажнился до глубины 45—55 см, уровень же грунтовых вод упал всего на один сантиметр, т. е. на величину, лежащую в пределах ошибки измерения. В течение декады 16—26/X уровень грунтовых вод не изменялся, оставаясь на глубине 285—286 см, но он должен был бы понижаться за счет бокового оттока, как это имело место в первой декаде октября и в большей степени в сентябре. Правда, в сентябре стояли еще высокие температуры, и биологическая деятельность растений не прекращалась, но к концу месяца она значительно уменьшилась, судя по падению температуры воздуха, в течение же октября она постепенно сошла на-нет. Осадки в сентябре в большей части израсходовались на испарение (9.3 мм) и десукцию, в октябре же большая часть осадков задержалась в верхних слоях почвы до глубины 45—55 см. Все эти осадки выпадали небольшими порциями и не могли поэтому просочиться на большую глубину, будучи задержаны иссушенными верхними слоями почвы. В этих условиях и образование защемленного воздуха едва ли могло иметь место в значительных размерах. Следовательно, и этот фактор, способствующий подъему почвенно-грунтовых вод, отсутствовал. Таким образом, падение почвенно-грунтовых вод в сентябре происходило не за счет капиллярного подъема их к корнеобитаемому слою вегетирующей растительности, а лишь за счет их бокового оттока, и это падение в среднем оказалось равным около 1 см в сутки. В октябре при весьма пониженной биологической деятельности растительности, слабом испарении и нарушенной капиллярной связи с верхними слоями почвы грунтовые воды должны были бы понижаться с той же, или с несколько меньшей скоростью в силу уменьшения расхода воды при все уменьшающемся сечении бокового потока, чем в сентябре. Так это и наблюдается в действительности: в сентябре уровень почвенно-грунтовой воды понизился с 251 до 278 см, т. е. на 37 см за 30 суток, или на 1.20 см в сутки в среднем, а в течение 1—11/X он упал с 278 до 285 см, т. е. на 0.7 см в сутки. Но за декаду 11—20/X выпало около 30 мм осадков, увлажнивших почву до глубины 65—75 см. Уровень же грунтовых вод при этом стабилизировался на глубине 285—286 см. Это могло произойти потому, что расход почвенно-грунтовых вод на боковой отток компенсировался их подъемом, вызванным гидростатическим давлением осадков, просочившихся до слоя 65—75 см. Далее, в первой декаде ноября выпало около 13 мм осадков, вегетация и испарение в лесу прекратились, почвенная толща увлажнилась уже в значительно большей степени, но лишь до глубины 55—65 см. Выпавшие во вторую декаду небольшие осадки (2.4 мм) немного усилили увлажнение этих слоев. Почвенно-грунтовые воды реагировали на ноябрьское увлажнение верхней полуметровой почвенной толщи сначала медленным подъемом с 286 см до 279 см в течение первой декады, и более сильным— с 279 до 258 см во второй декаде ноября. Стабилизация уровня почвенно-грунтовых вод на глубине 285—286 см за период 11—26/X и значительный его подъем в ноябре могли быть обязаны медленно нараставшему гидростатическому давлению осадков, просочившихся до глубины 55—75 см. Можно думать поэтому, что вся зона капиллярного насыщения почвенно-грунтовой толщи от зеркала грунтовых вод и, следовательно, максимальная высота капиллярного подъема, повидимому, близка к 285—55/75=210—230 см. Как видим, эта величина очень близка к той,

которую получил А. А. Роде, придя к ней совершенно другим путем, но опять-таки в результате анализа природных явлений.

Из всего только что изложенного можно сделать еще такой частный вывод: капиллярная связь почвенно-грунтовых вод с верхним 25 см слоем почвы нарушается, повидимому, при влажности в слое 25—65 см, близкой к 55—65% от величины наименьшей влагоемкости, как это видно из следующих данных (табл. 35).

Таблица 35

Влажность, при которой нарушается водно-капиллярная связь в дерново-среднеподзолистой почве

Площадка № 1. Сложный ельник

Слои (см)	Наименьшая влагоемкость	Средняя влажность в сентябре 1938 г.	
		абсолютная	в % от наименьшей влагоемкости
25—35	21.2	11.4	54
35—45	20.4	13.0	64
45—55	19.8	12.3	62
55—65	18.8	11.5	61

Интересно отметить, что в результате специальных опытов, проводимых М. М. Абрамовой в лаборатории Почвенного института Академии Наук СССР с целью выяснения вопроса о передвижении в почвах капиллярно-подвешенной воды, установлено, что водно-капиллярная связь в почве (легкий покровный суглинок из окрестностей Москвы) нарушается при влажности, тоже близкой к 55—65% от величины наименьшей влагоемкости. Эту влажность Абрамова предложила назвать «влажностью разрыва капилляров» (1948). Следовательно, для некоторых расчетов и сопоставлений величину «влажности разрыва капилляров» можно принять в среднем равной 60% от величины наименьшей влагоемкости.

Если сопоставить величину «влажности разрыва капилляров» с величиной влажности завядания в почвах опытных площадок, то окажется, что отношение первой величины ко второй очень близко к 2, как это видно из следующих данных (табл. 36).

Найденные соотношения между величинами наименьшей влагоемкости, влажности разрыва капилляров и влажности завядания послужат нам в дальнейшем при составлении графиков относительной влажности почв и для некоторых других целей.

Летняя засуха 1938 г. повторилась в 1939 г. Поэтому тот путь, который привел нас к установлению максимальной высоты капиллярного поднятия в почвенно-грунтовой толще площадки № 1, может быть проверен на основе анализа соответствующих данных 1939 г.

Выше было уже отмечено, что почвенный профиль летом 1939 г. был просушен до той же степени, если не больше, что и летом 1938 г., в чем можно убедиться из рассмотрения графика фиг. 11 и табл. 34. После засушливого августа 1939 г., в течение которого выпало всего 0.9 мм осадков, влажность почвенного профиля снизилась до величины значительно меньшей, чем наименьшая влагоемкость. Грунтовые воды к 1/IX понизились до 269 см, т. е. на 18 см ниже, чем в 1938 г. Небольшие осадки за 20—30/IX (10.7 мм) слабо увлажнили почву лишь до глубины 25—45 см, а уровень почвенно-грунтовых вод упал к концу сентября до глубины

Таблица 36

Отношение «влажности разрыва капилляров» к влажности завядания в почвах опытных площадок

Площадки	Наименьшая влагоемкость I	60% от наименьшей влагоемкости II	Влажность завядания III	Отношение II : III
Площадка № 1				
Слой 9—16 см	30.8	18.5	10.80	1.72
» 16—25 »	22.6	13.5	6.10	2.20
» 35—45 »	20.4	12.2	6.84	1.79
Площадка № 2				
Слой 8—25 см	25.4	15.3	8.24	1.86
» 25—35 »	23.0	13.8	6.35	2.18
Площадка № 3				
Слой 0—5 см	36.4	21.8	9.60	2.27
» 5—18 »	35.4	21.2	8.92	2.37
» 18—25 »	20.9	12.6	7.12	1.77
» 30—40 »	20.8	12.4	5.25	2.36
Среднее . . .	—	—	—	2.06

297 см, совершенно не реагируя на выпавшие осадки. Этого и следовало ожидать, если принять высоту капиллярного подъема в 210—230 см; выпавшие осадки не достигли капиллярной каймы, верхняя граница которой, повидимому, располагалась на 10—15 см ниже той глубины, до которой достигли осадки. Отметим, что если в августе понижение почвенно-грунтовых вод происходило под воздействием двух факторов — через капиллярный боковой отток, то в сентябре действовал преимущественно второй фактор: в августе падение было с 220 до 269 см, т. е. 49 см, а в сентябре с 269 до 297 см, т. е. 28 см. Отсюда среднюю ежесуточную величину падения почвенно-грунтовых вод под влиянием бокового их оттока в толще 270—300 см можно принять с небольшой погрешностью равной 0.93 см, что очень близко к величине их падения в сентябре 1938 г., когда уровень почвенно-грунтовых вод понижался тоже преимущественно лишь в силу их бокового оттока: он понизился с 251 до 278 см, т. е. на 27 см, или в среднем на 0.9 см в сутки. Следовательно, можно с довольно большой долей вероятности считать, что в толще 250—300 см средняя ежесуточная величина понижения почвенно-грунтовых вод в силу их бокового оттока близка к 0.9 см. Установление этой величины имеет для нас большое значение, как это будет видно из последующего изложения.

В связи со всем предыдущим нам остается рассмотреть еще один интересный вопрос: каким путем идет просыхание почвенного профиля, когда влажность его снижается до величины наименьшей влагоемкости и ниже ее, т. е. становится малоподвижной? Выше уже были отмечены такие случаи снижения влажности дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1, относящиеся к концу летних периодов 1938 и 1939 гг. В этих случаях почвенная влага верхних слоев теряла капиллярную связь с почвенно-грунтовой водой при падении уровня последней до относительно большой

глубины. Для решения поставленного вопроса обратимся к данным влажности дерново-среднеподзолистой почвы за период 1—21/IX 1939. Влажность выражена в миллиметрах водного слоя (табл. 37).

Таблица 37

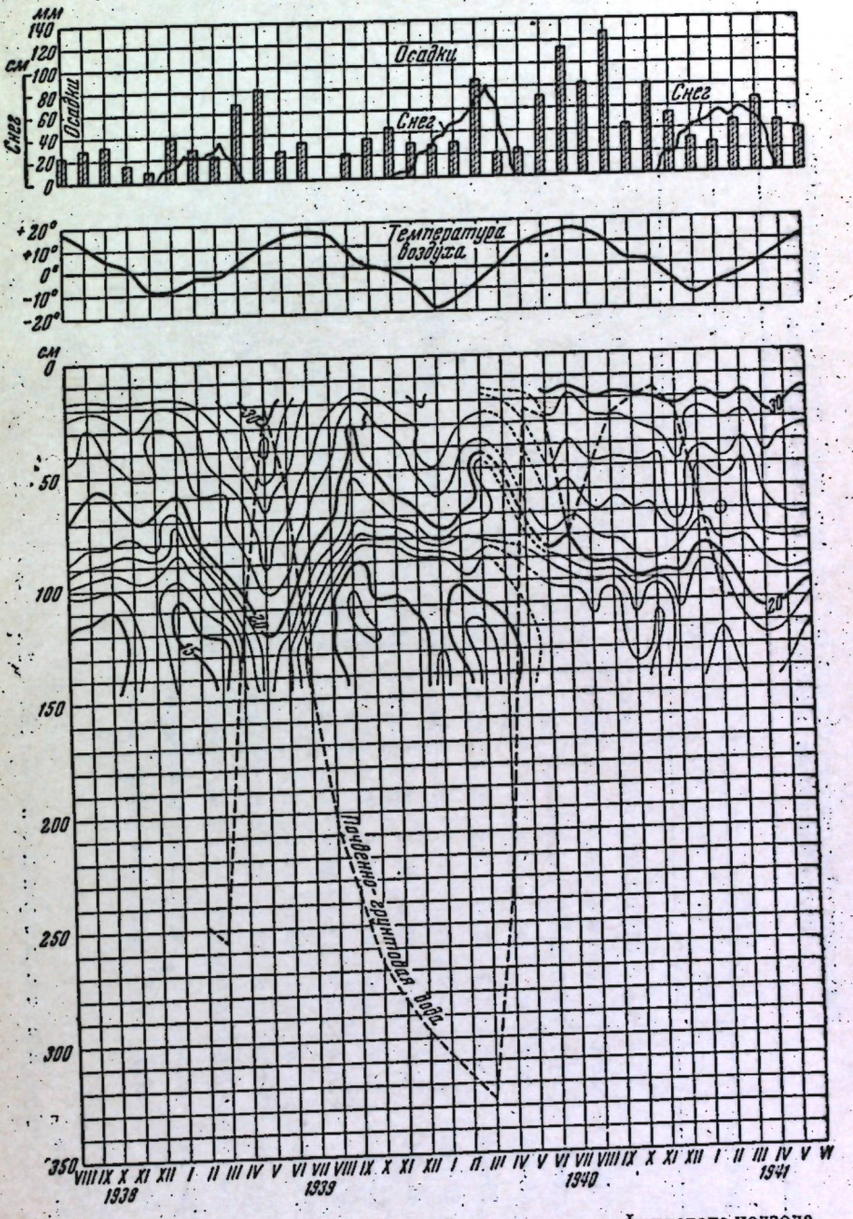
Просыхание почвенного профиля в сентябре 1939 г.

Слои (см)	Запас влаги (мм)		Наименьшая влагоемкость (мм)	Влажность завядания (мм)	За период 1—21/IX	
	1/IX	21/IX			осадки (мм)	испарение (мм)
0—25	35.6	35.2	74.1	25.5	2.2	6.3
25—85	122.0	106.5	177.7	—		
85—150	142.3	136.1	163.6	—		
Уровень почвенно-грунтовых вод (см)	269	279	—	—	—	—

Как видно из этой таблички, грунтовые воды понизились с 269 до 279 см, и, следовательно, их капиллярная связь с корнеобитаемым слоем была нарушена, а если она и сохранилась, что нам достоверно неизвестно, то капиллярный приток почвенно-грунтовой воды к верхним испаряющим слоям почвы был, во всяком случае, ничтожно мал. Осадков за этот период выпало всего 2.2 мм. Запас влаги во всей почвенно-грунтовой толще уменьшился с 299.9 до 277.8 мм, т. е. на значительную величину, равную 22.1 мм. Как же происходило это уменьшение запаса влаги по слоям? Из табл. 37 видно, что в верхнем 25 см слое запас влаги за период 1—20/IX почти не изменился: в начале периода он равнялся 35.6 мм, а в конце 35.2 мм. Запас же влаги в нижней толще покровного суглинка (слой 25—85 см) снизился со 122 до 106. 5 мм, а в слое 85—150 см — со 142.3 до 136.1 мм. Следовательно, расход влаги на испарение и десукцию происходил преимущественно из нижней части покровного суглинка и отчасти из слоя 85—150 см. Это станет понятным, если учесть, что влажность верхнего слоя 0—25 см к 1 сентября 1939 г. уменьшилась почти до влажности завядания, т. е. сделалась уже малодоступной для древесной растительности. В силу этого последняя десукцировала необходимую ей влагу своими более глубокими корнями из нижней части покровного суглинка и подстилающего его моренного суглинка. Вместе с тем расход влаги на испарение почвой и травянистой растительностью из верхнего 25 см слоя, несмотря на его сильную иссушенность, все же имел место и выразился в 6.3 мм за период 1—20/IX. Этот расход влаги лишь частично компенсировался осадками (2.2 мм), а большая его часть была, очевидно, возмещена за счет капиллярного (а может быть, и пленочного) подтягивания влаги из слоя 25—85 см, так как запас влаги в слое 0—25 см с 1 по 20/IX оставался неизменным. Эти данные указывают, следовательно, на то, что капиллярное передвижение влаги вверх в пределах покровного суглинка возможно даже при величинах влажности, значительно меньших величины наименьшей влагоемкости, и при нарушении или весьма слабой водной капиллярной связи толщи покровного суглинка с глубоко лежащими почвенно-грунтовыми водами.

Динамика влажности торфянистого подзола

Перейдем теперь к рассмотрению хода влажности торфянистого подзола на площадке № 2.



Фиг. 12. Хронопозоплеты абсолютной влажности торфянистого подзола на площадке № 2.

Все закономерности, установленные для динамики влажности дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1, в общих чертах приложимы

Таблица 38

Влажность торфянистого подзола (в % от веса сухой почвы). Средние месячные
Водно-балансовая площадка № 2. Сфагново-черничный ельник

Генетический горизонт	Слои (см)	1938 VIII	IX	X	XI	XII	1939 I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Мох	—	134.0	268.0	394.0	548.0	476.0	снег	снег	снег	снег	912.0	407.0	249.0	39.1	179.0	417.0	401.0	446.0
A_0'	0—5	150.0	266.0	424.0	560.0	351.0	548.0	1106.0	1125.0	1409.0	1106.0	714.0	362.0	109.0	125.0	367.0	394.0	438.0
A_0''	5—8	164.0	168.0	211.0	258.0	200.0	235.0	214.0	210.0	(361.0)	323.0	307.0	192.0	116.0	112.0	170.0	193.0	188.0
A_2 (g)	8—25	26.0	25.2	25.2	26.3	24.7	25.1	27.0	26.2	30.4	32.0	28.9	26.0	25.5	22.5	23.9	25.3	26.6
A_2	25—35	22.8	21.7	23.0	24.0	21.8	22.2	23.9	26.2	27.5	(29.8)	27.0	25.0	23.0	19.7	21.6	23.0	24.0
A_2B	35—45	22.3	21.7	22.1	24.2	19.9	20.5	23.9	25.3	26.7	(30.4)	26.6	24.8	22.5	19.8	21.2	21.6	24.3
B	45—55	21.7	22.0	20.6	22.2	22.0	21.2	23.0	24.1	26.0	(29.3)	26.0	23.6	21.2	19.1	19.9	20.9	22.1
	55—65	21.2	19.5	19.9	21.0	21.3	19.8	21.9	21.8	24.1	(26.5)	25.0	22.2	20.5	18.6	19.2	20.0	20.7
C_1	65—75	20.0	19.1	19.9	20.0	19.3	18.4	21.7	21.7	23.1	(25.8)	24.0	21.6	20.2	18.3	18.4	19.2	19.5
	75—85	20.6	19.1	19.0	18.6	19.6	17.2	20.4	20.4	22.3	(24.6)	23.0	20.3	19.4	17.1	16.3	16.4	18.2
	85—95	18.8	17.9	17.4	17.4	17.2	16.7	17.6	20.2	21.6	(24.3)	22.6	19.4	17.7	15.0	15.3	15.1	15.5
	100—110	15.6	15.6	15.3	16.5	16.1	15.0	16.3	17.7	19.6	(21.5)	20.6	17.9	15.2	13.8	15.2	15.0	15.3
	120—130	14.7	14.2	14.1	15.4	16.9	15.0	14.6	14.4	17.6	(19.7)	18.4	15.6	15.1	14.2	14.0	14.4	14.6
	140—150	14.7	14.7	14.7	15.6	18.0	15.9	16.1	14.6	16.7	(19.2)	18.6	15.9	16.0	14.7	14.2	14.1	14.2
Уровень почвенно-грунтовой воды (см) по кол. 62 и 62В		Не замерялся					234	248	256	112	19	56	138	202	235	265	282	296

Таблица 38 (продолжение)

Генетический горизонт	Слои (см)	1940 I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1941 I	II	III	IV	V	VI
Мох	—	Снег			Вода сверху поверхности		612.0	558.0	653.0	1011.0	1072.0	Снег		Снег					617.0
A_0'	0—5	475.0	501.0	460.0			672.0	557.0	603.0	665.0	664.0	756.0	942.0	632.0	451.0	563.0	875.0	837.0	633.0
A_0''	5—8	206.0	176.0	224.0			307.0	253.0	282.0	303.0	295.0	308.0	335.0	286.0	185.0	264.0	282.0	309.0	328.0
A_2 (g)	8—25	25.2	25.4	25.4			29.3	28.0	30.3	29.6	33.9	30.4	31.6	29.8	32.2	29.8	31.3	30.6	29.7
A_2	25—35	24.1	24.1	23.0			27.4	26.9	27.0	27.3	28.0	28.8	28.6	26.4	27.6	26.9	29.2	28.9	28.4
A_2B	35—45	25.1	22.4	20.2			27.5	25.7	26.4	26.5	26.8	26.8	28.8	26.7	27.3	25.8	28.5	27.3	26.9
B	45—55	23.4	21.5	18.9			25.7	24.5	25.7	25.7	25.6	25.0	27.7	23.7	25.4	23.5	27.4	26.6	26.9
	55—65	22.1	21.3	19.6			24.1	23.5	25.3	24.3	24.8	24.7	24.7	22.8	23.1	23.4	26.3	27.5	25.9
C_1	65—75	21.3	19.9	19.3			22.3	22.4	23.6	23.4	23.9	23.7	24.4	22.6	24.3	23.3	25.1	26.4	26.1
	75—85	19.1	17.9	18.2			21.9	20.0	21.5	22.6	24.0	24.5	23.6	21.2	23.1	22.3	24.2	24.4	25.4
	85—95	15.3	16.9	15.7			18.2	19.3	20.3	20.4	21.8	22.2	20.5	19.2	19.9	20.8	22.7	23.3	23.3
	100—110	15.6	14.6	14.7			16.7	16.7	17.2	16.6	18.5	17.1	19.5	18.2	18.3	20.1	20.7	20.5	19.1
	120—130	15.8	14.2	13.5			16.6	16.0	16.8	16.6	17.5	16.9	18.3	18.4	19.1	18.2	19.1	18.6	17.5
	140—150	16.6	15.8	14.2			16.9	16.1	16.8	16.2	16.4	17.6	18.7	18.8	18.2	19.0	18.3	17.5	17.5
Уровень почвенно-грунтовой воды (см) по кол. 62 и 62В		306	316	326	236	23	27	80	50	26	18	15	25	65	108	109	63(?)	12(?)	?

и к торфянистому подзолу. Поэтому мы остановимся здесь лишь на некоторых особенностях водного режима этой почвы.

Из табл. 38, а также табл. 6а — 9а (в приложении), и особенно из графика фиг. 12 можно видеть, что годовой ход влажности на площадке № 2 ровнее, спокойнее, чем на площадке № 1: изолинии графика не так сильно сближены и не имеют такого крутого, почти вертикального, падения в периоды весеннего увлажнения и летнего просыхания, как на площадке № 1. Характерно, что февральские и мартовские оттепели в 1939 г. вызвали значительное увлажнение почвы до глубины 1 м, а весенние талые воды промочили уже всю почвенно-грунтовую толщу, причем темп промачивания лишь слабо усилился по сравнению с февралем и мартом. Просыхание почвы летом происходит сравнительно медленно, на что указывают изолинии графика фиг. 12, поднимающиеся значительно более отлого, чем на графике фиг. 11, относящемся к площадке № 1. Из табл. 38 легко усмотреть, что влажность всех минеральных слоев почвы лишь в исключительно засушливые летние периоды 1938 и 1939 гг. приближается к величине наименьшей влагоемкости, причем на короткий срок и не на всю глубину профиля; поэтому в торфянистом подзоле, если судить по данным влажности, должен иметь место не столько нисходящий, сколько боковой ток капельно-жидкой влаги в течение почти всего года, что является резким отличительным признаком водного режима этой почвы по сравнению с почвой площадки № 1.

На площадке № 2 определялась также влажность и мохового покрова, образованного преимущественно сфагновыми мхами. Из табл. 6а — 9а (в приложении) видно, что влажность верхних торфянистых слоев в течение года колеблется весьма сильно. В минеральных слоях почвы колебания влажности меньше, причем книзу они уменьшаются и достигают минимума в нижних слоях. Наблюдается в общем та же картина, что и на площадке №1. Но наибольшая амплитуда колебания влажности прослеживается у мха: от 2300% весной (26/V) до 29% в конце лета 1939 г., у торфа соответственно 1500—80%, у подзолистого гор. A_2 всего 32—21%. Мох и торфянистый слой являются еще более сильными регуляторами влажности торфянистого подзола, чем подстилка и гумусовый слой среднеподзолистой почвы. Благодаря своей огромной влагоемкости, они задерживают в себе значительное количество выпадающих осадков, которые затем в первую же очередь и расходуются на испарение и десукцию, тем самым способствуя сохранению влаги в минеральных слоях почвы. В глубоких слоях почвенно-грунтовой толщи на площадке № 2 не прослеживается такого сильного иссушения, как на площадке № 1, в засуху 1938 и 1939 гг.

В чем же причина этих отличительных черт в ходе и режиме влажности на обеих лесных площадках? Как отмечено выше, почвообразующей породой для почв обеих площадок является покровный легкий суглинок, который, судя по основным физическим свойствам, однороден; следовательно, причиной являются рельеф и растительность. Меньший уклон площадки № 2 (уклон 0.005—0.007) создает затрудненный сток воды, благодаря чему почва на площадке № 2 сильнее увлажнена, чем на площадке № 1 (уклон 0.020—0.030), а менее развитая и менее богатая растительность сфагново-черничного ельника, естественно, меньше расходует воды на десукцию, чем более богатая растительность сложного ельника на площадке № 1 (см. описание площадок). Кроме того, в составе сфагнового ельника имеется только ель и лишь небольшая примесь осины и, следовательно, потребление воды древостоем идет преимущественно из слоя 0—25 см, в то время как на площадке № 1 корневая система древостоя сложного ельника выкачивает воду непосредственно из всей толщи покровного суглинка. По данным кабинета лесоведения Ц. Л. Г. З. корневая система осины в сложном ельнике распространяется до глубины 1 м, а единично корни встречаются на глубине 1.20 м. Необходимо отметить, что хотя порозность минеральных слоев почв на обеих площадках почти одинакова, но характер пор может быть различен. Судя по данным механического состава (табл. 1), торфянистый подзол заметно богаче илистыми частицами, чем дерново-среднеподзолистая почва, а поэтому и водопроницаемость у первого, повидимому, меньше, чем у второй. Все эти причины, из которых главной является, вероятно, рельеф и объясняют, почему общий ход и режим влажности на площадке № 2 заметно отличаются от таковых на площадке № 1 и почему, в частности, нижняя половина покровного суглинка на площадке № 1 значительно сильнее просушена в засуху 1938 и 1939 гг., чем на площадке № 2.

Так как площадка № 2 значительно сильнее увлажнена, чем площадка № 1, то естественно возникает вопрос — имеется ли в почвенно-грунтовой толще этой площадки защемленный воздух, и если имеется, то в каком количестве. Просматривая данные влажности (табл. 38) на площадке № 2 при высоком стоянии почвенно-грунтовых вод в июне 1939 г. и за весь летне-осенний период 1940 г. и сравнивая их с величинами полной влагоемкости, нетрудно убедиться в том, что влажность всех слоев, находящихся под уровнем почвенно-грунтовой воды, обычно заметно ниже величины полной влагоемкости. Вместе с тем можно проследить, что в очень дождливый осенний период 1940 г. эта разница к концу периода значительно уменьшается. Приведем некоторые цифры за 1940 г. (табл. 39).

Таблица 39

Изменение объема защемленного в почве воздуха во времени. Торфянистый подзол. 1940 г.

Слои (см)	Среднемесячная влажность (%)		Полная влагоемкость (%)	Ненасыщенность (защемленный воздух)			
				в % от веса сухой почвы		в % от общей скважности	
	июнь	ноябрь		июнь	ноябрь	июнь	ноябрь
45—55	25.7	25.0	29.3	3.6	4.3	11.0*	8.0*
55—65	24.1	24.7	26.5	2.4	1.8		
65—75	22.3	23.7	25.8	3.5	2.1		
75—85	21.9	24.5	24.6	2.7	0.1		
85—95	18.2	22.2	24.3	6.1	2.1		
100—110	16.7	17.1	21.5	4.8	4.4	19.0**	13.0**
120—130	16.6	16.9	19.7	3.1	2.8		
140—150	16.9	17.6	19.2	2.3	1.6		
	27	15	(среднемесячный уровень почвенно-грунтовых вод по смотровому кол. 62)				
	30	14	(то же — по почвенным скважинам)				

* Средняя в слое 45—85 см.
** Средняя в слое 85—150 см.

Из этой таблицы видно, что в июне 1940 г. средний уровень почвенно-грунтовых вод (по кол. 62) был 27 см. Средняя же влажность за июнь в слоях 45—85 см, т. е. в нижней половине покровного суглинка, была

на 2.4—3.6% ниже полной влагоемкости, а в слоях 85—150 см, т. е. в подпочве, ниже на 2.3—6.1%, что указывает на присутствие в почвенно-грунтовой толще защемленного воздуха в объеме соответственно 11 и 19% от величины общей скважности. В ноябре, при среднем уровне почвенно-грунтовой воды в 15 см, объем защемленного воздуха, как показывают расчеты, снизился в слое 45—85 см с 11 до 8%, а в слое 85—150 см с 19 до 13%, повидимому вследствие растворения его в воде и последующего выделения путем диффузии.

Таким образом, присутствие защемленного воздуха в почве обнаруживается даже на более влажной площадке № 2, правда, в несколько меньших количествах, чем на площадке № 1. При этом его содержание в толще покровного суглинка значительно меньше, чем в подстилающем его моренном суглинке, как это было отмечено выше и для площадки № 1, что вполне закономерно, если учесть, что защемление начинается сверху и воздух постепенно вгоняется вниз, откуда его диффузия затруднена.

Всех других общих вопросов, касающихся поведения влаги в почве на площадке № 2, мы касаться не будем, — они подробно рассмотрены при анализе влажности на площадке № 1, по которой мы к тому же располагали для этого и большим количеством материала.

Динамика влажности дерново-среднеподзолистой почвы на пашне

Рассмотрим теперь вкратце ход влажности дерново-среднеподзолистой почвы на полевой площадке (№ 3), данные для которой представлены в табл. 40, а также в табл. 10а — 12а (приложения) и наглядно изображены на фиг. 13.

Как видно из графика фиг. 13, общий ход влажности на площадке № 3 следует в общих чертах за ходом метеорологических элементов, как и на лесных площадках. Из сравнения фиг. 11, 12 и 13 можно усмотреть, что по динамике влажности площадка № 3 стоит ближе к площадке № 1, чем к площадке № 2, с той лишь разницей, что в засуху 1939 г. верхние слои почвы на пашне иссушены еще больше, чем в сложном ельнике на площадке № 1, в то время как влажность ее более глубоких слоев остается на доволь-

Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы).

Генетический горизонт	Слои (см)	1939							1940		
		VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
A_1 (+A_2)	0—5	34.0	29.8	9.4	6.1	27.0	30.9	45.6	47.5	49.4	51.1
	5—18	35.0	30.0	14.6	9.3	19.6	25.7	26.4	34.7	37.8	36.1
A_2 (+A_1)	18—25	26.3	21.1	12.3	10.0	11.8	18.0	20.9	16.9	18.7	19.5
A_2	30—40	21.0	15.7	12.1	10.6	11.1	16.6	17.8	16.2	15.5	13.8
A_2B	40—50	21.1	17.6	15.3	15.1	14.2	16.1	17.3	16.8	15.7	15.0
B	50—60	21.1	19.3	16.6	15.3	14.7	16.2	18.6	15.9	15.5	13.7
BC_1	60—70	21.5	19.4	16.6	14.2	13.4	15.5	16.5	16.1	15.0	14.1
C_1	70—80	20.5	18.9	16.0	13.9	13.7	14.3	15.4	15.7	15.5	13.8
	80—90	19.0	18.1	15.8	13.7	14.3	14.6	15.3	15.4	13.9	15.0
C_2	90—100	18.1	16.0	15.2	14.1	12.6	14.8	15.1	14.8	12.4	14.0
	110—120	16.8	13.7	15.0	14.5	14.3	14.7	16.0	13.5	15.1	15.2
	140—150	16.2	16.0	15.7	15.6	16.3	15.3	14.8	14.2	16.2	14.4

но высоком уровне. Это различие находит свое объяснение в характере растительности обеих площадок, ибо во всех других отношениях они близки друг к другу.

Находясь под непосредственным воздействием лучей солнца и более высоких температур воздуха, верхние слои почвы на пашне иссушаются быстрее, чем в лесу на площадке № 1. Создаваемый при этом резкий градиент влажности между верхним корнеобитаемым слоем и лежащими под ним слоями вызывает капиллярное подтягивание влаги из этих слоев, но, очевидно, этот приток влаги не покрывает расхода ее в верхнем слое на испарение и десукцию, в силу чего верхний слой в поле пересыхает еще сильнее, чем в лесу. Это пересыхание может достичь и достигает в засушливые периоды такой степени, когда капиллярная связь с глубже лежащими слоями прерывается, что ведет к полному прекращению капиллярного притока влаги в корнеобитаемый слой. В то время как на площадке № 3 влажность глубоких слоев уменьшается под воздействием оттока грунтовых вод и капиллярного подъема к верхним испаряющим слоям почвы, на площадке № 1 к воздействию этих двух факторов присоединяется еще непосредственное потребление влаги глубокой корневой системой осин и широколиственного подлеска, чем и объясняется относительно более сильное иссушение глубоких слоев в сложном ельнике по сравнению с пашней.

Обращает на себя внимание также ход влажности от весны к июлю 1940 г. на всех площадках: в то время как на площадке № 2 послойная влажность к июлю уменьшилась весьма слабо, значительно больше она уменьшилась на площадке № 1 и еще больше на площадке № 3, что объясняется, повидимому, различиями в рельефе и растительности.

Сравнение динамики влажности в почвах трех опытных площадок заповедника

Насколько можно судить из сопоставления графиков на фиг. 11, 12 и 13, менее увлажненной почвой является среднеподзолистая на площадке № 1, а наиболее увлажненной — торфянистый подзол на площадке № 2, дерново-среднеподзолистая же почва на пашне занимает промежуточное между

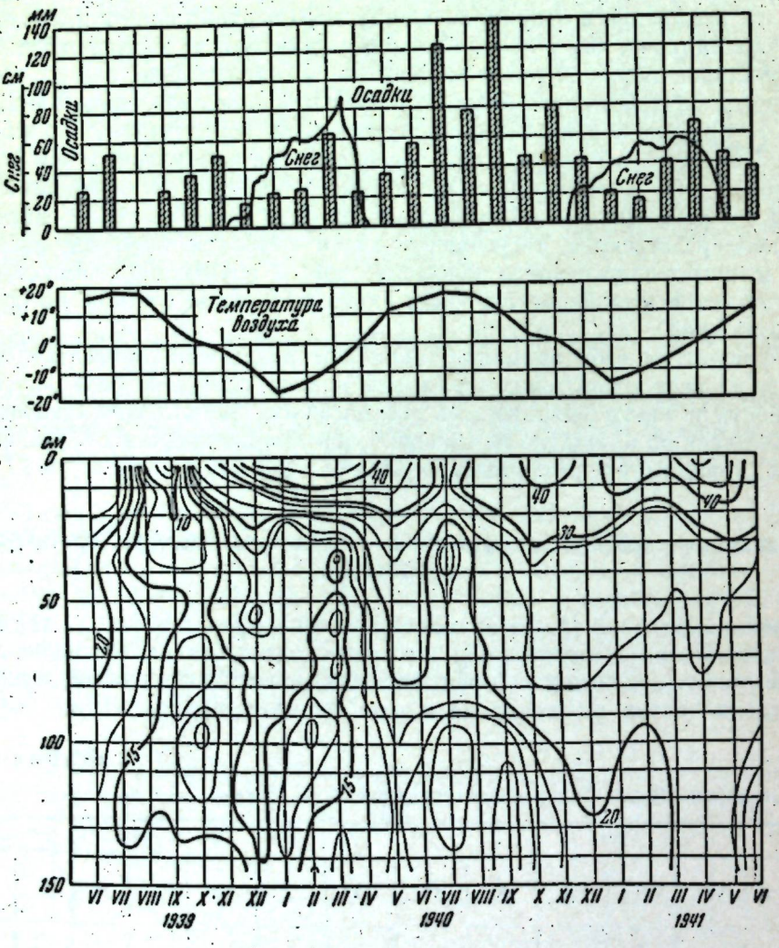
Таблица 40

Средние месячные. Водно-балансовая площадка № 3. Поле

1940								1941					
V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
36.8	34.4	26.6	30.6	33.5	49.4	55.7	36.8	43.8	42.3	45.0	47.8	47.7	34.9
36.0	32.4	27.2	32.5	33.1	43.8	37.5	35.5	40.3	38.3	36.3	45.8	47.8	34.0
28.8	25.7	19.5	26.1	29.0	33.4	37.4	25.4	30.5	27.8	22.7	34.3	36.0	33.4
24.3	21.9	15.7	20.4	22.5	28.8	27.8	22.1	28.0	32.0	26.7	24.8	26.0	24.0
22.3	21.2	17.7	20.6	21.8	26.4	27.2	24.0	25.1	27.1	23.6	27.1	24.9	22.4
20.7	21.4	18.2	20.3	21.0	24.2	26.5	23.5	24.0	23.9	22.2	24.7	22.9	22.0
20.8	20.6	19.0	19.5	21.0	24.5	24.8	24.8	25.2	21.5	21.7	24.4	22.9	21.6
20.3	20.4	18.9	19.4	21.1	23.7	24.5	24.5	22.3	20.7	21.5	24.0	23.0	22.2
19.0	18.6	18.1	18.1	19.9	20.9	20.9	20.9	20.8	20.9	20.6	20.9	20.9	20.9
18.3	17.3	15.6	16.2	16.6	19.6	20.2	21.9	20.3	19.8	22.0	22.0	21.2	20.0
17.0	16.6	15.3	16.7	15.3	17.4	18.1	20.9	18.1	19.3	21.9	20.9	19.5	17.6
17.6	16.5	16.4	16.9	15.0	17.7	18.7	19.4	19.3	19.3	21.0	19.7	20.2	17.2

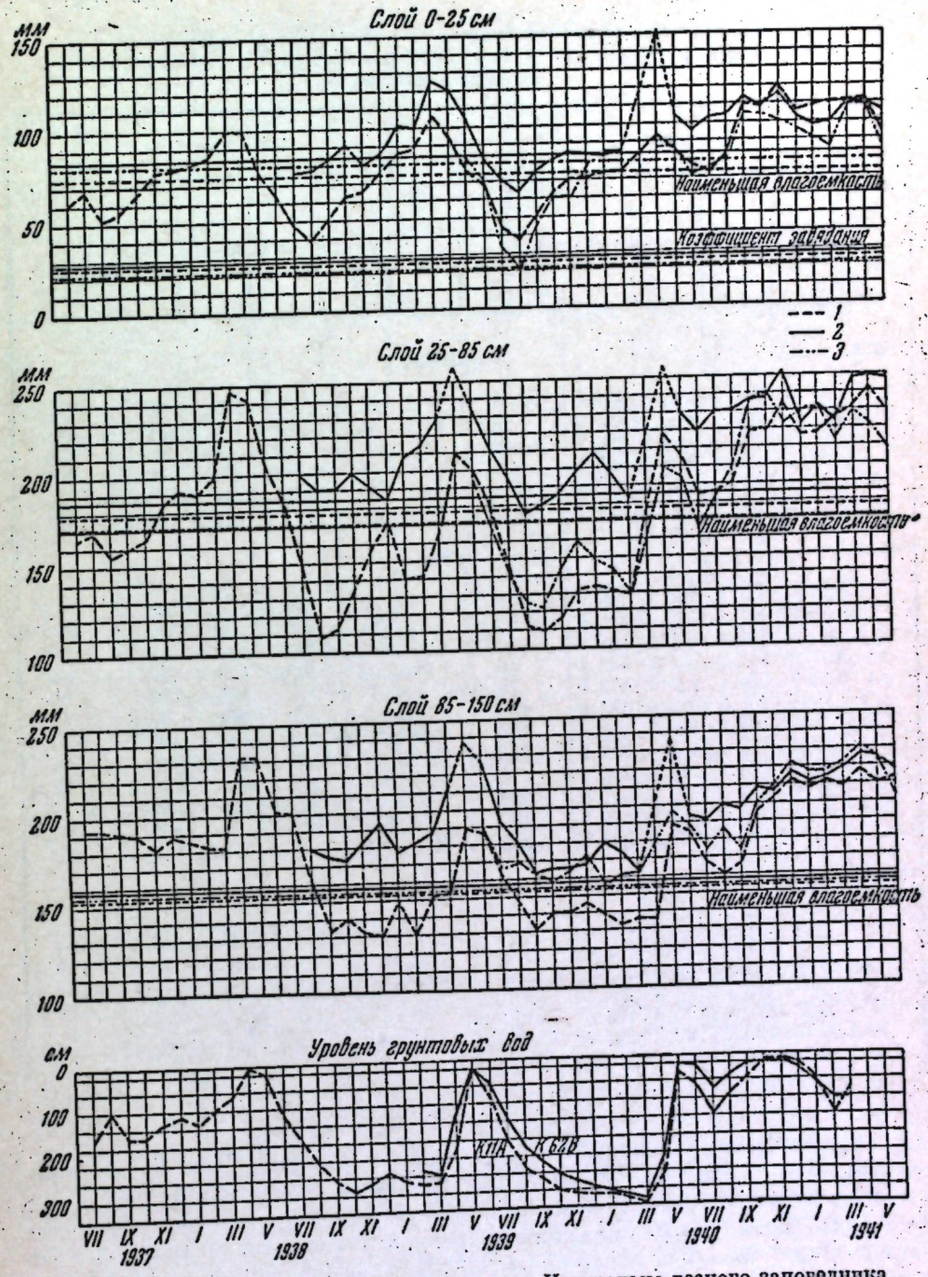
ними положение. Но это сопоставление не создает вполне ясного представления о различиях в динамике и режиме влажности на всех трех площадках.

Для того чтобы более наглядно представить сравнительный ход влажности и режим ее на наших опытных площадках, все данные послойной влажности в абсолютных величинах (в % от веса сухой почвы) были пересчитаны на миллиметры водного слоя, а затем подсчитаны запасы влаги для трех слоев, на которые был разбит почвенный профиль — для слоя



Фиг. 13. Хронозоплеты абсолютной влажности дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 3.

0—25 см, слоя 25—85 см и слоя 85—150 см. При этом мы руководствовались, во-первых, тем, что верхний 25 см слой является наиболее активным в отношении влагооборота и в нем сосредоточена основная масса корней главной древесной породы — ели и травянистой растительности, во-вторых, тем, что мощность покровного суглинка в среднем близка к 85 см и, следовательно, слой 25—85 см является нижней частью собственно почвенного профиля, по отношению к которому слой 85—150 см играет роль подстилающего слоя. Все величины запаса влаги в почвах представлены в табл. 41, 42, 43 и для наглядности изображены на фиг. 14.



Фиг. 14. Изменение запаса влаги в почвах Центрально-лесного заповедника.
1 — площадка № 1; 2 — площадка № 2; 3 — площадка № 3.

На этом сводном графике весьма легко прослеживается вся динамика запаса влаги и режим ее в почвах опытных площадок в связи с ходом

Таблица 41

Водно-балансовая площадка № 1. Сложный ельник
Запас влаги в дерново-среднеподзолистой почве (в мм водного слоя)
Средние месячные

Год и месяц	Слои (см) 0—25	25—85	85—150	0—150	Уровень почвенно-грунтовой воды (см). (По колодцам 38, 11 и 11А)	Год и месяц	Слои (см) 0—25	25—85	85—150	0—150	Уровень почвенно-грунтовой воды (см). (По колодцам 38, 11 и 11А)
1937 г.						1939 г.					
VII	61.6	164.7	193.3	419.6	>158	VII	69.0	177.7	163.1	409.8	188
VIII	68.5	169.0	193.1	430.6	96	VIII	44.6	144.9	147.2	336.7	246
IX	53.1	155.3	190.0	398.4	>158	IX	37.4	112.2	131.4	281.0	276
X	57.1	159.8	188.4	405.3	>158	X	51.4	108.5	141.3	301.2	301
XI	66.2	165.4	181.0	412.6	>128	XI	64.5	115.4	141.4	321.3	309
XII	77.9	184.7	188.6	451.2	111	XII	72.4	132.0	146.6	351.0	312
1938 г.						1940 г.					
I	78.6	191.9	186.1	456.6	129	I	72.2	133.5	140.5	346.3	312
II	82.1	190.3	182.5	454.9	94	II	75.6	130.5	133.2	339.3	321
III	85.2	199.8	181.8	466.8	70	III	76.0	120.8	136.8	333.6	330
IV	100.0	247.3	231.8	579.1	6	IV	110.7	180.2	136.3	427.2	268
V	100.0	241.4	232.1	573.5	20	V	90.6	218.4	188.6	497.6	39
VI	78.4	204.2	202.4	485.0	130	VI	85.1	206.2	184.5	475.8	63
VII	64.8	185.0	199.6	449.4	179	VII	76.8	183.4	167.5	427.7	133
VIII	47.6	145.2	160.0	352.8	230	VIII	73.4	184.5	160.2	418.1	93
IX	39.3	108.1	133.3	280.7	270	IX	84.0	191.1	167.1	442.2	58
X	51.4	113.4	140.8	305.6	290	X	112.2	218.8	196.2	527.2	16
XI	63.6	134.6	132.8	331.0	277	XI	109.5	219.0	203.1	531.6	13
XII	66.0	157.8	129.8	353.6	253	XII	122.3	235.5	212.6	570.4	26
1939 г.						1941 г.					
I	76.4	173.1	151.5	401.0	270	I	107.6	216.2	208.3	532.1	61
II	87.0	139.5	130.9	357.4	279	II	110.2	217.2	211.8	539.2	146
III	89.1	141.5	152.5	383.1	276	III	111.8	225.6	208.3	545.7	85
IV	107.9	165.5	154.8	428.2	200	IV	112.5	230.6	217.4	560.5	?
V	95.8	210.5	190.3	496.6	22	V	112.7	241.9	209.0	563.5	?
VI	77.1	199.6	187.3	464.0	86	VI	96.6	229.0	213.1	538.7	?

метеорологических элементов, изображенных на фиг. 9 и 9а, и теми особенностями, которые обусловлены рельефом, растительностью и отчасти свойствами самой почвы. Считаем не лишним вкратце напомнить некоторые общие черты динамики почвенной влажности, выявляя ее особенности для каждой опытной площадки. На графике рельефно выделяются летние периоды иссушения с максимумом в сентябре для 1938 и 1939 гг. и в июле для 1940 г. и весенние периоды увлажнения с максимумом в мае. Наиболее иссушаемым слоем, как и следовало ожидать, оказывается верхний 25 см слой, а наиболее влажным слой 85—150 см. Ясно выявляется влияние погодных условий года — в более «нормальный» в климатическом отношении 1937 г. влажность верхнего 25 см слоя дерново-среднеподзолистой почвы под сложным ельником за летний период снижается до

Таблица 42

Водно-балансовая площадка № 2. Сфагново-черничный ельник
Запас влаги в торфянистом подзоле (в мм водного слоя)
Средние месячные

Год и месяц	Слои (см) 0—25	25—85	85—150	0—150	Уровень почвенно-грунтовых вод (см). (По колодцам 62, и 62В).	Год и месяц	Слои (см) 0—25	25—85	85—150	0—150	Уровень почвенно-грунтовых вод (см). (По колодцам 62 и 62В)
1938 г.						1940 г.					
VIII	76.9	198.9	179.4	455.2		I	84.4	208.4	179.6	472.4	306
IX	77.6	190.2	175.6	443.4		II	83.3	196.3	173.2	452.8	316
X	83.8	192.3	173.1	449.2		III	85.9	182.8	163.5	432.2	326
XI	92.4	200.5	183.1	476.0		IV	(152.3)	(256.8)	(237.5)	(646.6)*	236
XII	80.3	191.9	193.4	465.6		V	(152.3)	(256.8)	(237.5)	(646.6)*	23
1939 г.					Не замерялся	VI	105.2	229.0	193.3	528.4	27
						VII	96.1	220.6	191.8	508.5	80
						VIII	104.4	231.0	200.4	535.8	50
I	87.6	184.3	176.9	448.8	234	IX	105.5	231.4	196.7	533.6	26
II	101.9	208.3	181.5	491.7	248	X	115.3	236.4	208.9	560.6	18
III	100.1	215.3	186.8	502.2	256	XI	109.7	237.2	207.4	554.3	15
IV	126.5	231.2	212.3	570.0	112	XII	118.1	253.1	217.4	588.6	25
V	122.0	256.8	237.5	616.3	19						
VI	105.2	234.4	225.8	565.4	56	1941 г.					
VII	83.0	212.3	193.2	488.5	138						
VIII	71.5	195.8	180.7	448.0	202	I	104.1	221.5	211.2	536.8	65
IX	64.3	174.2	163.4	401.9	235	II	99.3	233.0	214.3	546.6	108
X	76.1	180.0	165.9	422.0	265	III	101.2	224.4	220.0	545.6	109
XI	82.1	186.8	165.8	434.7	282	IV	112.3	248.3	227.7	588.3	?
XII	85.8	198.7	168.7	453.2	296	V	111.7	249.1	224.7	585.5	?
						VI	107.0	246.8	217.3	571.1	?

* Вода на поверхности почвы

величины, близкой к двойной величине влажности завядания, влажность слоя 25—85 см падает заметно ниже величины наименьшей влагоемкости, а влажность подстилающего моренного суглинка (слой 85—150 см) значительно превышает ее. Засушливые летние периоды 1938 и 1939 гг. характеризуются резким снижением влажности во всем профиле почвы: в слое 0—25 см она падает до величины, близкой к влажности завядания, в слое 25—85 см намного ниже, а в слое 85—150 см заметно ниже величины наименьшей влагоемкости. В дождливое и холодное лето 1940 г. весь почвенный профиль сильно увлажнен, влажность всех его минеральных слоев превышала величину наименьшей влагоемкости и лишь в верхних слоях (0—25 см) она немного ниже этой величины, что связано с огромной водовместимостью и большой водопроницаемостью лесной подстилки, но в еще большей степени — с испарением и десукцией.

На характер и степень весеннего промачивания почвы резко влияет не только мощность снегового покрова, степень промерзания почвы и характер весны, но и степень иссушения почвы за предыдущий летне-осенний период, другими словами — тот запас влаги, с которым почва ушла под снег. Так, за летний период 1937 г. почва была не очень сильно просу-

Таблица 43

Водно-балансовая площадка № 3. Поле.
Запас влаги в дерново-среднеподзолистой почве (в мм водного слоя)
Средние месячные

Год и месяц	Слои (см)				Год и месяц	Слои (см)			
	0—25	25—85	85—150	0—150		0—25	25—85	85—150	0—150
1939 г.					1940 г.				
VI	82.3	193.4	190.0	465.7	VII	63.2	164.8	174.6	402.6
VII	69.7	166.9	166.6	403.2	VIII	77.5	184.3	185.2	447.0
VIII	33.2	140.2	169.7	343.1	IX	82.5	198.1	174.5	455.1
IX	23.0	125.4	163.2	311.6	X	106.7	234.2	201.2	542.1
X	47.5	122.6	158.9	329.0	XI	105.4	238.1	210.7	554.2
XI	62.2	144.2	165.9	372.3	XII	83.6	226.9	222.6	533.1
XII	72.6	156.5	172.3	401.4	1941 г.				
1940 г.					I	97.3	229.1	217.3	543.7
I	80.4	148.3	156.8	385.5	II	92.3	230.1	217.0	539.4
II	86.7	142.3	161.8	390.8	III	86.2	213.3	222.2	521.7
III	86.1	129.5	163.3	378.9	IV	109.3	228.8	231.3	569.4
V	87.1	199.9	195.5	482.5	V	113.0	220.8	224.6	558.4
VI	78.8	194.3	187.4	460.5	VI	87.7	207.6	203.6	498.9

шена, а затем была увлажнена осенними осадками до величины, в общем значительно превышающей величину наименьшей влагоемкости, так что под снег в зиму 1937—1938 гг. она ушла уже значительно увлажненной. Вполне понятно поэтому, что обильные талые воды в дружную весну 1938 г. сильно промочили всю толщу почвы на площадке № 1, вызвав значительный поверхностный и особенно внутрипочвенный сток. Другая картина весеннего промачивания рисуется после засушливых лет 1938 и 1939 гг. После летней засухи 1938 г. и слабых осенних осадков почва к зиме 1938—1939 гг. пришла с запасом влаги значительно меньшим, чем к предыдущей зиме. Небольшой снеговой покров и ледяная корка под снегом, образовавшаяся в результате неоднократных зимних оттепелей, послужили причиной постепенного и слабого промачивания почвы весной 1939 г. и даже появления небольшого, правда, внутрипочвенного стока при значительном недонасыщении влагой глубоких слоев. Повидимому, защемленный воздух, появившийся во время снеготаяния в глубоких просушенных слоях, препятствовал просачиванию талых вод и способствовал созданию верховодки, сброшенной довольно быстро внутрипочвенным стоком. Засушливое лето 1939 г. и слабо дождливая осень послужили причиной того, что к зиме 1939—1940 гг. почва пришла еще менее увлажненной, чем в прошлом году. Поэтому, несмотря на сравнительно мощный снеговой покров, весеннее промачивание в 1940 г. увлажнило почву примерно до уровня весны 1939 г., но бо́льший запас воды в снеге вызвал соответственно и бо́льший поверхностный и внутрипочвенный сток. Повторилась, таким образом, картина весны 1939 г., что дает основание с еще большей уверенностью говорить о значительном влиянии защемленного воздуха, находящегося в покровном суглинке и особенно в подстилающей его морене, на создание верховодки.

После сильно дождливого и холодного летне-осеннего периода 1940 г. почва ушла под снег в зиму 1940—1941 гг. весьма сильно увлажненной, так что обильные талые воды весной 1941 г. привели к крайне слабому дополнительному промачиванию почвы, да и то лишь в толще покровного суглинка, не увеличив влажности подстилающей его морены, насыщенной уже в предыдущий летне-осенний период до предела, ограниченного наличием защемленного воздуха. Естественно, весь огромный избыток талых вод вызвал значительный поверхностный и сильный внутрипочвенный сток, достигший весной этого года максимальной величины за все четыре года наблюдений.

На фиг. 14 отчетливо видно, что ход изменений запаса влаги в торфянистом подзоле на площадке № 2 в общих чертах тот же, что и у дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1, но процесс протекает во все периоды года и за все время наблюдений на значительно более высоком уровне увлажнения. Достаточно отметить, что даже в засушливые летние периоды 1938 и 1939 гг. запас влаги в слое 0—25 см не падал ниже двойной величины влажности завядания, а в слоях более глубоких он редко уменьшался до величины наименьшей влагоемкости и ниже ее, чаще же всего он заметно превышал эту величину. Эти данные указывают на то, что в толще торфянистого подзола должно происходить нисходящее и особенно боковое передвижение влаги почти в течение всего года. Это явление, как будет видно из дальнейшего изложения, действительно имеет место, достигая в количественном выражении больших значений. Влияние рельефа и отчасти растительности на режим влажности здесь подчеркнуто весьма резко.

Выше было отмечено, что из сопоставления фиг. 11, 12 и 13 очень трудно проследить все особенности динамики влажности на полевой площадке, которыми она отличается от лесных площадок, но это довольно легко сделать, пользуясь фиг. 14. Прежде всего, уже при одном взгляде на этот график можно видеть, что по степени увлажнения полевая площадка занимает промежуточное положение между лесными площадками: ее влажность в общем несколько выше, чем на площадке № 1, но значительно ниже, чем на площадке № 2. Затем бросается в глаза значительное большее иссушение верхнего 25 см слоя почвы и меньшее иссушение более глубоких слоев на полевой площадке по сравнению с более близкой к ней лесной площадкой № 1 в засушливое лето 1939 г.

Как нетрудно видеть на фиг. 14, кривые влажности для слоя 0—25 см и отчасти для слоя 25—85 см на пашне и на лесной площадке № 1 довольно часто пересекаются, тем самым указывая на то, что влажность этих слоев на пашне бывает то выше, то ниже по сравнению с площадкой № 1. Эти различия в ходе влажности почв полевой и лесной площадок, отчасти уже отмеченные выше, не являются случайными и обусловлены, повидимому, различным воздействием произрастающей на них растительности.

Но чтобы полнее установить значение этого фактора, влияющего на режим влажности, ознакомимся несколько подробнее с ходом влажности на этих двух площадках в связи с характером и развитием растительности. 19/V 1939 г. на пашне был посеян овес; 28/V отмечены его полные всходы, 26/VI — кущение, 20/VIII произведена уборка урожая. Под овес был подсеян клевер, который развивался слабо, будучи угнетен покровным растением, и после уборки овса оказался довольно сильно изреженным. Как известно, транспирация травянистой растительностью постепенно усиливается с ее ростом, достигая максимума при полном развитии. Расход влаги на испарение одной почвой по мере развития растения (в данном случае — овса), должен постепенно уменьшаться, но усиленная

транспирация растения значительно перекрывает эту экономию, так что суммарный расход влаги на испарение почвой и растительностью все время увеличивается до полного развития растения (овса). Д. И. Шашко (1940) в результате своих опытов приходит к заключению, что «транспирация сел.-хоз. растений, особенно в период их наибольшего развития, намного превосходит испарение почвой» (стр. 63).

В процессе своей жизнедеятельности растение расходует воду не только на транспирацию, но и на ассимиляцию, но второе слагаемое по сравнению с первыми ничтожно. По расчетам Н. А. Максимова (1941), в условиях умеренного климата «из 1000 частей воды, прошедшей через растение, лишь 1.5—2 части усваиваются в процессе питания, остальные 998 и даже 998.5 части проходят через растение только для того, чтобы поддерживать ткани растения в достаточной степени насыщенными водой и компенсировать испаряющуюся воду» (стр. 57). Поэтому при расчетах вторым слагаемым обычно пренебрегают. А так как под десукцией понимают общий расход воды растением, то без особой погрешности можно поставить знак равенства между величинами транспирации и десукции.

Далее хорошо известно, что в процессе своего развития растение постепенно увеличивает свою массу и листовую поверхность, что является причиной все увеличивающегося потребления влаги растением. Это обстоятельство необходимо учитывать, чтобы понять различия в ходе влажности на лесных и полевой площадках. Затем в связи с этим следует иметь в виду, что на площадке № 1 в процессе биологической деятельности всей растительной ассоциации сложного ельника влага непосредственно потребляется корнями растений не только из верхнего 25 см слоя почвы, как у овса, у которого почти вся корневая система сосредоточена именно в этом слое, но, как мы видели, и из более глубокого слоя 25—85 см. Наконец, необходимо отметить, что на ход влажности в почве на полевой и лесной площадках должен иметь значительное влияние такой фактор, как задержание жидких осадков кронами растений. Как будет видно из последующего изложения, еловый лес задерживает своими кронами в среднем около 30% выпадающих жидких осадков. Задержание же осадков культурными растениями в поле, повидимому, сильно колеблется в процессе их развития: в начале вегетации это задержание весьма мало, а затем, по мере роста растения, оно постепенно увеличивается, достигая максимума в зрелом возрасте. После уборки урожая остающаяся в поле стерня растений задерживает осадков, вероятно, ничтожно мало. Кроме того, количество осадков, задержанных поверхностью травянистых растений, зависит от вида растений. По данным В. П. Лохова (1938), задержание осадков различными растениями, развивающимися под пологом леса, колеблется в больших пределах. Но в общем это такие величины, которыми едва ли можно пренебрегать. Так, например, осока пушистая высотою в 35 см задерживает осадков столько же, сколько осинник 14—30-летнего возраста, а злаки на лесосеке даже значительно больше. К сожалению, подобных же данных для культурных растений весьма мало, но данные Лохова весьма показательны и убедительно говорят о необходимости постановки опытов по задержанию осадков различными культурными растениями в процессе их развития.

Поэтому в начале вегетационного периода, пока овес еще слабо развит, расход влаги на пашне будет значительно слабее, чем в сложном ельнике с уже вполне развитой древесной растительностью. Но с течением времени, по мере развития овса, эта разница в расходе влаги из верхнего 25 см слоя будет постепенно уменьшаться, может сойти на-нет, а в дальнейшем сделаться обратной, так как расход влаги на поле превысит расход влаги

в лесу. На фиг. 14 мы как раз и видим отражение этих явлений: в июне влажность слоя 0—25 см на пашне выше, чем на площадке № 1; в июле влажности выравниваются, в августе поле и лес в отношении влажности меняются местами — влажность в поле уже ниже, чем в лесу. В сентябре влажность в поле уменьшилась сильнее, чем в лесу, что является не совсем понятным, поскольку урожай овса был убран в конце августа. Но это противоречие лишь кажущееся, ибо в сентябре с его резко пониженными температурами десукция сложного ельника должна сильно снизиться, если не прекратиться совсем; испарение с поверхности почвы в лесу близко к нулю. В поле иссушение верхнего слоя становится уже обязанным преимущественно испарению самой почвой, которое на открытом для ветра пространстве может достигать заметных величин и при низких температурах воздуха. В октябре выпавшие осадки почти уравняли влажность верхнего слоя в поле и в лесу на площадке № 1.

В слое 25—85 см за все время развития овса запас влаги на пашне несколько ниже, чем на лесной площадке № 1, а после уборки урожая — наоборот, что указывает на то, что главный фактор, стимулировавший капиллярный подток влаги из этого слоя к пахотному слою, т. е. растение (овес), перестал действовать, в то время как на площадке № 1 действие этого фактора продолжалось.

В связи с этим возникает вопрос — где же больше расходуется влаги — в лесу или в поле? Ответ на него будет дан ниже.

В зимний период 1939—1940 гг., с декабря 1939 г. по март 1940 г. наблюдается постепенный, но неуклонный рост влажности в верхнем 25 см слое на пашне, в то время как влажность этого слоя на лесных площадках почти не изменяется. Это можно объяснить тем, что в суровую зиму 1939—1940 гг., без оттепелей до средины марта, верхний 25 см слой почвы на пашне сильно промерз, вследствие чего происходила дестилляция влаги из более теплых глубоких слоев к охлажденному верхнему слою. Одновременное уменьшение запаса влаги в этих более глубоких слоях, о котором можно судить по ниспадающим кривым графика за зимний период 1939—1940 гг. для слоя 25—85 см и отчасти слоя 85—150 см подтверждает правильность этого предположения. Уменьшение влажности в слое 25—85 см за этот период не могло происходить за счет просачивания вниз, так как влажность этого слоя была значительно ниже величины наименьшей влагоемкости. В лесу на обеих площадках промерзание в эту зиму было неглубокое и без сильного смерзания почвы, в особенности на площадке № 2, почему и дестилляция влаги из глубоких слоев, которая несомненно имела место, не могла заметно повысить влажность верхнего 25 см слоя почвы. Из графика видно, что кривая влажности этого слоя на площадке № 1 лишь слегка поднимается в течение зимнего периода, а для слоя 25—85 и слоя 85—150 см она слегка падает, что может служить признаком процесса дестилляции, если учесть, что нисходящих токов влаги, при влажности ниже величины наименьшей влагоемкости в этих слоях, не могло быть. На площадке же № 2 кривая влажности для слоя 0—25 см горизонтальна, что указывает на стабильность влажности в течение зимы и весьма слабое проявление дестилляции; кривая влажности для слоев 25—85 и 85—150 см резко падает, что вполне понятно, ибо влажность этих слоев значительно выше наименьшей влагоемкости и, следовательно, избыточная сверх этой величины влага должна постепенно просачиваться вниз, если она не подперта почвенно-грунтовыми водами. Но последние в эту зиму неуклонно понижались, вызывая тем самым стекание избыточной капиллярной влаги из нижней части почвенно-грунтовой толщи.

В связи с этим необходимо отметить, что весьма высокая влажность слоя 85—150 см на площадке № 1 в летне-осенне-зимний период 1937 г. вполне согласуется с высоким стоянием почвенно-грунтовых вод (см. фиг. 14).

Как было уже отмечено выше, в суровую зиму 1939—1940 гг. почва на пашне сильно промерзла, в то время как на лесных площадках это промерзание было значительно слабее и притом пятнами. Благодаря этому весной 1940 г. значительная часть талых вод на пашне была сброшена поверхностным стоком, а на лесных площадках почти весь запас снеговой воды поглотился почвой, и поверхностный сток, как об этом можно судить по приведенным выше величинам, был ничтожен. Отсюда понятны и соотношения увлажнения на опытных площадках в период снеготаяния: влажность покровного суглинка (слой 0—85 см) на пашне оказалась заметно ниже даже по сравнению с лесной площадкой № 1, которая, как видно из графика, зимой была, напротив, увлажнена меньше, чем пашня.

Летом 1940 г. пашня была занята клевером. 7—8/VII произведен его первый укос, а 15—16/IX второй. Слабое развитие клевера в начале вегетационного периода создавало примерно такие же условия расхода влаги на испарение и десукцию, что и в прошлом году, когда поле занято было овсом. Поэтому уже в июне влажность верхнего 25 см слоя почвы на полевой площадке становится выше, чем в сложном ельнике на площадке № 1. Буйное развитие клевера в дальнейшем приводит к значительному понижению влажности не только в верхнем 25 см слое почвы, но и в слое 25—85 см. К июлю влажность этих слоев на пашне становится уже меньшей, чем в сложном ельнике. Но после первого укоса клевера картина меняется: расход влаги на пашне сильно падает, и запас ее в августе становится больше, чем в сложном ельнике. Дальнейшее развитие клевера после первого укоса постепенно выравнивает расходы влаги на пашне и в лесу на площадке № 1, так что в сентябре, до выпадения ливневых осадков, запасы влаги на обеих площадках довольно близки между собою.

Весьма обильные осенние осадки сильно увлажнили почву на всех трех площадках, и уже в октябре их водные запасы выравнялись, а в ноябре-декабре они достигли максимума. Факторы, до сих пор определявшие различия в водном режиме этих площадок, стали играть уже второстепенную и даже третьестепенную роль: осадки снивелировали все различия в режиме влажности между площадками. Такое положение сохранилось в течение всего зимнего и весеннего периода 1941 г. Правда, прослеживается лишь влияние поля на сток: влажность в верхнем 25 см слое на пашне все же заметно меньше, чем на лесных площадках; где, как известно, поверхностный сток всегда значительно меньше стока на открытых пространствах поля.

Режим влажности почв

Выше, при рассмотрении динамики и режима влажности почв на опытных площадках заповедника, наибольшее внимание было уделено анализу изменения влажности в зависимости от всей совокупности основных факторов, определяющих эти изменения во времени. Остановимся еще вкратце на режиме влажности почв.

Графики на фиг. 11, 12, 13 и 14, наглядно рисуя ход влажности этих почв, все же недостаточно выпукло подчеркивают их режим. Последнее достигается при помощи графиков на фиг. 15, 16 и 17, составленных по данным относительной влажности, т. е. влажности, выраженной в процентах от наименьшей влагоемкости (см. табл. 44, 45 и 46).

При составлении графиков почвенная влага была разделена по признаку ее подвижности в жидком состоянии на следующие категории:

Таблица 44

Относительная влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от наименьшей влагоемкости). Средние месячные. Водно-балансовая площадка № 1. Сложный ельник

Генетический горизонт	Слои (см)	1937 VII	VIII	IX	X	XI	XII	1938 I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1939 I	II	III	IV	V	VI
A_0	0—4	114	107	92	117	138	173	151	158	172	185	174	109	84	47	49	92	104	116	129	215	198	253	112	102
A_1'	4—9	83	85	64	70	79	92	94	108	107	109	119	101	79	61	46	68	82	78	110	121	120	140	147	90
A_1''	9—16	88	99	75	82	90	104	114	110	118	145	134	111	98	73	67	81	83	82	98	112	130	157	137	119
A_2	16—25	81	98	77	76	93	106	108	112	115	146	150	116	95	71	54	64	95	104	108	106	107	129	132	114
A_2B	25—35	83	95	78	80	95	109	108	113	118	153	150	118	99	69	55	61	87	109	113	104	96	110	120	110
B	35—45	90	95	85	86	91	107	115	108	110	131	137	110	100	75	64	70	89	105	100	82	86	99	106	104
	45—55	91	94	86	88	89	101	107	102	105	128	128	110	98	77	62	62	77	96	100	75	74	87	108	107
BC_1	55—65	93	91	87	91	90	98	101	103	106	130	131	114	103	85	61	63	66	80	86	72	72	88	117	115
C_1	65—75	98	97	96	96	97	103	109	110	118	143	139	123	112	92	60	63	62	69	96	67	73	85	130	122
C_2	85—95	110	107	101	112	104	109	113	108	121	161	152	131	122	98	70	66	63	73	86	70	78	97	130	116
	100—110	110	106	112	110	104	110	105	103	102	140	138	120	115	93	83	82	73	69	84	72	90	83	111	109
	120—130	122	127	120	116	114	115	112	113	110	130	139	121	122	100	84	98	92	81	94	83	100	101	113	117
	140—150	130	131	133	126	124	129	127	124	115	142	143	127	130	101	89	98	96	96	108	97	104	98	114	118
Уровень почвенно-грунтовых вод (см) по кол. 38, 11 и 11А		>158	96	>158	>158	>128	111	129	94	70	6	20	130	179	230	270	290	277	253	270	279	276	200	22	86

Таблица 44 (продолжение)

Генетический горизонт	Слой (см)	1939						1940												1941					
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
A_0	0—4	89	41	38	67	85	102	109	107	108	209	104	107	101	100	129	166	201	220	219	260	328	296	220	172
A_1'	4—9	94	57	49	77	96	104	104	98	104	142	116	106	97	90	105	147	135	150	138	127	133	114	115	116
A_1''	9—16	99	66	55	72	91	100	94	100	95															
A_2	16—25	100	69	57	71	89	102	84	93	92	136	127	120	106	105	113	141	141	160	126	141	120	124	162	131
A_2B	25—35	98	69	57	66	82	102	89	84	81	125	121	115	102	102	107	116	129	138	120	117	128	127	143	126
B	35—45	94	77	65	60	71	84	96	78	73	109	121	114	102	100	105	118	122	132	122	116	117	125	131	122
	45—55	96	80	63	55	57	60	71	72	66	105	119	113	101	103	104	121	118	125	114	121	118	128	136	129
BC_1	55—65	100	84	60	55	54	60	67	67	64	96	120	117	105	107	108	128	121	128	124	122	131	125	130	125
C_1	65—75	108	91	65	60	59	65	65	69	59	88	130	122	108	109	114	131	124	141	126	128	130	136	140	134
C_2	85—95	105	90	76	83	76	83	78	77	73	81	120	114	102	101	101	120	133	128	129	137	145	148	137	147
	100—110	94	84	77	84	84	86	83	77	88	84	110	111	103	95	99	117	116	132	124	128	120	136	130	127
	120—130	98	91	83	86	92	87	86	82	86	79	111	112	100	96	103	120	126	127	125	127	120	125	123	127
	140—150	104	97	86	93	94	96	96	90	84	91	120	116	108	101	106	125	125	135	135	129	131	128	125	124
Уровень почвенно-грунтовых вод (см) по кол. 38, 11 и 11А		188	246	276	301	309	312	312	321	330	268	39	63	133	93	58	16	13	26	61	146	85	52(?)	15(?)	(?)

Таблица 45

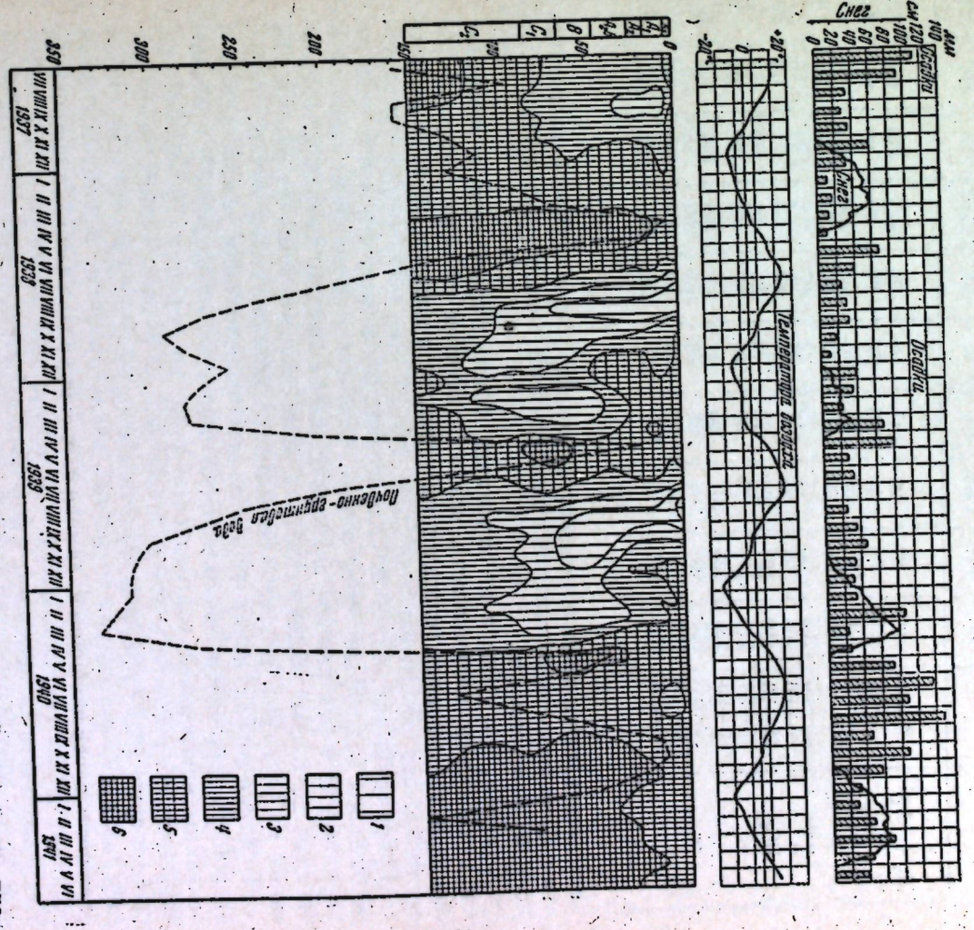
Относительная влажность торфянистого подзола (в % от наименьшей влагоемкости). Средние месячные. Водно-балансовая площадка № 2. Сфагново-черничный ельник

Генетический горизонт	Слои (см)	1938					1939											
		VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$A^{o'}$ (торф)	0—5	33	59	94	124	78	122	246	250	313	246	159	80	24	28	82	88	97
A_0'' »	5—8	82	84	106	129	100	118	107	105	180	162	154	96	58	56	85	97	94
A_2 (g)	8—25	102	100	100	104	97	99	106	103	120	127	114	102	100	89	94	100	105
A_2	25—35	99	95	100	104	95	97	104	114	120	130	117	109	100	86	94	100	104
A_2B	35—45	110	108	109	120	99	102	118	125	132	150	132	123	112	98	105	107	120
B	45—55	110	111	104	112	111	107	116	122	131	148	131	119	107	97	101	105	112
	55—65	108	100	102	107	109	101	112	111	118	131	122	110	103	95	98	101	105
C_1	65—75	104	99	103	104	100	96	112	112	120	134	125	112	105	95	96	100	101
	75—85	113	105	105	102	108	95	112	112	123	135	127	112	107	94	90	91	100
C_2	85—95	120	114	111	111	110	106	112	129	137	155	144	124	113	96	98	97	99
	100—110	106	106	104	112	110	102	111	120	133	146	140	122	104	94	104	102	104
	120—130	101	98	97	106	116	103	100	99	121	135	126	107	103	97	96	99	100
	140—150	104	104	104	110	127	112	113	103	118	135	131	112	112	104	100	100	100
Уровень почвенно-грунтовой воды (см) по кол. 62 и 62В		Не замерялся					234	248	256	112	19	56	138	202	235	265	282	296

Таблица 45 (продолжение)

Генетический горизонт	Слои (см)	1940												1941					
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
A_0' (торф)	0—5	105	111	102	543	543	150	124	134	148	148	168	209	140	100	125	195	190	140
A_0'' »	5—8	103	88	112	180	180	154	127	141	152	148	154	168	143	93	132	141	155	164
A_2 (g)	8—25	100	100	100	128	128	115	110	119	117	133	120	124	118	126	118	123	121	117
A_2	25—35	105	105	100	130	130	119	117	117	119	122	125	124	115	120	117	127	126	123
A_2B	35—45	124	111	100	150	150	136	127	130	131	132	132	143	132	135	128	141	135	133
B	45—55	118	109	96	148	148	130	124	130	130	129	126	141	120	129	119	138	136	137
	55—65	112	108	100	131	131	123	120	128	124	126	126	126	117	118	119	134	140	133
C_1	65—75	111	103	100	134	134	116	117	127	121	124	123	127	117	126	121	130	137	135
	75—85	105	99	100	135	135	120	110	118	124	132	135	130	117	127	123	133	134	140
C_2	85—95	98	108	100	155	155	116	123	129	130	139	141	131	123	127	132	145	148	148
	100—110	106	100	100	146	146	114	114	117	113	126	116	133	124	125	137	141	140	130
	120—130	108	98	93	135	135	114	110	115	114	120	116	125	126	131	125	131	128	120
	140—150	117	111	100	135	135	119	113	119	114	115	124	132	133	128	134	129	123	123
Уровень почвенно-грунтовой воды (см) по кол. 62 и 62В		306	316	326	236	23	27	80	50	26	18	15	25	65	108	109	63(?)	12(?)	

1) влага неподвижная, соответствующая величине влажности завядания и ниже ее. 2) Влага практически неподвижная, заключенная в пределах от влажности завядания до «влажности разрыва капилляров»; последняя в различных слоях покровного суглинка, как это было установлено выше, колеблется от 55 до 65% от наименьшей влагоемкости и в среднем равна



Фиг. 15. Среднемесячная влажность дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1.

1 — влажность завядания и ниже; *2* — от влажности завядания до влажности разрыва капилляров (60% от наименьшей влагоемкости); *3* — 60 — 80% наименьшей влагоемкости; *4* — 80 — 100% от наименьшей влагоемкости; *5* — от наименьшей влагоемкости до капиллярной влагоемкости; *6* — от капиллярной влагоемкости до полной влагоемкости.

примерно 60% от этой величины. 3) Влага слабо подвижная, соответствующая влажности, величина которой колеблется в интервале от «влажности разрыва капилляров» до величины наименьшей влагоемкости. Влажность этого интервала была поделена еще на две части: а) от 60 до 80% и б) от 80 до 100% от величины наименьшей влагоемкости. 4) Влага легко подвижная, которой соответствует влажность, большая величины наименьшей влагоемкости. Она была поделена тоже на две части: а) влажность от

Относительная влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от наименьшей

Генетический горизонт	Слои (см)	1939 VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
A_1 (+A_2)	0—5	93	82	26	17	74	85	125	130	136	140
	5—18	99	85	41	26	55	73	74	98	107	102
A_2 (+A_1)	18—25	126	101	59	48	57	86	100	81	90	93
A_2	30—40	101	75	58	51	53	80	85	78	75	66
A_2B	40—50	105	88	77	75	71	80	86	84	78	75
B	50—60	108	98	85	78	75	83	95	81	79	70
BC_1	60—70	119	107	92	78	74	85	91	89	83	78
C_1	70—80	125	115	98	85	84	87	94	96	95	85
	80—90	129	123	107	93	97	99	104	105	95	101
C_2	90—100	120	106	100	93	84	98	100	98	82	92
	110—120	112	91	100	96	95	99	107	90	100	101
	140—150	115	114	111	110	115	108	105	101	115	102

величины наименьшей влагоемкости до величины капиллярной влагоемкости и б) влажность от величины капиллярной влагоемкости до величины полной влагоемкости.

Отметим, что каждая из категорий влаги, выраженная в процентах от наименьшей влагоемкости, имеет различные количественные выражения для различных генетических горизонтов почвы и слоев моренного суглинка; это обстоятельство было учтено при составлении графиков.

Графики на фиг. 15, 16 и 17 настолько наглядны, что к ним едва ли необходимы подробные комментарии. Отметим вкратце лишь некоторые характерные черты режима влажности почвы каждой площадки, обусловленные не только общими для них метеорологическими условиями, но также их рельефом, растительностью и свойствами самой почвы.

В летний период «нормального» по метеорологическим условиям 1937 г. влажность дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1 меньше величины наименьшей влагоемкости лишь до глубины 70—80 см; эта влажность сохраняется почти до конца года. В более глубоких слоях (моренный суглинок) влажность выше наименьшей влагоемкости и достигает максимального насыщения в нижней части профиля. В зимний период влажность слоев изменяется: зимние оттепели увлажнили слои покровного суглинка до величины большей, чем наименьшая влагоемкость, а пятно с максимальным увлажнением в моренном суглинке к зиме 1937—1938 гг. исчезло,— часть влаги, избыточной сверх величины наименьшей влагоемкости, просочилась в глубокие слои. В засушливые 1938 и 1939 гг. летнее просыхание почвы до величины ниже наименьшей влагоемкости захватывает всю толщу (0—150 см) почвенного профиля, в дождливый же и холодный 1940 г. оно не заходит глубже 15 см. На графике фиг. 15 очень отчетливо прослеживается летнее иссушение верхнего слоя почвы до величины меньшей «влажности разрыва капилляров» в 1938 и 1939 гг., чего не наблюдалось ни в 1937, ни в 1940 гг. Мало того, летом 1939 г. самый верхний слой почвы высох до влажности завядания, что привело к гибели значительного количества незаболоченных ельников типа *Piceetum compositum.**

* В дальнейшем изложении мы подробнее коснемся вопроса о водном режиме почв заповедника в засушливые 1938 и 1939 гг.

Таблица 46

влагоемкости). Средние месячные. Водно-балансовая площадка № 3. Поле.

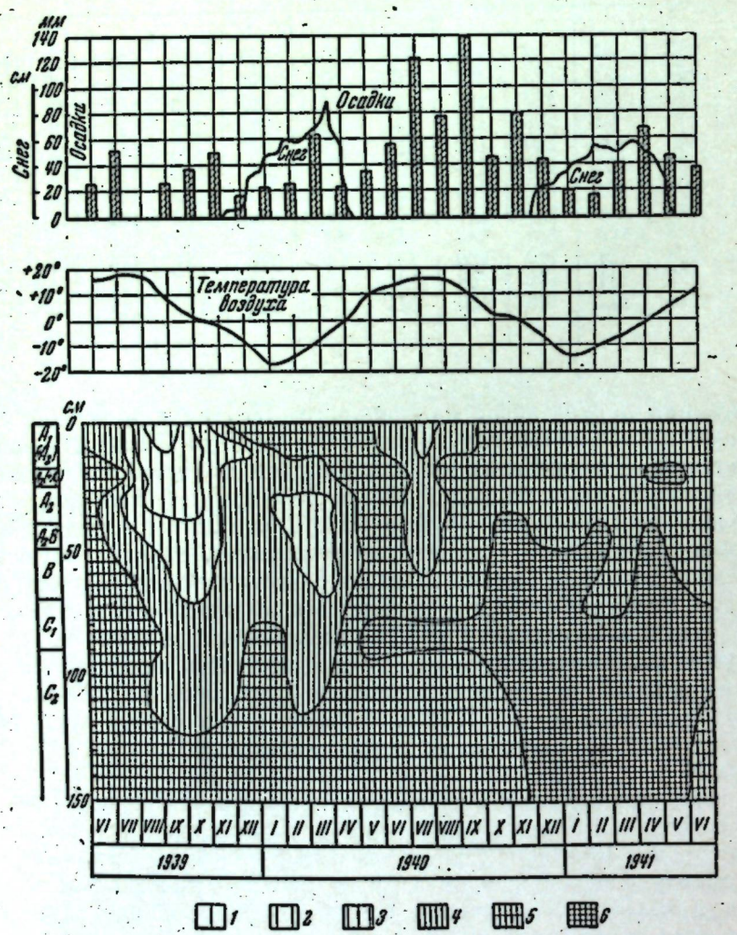
1940 V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1941 I	II	III	IV	V	VI
101	94	73	84	92	136	155	101	120	116	123	131	131	96
102	91	77	92	93	127	106	100	114	109	102	130	135	96
138	123	93	125	139	160	179	121	146	133	109	164	172	160
117	105	75	98	108	138	134	106	135	154	128	119	125	115
112	106	88	103	109	132	136	120	125	135	118	135	125	112
106	109	93	103	107	124	135	120	123	122	113	126	117	112
115	114	105	108	116	135	136	136	139	119	120	135	126	120
124	124	115	118	129	144	149	149	136	126	131	146	140	136
129	126	123	123	135	142	142	142	141	142	140	142	142	142
122	115	103	107	110	130	134	145	134	131	146	146	140	132
113	111	102	111	102	116	121	139	121	129	146	139	130	117
125	117	116	112	106	126	133	138	137	137	149	140	143	122

В весенний период после «нормального» 1937 г., т. е. весной 1938 г., почва увлажняется на всю глубину профиля (от 15 до 150 см) до максимальной величины — в пределах от капиллярной до полной влагоемкости. После же засушливых периодов 1938 и 1939 гг. весеннее максимальное увлажнение не проникает глубже 90 см, захватывая лишь нижнюю часть толщи покровного суглинка, причем пятно, характеризующее это увлажнение, довольно быстро исчезает с наступлением высоких летних температур. Весьма обильные осадки летом и осенью 1940 г. уже к октябрю этого же года максимально увлажнили весь почвенный профиль на глубинах 20—150 см, каковое увлажнение продержалось всю зиму, если не считать небольшого понижения влажности всего лишь до глубины 40 см. Поэтому талые воды весной 1941 г. вызвали очень слабое дополнительное увлажнение верхнего слоя дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1.

Прослеживая изменения в режиме влажности за зимние периоды, нельзя не обратить внимания на некоторое дополнительное иссушение слоя почвы на глубине 40—100 (120) см в зимы 1938—1939 гг. Влажность в этом слое устанавливалась к каждой зиме на уровне меньшем, чем величина наименьшей влагоемкости, в силу чего нисходящие токи жидкой влаги не могли иметь место зимой в эти годы. Следовательно, зимнее иссушение указанных слоев могло происходить только путем перегонки парообразной влаги из этих слоев в верхние охлажденные слои почвы. Подсчеты показывают, что это явление с количественной стороны выражено сравнительно слабо: для зимы 1938—1939 гг. оно равно примерно 16 мм, а для зимы 1939—1940 гг. всего лишь 11 мм.

Несколько иной режим влажности имеет дерново-среднеподзолистая почва на поле (фиг. 16). В засушливое лето 1939 г. просыхание почвы до величины меньшей, чем наименьшая влагоемкость, наблюдается только до глубины 120 см, но зато иссушение верхнего слоя до величины влажности завядания (и меньше ее) проявляется более отчетливо и на бо́льшую глубину по сравнению с почвой на площадке № 1. Влияние растительности подчеркнуто здесь весьма сильно: непосредственная инсоляция на открытом пространстве поля и десукция культурных растений с их тонкой

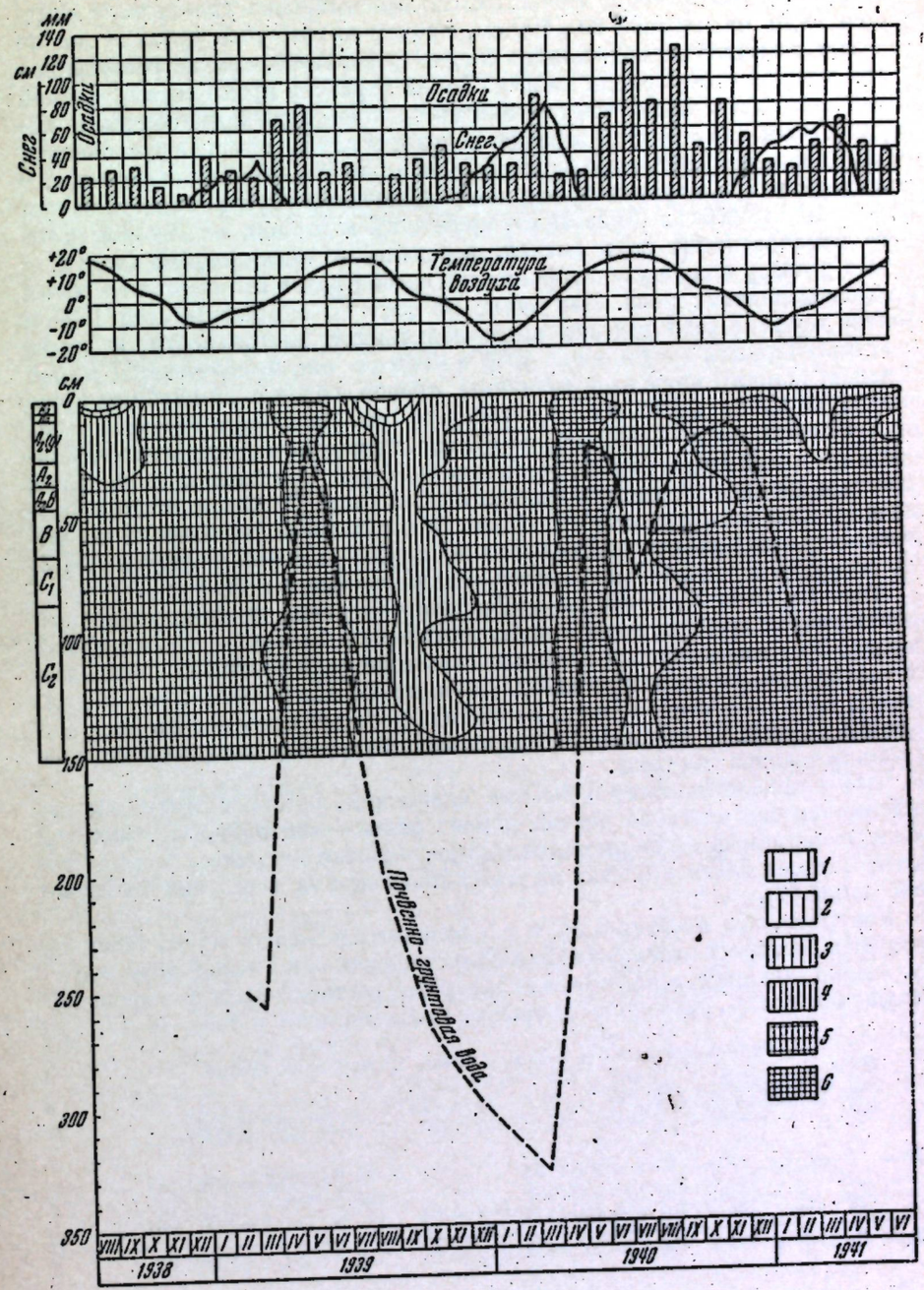
и сильно разветвленной корневой системой иссушили верхний слой почвы на пашне значительно сильнее, чем в сложном ельнике, предохраняющем верхний слой почвы от прямого воздействия лучей солнца; вместе с тем более глубокая корневая система растительности сложного ельника выкачала влаги из глубоких слоев значительно больше, чем культурные растения в поле. На графике хорошо видно, как мощность верхнего слоя,



Фиг. 16. Среднемесячная влажность дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 3.

1 — влажность завядания и меньше; *2* — от влажности завядания до влажности разрыва капилляров (60% от наименьшей влагоемкости); *3* — 60—80% от наименьшей влагоемкости; *4* — 80—100% от наименьшей влагоемкости; *5* — от наименьшей до капиллярной влагоемкости; *6* — от капиллярной до полной влагоемкости.

с влажностью большей, чем наименьшая влагоемкость, постепенно увеличивается в течение очень холодного зимнего периода, что связано, вероятно, с дестилляцией влаги из нижней половины покровного суглинка, в котором в этот период отчетливо наблюдается уменьшение влажности. О количественной стороне этого явления дают представление следующие цифры: увеличение влажности в верхних слоях почвы примерно равно 14 мм, а уменьшение ее в нижних слоях 19 мм. Характерной также является



Фиг. 17. Среднемесячная влажность торфянистого подзола на площадке № 2.

1 — влажность завядания и ниже; *2* — от влажности завядания до влажности разрыва капилляров (60% от наименьшей влагоемкости); *3* — 60—80% от наименьшей влагоемкости; *4* — 80—100% от наименьшей влагоемкости; *5* — от наименьшей влагоемкости до капиллярной влагоемкости; *6* — от капиллярной влагоемкости до полной влагоемкости.

особенность промачивания весной 1940 г.: максимальное увлажнение отмечается лишь на глубине 80—100 см, причем пятно этого увлажнения не исчезает в летний период, а лишь слегка суживается, сильно расширяясь вверх и вниз после осенних ливней. Такой характер промачивания весной 1940 г. указывает на то, что главная масса талой воды была сброшена поверхностным стоком по замерзшей почве и в глубь ее успела просочиться лишь небольшая часть воды, задержанная в слое 80—100 см, повидимому, в силу того, что на контакте между покровным легким суглинком и тяжелым моренным суглинком образовался временный водоупор, в создании которого немаловажную роль сыграл, вероятно, и защемленный воздух.

По режиму влажности торфянистый подзол резко отличается от обеих среднеподзолистых почв. Как видно на фиг. 17, влажность всей 150 см толщи торфянистого подзола выше наименьшей влагоемкости и лишь в летние периоды засушливых 1938 и 1939 гг. она приближается к ней и падает немного ниже этой величины, причем в 1938 г. до глубины всего только 30—35 см, а в 1939 г. до глубины 140 см. Влажность верхнего слоя, просушенного в эти годы наиболее сильно, не падает в общем ниже «влажности разрыва капилляров», величина которой для наших почв очень близка к двойной величине влажности завядания. Мощность этого просушенного слоя не превышает 10—15 см. Такое сильное увлажнение торфянистого подзола нельзя не поставить в связь с рельефом площадки № 2, уклон которой значительно меньше, чем на площадках № 1 и 3.

Фиг. 15, 16 и 17, наглядно изображая изменения режима влажности наших почв во времени, в то же время убедительно говорят о том, что если в дерново-среднеподзолистых почвах нисходящие токи влаги сопровождаются восходящими и последние иногда доминируют над первыми, то в торфянистом подзоле в течение почти всего года должны преобладать нисходящие токи влаги. В дальнейшем это явление будет охарактеризовано уже с количественной стороны.

Чтобы закончить главу о режиме влажности, рассмотрим средние величины запасов влаги за летний период июнь — сентябрь, который мы условно примем за вегетационный период, а также величины средних годовых запасов влаги в почвах опытных площадок за все время наблюдений (табл. 47).

Учитывая, что площадки № 1 и 3 отличаются между собою лишь по растительности, а в отношении остальных условий они близки друг к другу, можно выяснить роль леса и культурных растений поля в отношении иссушения почвы, пользуясь данными, приведенными в таблице 47.

Отношение запасов влаги в почве, в лесу и на пашне

	Вегетационный период (в среднем за 1939 и 1940 гг.)	Годовой период (в среднем за период 1/VI 1939—1/VI 1941)
Слой 0—25 см	68.4 : 63.8 = 100 : 93	89.0 : 82.7 = 100 : 93
» 25—85 »	174.8 : 171.1 = 100 : 98	184.5 : 188.2 = 100 : 103
» 85—150 »	163.5 : 181.8 = 100 : 111	174.5 : 191.9 = 100 : 110
Слой 0—150 см	406.7 : 416.7 = 100 : 102	448.0 : 462.8 = 100 : 103

Эти соотношения говорят о том, что верхний 25 см слой дерново-среднеподзолистой почвы на пашне иссушается заметно сильнее, чем у дерново-среднеподзолистой почвы в сложном ельнике, средние слои (25—85 см) иссушаются примерно одинаково, в более же глубоких слоях почвы (85—150 см) наблюдается обратная картина, как это установил еще Г. Н. Высоцкий (1904), хотя и в совершенно иных физико-географических

Таблица 47

Средние величины запасов влаги (в мм) в почвах на опытных площадках за летний период (июнь — сентябрь) и годовой период

	Слои (см)				в % к водовместимости (слой 0—150)	в % к площадке № 1 (слой 0—150)
	0—25	25—85	85—150	0—150		
I. Летний период						
1938 г.						
Площадка № 1	57.4	160.5	173.6	391.5	59.5	—
1939 г.						
Площадка № 1	57.0	158.5	157.1	372.6	56.6	100
» № 2	81.2	204.7	190.4	476.2	74.0	131
» № 3	52.0	156.9	173.2	382.1	57.5	102
1940 г.						
Площадка № 1	79.8	191.2	169.8	440.8	66.8	100
» № 2	102.8	228.1	195.5	526.4	81.6	122
» № 3	75.7	185.3	180.3	441.3	66.3	100
1939—1940 гг.						
Площадка № 1	68.4	174.8	163.5	406.7	61.7	100
» № 2	92.0	216.4	193.0	501.3	77.8	126
» № 3	63.8	171.1	181.8	411.7	61.8	100
II. Годовой период						
1/VI 1938—1/VI 1939						
Площадка № 1	76.0	158.8	156.4	391.2	59.4	—
1/VI 1939—1/VI 1940						
Площадка № 1	73.8	151.1	150.1	375.0	57.0	100
» № 2	93.2	208.3	188.5	490.0	76.0	134
» № 3	71.0	159.6	174.1	404.7	60.8	107
1/VI 1940—1/VI 1941						
Площадка № 1	104.2	217.8	199.1	521.1	79.0	100
» № 2	108.2	236.3	212.1	556.4	85.5	108
» № 3	94.4	216.8	209.7	520.9	78.6	100
1/VI 1939—1/VI 1941						
Площадка № 1	89.4	184.5	174.5	448.0	68.0	100
» № 2	100.5	222.4	200.3	523.2	81.8	120
» № 3	82.7	188.2	191.9	462.8	69.7	103

условиях. В общем для всего слоя 0—150 см почвенно-грунтовой толщи замечается слабая тенденция к несколько большему иссушению почвы под лесом по сравнению с полем (овес, клевер).

Выше уже отмечалось, что 1939 г. был исключительно засушливым, а 1940 г., напротив, исключительно дождливым. Можно поэтому

с большой долей вероятности признать, что среднегодичные величины влажности наших почв за эти годы близки к наиболее крайним членам в большом ряду среднегодовых влажностей.

Для большего обоснования такого предположения обратимся к результатам наших срочных наблюдений над влажностью среднеподзолистой почвы. Последние в течение года дают довольно большой ряд величин, среднегодичная из которых близка к полусумме крайних из этих величин, что видно из приводимой ниже табл. 48.

Таблица 48

Среднегодичные запасы влаги в дерново-среднеподзолистой почве. Площадка № 1

Годы	Число членов ряда	Средние годичные запасы влаги в 150 см слое почвы на площадке № 1 (мм) *	Полусумма крайних величин запасов влаги (мм)
1938	50	424	(266 + 622) : 2 = 444
1939	48	377	(255 + 499) : 2 = 377
1940	46	450	(332 + 572) : 2 = 452

* У читателя может возникнуть недоумение, почему средние влажности почвы на площадке № 1 в дождливом 1940 г. и в засушливые 1938 и 1939 гг. оказались довольно близкими между собою. Недоумение это рассеется, если учесть, что в табл. 48 приведены данные за календарный год и, следовательно, на величине средней влажности почвы в 1938 г. отразилась высокая влажность 1937 г., а в 1940 г. — сухость 1939 г.; почва ушла под снег в 1938 г. сильно влажной, а в 1940 г. сильно высохшей. Данные табл. 47, в которой год исчисляется с 1/VI до 1/VI, значительно правильнее характеризуют степень средней увлажненности почвы за указанные годы. Но для рассматриваемого здесь положения это обстоятельство не имеет никакого значения.

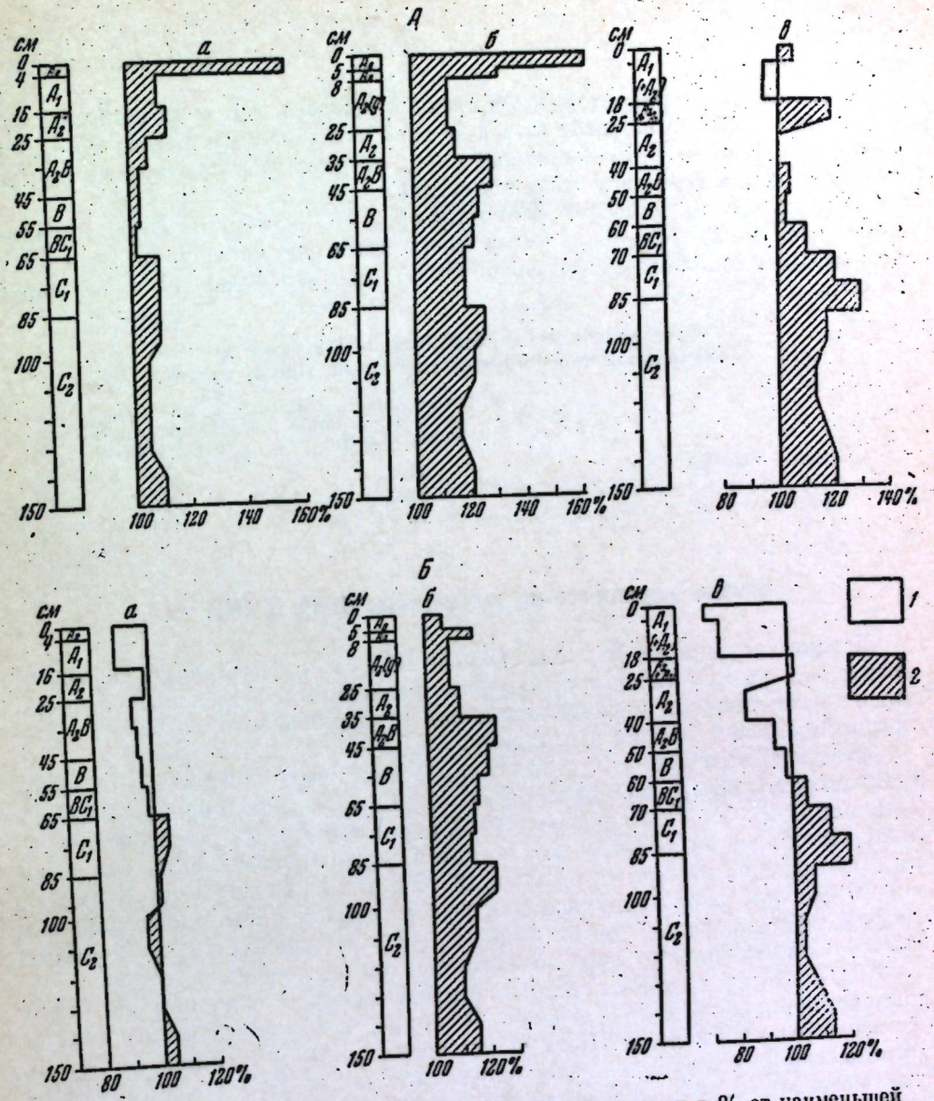
Следовательно, позволительно сделать допущение, что средняя величина из среднегодичных влажностей наших почв за 1939 и 1940 гг. (из которых 1939 г. был крайне засушливый и малодождливый, а 1940 г.— весьма холодный и исключительно дождливый) может характеризовать почвы в отношении их среднего режима влажности.

Приведем отдельно эти средние величины влажности, выраженные в процентах к общей водовместимости для всей изученной толщи почвенного профиля (слой 0—150 см, табл. 47):

	Год (%)	Летний период (%)
Дерново-среднеподзолистая почва в сложном ельнике . . .	68	62
» » » на поле	70	62
Торфянистый подзол в сфагново-черничном ельнике . . .	82	78

О распределении средней влажности по генетическим горизонтам всего профиля почв опытных площадок дают ясное представление табл. 49 и 50 и особенно фиг. 18. Они служат дополнительным подтверждением сделанных выше выводов о различиях в режиме влажности этих почв, обусловленных рельефом, растительностью и отчасти свойствами самих почв. Приняв среднюю влажность почв в сложном ельнике за 100, будем иметь следующие соотношения средних влажностей почв на опытных площадках:

Площадки	I	II	III
Год	100	120	103
Летний период	100	126	100



Фиг. 18. Средняя влажность почв на опытных площадках в % от наименьшей влагоемкости.

А — с 1/VI 1939 г. по 1/VI 1941 г. *Б* — за июнь — сентябрь в 1939 и 1940 гг. *а* — дерново-среднеподзолистая почва (сложный ельник); *б* — торфянистый подзол (сфагново-черничный ельник); *в* — дерново-среднеподзолистая почва (пашня.): *1*—меньше 100%; *2*— больше 100%.

Торфянистый подзол, как видим, отличается резко повышенной средней влажностью по сравнению с дерново-среднеподзолистой почвой, превышая среднюю влажность последней на 20% (год) и 26% (летний период).

Этим средним влажностям почвы соответствуют следующие средние уровни почвенно-грунтовых вод (по данным за 1939 и 1940 гг.):

	Год	Летний период
I. Для дерново-среднеподзолистой почвы . .	156 см	143 см
II. Для торфянистого подзола	136 »	102 »

Отсюда I : II=115 : 100 (год) и I : II=140 : 100 (летний период), т. е. получились отношения обратные тем, которые наблюдаются для средних влажностей почв.

Итоговые величины, характеризующие режим влажности наших почв, позволяют сделать важный вывод о том, что около величины 75—80% от полной влагоемкости лежит тот порог средней влажности, переступая который почва начинает заболачиваться.

Отмечаемая критическая величина средней влажности почв, повидимому, неслучайна; она была установлена нами еще ранее также для почв Молого-Шекснинского междуречья (1937), как это видно из следующих данных:

Заболоченный смешанный слово-березовый лес.
Маломощный торфянистый подзол на тонких песках

	Средняя влажность слоя 0—85 см (в % от полной водовместимости)	Средний уровень почвенно-грунтовой воды (см)
Июнь—октябрь 1934	71.3	133
» » 1935	82.2	90
Среднее	76.7	111

Режим влажности в засушливые 1938 и 1939 гг.

Летние засушливые периоды 1938 и 1939 гг. представляют собою относительно редкое явление для таежно-подзолистой зоны, хотя, возможно, и повторяющееся периодически; они отразились и на сельском и на лесном хозяйстве района заповедника.

Засуха 1938 и 1939 гг. захватила, повидимому, значительную часть таежной зоны, по крайней мере в пределах Европейской территории СССР. Так, например, В. И. Виткевич (1940), анализируя метеорологические условия этих лет по данным метстанции Сельскохозяйственной академии им. Тимирязева, пишет, что «1938 и 1939 гг. принадлежат к числу исключительных лет, характеризующихся резким отклонением целого ряда метеорологических элементов от норм; кроме того, переходы их от одного крайнего значения к другому совершались также необычно резко».

Как известно, погодные условия определяются в основном соотношением температур воздуха и осадков. В табл. 17 и 18 приведены эти данные за все годы наблюдений. Из них мы сделаем выборку лишь за летние месяцы июнь — август для засушливых лет и для 1937 г., который мы условно принимаем за «нормальный» год, так как его метеорологические условия довольно близки к средним многолетним. Для сравнения приведем также данные Сел.-хоз. академии им. Тимирязева (табл. 51).

Эти данные для обоих пунктов с достаточной убедительностью подчеркивают резкие отклонения метеорологических условий в сторону засушливости в летние периоды 1938 и 1939 гг. по сравнению с условиями более «нормального» 1937 г.

Особенно выделяются высокие температуры июля и августа в 1938 г. и малые суммы осадков в те же месяцы в 1938 и 1939 гг. «Такого устойчивого и весьма большого повышения температуры сверх нормы, как в июле и августе 1938 г., — пишет Виткевич, — не наблюдалось в Москве за все время существования метеорологических наблюдений» (1940, стр. 18).

Естественно, подобное соотношение осадков и температур воздуха должно было отразиться соответствующим образом на режиме влажности почв заповедника. Величины запасов влаги в почвах наших опытных пло-

Таблица 49

Средние величины влажности почв на опытных площадях почвенной станции в заповеднике
(с 1/VI 1939 г. по 1/VI 1941 г.)

Площадка № 1 Сложный сельник Дерново-среднеподзолистая почва				Площадка № 2 Сфагново-черничный сельник Торфянистый подзол				Площадка № 3 Пашня Дерново-среднеподзолистая почва			
Генетический горизонт	Глубина (см)	Влажность: в % от веса сухой почвы	Влажность: в % от наименьшей влагоемкости	Генетический горизонт	Глубина (см)	Влажность: в % от веса сухой почвы	Влажность: в % от наименьшей влагоемкости	Генетический горизонт	Глубина (см)	Влажность: в % от веса сухой почвы	Влажность: в % от наименьшей влагоемкости
A_0	0—4	300.0	155	A_0'	0—5	730.0	162	A_1 (+A_2)	0—5	38.0	104
A_1	4—16	42.7	110	A_0''	5—8	261.0	131		5—18	33.4	94
A_2	16—25	25.7	113	A_2 (g)	8—25	28.8	113	A_2 (+A_1)	18—25	24.8	118
A_2B	25—35	22.4	106	A_2	25—35	26.4	115		30—40	20.9	100
B	35—45	21.0	103	A_2B	35—45	25.8	128	A_2	40—50	20.8	104
	45—55	20.2	103	B	45—55	24.4	123	A_2B	50—60	20.2	103
BC	55—65	19.0	101		55—65	23.6	121	B	60—70	19.9	110
C_1	65—75	18.7	109	C_1	65—75	22.8	118	BC_1	70—80	19.6	120
C_2	85—95	16.2	109		75—85	21.4	118	C_1	80—90	19.0	129
	100—110	15.7	105	C_2	85—95	19.6	125		90—100	17.6	117
	120—130	15.4	105		100—110	17.8	121	C_2	110—120	16.9	113
	140—150	16.7	110		120—130	16.9	116		140—150	17.1	120
					140—150	16.9	120				
Средний уровень почвенно-грунтовых вод (см)		156		Средний уровень почвенно-грунтовых вод (см)		136		Уровень почвенно-грунтовой воды не замерялся			

Площадка № 1 Сложный сельник Дерново-среднеподзолистая почва		Площадка № 2 Сфагново-черничный сельник Торфянистый подзол		Площадка № 3 Пашня Дерново-среднеподзолистая почва	
Генетический горизонт	Влажность: в % от полной влагоемкости	Генетический горизонт	Влажность: в % от полной влагоемкости	Генетический горизонт	Влажность: в % от полной влагоемкости
	28.4		30.0		49.1
	54.8		72.3		43.3
	69.0		88.3		63.9
	71.2		88.7		62.2
	75.4		83.8		69.8
	74.3		83.4		71.6
	74.2		89.0		78.7
	75.3		88.4		80.8
	69.0		87.1		91.0
	73.7		80.8		80.0
	73.0		82.8		76.8
	74.8		85.8		81.4
			88.1		

Таблица 50

Средние величины влажности почв на опытных площадках Почвенной станции в заповеднике за летние периоды (июнь — сентябрь) в 1939 и 1940 гг.

Площадка № 1 Сложный ельник Дерново-среднеподзолистая почва				Площадка № 2 Сфагново-черничный ельник Торфянистый подзол				Площадка № 3 Пашня Дерново-подзолистая почва			
		Влажность			Влажность				Влажность		
Генетический профиль	Глубина (см)	в % от веса сухой почвы	в % от наименьшей влагоемкости	Генетический профиль	Глубина (см)	в % от веса сухой почвы	в % от наименьшей влагоемкости	Генетический профиль	Глубина (см)	в % от веса сухой почвы	в % от полной влагоемкости
A_0	0—4	171.0	88	A_0'	0—5	476.0	106	A_1 ($+A_2$)	0—5	25.5	70
A_1	4—16	34.4	88	A_0''	5—8	234.0	117		5—18	26.7	75
A_2	16—25	22.1	98	A_2 (g)	8—25	27.5	108	A_2 ($+A_1$)	18—25	21.2	101
A_2B	25—35	19.8	94	A_2	25—35	25.5	111	A_2	30—40	17.5	84
B	35—45	19.3	95	A_2B	35—45	25.0	124	A_2B	40—50	18.8	94
	45—55	19.0	96	B	45—55	24.0	121	B	50—60	19.2	98
BC	55—65	18.7	99		55—65	23.0	117	BC_1	60—70	19.0	105
C_1	65—75	18.0	105	C_1	65—75	22.1	115	C_1	70—80	18.6	113
C_2	85—95	15.0	101		75—85	20.8	114		80—90	17.7	120
	100—110	14.4	96	C_2	85—95	19.2	122	C_2	90—100	16.1	107
	120—130	14.6	100		100—110	16.9	115		110—120	15.5	103
	140—150	14.7	104		120—130	16.1	110		140—150	16.0	113
Средний уровень почвенно-грунтовой воды (см) . . .		—	143	Средний уровень почвенно-грунтовой воды (см) . . .			102	Уровень почвенно-грунтовой воды не замерился			
						19.5	64.8				33.0
							84.3				34.5
							85.5				54.5
							82.2				52.1
							82.0				63.0
							86.7				68.0
							85.5				75.0
							84.5				76.0
							79.0				84.7
							78.8				73.2
							81.7				70.5
							85.5				76.2

Таблица 51

Температура воздуха и осадки в 1937—1939 гг.

Пункт наблюдения	Годы	Осадки (мм)				Среднемесячная температура воздуха (°С)			
		Июнь	Июль	Август	Июнь—август	Июнь	Июль	Август	Июнь—август
Лесной заповедник	1937	26.8	112.5	95.5	234.8	14.8	15.1	15.7	15.2
	1938	68.2	39.9	24.3	132.4	12.8	19.8	18.0	16.9
	1939	28.4	34.3	3.8	66.5	14.5	17.2	16.2	16.0
Сельско-хоз. академия им. Тимирязева	Норма	68	76	75	219	16.1	18.3	15.8	16.7
	1937	34	115	48	197	18.2	17.8	17.8	17.9
	1938	71	35	1	107	16.1	23.5	21.7	20.4
	1939	38	36	16	90	17.7	20.4	19.6	19.2

щадок (табл. 41, 42, 43) и фиг. 14, 15, 16 и 17 говорят о резком, исключительном иссушении почв за летний период в 1938 и 1939 гг. по сравнению с 1937 г. Это иссушение коснулось не только верхнего 25 см слоя почвы, но и более глубоких слоев. Хотя на графиках картина иссушения отображена и весьма наглядно, мы считаем необходимым привести величины запасов влаги в почвах наших площадок в начале и в конце летнего периода, чтобы судить о степени иссушения.

К сожалению, мы не располагаем данными по полевой площадке за летние периоды 1937 и 1938 гг., а для площадки № 2 — за 1937г. и начало летнего периода 1938 г. Этот пробел по полевой площадке можно до некоторой степени восполнить данными, полученными нами на небольшом пахотном участке, расположенном около дер. Федоровское, примерно в 3 км от площадки № 3. Почва на этом участке дерново-среднеподзолистая, среднесуглинистая. В 1937 г. участок был покрыт суходольно-луговой растительностью (колосок душистый, василёк луговой и др.), а в 1938 г. на нем поддерживался в течение всего лета черный пар. Хотя естественные условия этого участка несколько отличаются от условий площадки № 3 и данные наблюдений над режимом влажности на них, следовательно, менее сравнимы между собою, мы все же считаем, что они могут представить некоторый интерес, в особенности в связи с засухой 1938 и 1939 гг. При рассмотрении режима влажности почв Заповедника мы намеренно не касались данных, полученных на этом участке, по той простой причине, что, во-первых, наблюдения на этом участке охватывают лишь часть вегетационного периода, а во-вторых — мощность слоя, в котором велись наблюдения, была ограничена 25 см в 1937 г. и 85 см в 1938 г.

Приводим величины запаса влаги в почвах на этих площадках (табл. 52).

Эти данные говорят действительно о сильном иссушении почв летом 1938 и 1939 гг. Наиболее иссушенным к началу осени оказывается корнеобитаемый слой (0—25 см) на полевых площадках, а наименее иссушенным — на площадке № 2. Отметим, что запасы влаги в слое 0—25 см на полевых площадках к 1/VII в 1938 и 1939 гг. были почти равны, но к 1/IX на черном пару влаги сохранилось заметно больше, чем на овсяном поле; влияние растительности очевидно. Эти данные служат дополнительной иллюстрацией к тому, что было сказано выше о растительности, как об одном из факторов, обусловливающих режим влажности почв.

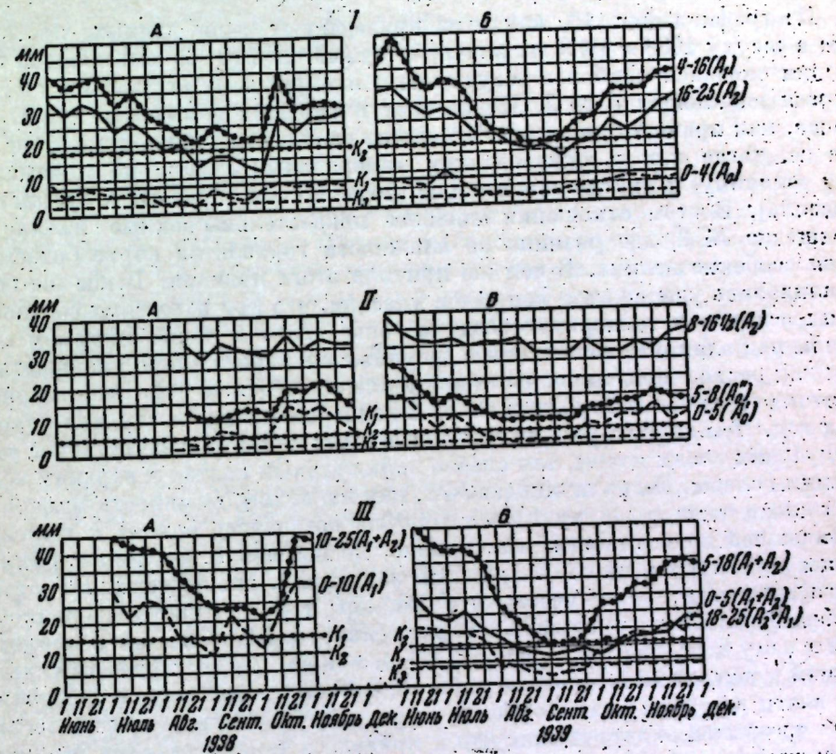
Таблица 52

Запас влаги в почвах опытных площадок в засуху 1938 и 1939 гг.

Слои (см)	Запас влаги (мм)					
	1937		1938		1939	
	Поле					
	Луг		Черный пар		Овес	
	6/VII	1/IX	1/VII	1/IX	1/VII	1/IX
0—25	61.5	82.9	73.6	33.7	70.9	20.4
25—85	—	—	150.3	111.7	171.0	128.3
	Сложный ельник					
	11/VII	1/IX	1/VII	1/IX	1/VII	1/IX
0—25	51.3	46.3	78.1	35.7	66.2	35.6
25—85	160.0	155.4	202.9	111.8	182.5	122.0
	Сфагново-черничный ельник					
	—	—	22/VIII	1/IX	1/VII	1/IX
0—25	—	—	79.1	68.7	81.9	64.8
25—85	—	—	204.1	194.0	213.3	180.7

Хотя приведенные выше данные и достаточно показательны, но они не могут еще служить мерилом степени иссушения; за таковое мерило можно принять отношение величины данной влажности к величине влажности завядания. Выше мы уже упоминали, что наиболее иссушенным слоем почвы является верхний корнеобитаемый слой (0—25 см), который к концу лета пересыхал на полевой площадке до величины влажности завядания, в сложном ельнике заметно меньше, а в сфагновом ельнике-черничнике лишь до величины двойной влажности завядания.

Представляется интересным выяснить, какой из горизонтов корнеобитаемого слоя претерпел наибольшее иссушение. Если сопоставить данные абсолютной влажности этого слоя (табл. 2а, 3а, 6а, 7а и 10а в приложении) с данными по влажности завядания (табл. 5, 6 и 7), то нетрудно убедиться, что наиболее иссушенным окажется самый верхний горизонт, с глубиной же иссушение слабеет. Для наглядности погоризонтные запасы влаги корнеобитаемого слоя (0—25 см) всех опытных площадок представлены на фиг. 19, на которой для каждого горизонта проведена линия влажности завядания, дающая возможность сразу судить о степени иссушения. Для горизонтов, у которых отсутствуют данные влажности завядания, последняя выражена через двойную максимальную гигроскопичность, так как выше, в главе 3, было установлено, что отношение влажности завядания к максимальной гигроскопичности в наших почвах в среднем близко к 2 (точнее — 1.93). На фиг. 19 видно, что влажность подстилки (0—4 см) и гумусового горизонта (4—16 см) дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1 упала к 1/IX 1938 г. до величины влажности завядания,



Фиг. 19. Динамика запаса влаги в почвах в засушливые 1938 и 1939 гг.

I — дерново-среднеподзолистая почва (сложный ельник); коэффициент завядания: K_1 — слой 16—25 см, K_2 — 4—16 см, K_3 — 0—4 см; *II* — торфянистый подзол (сфагново-черничный ельник): K_1 — слой 8—16.5 см, K_2 — 5—8 см и K_3 — 0—5 см; *III* — дерново-среднеподзолистая почва, 1938 г., пашня (черный пар): K_1 — слой 10—25 см, K_2 — 0—10 см; 1939 г.— пашня (овес): K_1 — слой 18—25 см, K_2 — 5 — 18 см, K_3 — 0—5 см.

а к 1/IX 1939 г. даже немного ниже этой критической для жизни растений величины, в то время как влажность подзолистого гор. A_2 (16—25 см) была значительно выше этой величины. На площадке № 2 влажность слабо разложившегося торфа (слой 0—5 см) к началу сентября достигла величины влажности завядания, а во второй половине августа и первой половине сентября 1939 г. она упала даже ниже этой величины. Влажность же минерализованного торфа (слой 5—8 см) снизилась лишь до двойной величины влажности завядания в 1938 г. и до полуторной в 1939 г. Значительно слабее иссушенным оказался подзолистый горизонт (A_2) торфянистого подзола, влажность которого намного превышала влажность завядания. На полевой площадке влажность верхнего слоя (0—10 см) на черном пару упала к 1/IX 1938 г. до величины влажности завядания, а глубже она была значительно выше этой величины. В 1939 г. на пашне под овсом

влажность верхнего слоя (0—5 см) уже в начале августа близка к величине влажности завядания, а со средины августа и в течение всего сентября она значительно ниже этой величины. К началу сентября даже следующий слой (5—18 см) был иссушен до влажности завядания и оставался в таком состоянии большую часть сентября. С глубиной иссушение падает, и слой 18—25 см к 1/IX имеет влажность, уже заметно превышающую влажность завядания.

Из графика фиг. 19, как и из приведенных выше данных, явствует, что в засуху 1938 и 1939 гг. корнеобитаемый слой (0—25 см) полевой площадки оказался наиболее иссушенным; наименьшему иссушению он подвергся на площадке № 2. Но на всех площадках влажность гумусовых слоев, как правило, падала до величины влажности завядания и даже ниже ее, тогда как в нижележащих минеральных слоях она превышала эту величину, и иногда значительно (подзолистый горизонт торфянистого подзола). В этом отношении наиболее показательны данные именно по площадке № 2, где разница во влажности горизонтов корнеобитаемого слоя особенно велика. В чем же причина этого явления? Выше мы останавливались уже на этом вопросе и указали, что при известных соотношениях осадков и температур воздуха запас влаги в корнеобитаемом слое почвы под влиянием испарения и десукции начинает сильно уменьшаться, так как расход воды лишь частично компенсируется за счет капиллярного притока ее из более глубоких слоев и непосредственно от зеркала грунтовых вод. Чем глубже уходят грунтовые воды и чем меньше остается воды в глубоких слоях почвы, тем слабее капиллярный подток к верхним испаряющим слоям. Но на площадке № 2, как мы видим, влажность минеральных слоев даже в засуху 1938 и 1939 гг. оставалась близка к величине наименьшей влагоемкости, что, однако, не помешало верхним торфяным слоям пересохнуть ниже влажности завядания. Их пересыхание становится понятным, если учесть, что размер пор в минерализованном и особенно в слабо разложившемся торфе неизмеримо больше, чем в прилежащем к нему подзолистом горизонте, о чем можно судить по данным капиллярной и полной влагоемкости (табл. 6). Поэтому капиллярное передвижение влаги из среды мелкопористой в среду крупнопористую, естественно, было чрезвычайно затруднено, что и привело к такому резкому различию в иссушении верхних торфянистых горизонтов и лежащего под ними минерального горизонта A_2. Контраст этот значительно меньше для дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1 и еще меньше на площадке № 3; если сравнить между собою запасы влаги в 1 см слое в верхнем горизонте и подзолистом горизонте для каждой площадки к 1/IX 1939 г., то получим следующие соотношения: площадка № 2: площадка № 1: площадка № 3 = 100 : 33 : 22.

Отсюда вытекает такое следствие: подстилка и торфянистые слои лесных почв в отношении режима влажности зависят исключительно от соотношения величин осадков и испарения и почти не зависят от капиллярного подтока воды из глубоких слоев почвы. Будучи в то же время весьма влагоемки, они задерживают в себе в дождливые периоды значительное количество влаги, которое в последующем расходуют на испарение, пересыхая при этом иногда до влажности завядания, но способствуя сохранению влаги в более глубоких слоях. Этим и объясняется та огромная амплитуда колебания влажности, которая наблюдается у подстилки и торфянистых слоев лесных подзолистых почв.

Рассматривая вопрос о свойствах лесной подстилки и ее значении в водном режиме лесных почв, нельзя пройти мимо следующих высказываний В. Р. Вильямса по этому вопросу: «В результате упруго-рыхлого расположения своих элементов, лесная подстилка совмещает в своей массе двоим образом несовместимых свойства. Она обладает влагоемкостью в высшей степени ее проявления и одновременно отличается проницаемостью, так же в высшей степени». «Иными словами, вода в лесной подстилке содержится как в состоянии волосной воды, так и в состоянии капельно-жидком. Благодаря такому сочетанию в горизонте лесной подстилки устанавливается одновременно два типа водных режимов».

«Прежде всего, при соприкосновении с атмосферной водой сказывается проницаемость лесной подстилки. Она настолько велика, что всякое количество дождя или снеговой воды, какое возможно себе представить, проникает в массу подстилки».

«... Вода, проникнув в толщу лесной подстилки, сразу распределяется по элементам, ее слагающим. Прежде всего насыщаются до состояния полной влагоемкости все механические элементы подстилки, которые при этом сильно увеличиваются в объеме ... и тесно сближаются..., вследствие чего устанавливается сплошное волосное сообщение между ними и почвой». «... Излишек воды, не поместившийся в волосных промежутках твердых элементов подстилки, займет промежутки между ними, и, повинуясь силе тяжести, опустится до уровня поверхности почвы. Под влиянием силы тяжести начнется поступательное движение воды по уклону рельефа» (1947, стр. 80).

И далее: «... Как только высохнет самый верхний, поверхностный слой подстилки, так тотчас автоматически его высохшие элементы уменьшатся в объеме; так как высыхание будет сильнее с поверхности всякого элемента подстилки, чем с нижней, то и сокращение объема верхней поверхности будет больше нижней. Элементы подстилки, лежащие сверху, будут изгибаться и закручиваться, а волосная связь их с нижележащими элементами нарушится...» (стр. 81).

Мы видим, что наши данные вполне согласуются с приведенными высказываниями В. Р. Вильямса.

Заканчивая на этом рассмотрение данных по режиму влажности подзолистых почв наших опытных площадок в засушливые 1938 и 1939 гг., остановимся вкратце на тех последствиях, к которым привела засуха этих двух лет в лесном и сельском хозяйстве района.

Осенью 1938 г. специалисты-лесоведы констатировали усыхание ели на территории заповедника. В 1939 г. это усыхание приняло более широкие размеры: по визуальным определениям на естественно дренированных незаболоченных участках с еловыми насаждениями типа *Piceetum compositum* усохло примерно 10—15% ели. На заболоченных же участках с еловыми насаждениями типа *Piceetum Sphagnoso-myrtillosum* сколько-нибудь значительного усыхания ели отмечено не было. Что касается таких лиственных пород, как береза, осина, ясень и др., то усыхания их в рассматриваемые годы не наблюдалось.

Эти наблюдения вполне согласуются со всеми приведенными в этой главе данными по водному режиму почв. В самом деле, влажность верхних слоев дерново-среднеподзолистой почвы под сложным ельником, в которых распространяется главная масса корней ели, в течение 1—1.5 месяца в 1938—1939 гг. была близкой к влажности завядания. Многие ели, возможно уже ослабленные в силу различных причин к моменту наступления засухи, не могли выдержать воздействия последней и стали усыхать. В торфянистом же подзоле, в его корнеобитаемом слое, влаги сохранилось значительно больше, чем в дерново-среднеподзолистой почве, и ель не

испытывала здесь такого угнетения из-за недостатка влаги, как это имело место в сложном ельнике. В то же время лиственные породы (осина, береза и др.), как имеющие глубокую корневую систему, от засухи не пострадали, поскольку в более глубоких слоях почвы физиологически усвояемая вода имелась все время.

Следовательно, получилось так, что в 1938 и 1939 гг. сама природа поставила в огромном масштабе эксперимент на определение влажности завядания; эта величина оказалась близкой к той, которая была получена в лаборатории методом проростков.

Таким образом, если не единственной, то одной из важнейших непосредственных причин гибели ели в 1938 и 1939 гг. явилось почти полное исчезновение физиологически полезной влаги из корнеобитаемого слоя и чрезвычайно затрудненный приток ее из глубоких слоев.

Отметим, что в Московской области, по данным В. И. Виткевича, под влиянием засухи 1938 и 1939 гг. также начался массовый выпад ели и отчасти других древесных пород.

Теперь скажем несколько слов о воздействии засухи на сельскохозяйственные культуры. Прежде всего она явилась причиной плохого прорастания озимых, что особенно резко было выражено в 1939 г. В течение вегетационного периода как озимые, так и яровые явно страдали от недостатка влаги, что привело к более раннему созреванию хлебов и получению весьма пониженных урожаев.

В связи с этим интересно коснуться вопроса о влиянии удобрений на урожай сельскохозяйственных культур. В 1939 г., как уже отмечалось выше, на полевой площадке был посеян овес. На поле было несколько делянок с различными вариантами удобрений и без них. Овес к началу засухи на удобренных делянках успел значительно лучше развиться и укорениться, чем на неудобренных делянках; так, к 16/VII овес на первых достигал высоты 85—90 см, он был густой, свежий и темнозеленого цвета, тогда как на вторых высота овса едва достигала в среднем 45—50 см, причем он был значительно изрежен, светлозеленого цвета с желтоватым оттенком. Благодаря глубокой вспашке и хорошему уходу овес на неудобренной делянке дал все же урожай в 14.7 центнера, в то время как на делянке с полным удобрением 35.1 центнера, т. е. в 2.5 раза больше. Таким образом, влияние удобрений на дерново-подзолистых почвах проявляется благотворно даже в засушливые годы, если растение к моменту засухи успело достаточно хорошо развиться.

Вопросу о влиянии засухи 1938—1939 гг. на сельское хозяйство посвящены специальные статьи (Васильев, 1941; Виткевич, 1940; Кисляков и Васильев, 1946).

Воздушный режим почв

На этом мы закончим рассмотрение режима влажности наших почв и кратко, в самых общих чертах, остановимся на их воздушном режиме.

Как известно, водный и воздушный режимы почвы тесно связаны между собою. Вся порозность почвы, не занятая водой, очевидно, будет представлять собою порозность аэрации. Следовательно, с изменением влажности почвы соответственно изменяется, но в обратном отношении, и ее порозность аэрации.

Говоря о порозности аэрации, необходимо учитывать то обстоятельство, что в почвах заповедника присутствует защемленный воздух, который, как это уже отмечалось выше, может находиться в них в таком, как бы неактивном, состоянии весьма длительное время, исчисляемое многими

годами. Однако роль этого защемленного воздуха в окислительно-восстановительных процессах неясна, а поэтому нет пока никаких оснований уменьшать порозность аэрации почв на величину защемленного в них воздуха.

Об изменении порозности аэрации во времени дают наглядное представление фиг. 20, 21 и 22. На них видно, что воздушный режим обеих дерново-среднеподзолистых почв в общем можно признать сравнительно хорошим, в то время как у торфянистого подзола он явно неудовлетворительный.

В полном соответствии с водно-воздушным режимом находится морфология наших почв, являющаяся внешним отражением всех протекающих в них биологических и физико-химических процессов (см. описание почвенных профилей).

Из изложенного выше следует, что водно-воздушный режим торфянистого подзола крайне неблагоприятен для развития на нем растений с глубокой корневой системой, в силу чего на площадке № 2 в составе лесного ценоза встречаются, и то только на повышенных участках, лишь единичные экземпляры березы, осины и рябины. По той же причине во всей толще торфянистого подзола процессы анаэробиозиса доминируют над процессами аэробиозиса, что, согласно с учением В. Р. Вильямса, должно приводить к переводу элементов пищи растений в неусвояемые формы, а также к прогрессивному ухудшению лесорастительных качеств этой почвы.

В то же время обе дерново-среднеподзолистые почвы нередко выходят из состояния избыточного увлажнения, и в них окислительные и восстановительные процессы довольно часто сменяют друг друга. В силу этого в сложном ельнике происходит, повидимому, относительно медленное накопление органического вещества в поверхностном слое почвы и не замечается признаков оторфовывания. Сама же почвенно-грунтовая толща создает благоприятные условия для развития лиственных пород, в частности, обильного широколиственного подлеска.

Вполне понятно поэтому, что дерново-среднеподзолистая почва под сложным ельником имеет значительно лучшие лесорастительные качества, чем торфянистый подзол, как о том можно судить по следующим данным, полученным в результате очень тщательной таксации.

	Сложный ельник	Сфагново-черничный ельник
Бонитет	I	I + II
Полнота	0.8—0.9	0.8
Возраст (лет)	90—100	80
Средний диаметр (см)	36	25
Запас древесины на га ($м^3$)	430	300

Лесорастительные качества торфянистого подзола можно, конечно, значительно улучшить путем осушки.

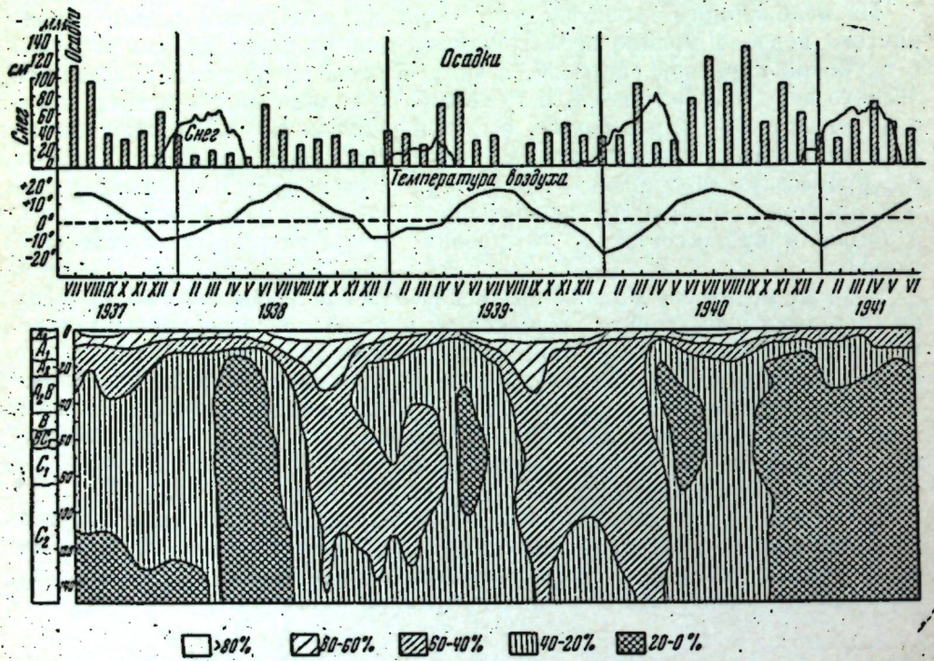
Подведем итоги изложенному в данной главе.

1. Метеорологические условия в годы наблюдений были весьма различны: в 1937 г. они были близки к средним многолетним, 1938 и 1939 гг. были очень засушливыми, а 1940 г. был исключительно дождливым и холодным.

2. Почвы в лесу промерзают значительно слабее, чем в поле. Оттаивание почвы в поле происходит преимущественно снизу, в лесу же не только снизу, но и сверху, хотя и в значительно более слабой степени; заканчивается оно чаще всего во второй половине апреля, еще до окончательного схода снегового покрова.

3. В зависимости от погодных условий года послойная влажность почв колебалась во времени в весьма широких пределах, но на разном уровне для различных почв.

В весенние периоды почвы промачивались насквозь, причем их влажность достигала величины, значительно превышающей величину наименьшей влагоемкости. В летние периоды наблюдалось просыхание всего почвенного профиля, более сильное в верхних слоях и более слабое — в нижних. В засушливые 1938 и 1939 гг. влажность самых верхних слоев почв уменьшалась, иногда до величины влажности завядания; особенно резко иссушение почвы проявилось на пашне и в сложном ельнике, значительно слабее — в сфагново-черничном ельнике.



Фиг. 20. Порозность аэрации в дерново-среднеподзолистой почве (сложный ельник) в % от объема скважности.

4. В результате летней засухи в 1938 и 1939 гг. наблюдалось выпадение ели на незаболоченных участках заповедника, имеющих хороший естественный дренаж. По визуальным определениям выпало около 10—15% ели.

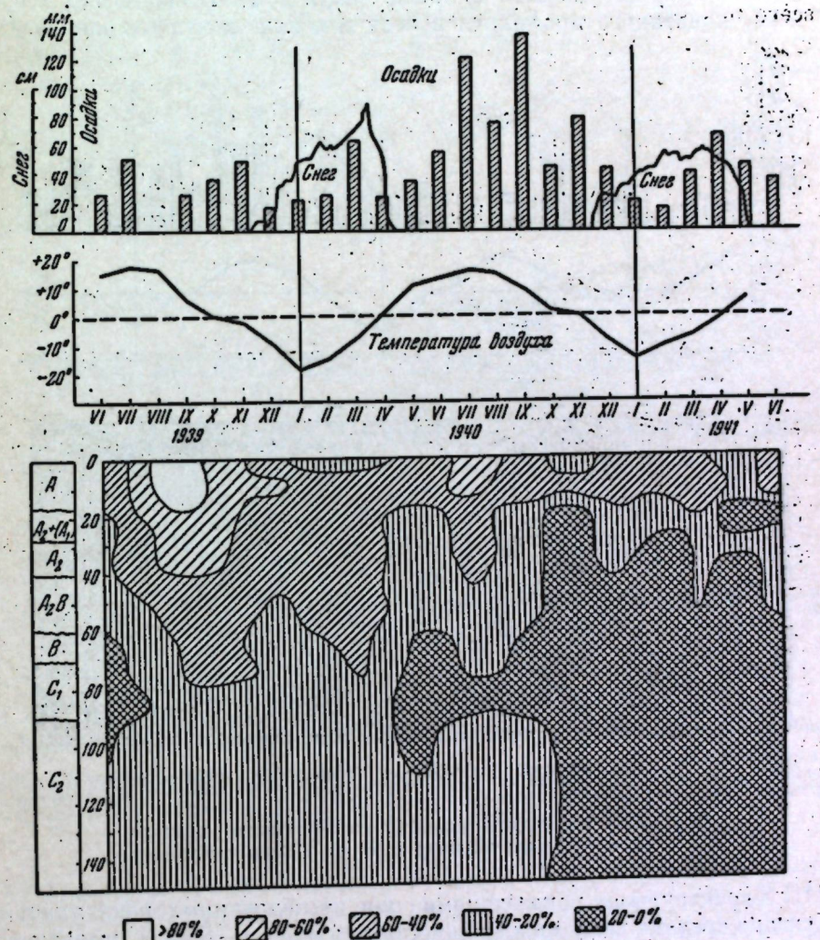
5. Анализ данных влажности почв и поведения почвенно-грунтовых вод позволил определить мощность капиллярной каймы; она оказалась равной примерно 200—230 см.

6. Капиллярное передвижение влаги к верхнему испаряющему слою почвы в толще покровного суглинка происходит даже при влажностях, заметно меньших величины наименьшей влагоемкости, и при весьма слабой водно-капиллярной связи с глубоко лежащими почвенно-грунтовыми водами.

7. Сопоставление данных послойной влажности с уровнями воды в смотровых колодцах позволило установить, что иногда влажность почвенной толщи бывает неизменной, в то время как в пределах той же

почвенной толщи уровень воды в колодцах испытывает значительные колебания.

8. Влажность почвенного слоя, находящегося на уровне почвенно-грунтовых вод и ниже, как правило, всегда почти бывает меньше величины водовместимости этого слоя, рассчитанной по скважности, что указывает на присутствие в почве защемленного воздуха.



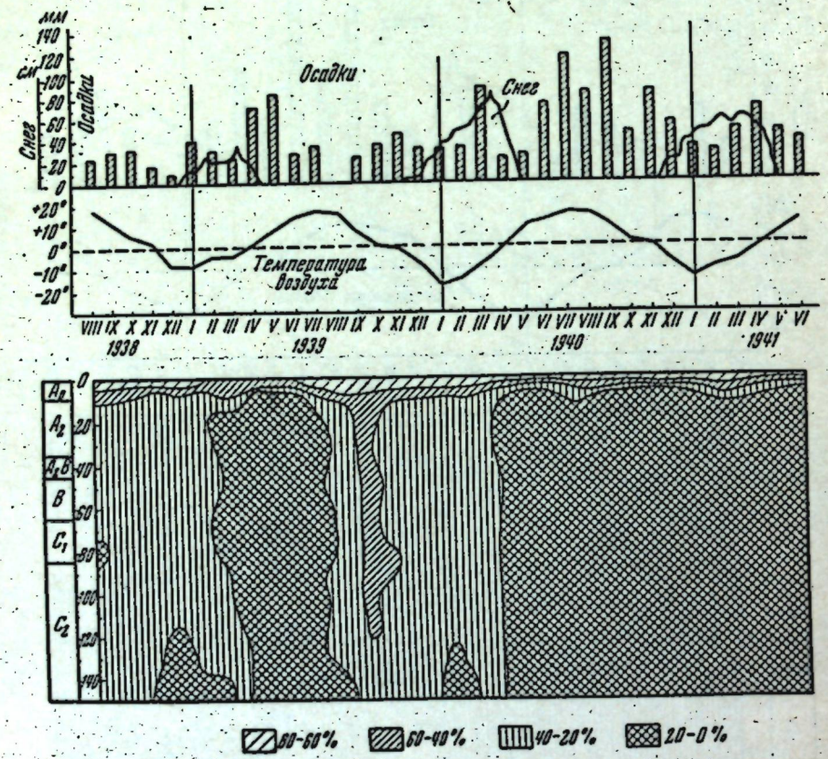
Фиг. 21. Порозность аэрации в дерново-среднеподзолистой почве (пашня) в % от объема скважности.

Защемление воздуха в почвенно-грунтовой толще чаще всего происходит весной, и объем его тем больше, чем глубже залегает слой и чем сильнее он был просушен в предыдущие летние месяцы. Объем защемленного воздуха в слое 85—150 см колебался в разные годы от 7 до 22% от общей порозности.

9. В зимние морозные периоды довольно ясно прослеживается увеличение влажности в верхнем 25 см слое почвы на поле и уменьшение ее в слое 25—85 см, при влажности в последнем ниже величины наименьшей влагоемкости. Это указывает на процесс дестилляции влаги из слоя

25 — 85 см в верхний сильно промерзший слой почвы. В лесу это явление выражено не так отчетливо, как в поле.

10. Сопоставление средних годовых запасов влаги в почвах на пашне и в сложном ельнике, расположенных в одинаковых условиях рельефа, приводит к заключению, что верхние слои почвы на пашне иссушаются сильнее, чем в лесу; средние слои — примерно одинаково; нижние же, наоборот, в лесу иссушаются сильнее, чем в поле. В общем же, иссушение всего почвенного профиля и в лесу и в поле почти одинаково.



Фиг. 22. Порозность аэрации в торфянистом подзоле (сфагново-черничный ельник) в % от объема скважности.

11. Характерными показателями для исследованных почв являются следующие средние величины влажности для слоя 0—150 см, выраженные в процентах от полной влагоемкости:

I. Для дерново-среднеподзолистой почвы под сложным ельником	от	57	до	79,	в среднем	68
II. Для торфянистого подзола под сфагново-черничным ельником	»	76	»	86	»	82
III. Для дерново-среднеподзолистой почвы на пашне	»	61	»	79	»	70

откуда получается такое отношение среднегодовых влажностей:

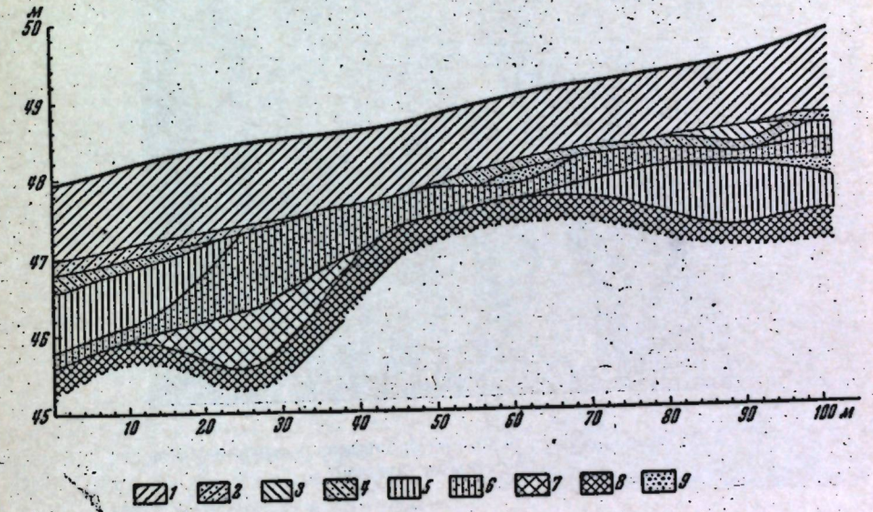
$$I : II : III = 100 : 120 : 103.$$

Из этого можно заключить, что около величины 75—80% от полной влагоемкости лежит тот порог средней влажности, переступая который почва начинает заболачиваться.

12. Приведенный в данной главе материал в значительной своей степени является цифровой иллюстрацией к основным положениям учения В. Р. Вильямса о водном режиме подзолистых почв.

5. СТОК

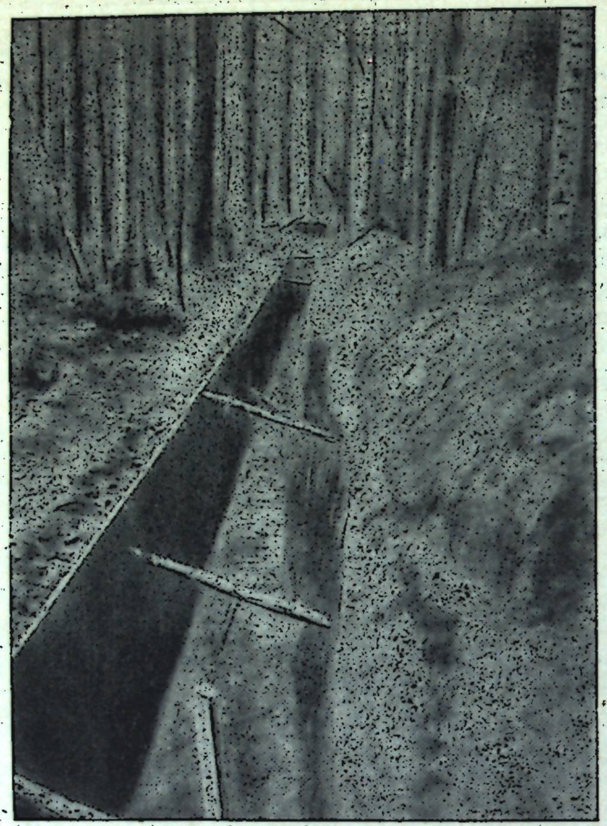
Значение, которое придается изучению стока в агрономии и гидрологии, общеизвестно. Мы подходили к изучению этого явления с другой стороны — со стороны выяснения его значения, как расходной статьи водного баланса почвы и, следовательно, как фактора почвообразования. Поэтому нас, естественно, интересовал не только поверхностный, но и внутрипочвенный сток.



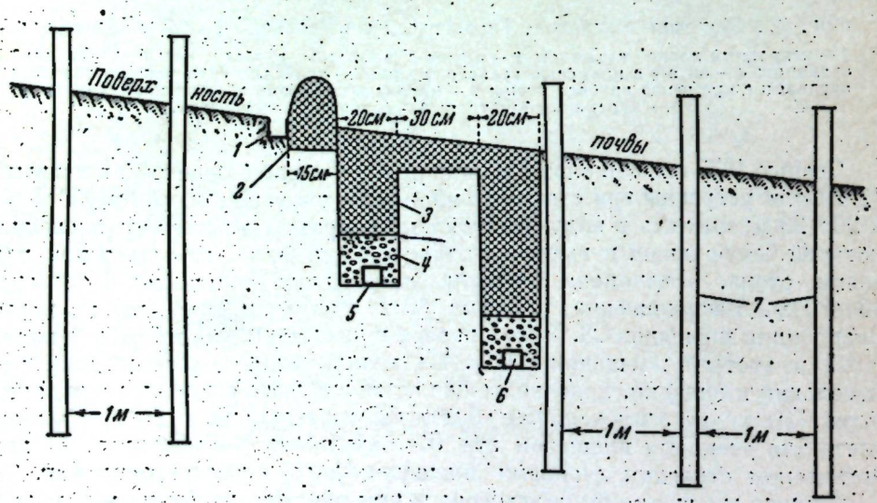
Фиг. 23. Стоковая площадка. Геологическое строение. Продольный профиль.
1 — покровный легкий суглинок; *2* — он же с примесью грубого песка; *3* — средний суглинок; *4* — он же с примесью грубого песка; *5* — тяжелый суглинок; *6* — тяжелый суглинок с примесью грубого песка; *7* — морена выщелоченная (тяжелосуглинистая); *8* — морена карбонатная; *9* — пески разнозернистые.

Осенью 1937 г. в сложном ельнике рядом с водно-балансовой площадкой № 1 были устроены три стоковых площадки размером 40×80 м, 40×40 м и 20×20 м; имелось в виду установить наименьшую величину площадки, которой без большой погрешности можно было бы пользоваться при изучении стока. «Эталоном» служила наибольшая площадка, размером 40×80 м. Расположение и форма этих площадок показаны на карте. Экспозиция площадок СЗ. Уклон первой площадки 0.020, второй площадки 0.017 и третьей площадки 0.024. По микрорельефу, растительности и литологии площадки, конечно, также не могли быть совершенно однородными. Пестроту этих условий обойти было невозможно, но при выборе места для стоковых площадок эти обстоятельства учитывались. О геологическом строении стоковых площадок дает представление фиг. 23.

Каждая площадка была устроена таким образом, чтобы на ней можно было вести одновременно наблюдения и над поверхностным и над внутрипочвенным стоком. При этом был использован опыт Тосненской гидрологической опытной станции. Кроме того, по совету В. И. Рутковского,



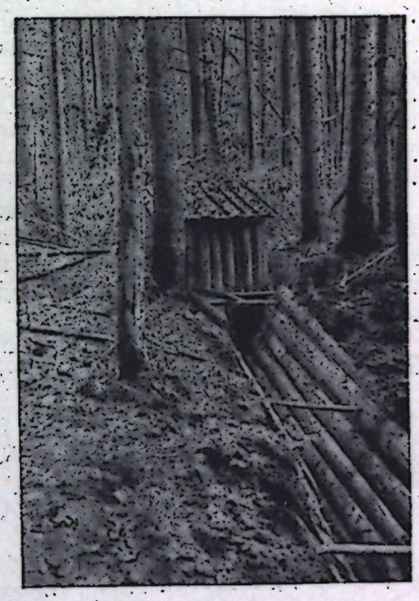
Фиг. 24. Изоляция стоковой площадки просмоленными деревянными щитами.



Фиг. 25. Схема устройства стоковой площадки в нижней части (поперечный разрез).

1 — желоб для сбора поверхностных вод; *2* — валик из глины; *3* — глина; *4* — крупный песок; *5* — первая труба для сбора почвенных вод (глубина 40 см); *6* — вторая труба для сбора почвенных вод (глубина 60 см); *7* — смотровые колодцы (глубина 1 м).

руководившего в то время работами на Тосненской станции,, площадки изолировались от соседних участков не канавами, а просмоленными деревянными плотными щитами, врытыми в почву на глубину до 140 см с верхней стороны склона и на глубину до 80 см с боковых сторон (фиг. 24). Предполагалось, что таким путем можно будет исключить дренирующее действие канав и не вводить поправки на дренаж к наблюдаемой величине стока. Установление же этой поправки представляет довольно трудную задачу, и не всегда ее можно вычислить правильно. Однако в порядке испытания вокруг малой площадки (20×20 м) и прилегающей к ней половины большой (40×80 м) была выкопана еще канава глубиной 75 см в расстоянии 4—5 м от щитов. Верхние границы площадок, а следовательно, и щиты пересекали горизонтали местности в таком направлении, чтобы притекающая к ним со склона вода могла бы стекать в сторону и не задерживаться перед щитами. Щиты возвышались над поверхностью почвы на высоту 10—15 см, и этот отрезок щитов послужил упором для устройства глинобитных валиков, ограждающих площадки от затекания на них поверхностных вод со стороны. У нижней границы каждой площадки закладывались три деревянные водоприемные трубы: одна (открытая сверху) у поверхности и две глубинных (закрытых сверху, но с отверстиями) для учета внутрипочвенного стока на глубине 40 и 60 см от поверхности, как это указано на фиг. 25.



Фиг. 26. Стоковая площадка. Наблюдательная будка.

Над каждой глубинной трубой насыпался крупный песок, а над ним глина, которая утрамбовывалась для создания водоподпорной стенки, толщиною 20 см, доходящей до поверхности; назначение этой стенки — задерживать воду, притекающую с площадки, если воду не успеет перехватить сразу же водоприемная труба.

Каждая труба имела отвод в наблюдательную деревянную будку, врытую в землю до глубины 120 см (фиг. 26). В ней были установлены водомерные приборы—опрокидывающиеся челноки, подобные тем, которые описаны у С. И. Небольсина и П. П. Надеева (1937), только несколько упрощенные, со счетчиками, автоматически регистрирующими каждое опрокидывание челнока по заполнении его притекающей по трубам водой. Челноки тщательно тарировались. Кроме того, три раза в сутки производился замер воды при помощи водомерного ведра на тот случай, если бы счетчики отказались работать. Эта предусмотрительность оказалась не лишней, ибо счетчики иногда портились и выбывали из строя. Вода из будки выводилась специальной канавой в ручей, протекавший в 30—50 м от стоковых площадок.

С нижней стороны площадок были проложены канавки, глубиною 30—35 см, в расстоянии 4 м от глубинных труб. Их назначение — понизить уровень верховодки в нижней части склона, прилегающей к стоковым

площадкам, и тем самым исключить приток воды к трубам (действующим как дрены) из этой полосы.

Прежде чем приступить к обсуждению полученных результатов, необходимо отметить, что описанные выше комбинированные стоковые площадки имеют свои достоинства и свои недостатки. Достоинства их заключаются преимущественно в экономии места, средств и времени, а также в том, что достигается о д н о р о д н о с т ь условий при изучении поверхностного и внутрипочвенного стока, приводящая к получению более сравнимых результатов наблюдений над стоком. Недостатки же сводятся к следующему: глубинные водоприемные трубы, представляющие собою дрены, могут перехватывать воду из выше- и нижележащих горизонтов и, следовательно, искажать результаты наблюдений над явлением стока как поверхностного, так и внутрипочвенного. При заложении комбинированных стоковых площадок мы отдавали себе отчет в этих недостатках и могущих быть вызванными ими некоторых погрешностях. Но, будучи ограничены в наших возможностях, мы вынуждены были остановиться на устройстве именно комбинированных площадок. По этим же причинам нам, к сожалению, не пришлось осуществить изучение стока в поле.

Итак, при заложении стоковых площадок было поставлено три задачи: 1) получить величины поверхностного и внутрипочвенного стока, 2) определить наименьшую допустимую величину стоковой площадки, 3) выяснить надежность изоляции площадок при помощи просмоленных деревянных щитов.

Наблюдения весной 1938 г. показали ненадежность изоляции стоковой площадки с помощью щитов, на что указывают следующие цифры:

Запас воды в снеге на 20/III 1938 г.	133 мм
Осадки за время стока с 20/III по 26/V	61.5 »
Итого запасов	194.5 мм

Суммарный поверхностный и внутрипочвенный сток

Площадка № 1 (40×40 м)	Площадка № 2 (40×80 м)	Площадка № 3 (20×20 м)
351.0 мм	177.0 мм	187.0 мм

Запас влаги в слое 0—150 см почвенно-грунтовой толщи

В конце стока (26/V)	524.7 мм
Перед началом стока (16/III)	459.9 »
Удержано почвой из запасов .	64.8 мм

Таким образом, на сток могло быть израсходовано не более 194.5—64.8 = =129.7 мм запасов. Вместе с тем на частично защищенных канавами площадках № 2 и 3 сток превысил запасы в 1 $^1/_2$ раза, а на незащищенной канавой площадке № 1 он превысил запасы почти в 3 раза.

Поэтому летом 1938 г. защитные водоотводные канавы были продолжены вокруг всех площадок на расстоянии 4—5 м от их границ. Полосы между щитами и канавами с верхней стороны склона подверглись такой обработке, что получился значительный уклон поверхности этих полос в сторону канав, благодаря чему снеговые и дождевые воды с этих полос должны были стекать в канавы.

Для решения вопроса о наименьшей допустимой величине стоковой площадки рассмотрим данные по стоку, полученные по всем трем стоковым площадкам за 1940 г. (табл. 53).

Таблица 53

Сравнение величин стока на стоковых площадках в 1940 г.

Периоды наблюдений	Размер площадок (мм)	Сток (мм)			Запас воды в снеге плюс осадки (мм)
		поверхностный	в слое 0—60 см	суммарный	
Весна	40 × 80	1.6	29.9	31.5	185.3
	40 × 40	0.8	33.4	34.2	
	20 × 20	—	108.0	108.0	
Лето + осень	40 × 80	4.5	71.6	76.1	369.1
	40 × 40	1.6	79.1	80.7	
	20 × 20	0.3	152.4	152.7	
Предзимье	40 × 80	0.6	46.5	47.1	65.8
	40 × 40	—	68.1	68.1	
	20 × 20	—	76.2	76.2	
Год	40 × 80	6.7	148.0	154.7	620.2
	40 × 40	2.4	180.6	183.0	
	20 × 20	0.3	336.6	336.9	

Таблица 53а

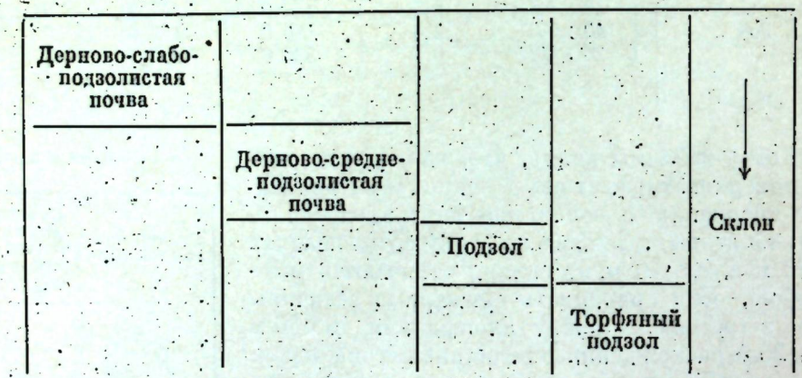
Размер площадок (м)	Суммарный сток, за 1940 г. (в % к площадке №2)
40 × 80	100
40 × 40	118
20 × 20	217

Из этой таблицы видно, что, во-первых, величина поверхностного стока в лесу весьма невелика по сравнению с величиной внутрипочвенного стока; во-вторых, данные по стоку на площадках 40×80 м и 40×40 м не сильно отличаются между собою, если сравнивать суммарные величины стока; в-третьих,— между площадками 40×80 м и 20×20 м расхождения в величинах стока огромные, которые никоим образом нельзя объяснить лишь одной небольшой неоднородностью в рельефе, геологическом строении и растительности, наблюдаемой на обеих этих площадках. Различия в уклонах всех трех площадок, конечно, должны были сказаться на результатах стока, но не в такой степени, как это проявилось на площадках 40×80 м и 20×20 м. По данным Небольсина, производившего исследования над поверхностным стоком на бывшей Московской областной сельскохозяйственной опытной станции, уклон стоковых площадок заметно влияет на величину стока. Площадка с уклоном 0.020 показала устойчивое уменьшение поверхностного стока талых вод по сравнению с площадкой, уклон которой был 0.023; сток с более пологой площадки составлял около 0.9 стока с другой, менее пологой площадки. Соотношения, близкие к этим, получились и для суммарных величин стока на наших площадках 40×80 м и 40×40 м, из которых первая имеет уклон 0.017, а вторая — 0.020. Весьма вероятно, что небольшие различия в величинах стока на площадках 40×80 м и 40×40 м обусловлены именно разницей в их уклонах. Большие же расхождения в величинах стока между площадками 40×80 м и 20×20 м кроются, вероятно, в различных причинах, в том числе, возможно, и в каких-либо причинах технического порядка, выяснить которые нам не удалось.

Некоторое объяснение этим расхождениям будет дано ниже, после рассмотрения явлений стока.

Повидимому, стоковая площадка размером 40×40 м вполне может заменить площадку 40×80 м, если по тем или иным причинам трудно устроить площадку большей величины.

Вообще же вопрос о наименьшей допустимой величине стоковой площадки, разумеется, нельзя считать решенным на основании полученных данных. Мало того, мы считаем, что и площадка 40×80 м является, конечно, весьма условным эталоном. Надежным объектом можно признать лишь какую-то ограниченную площадь всего склона, на которой закладывается испытуемая стоковая площадка. Вполне понятно, создавать такие площадки если и возможно, то лишь в весьма редких случаях. Но если условия местности и технические возможности позволяют, то закладывать стоковые площадки следовало бы с таким расчетом, чтобы охватить весь склон от его водораздельной линии до нижней границы изучаемой почвенной разности, как это в качестве примера показано на схеме. Только такие площадки дадут полную картину передвижения поверхностных вод, т. е. приток сверху и сток книзу.



Динамика и величины стока

Перейдем теперь к рассмотрению динамики стока и его величин, используя для этого данные наблюдений лишь по одной наиболее надежной стоковой площадке, размером 40×80 м.

Сток 1939 г. Вопрос о величинах стока и об условиях, его определявших, был уже вкратце затронут в связи с анализом данных по динамике почвенной влажности. Этот вопрос будет подвергнут здесь более подробному обсуждению.

Какие условия определяют величину стока и его динамику? К этим условиям необходимо отнести прежде всего метеорологические условия, затем характер растительности, величину уклона, геологическое строение и, наконец, степень увлажненности почвенно-грунтовой толщи перед началом стока. Общие физико-географические условия нашей стоковой площадки близки к тем, что описаны для водно-балансовой площадки № 1, поэтому останавливаться на них мы не будем.

Зима, предшествующая весеннему стоку в 1939 г., была малоснежная, с частыми оттепелями в январе и особенно в феврале и марте, что послужило причиной значительного промерзания почвы и образования под снегом небольшой ледяной корки. После засушливого лета и малодождливой осени в 1938 г. почва под снег ушла значительно иссушенной.

Ход стока в зависимости от метеорологических условий весной 1939 г. и в последующие годы наглядно изображен на фиг. 27.

К 1/IV 1939 г. мощность снегового покрова достигала лишь 22 см. Повышение температуры воздуха до +2° к 5/IV вызывало таяние снега, которое постепенно усиливалось в полном соответствии с повышением температуры. Понижение температуры воздуха до 0° и ниже (—4.5 °) с 10/IV приостановило снеготаяние. Дружное снеготаяние началось лишь с 15/IV, когда температура воздуха поднялась до +2°. Последняя неуклонно повышалась до 24/IV, т. е. до конца снеготаяния.

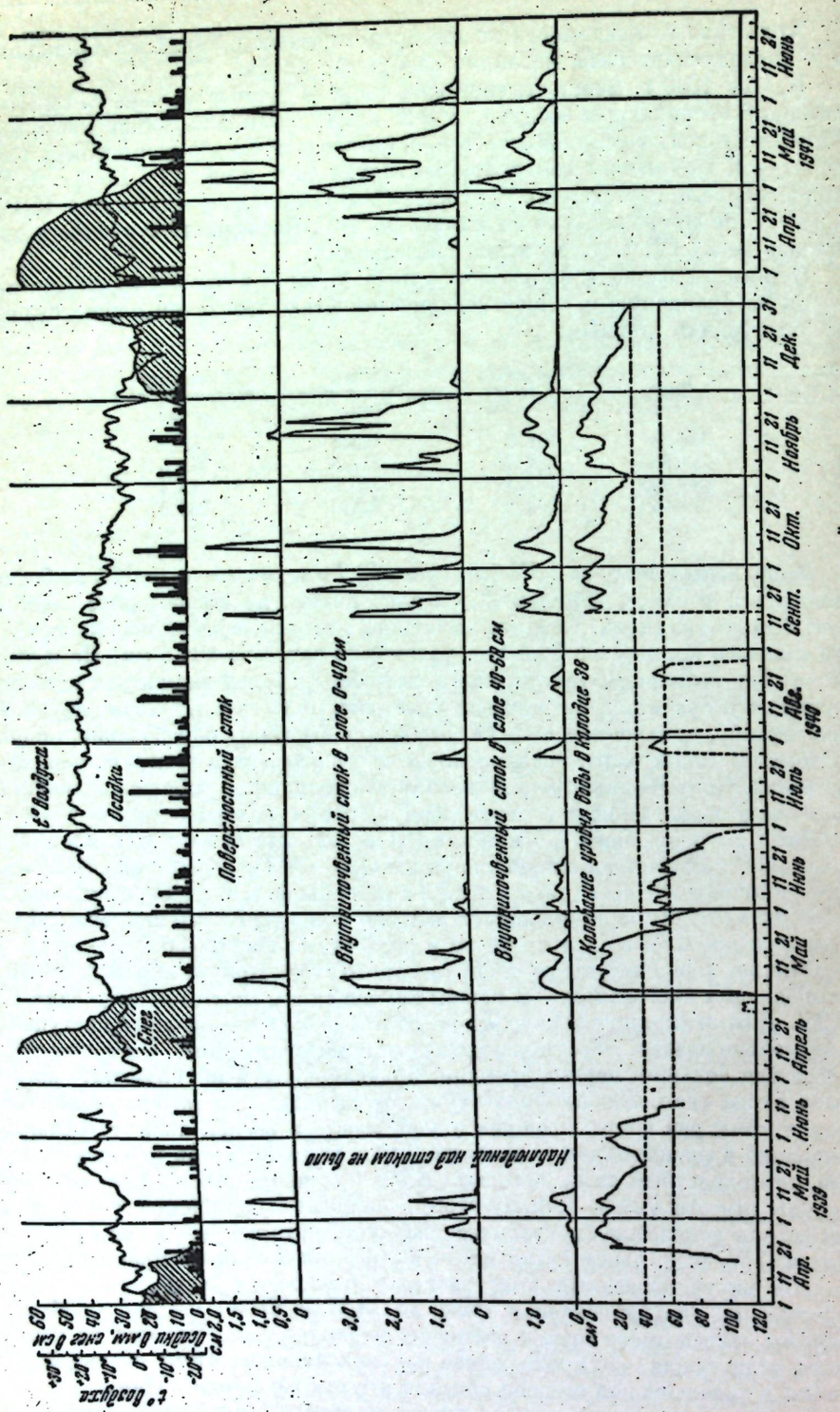
Первые талые воды впитывались почвой, запас воды в которой был невелик по сравнению с общей водовместимостью, как о том можно судить по следующим данным:

Слои (см)	Запас воды на 1/IV 1939 г. (мм)	Общая водовместимость (мм)	Свободная водовместимость (мм)
0—25	101.7	165.6	63.9
25—85	137.2	252.5	115.3
85—150	153.4	240.8	87.4
0—150	392.3	658.9	266.6

Запас воды в снеге на 1/IV был равен 52.7 мм, так что он мог бы свободно вместиться в самом верхнем 25 см слое почвы, не вызвав даже слабого поверхностного стока. Осадки, выпавшие в апреле и достигшие поверхности почвы в количестве 51.4 мм, увеличили запас до 104.1 мм. Но и этот запас при медленном таянии снега смог бы свободно вместиться в толще покровного суглинка, не вызывая поверхностного стока. Однако дружное снеготаяние, начавшееся с 15/IV, привело в быстрому образованию такого количества талой воды, которое не смогло впитаться в толщу покровного суглинка. Впитыванию препятствовали также наличие небольшой ледяной корочки и защемленный в почве воздух, объем которого весной 1939 г. достигал 20 % от общей скважности. В результате этого 23/IV появился поверхностный сток, длившийся пять дней (23—27/IV) и составивший 2.8 мм. Внутрипочвенный сток начался на 2 дня раньше, т. е. 21/IV, и был очень небольшим; но он не прекращался и после схода снегового покрова и продолжался до 12/V в слое 0—40 см и до 13/V в слое 40—60 см.

Обычно конец весеннего поверхностного стока приурочивают к моменту окончания снеготаяния. В нашем случае таким моментом надо считать 27/IV. Для внутрипочвенного стока этот конец всегда должен наступать значительно позднее, по сравнению с поверхностным стоком. Он может продолжаться больший период времени, в особенности в тех случаях, когда после схода снегового покрова начинают выпадать достаточно обильные осадки. Как раз нечто подобное и наблюдалось весной 1939 г. Осадки, выпавшие в значительном количестве 6 мая, вызвали вновь кратковременный поверхностный сток, который, следуя общепринятому правилу, мы должны отнести уже к летнему стоку; величина стока равна всего 2.1 мм. Эти осадки усилили и внутрипочвенный сток, который достиг своего максимума 7/V, т. е. через сутки после выпадения дождя. С прекращением осадков внутрипочвенный сток начинает быстро затухать. Поскольку перерыва во внутрипочвенном стоке до 13/V не было, мы для удобства расчетов относили его тоже к весеннему периоду стока. Это вполне допустимо, если учесть, что продолжение внутрипочвенного стока после снеготаяния в значительной степени обязано все тем же талым водам.

Прежде чем подсчитать коэффициент весеннего стока, необходимо выяснить величину испарения с поверхности снега за период снеготаяния.



Фиг. 27. Ход стока в лесной подзолистой почве.

Эта величина может достигать, по данным Небольсина, до 44% от общего запаса, что составит около 45 мм от запаса весной 1939 г. Если принять эту величину в расчет, то окажется, что в почву с 1 по 21/IV могло впитаться талых вод не больше 104—45=59 мм. Эта величина находится в противоречии с изменением запаса влаги в почве между 1 и 21/IV, как об этом говорят следующие данные.

Запасы воды в почве (слой 0—150 см) 21/IV	489.4 мм
То же 1/IV	392.3 »
Впиталось и удержано почвой . . .	97.1 мм

Следовательно, испариться с поверхности снега могло не больше 104.1—97.1=7.0 мм. Величина испарения с поверхности снега, вычисленная Небольсиным по испарению снега в приборе Вильда, помещенного в английской будке, очевидно сильно превышает величину действительного испарения. Более правильно к решению этого вопроса подошли А. А. Лучшев и Ю. С. Петровский (1939), определявшие величину испарения с поверхности снега при помощи плоских сосудов, типа испарителя Рыкачева, помещаемых непосредственно в снег. Эти величины значительно меньше тех, которые получаются по приборам Вильда в английской будке. Вот эти данные за весну 1938 г.

	Будка		Снег
	Поле	Лес	Лес
Среднесуточная величина испарения с поверхности снега . .	1.9 мм	0.6 мм	0.2 мм

«Испарение с поверхности снега в лесу во время снеготаяния сильно отличается от полевых условий и даже в период наиболее высоких температур конца снеготаяния (13—22/IV 1938 г.) не превышало в среднем 0.2 мм за сутки», — пишут в своей статье Лучшев и Петровский.

По некоторым данным (Л. Рудовиц, 1924), зимой имеют место два процесса — испарение снега и конденсация на его поверхности водяных паров атмосферы. Первый процесс доминирует над вторым лишь до снеготаяния. Во время же снеготаяния испарение заметно слабеет и первое место занимает конденсация.

Определение величины испарения с поверхности снега в период снеготаяния имеет весьма существенное значение, ибо от степени точности этого определения зависит и точность вычисления коэффициента стока. Если судить по данным Лучшева, эта величина для лесных условий, по-видимому, невелика. За отсутствием собственных данных, мы для своих расчетов примем величину испарения с поверхности снега за период снеготаяния равной 0.2 мм в сутки.

Величины стока весной 1939 г. следующие:

Запас воды в снеге на 1/IV	+52.7 мм
Осадки, проникшие под полог леса в апреле*	+51.4 »
То же в мае (1—12/V)	+23.2 »
Испарение с поверхности снега 2—24/IV	— 4.6 »
Итого приход	122.8 мм

* Обычно коэффициент стока вычисляют в процентах от выпавших осадков. На лесных площадях мы считаем более правильным вычислять его в процентах от осадков, проникших под полог леса, ибо только в этом случае будет иметь место полная согласованность с вычислением коэффициента стока в процентах от запаса воды в снеге.

Поверхностный сток		Внутрипочвенный сток			
		Слой 0–40 см		Слой 40–60 см	
мм	% от запаса	мм	% от запаса	мм	% от запаса
4.9	4.0	8.7	7.1	4.4	3.6

Произведем теперь сопоставление величин стока и запаса воды в снеге и осадках с изменением запаса влаги в почве за время стока.

Запас воды в снеге и осадки	122.8 мм
Запас влаги в слое 0—150 см к 1/IV	392.3 »
То же 11/V	487.3 »
Увеличение запаса влаги в почве за период 1/IV—11/V	95.0 »
Сток поверхностный и внутрипочвенный	18.0 »
Боковой сток в слое 60—150 см и просачивание в глубокие слои	9.8 »

Как видим, данные стока хорошо согласуются с изменением запаса влаги в почве за период весеннего стока.

Итак, к средине мая весенний сток прекратился, что вполне увязывается с полным сходом снегового покрова и прекращением выпадения осадков в первой половине мая.

Засушливое лето и малодождливая осень исключили возможность поверхностного и внутрипочвенного стока. Напротив, происходило интенсивное иссушение всей почвенно-грунтовой толщи до глубины 150 см, о чем уже говорилось при рассмотрении динамики почвенной влажности. Почва под снег ушла сильно иссушенной.

Сток 1940 г. Весна. Зима 1939—1940 гг. была суровая. Несмотря на довольно мощный снеговой покров, почва в лесу промерзла до 25—30 см. Оттепелей до марта не было, благодаря чему ледяная корка под снегом не смогла образоваться. Наибольшая мощность снегового покрова (80 см) отмечена 1/IV. 2/IV началось слабое снеготаяние, которое с частыми перерывами из-за заморозков продолжалось весь апрель. Устойчивые положительные температуры воздуха установились лишь с 1/V. Снег сильно осел. Началось дружное снеготаяние, закончившееся 9/V.

Запас воды в почве за этот период времени изменялся следующим образом (табл. 54).

Таблица 54

Изменение запаса влаги в дерново-среднеподзолистой почве под сложным ельником весной 1940 г.

Дата	Запас воды в почве (мм)			
	0–25 см	25–85 см	85–150 см	0–150 см
1 марта	76.7	121.0	136.9	334.6
28 апреля	110.3	179.4	136.3	426.0
11 мая	93.1	240.8	186.1	520.0
Наименьшая влагоемкость	74.1	177.7	163.6	415.4
Водовместимость	165.6	252.5	240.8	658.9

В соответствии с указанными метеорологическими условиями и запасами воды в почве находится и ход весеннего стока. Все талые воды, образовавшиеся в марте и апреле, были поглощены толщей покровного суглинка, влажность которого в конце апреля превысила величину наименьшей влагоемкости. В течение 21—22 и затем 25—26/IV наблюдается весьма слабый внутрипочвенный сток. Лишь дружное снеготаяние после 1/V вызвало интенсивный сток, достигший максимума 9/V, т. е. как раз в конце снеготаяния, после чего начался быстрый его спад. Просачиванию талых вод способствовало полное оттаивание почвы в лесу к 1/V; уже к 20/IV почва оттаяла сверху до глубины 7 см, а на глубине 7—15 см наблюдалось лишь слабое промерзание, которое к 29/IV исчезло совсем, если не считать редких кристалликов льда на глубине 7—9 см. Наличие же в почве защемленного воздуха, объем которого весной 1940 г. достигал 22% от общей порозности, явилось одним из факторов, способствовавших образованию довольно мощной верховодки, обусловившей весенний сток. К максимуму внутрипочвенного стока приурочен и максимум поверхностного стока, продолжавшегося всего 3 суток (8—10/V). После схода снегового покрова поверхностный сток весной не возобновлялся, внутрипочвенный же сток, поддержанный выпавшими в мае жидкими осадками (20 мм), продолжался до 23/V в слое 0—40 см и до 30/V в слое 40—60 см.

Весенний сток характеризуется следующими величинами.

Запас воды в снеге на 1/IV	+164 мм
Осадки, проникшие под полог леса в апреле	+13.2 »
То же в мае	+15.7 »
Испарение с поверхности снега с 2/IV по 9/V (38 дней по 0.2 мм)	—7.6 »
Итого приход	185.3 мм

	мм	% от запаса
Поверхностный сток	1.6	0.9
Внутрипочвенный сток в слое 0—40 см	21.9	11.8
То же в слое 40—60 см	8.0	4.3

Сопоставление величин стока и данных по запасу воды в снеге и осадках с изменением запаса влаги в почве за время стока дает следующую картину:

Запас воды в снеге и осадки весной 1940 г.	185.3 мм
Запас влаги в слое 0—150 см к 1/III	334.6 »
То же к 28/IV	426.0 »
» » к 11/V	520.0 »
Увеличение запаса влаги в почве за 28/IV—11/V	94.0 »
Сток поверхностный и внутрипочвенный	31.5 »
Следовательно, на увеличение запаса влаги в почве за период 1—28/IV и на просачивание в глубокие слои израсходовано [185.3 — (94.0 + 31.5)]	59.8 »

Лето. Осадки, выпадавшие в большом количестве в июне, июле и августе, вызвали очень небольшой и кратковременный внутрипочвенный сток. Поверхностный сток совсем отсутствовал.

Величины стока следующие.

Из осадков, выпавших за июнь, июль и август, под полог леса проникло	222.0 мм

	мм	% от суммы осадков
Внутрипочвенный сток в слое 0—40 см	2.3	1.0
То же в слое 40—60 см	6.9	3.1

Осень. Во второй половине сентября и первой половине октября выпало большое количество осадков, из которых под полог леса проникло 134 мм. Расход влаги на испарение и транспирацию в этот период времени был весьма мал. Почва к середине сентября была уже достаточно сильно увлажнена обильными летними дождями. Эти условия определили возникновение довольно интенсивного стока сразу же после сильных дождей 14—15/IX. В дальнейшем сток колебался в соответствии с ходом метеорологических условий, как это ясно прослеживается на фиг. 23. Осадки величиною до 15 мм поглощались целиком подстилкой и гумусовым слоем, осадки же в 20 мм и выше уже не поглощались полностью верхними слоями почвы, что дважды вызывало возникновение небольшого поверхностного стока. При этом во второй раз, в конце периода, сток был интенсивнее, чем в первый, что хорошо увязывается с более высокой влажностью почвы в конце периода, по сравнению с его началом.

Запас влаги в почве (слой 0—150 см)

11/IX	26/IX	6/X
424.8 мм	509.4 мм	537.4 мм

Выпадавшие осадки лишь в незначительной степени расходовались на испарение и транспирацию и поэтому все сильнее и сильнее увлажняли почву. В соответствии с этим каждый следующий сильный дождь вызывал все более и более интенсивный внутрипочвенный сток в слое 0—40 см. Колебания величин стока внутри слоя 40—60 см были значительно слабее, чем в слое 0—40 см, но они тоже обнаруживали хорошую корреляцию с количеством осадков и влажностью почвы.

Сток закончился: на глубине 40 см — 15/X, а на глубине 60 см — 27/X.

Величины стока

Из осадков, выпавших за осенний период (с 1/IX по 27/X) проникло под полог леса . . . . . 147.1 мм

	мм	% от суммы осадков
Поверхностный сток	4.5	3.1
Внутрипочвенный сток в слое 0—40 см	41.7	28.4
То же в слое 40—60 см	20.7	14.1

Поздняя осень — начало зимы. С 21/X наступили морозы. Морозные дни перемежались с теплыми до 30/XI. Осадки выпадали и в виде дождя, и в виде снега. Снег быстро таял. С 1/XII до конца месяца температура воздуха оставалась ниже нуля, осадки выпадали лишь твердые, что привело к быстрому образованию снежного покрова, мощность которого уже 5/XII равнялась 15 см, а к концу месяца достигла 35 см.

Осадки, выпавшие в значительном количестве во второй пятидневке ноября, вызвали заметный внутрипочвенный сток, который с прекращением осадков быстро ослабел и к 13/XI закончился на глубине 40 см, но на глубине 60 см он еще продолжался. Осадки, выпавшие 15—16/XI, вызвали еще больший сток в слое 0—40 см и усилили сток в слое 40—60 см. На фиг. 27 отчетливо прослеживается, как за каждой порцией новых обильных осадков сейчас же возникает сток в слое 0—40 см, который сильно уменьшается или совсем прекращается при прекращении выпадения осадков. С наступлением зимы (1/XII) внутрипочвенный сток резко пошел на убыль. Сток прекратился 10/XII на глубине 40 см, а в конце месяца — на глубине 60 см.

Величины стока:

Из осадков, выпавших в ноябре, проникло под полог леса . . . . . 65.8 мм

	мм	% от суммы осадков
Поверхностный сток	0.6	0.9
Сток в слое 0—40 см	33.8	51.5
» » » 40—60 »	12.7	19.3

1940 г. был исключительным по своим метеорологическим условиям: обилие осадков при сравнительно низких температурах воздуха обусловило сток в течение всех сезонов года.

Сток 1941 г. Весна. Условия весеннего стока 1941 г. значительно отличались от условий 1939 и 1940 гг. Довольно мощный снеговой покров, установившийся уже в начале зимы, защитил почву от сильного промерзания, которое в лесу не превышало в среднем 12 см и к началу снеготаяния (5/IV) равнялось в среднем 10 см. Почва под снег ушла сильно влажной, запас воды в ней на 21/II был намного выше, чем в 1939 и 1940 гг.

	1939	1940	1941
Запас влаги в слое 0—150 см (в мм) 21/II	372.2	333.8	525.4
Уровень почвенно-грунтовых вод (по кол. 11А, в см) 21/II	280	323	150

Весна в 1941 г. была холодная и затяжная; теплые дни перемежались с холодными, причем температура воздуха падала до 7—9° ниже нуля. Снег в лесу при мощности на 1/IV равной 60 см таял медленно и окончательно сошел к 17/V.

Несмотря на это, даже слабое снеготаяние в первой декаде апреля уже вызвало внутрипочвенный сток, правда, очень небольшой и кратковременный и при этом только в слое 0—40 см, который быстро прекратился с наступлением заморозков. Повидимому, верховодка за этот промежуток времени была очень маломощной и не успела до заморозков распространиться на глубину до 60 см и ниже, что и объясняет отсутствие стока на глубине 40—60 см. Но последовавшее в 20-х числах апреля повышение температуры воздуха всего только до +2° вызвало заметное снеготаяние, каковое, будучи усилено выпадением дождя со снегом, обусловило значительный сток в слое 0—40 см и более слабый в слое 40—60 см. Наступившие 25—26/IV холода прекратили сток в слое 0—40 см и заметно ослабили его в слое 40—60 см. Следующее более сильное повышение температуры воздуха, начавшееся 28/IV (до +5°), вызвало усиленное снеготаяние, сопровождавшееся сильным внутрипочвенным стоком и довольно значительным поверхностным стоком. Заморозки 8—10/V прекратили поверхностный сток и лишь ослабили внутрипочвенный. После 10/V установилась теплая погода, температура воздуха неуклонно повышалась, остаток снега начал быстро таять, что вызвало сильный сток, особенно поверхностный, достигший 17/V своего максимума, невиданного за все годы наблюдений. Усилению стока весьма способствовали обильные осадки, выпавшие в конце снеготаяния. После прекращения снеготаяния и дождей поверхностный сток затухает на другой же день, затем через 5 суток затухает сток в слое 0—40 см, в то время как в слое 40—60 см сток не прекращается, а лишь сильно уменьшается. Значительные дожди в конце мая — начале июня вызывают слабый и весьма кратковременный поверхностный сток и слабый сток в слое 0—40 см, который постепенно затухает к 10/VI. Сток в слое 40—60 см от этих дождей заметно усилился, затем ослабел

и вновь слегка усилился даже от таких небольших дождей, которые выпали в средине июня (3—5 мм); прекратился сток 24 июня.

Величины стока

Запас воды в снеге на 1/IV	+ 145.0 мм
Осадки, проникшие под полог леса в апреле	+ 51.0 »
То же в мае	+ 34.0 »
» » в июне	+ 25.1 »
Испарение с поверхности снега за время с 1/IV — 17/V	— 9.4 »
Итого приход	245.7 мм

	мм	% от запаса
Сток поверхностный	21.2	8.6
» в слое 0—40 см	57.5	23.4
» » » 40—60 »	32.3	13.1

Сопоставим теперь изменение запаса влаги в почве с величиной стока и с запасами воды в снеге и осадках за время стока.

Запас воды в снеге и осадки	245.7 мм
Запас влаги в слое 0—150 см к 1/IV	556.4 »
То же к 21/V	558.1 »
» » к 21/VI	533.1 »
Уменьшение запаса влаги в почве за период 1/IV — 21/VI	23.1
Поверхностный и внутрипочвенный сток	111.0 »
Расход влаги на десукцию, испарение, боковой сток в слое 60 — 150 см и просачивание в глубокие слои	157.8 »

Последняя величина слишком велика и вызывает сомнения в своей достоверности. Для разрешения этого сомнения мы используем имеющиеся у нас данные по десукции, испарению и просачиванию в глубокие слои, вызываемому в данном случае только оттоком почвенно-грунтовых вод:

Десукция + испарение весной 1941 г.	47.1 мм
Отток почвенно-грунтовых вод (в слоях, залегающих глубже 60 см)	53.3 »
Итого	100.4 мм

Разница в 157.8—100.4=57.4 мм могла получиться лишь потому, что сток был замерен с преуменьшением против его действительной величины. Последнее произошло, вероятно, по той причине, что почвенные трубы не успевали полностью поглощать всю притекавшую к ним воду и часть ее осталась неучтенной.

Сравнение величин весеннего стока в 1939—1941 гг. приводит к заключению, что в 1941 г. сток был значительно сильнее, чем в предшествующие годы, причем это подчеркивается не только абсолютными величинами стока (в мм), но и относительными (в % от запаса). Это различие объясняется не столько большим запасом воды в снеге и осадках весной 1941 г., сколько степенью увлажненности почвы к началу стока. Как уже отмечалось выше, запас влаги в 150 см почвенно-грунтовой толще к весне 1941 г. был почти на 200 мм больше, чем в 1939 и 1940 гг., уровень же почвенно-грунтовых вод (по кол. 11А) уже к 1/IV стоял на глубине 88 см, а к 11/IV он поднялся до 34 см от поверхности. Следовательно, весной 1941 г. все талые воды расходовались преимущественно на поверхностный и особенно на внутрипочвенный сток, в то время как весной 1939 и 1940 гг. бо́льшая их часть впитывалась в относительно сухую толщу почвы.

Прослеживая колебания стока во времени, легко заметить, что эти колебания в слое 0—40 см имеют значительно бо́льшую амплитуду, чем в слое 40—60 см. Последнее становится вполне понятным, если учесть, что мощность водного потока в слое 40—60 см, за исключением периодов начала и конца стока, остается почти неизменной (20 см), мощность же потока в слое 0—40 см во время стока беспрерывно изменяется. В зависимости же от изменения мощности потока находится и изменение его общей скорости, ибо слой 0—40 см состоит из нескольких горизонтов, водопроницаемость которых уменьшается сверху вниз, от подстилки к горизонту A_2B. Очевидно, скорость движения воды в подстилке во много раз больше, чем в горизонте A_2B; еще бо́льшую скорость имеет поверхностно текущая вода. На фиг. 27 можно видеть, что пики максимумов стока как поверхностного, так и внутрипочвенного, приурочены к тому моменту времени, когда верховодка поднимается к самой поверхности. Но эти максимумы обычно кратковременны, что связано с очень большой скоростью движения воды в подстилке и верхнем гумусовом горизонте: вода, не успевшая просочиться вглубь, быстро сбрасывается стоком в этих горизонтах. Далее, если изменчивость величины стока в слое 0—40 см вполне объясняется изменчивостью мощности потока и его общей скоростью, которая слагается из скоростей движения воды в составляющих этот слой отдельных горизонтах, то в слое 40—60 см, где, судя по замерам воды в смотровых кол. 36, 37 и 38, мощность потока почти не изменяется, колебания величин стока отчасти можно объяснить постоянно изменяющимся гидравлическим напором, создаваемым водой в вышележащем слое 0—40 см. Основная же причина этого явления заключается, вероятно, в механизме совместной работы почвенных труб, как будет сказано несколько ниже.

Ход стока и колебания уровня почвенной верховодки

Теперь попытаемся установить связь хода стока с колебаниями уровня почвенной верховодки.

На фиг. 27, внизу, изображены кривые, отображающие колебания уровня воды в смотровом кол. 38, установленном в верхней части стоковой площадки, в 56 м от трубы. На графике нанесены две горизонтальные линии на глубинах 40 и 60 см от поверхности, т. е. на тех глубинах, на которых уложены водоприемные трубы для наблюдений над внутрипочвенным стоком.

Сравнивая колебания внутрипочвенного стока с колебаниями уровня воды в смотровом колодце, легко заметить, что эти колебания в общем синхронны. Кривая же стока для слоя 40—60 см почти полностью копирует кривую уровня в смотровом колодце. Однако нередко наблюдается и асинхронность рассматриваемых явлений: как правило, в начале стока достижение уровня воды в колодце до глубины закладки стоковых труб запаздывает примерно на 1—3 дня. В конце же стока, наоборот, сток заканчивается на несколько дней раньше, чем уровень воды в колодце опустится до соответствующей глубины. Затем нередко так же, как, например, в осенне-зимний период 1940 г., сток на глубине 40 и 60 см прерывается, в то время как вода в смотровом колодце стоит заметно выше этих глубин.*

* Отсутствие внутрипочвенного стока во второй половине мая 1939 г., когда вследствие обильных осадков уровень верховодки расположился на глубине значительно меньшей 40 см, объясняется недосмотром наблюдателя.

Такая же картина наблюдается и по другим смотровым колодцам, установленным на стоковой площадке (см. дальше фиг. 28, кол. 36 и 37).

Отмеченные расхождения объясняются отчасти механизмом работы смотровых колодцев, некоторые соображения о котором были высказаны выше (глава 4). Но одними этими соображениями не исчерпываются полностью причины этих расхождений. Для более ясного понимания последних следует учесть следующие обстоятельства: в стоковые трубы вода поступает прежде всего очевидно с ближайших участков площадки, а затем уже с более удаленных. Время поступления воды в трубы зависит также от скорости движения ее в различных горизонтах почвы. Эта скорость обусловлена водопроницаемостью горизонтов и их уклоном, а также отчасти и дренирующей силой самих труб. Отсутствие опытных данных по скоростям вертикальной и боковой фильтрации для верхних генетических горизонтов почвы исключает возможность тщательного анализа рассматриваемого сложного явления, для объяснения которого, кстати сказать, мы лишены возможности воспользоваться и существующими формулами движения воды, приводимыми в курсах гидрогеологии и мелиорации, ибо эти формулы выведены на основе изучения движения воды в однородных, преимущественно песчаных породах и едва ли приложимы к такой гетерогенной среде, как верхняя толща почвы.

Ниже (табл. 56) приводятся данные средних скоростей движения воды в слоях 0—40 и 40—60 см на стоковой площадке. Эти скорости колеблются для слоя 0—40 см в пределах 70—200 см в сутки, а для слоя 40—60 см — в пределах 40—100 см в сутки. При таких скоростях потребуется 30—60 суток, чтобы вода могла пройти путь в 56 м от кол. 38 до стоковых труб. Вполне законно поэтому предположить, что с удаленных участков площадки притекает к стоковым трубам лишь та вода, которая движется в подстилке и, возможно, в рыхлом гумусовом горизонте. Вода же минеральных слоев, имеющая весьма малую скорость (не больше 40—60 см в сутки), хотя и достигает, возможно, до стоковых труб, но проходит, вероятно, под трубами и в них не попадает.

Отсюда вытекает такое следствие: для изучения внутрипочвенного стока в минеральных слоях суглинистых почв достаточно закладывать небольшие стоковые площадки. Этот вопрос, как это было уже отмечено в начале главы, требует, конечно, специального исследования. Наши же данные по внутрипочвенному стоку, полученные из наблюдений на различных по своей величине стоковых площадках и приведенные выше (табл. 53), повторяем, совершенно недостаточны для решения поставленного вопроса. В самом деле, из сравнения величин внутрипочвенного стока на стоковых площадках, размером 20×20 м и 40×40 м, видно, что коэффициенты стока на площадке № 1 примерно вдвое больше, чем на площадке № 2. Следовательно, если бы физико-географические условия обеих площадок были вполне одинаковы, можно было бы говорить о том, что в стоковые трубы площадки 40×40 м попадает лишь та вода, которая притекает к ним с ближайшей 20-метровой полосы, а вода со второй удаленной 20-метровой полосы при своем движении успевает просочиться в глубокие слои и в трубы не попадает. Таким образом, сравнение данных по стоку только этих двух площадок как бы подтверждает только что сделанный выше вывод. Но если бы это было действительно так, то коэффициент стока на площадке 40×80 м должен был бы быть примерно в 4 раза меньше, чем на площадке 20×20 м, чего, однако, не наблюдается в действительности. Отношение коэффициентов внутрипочвенного стока на стоковых площадках за 1940 г., как это явствует из табл. 53, таково:

(пл. 40×80 м) : (пл. 40×40 м) : (пл. 20×20 м) = 100 : 122 : 227

На основании наших данных можно говорить пока лишь о том, что коэффициент внутрипочвенного стока на малых площадках, вернее — площадках, имеющих малую длину вдоль склона, будет несомненно выше, чем на больших площадках, с большой длиной по склону.

Отношение же коэффициентов поверхностного стока на различных площадках в 1940 г. было как раз обратное тому, которое наблюдалось для внутрипочвенного стока (табл. 53):

(пл. 40×80 м) : (пл. 40×40 м) : (пл. 20×20 м) = 100 : 36 : 4½

С нашими данными, подчеркивающими влияние длины стоковой площадки на величину коэффициента стока в лесу, интересно сопоставить подобные же данные по поверхностному стоку, полученные для полевых условий А. И. Решетниковым (1945) на Валдайской научно-исследовательской гидрологической станции (табл. 55).

Таблица 55

Коэффициент стока с площадок разной длины

(по Решетникову)

№ площадки	Характеристика площадки	Средний уклон	Длина площадки	Коэффициент стока за весну	
				1938	1939
14	Залежь на супеси . .	0.104	10	0.14	1.00
11	Пахотная на супеси .	0.100	40	0.05	0.99
15	Залежь на супеси . .	0.132	80	0.00	0.80

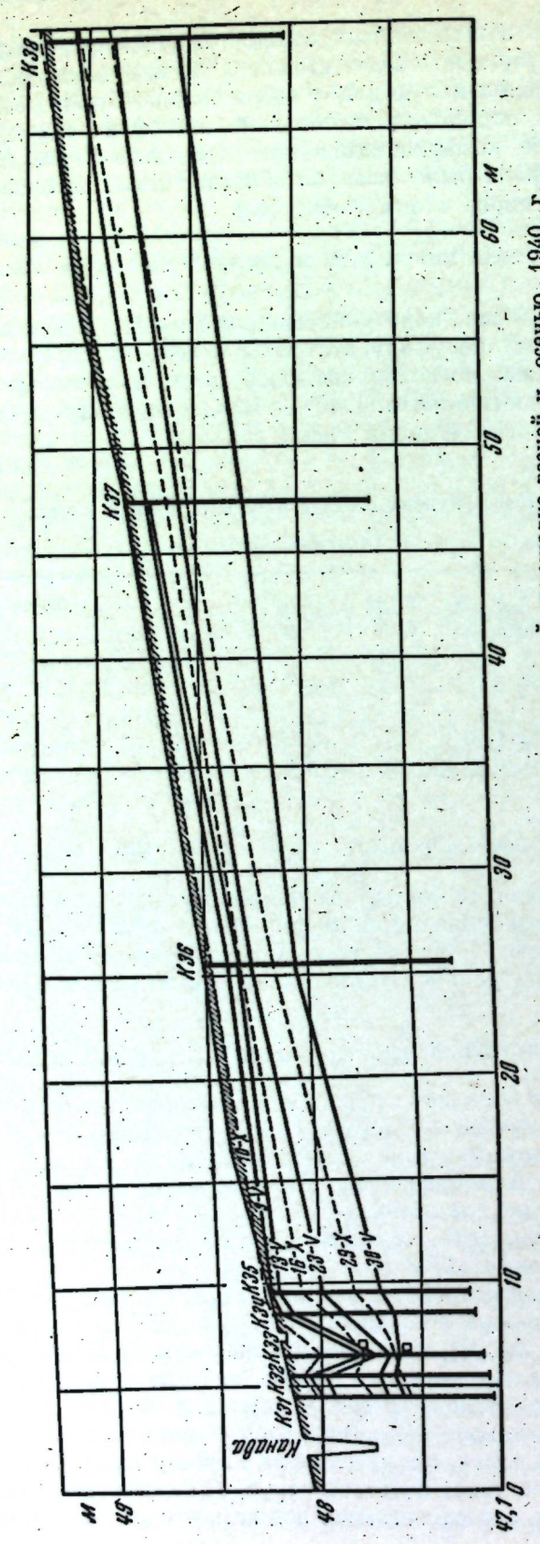
Примечание. Почва весной 1938 г. была талая, а в 1939 г. мерзлая.

Как видно из этой таблицы, коэффициент стока тем меньше, чем длиннее площадка, что вполне закономерно, если учесть большую водопроницаемость супесчаных почв, обусловливающую значительный расход талых вод на инфильтрацию. Последняя имела место и при мерзлой почве.

О совместной работе водособирательных труб

Выше уже было высказано предположение, что почвенные трубы могут перехватывать поверхностно текущую воду и таким образом уменьшить величину поверхностного стока. Для выяснения этого вопроса обратимся к фиг. 28, на которой изображены кривые депрессии почвенной верховодки на стоковой площадке для моментов максимального стока (9/V и 10/X), минимального стока в слое 0—40 см (23/V и 16/X) и в слое 40—60 см (30/V и 29/X) весной и осенью 1940 г.

На фиг. 28 видно, что в дни с максимальным стоком зеркало почвенной верховодки на стоковой площадке располагается заметно ниже дневной поверхности (кол. 36, 37), но в расстоянии 2.5 м от собирательных труб зеркало воды немного повышается (9/V) и даже выклинивается на дневную поверхность (10/X), что происходит, вероятно, в силу подпора притекающей воды глинобитными стенками, расположенными над почвенными трубами по всей их длине. Несмотря на это, кривые депрессий, создающиеся дренирующим действием почвенных труб, не пересекают лотка для сбора поверхностных вод, а располагаются под ним, что может служить показа-



Фиг. 28. Кривые депрессии почвенно-грунтовой воды на стоковой площадке весной и осенью 1940 г.
К — смотровой колодец; ⊔ — желоб для сбора поверхностных вод; □ — труба для сбора внутрипочвенной воды.

телем отсутствия поверхностного стока. Если исходить из глубины залегания зеркала почвенной верховодки, то поверхностного стока вообще не должно бы и быть. Однако сток все же наблюдается. Это противоречие можно объяснить, во-первых, тем, что уровень воды в колодцах отображает уровень зеркала верховодки только по линии расположения колодцев, а не на всей площади стоковой площадки, а во-вторых — особенностями микрорельефа в лесу, образованного приствольными повышениями и неглубокими западинками между ними. Многие из этих западинок соединяются между собою, образуя извилистые лотки для стока поверхностных вод. В периоды дружного снеготаяния или сильных дождей поверхностная вода настолько быстро, повидимому, стекает по довольно крутому склону площадки, что ее не успевают перехватить глубокие трубы, вследствие чего вода полностью или частично попадает в собирательную трубу для поверхностного стока. Мало того, не исключена возможность, что поверхностный сток на комбинированной стоковой площадке может оказаться даже преувеличенным из-за подпора верховодки глинобитными стенками.

Перехватывают или не перехватывают друг у друга воду наши почвенные трубы, заложенные на глубине 40 и 60 см от поверхности? Эти трубы действуют как дрены. По современным же представлениям (Брудастов, 1937; Костяков, 1933; Принц, 1932), поступление в дрены почвенно-грунтовой воды, водоупор которой расположен глубоко, происходит не только сверху, но со всех сторон, согласно закону эквипотенциалей, представляющих собою поверхности воды с одинаковыми давлениями. «Такое движение воды в канавы или дрены,— пишет академик А. Н. Костяков (1933),— происходит в силу того, что гидростатическое давление, создаваемое депрессией грунтовых вод к канаве или дрене, как установлено Жуковским и Форхгаймером (Forchheimer), распределяется в водоносном слое по закону эквипотенциалей или поверхностей равного давления. Таким образом, основная причина, в силу которой грунтовые воды поступают в канавы или дрены по всему смоченному периметру, следовательно и через дно их,— эта причина есть падение напора грунтовых вод, создаваемое канавами или дренами и передаваемое нижележащим водоносным слоям по закону эквипотенциалей. В силу указанного распределения напоров в водоносном слое канава или дрена, создающая эти разницы напоров, оказывается обладающей как бы некоторой всасывающей силой, заставляющей воду поступать в нее» (стр. 553).

Если водоупор залегает глубоко от заложенной дрены, то эквипотенциали располагаются концентрическими кругами вокруг дрены. Линии же токов воды к дрене будут всегда перпендикулярны к эквипотенциалям. Таковы выводы из наблюдений над движением воды к дрене в однородных песках, с которыми производились опыты, установившие движение воды по закону эквипотенциалей. «В грунтах же реальных,— пишет А. Д. Брудастов (1934),— эквипотенциали, а следовательно и линии токов, приобретают гораздо более сложный вид» (стр. 269).

В соответствии с этими представлениями мы должны принять, что верхняя почвенная труба может перехватывать не только какую-то часть поверхностно текущей воды, но также и часть воды, протекающей в слое 40—60 см; нижняя же труба может всасывать воду из слоев, лежащих глубже 60 см. Вследствие этого и величины поверхностного и внутрипочвенного стоков могут получаться искаженными. По данным одной комбинированной стоковой площадки невозможно, разумеется, установить наличие и степень этого искажения. Для этого очевидно потребовалось бы заложить в одних и тех же природных условиях целый ряд стоковых

площадок, комбинированных и некомбинированных, и провести на них длительные наблюдения над стоком, чтобы получить надежный сравнительный материал.

Обратимся опять к фиг. 28, чтобы рассмотреть формы кривых депрессии и установить на основании их радиус дренирующего действия почвенных труб,— это во-первых, а во-вторых,— выяснить, поглощают ли почвенные трубы всю притекающую к ним воду полностью или только частично. На фиг. 28 видно, что кривые депрессии имеют две ветви — верхнюю, располагающуюся на самой стоковой площадке от кол. 33 до кол. 38 (и выше), и нижнюю, расположенную в полосе, примыкающей к стоковой площадке снизу. Кривые депрессии на стоковой площадке имеют очень крутой подъем от кол. 33, установленного около почвенных труб, до колодца, установленного всего в 2.5 м от этих труб. У кол. 35 кривые депрессии имеют резкий перелом. Как уже указывалось выше, в периоды максимума стока верховодка подпирается глинобитными стенками, и поверхность ее зеркала приобретает форму кривой подпора. В периоды же минимума стока зеркало верховодки располагается параллельно или почти параллельно дневной поверхности, лишь при прекращении стока приобретая весьма слабо выраженную форму кривой спада. Это обстоятельство дает основание принять радиус (R) дренирующего действия почвенных труб на стоковой площадке равным около 2.5 м.

Наличие подпора в дни с максимальным стоком свидетельствует о том, что почвенные трубы не успевают достаточно быстро поглощать всю притекающую к ним воду. Это особенно резко подчеркивается кривой депрессии за 10/X, которая в этот день располагается даже значительно выше верхней почвенной трубы. Отсюда вытекает такое следствие: почвенные трубы должны иметь возможно большее количество отверстий, чтобы быть способными быстро поглощать всю притекающую к ним воду, даже в периоды максимального стока, и этим исключить возможные потери воды.

Переходя к рассмотрению нижней ветви депрессионной кривой, легко видеть, что ее водораздельная точка располагается в одном метре от почвенных труб (кол. 32). Следовательно, почвенные трубы дренируют всего лишь однометровую полосу, прилегающую к стоковой площадке снизу; ниже этой точки поток воды направляется в сторону канавы, глубина которой (30—35 см) очевидно недостаточна, чтобы полностью уничтожить нижний водораздел почвенной верховодки. Следует, однако, отметить, что при глубокой канаве не исключена возможность возникновения опасности другого рода — канава может отнимать воду у почвенных труб.

Скорость потока

В связи с динамикой стока представляется интересным выяснить скорости движения воды в слоях 0—40 и 40—60 см нашей среднеподзолистой почвы. Для этого можно воспользоваться следующими простыми подсчетами, основанными на применении известной в гидрогеологии формуле: $V = \frac{Q}{F}$. Если поперечное сечение активно действующих промежутков какого-либо слоя во всю ширину стоковой площадки обозначить через F, то ежесуточный дебит воды в литрах (Q), разделенный на F, даст среднесуточную скорость потока, т. е. $V = \frac{Q}{F}$. В слое 40—60 см величина F неизменна и равна 29 500 кв. см. Поэтому скорость потока в этом слое будет определяться в зависимости от объема воды Q и, следовательно, кривая

изменения скоростей будет подобна кривой динамики интенсивности стока.

Несколько сложнее вычислить скорости движения воды в слое 0—40 см, где мощность и живое сечение водного потока все время изменяется. Но отмеченная выше синхронность колебаний стока и уровня воды в смотровых колодцах является основанием для определения меняющегося живого сечения потока. Это сечение для каждого дня может быть определено, конечно с известным приближением, по уровню воды в смотровых колодцах, установленных на стоковой площадке. Пользуясь затем данными общей порозности и максимальной гигроскопичностью, выраженной в объемных процентах, легко вычислить величину F.

Произведенные таким способом вычисления дали следующие средние скорости водного потока по периодам стока (табл. 56).

Таблица 56

Средние скорости потока в верхних слоях дерново-среднеподзолистой почвы

Дата	Средняя глубина верховодки (см)	Слой 0—40 см			Слой 40—60 см		
		Q (л)	F (см²)	V (см/сутки)	Q (л)	F (см²)	V (см/сутки)
1940 г.							
Весна							
3—22/V, среднее	12	3500	49000	71	1315	29500	45
Максимум, 9/V	8	9205	57900	160	2226	29500	77
Осень							
15/IX—15/X, среднее	11	4300	51000	84	2020	29500	68
Максимум, 10/X	5	12696	66000	192	2889	29500	98
Предзимье							
5/XI—10/XII, среднее	11	3380	51000	66	1145	29500	39
Максимум, 18/XI	4	13950	69000	202	2515	29500	85

Из этой таблицы видно, что средняя скорость движений воды изменялась по периодам стока (в зависимости от мощности потока) в слое 0—40 см в пределах 66—84 см/сутки, с максимумом до 200 см/сутки, а в слое 40—60 см в пределах 39—68 см/сутки, с максимумом до 100 см/сутки. Скорость потока в слое 0—40 см, как и следовало ожидать, оказалась значительно больше, чем в слое 40—60 см.

Таким образом, во время стока скорости бокового потока в минеральных слоях среднеподзолистой почвы в несколько раз меньше скоростей вертикального просачивания (см. табл. 5). Отсутствие опытных данных по горизонтальной фильтрации для покровного суглинка не дает нам возможности сравнить приведенные в табл. 56 величины скоростей движения воды с теми величинами, которые можно было бы получить теоретически по известной в гидрогеологии формуле: $V = k \cdot i$, где i — уклон поверхности почвенной верховодки.

Данные по стоку за все годы наблюдений сведены для более удобного обозрения в одну таблицу (табл. 57).

Заканчивая на этом рассмотрение явлений стока, мы не можем не отметить, что весь изложенный в этой главе материал служит некоторым, правда неполным, но наглядным подтверждением взглядов В. Р. Вильямса о судьбе осадков и талых вод в лесу, и о той огромной роли, которую в этом процессе играет лесная подстилка.

Все вышеизложенное о стоке позволяет сделать следующие выводы.

1. Изоляция стоковых площадок при помощи деревянных просмоленных щитов ненадежна и не может заменить собою изоляцию водоотводными канавами в тех случаях, когда изучается внутрипочвенный сток.

2. Коэффициент внутрипочвенного стока тем выше, чем меньше стоковая площадка, вернее — чем меньше ее длина вдоль склона.

3. При изучении стока следует закладывать стоковые площадки во всю длину склона от водораздельной линии до нижней границы распространения изучаемой почвы, чтобы получить более правильное представление о тех количествах воды, которые в действительности воздействуют на данную почву.

4. Поверхностный сток в лесу, как известно, вообще невелик. Величина его определяется не только метеорологическими условиями, но и физическими свойствами подстилки и гумусового горизонта почвы. Последние же в дерново-среднеподзолистых почвах Заповедника обладают большой водопроницаемостью и водовместимостью, благодаря чему они свободно поглощают осадки величиною до 15 мм, даже при сильно увлажненном состоянии почвы, и тем самым исключают возможность образования интенсивного поверхностного стока в лесу.

Величины поверхностного стока, наблюденные в период 1939—1941 гг., колебались в зависимости от метеорологических условий в пределах 0.9—8.6% от суммы запаса снеговой воды и жидких осадков, проникших под полог леса. В среднем его величина равна около 3.3% от этой суммы.

5. Талые снеговые воды и жидкие осадки, поглощенные поверхностными слоями почвы и не успевшие просочиться в глубокие слои, вызывают в слое 0—60 см значительный сток, в среднем в 7—8 раз превышающий поверхностный сток.

Величина внутрипочвенного стока варьирует в пределах 4.0—70.0% от указанной суммы и в среднем за 1939—1941 гг. она составляет 25% от суммы осадков. Величина стока в слое 0—40 см примерно в 2 раза выше, чем в слое 40—60 см (гор. В).

6. Динамика внутрипочвенного стока тесно связана с динамикой уровня почвенной верховодки.

7. Скорость водного потока в слоях покровного суглинка уменьшается сверху вниз, от подстилки к гор. В. В наших условиях средняя скорость потока в слое 0—40 см колебалась в пределах 66—84 см/сутки с максимумом до 200 см/сутки, а в слое 40—60 см — в пределах 39—68 см/сутки с максимумом до 100 см/сутки.

8. Продолжительность весеннего поверхностного стока в лесу колебалась, в зависимости от метеорологических условий, от 4 до 18 суток, а внутрипочвенного — от 22 до 57 суток.

9. Сопоставление величин стока и запасов воды в снеге и осадках с изменением запаса влаги в почве за время весеннего стока приводит к заключению, что наблюденные на стоковой площадке величины стока, повидимому, довольно близки к действительным.

Таблица 57

Величины поверхностного и внутрипочвенного стока. Сложный ельник. Дерново-среднеподзолистая почва

Дата	Запасы воды в снеге и осадках, проникших под кроны, (мм)	Сток				Количество дней со стоком		
		поверхностный	в слое 0—40 см	в слое 40—60 см	суммарный	поверхностный	в слое 0—40 см	в слое 40—60 см
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1939 г.								
Весна								
Снеготаяние с 5/IV .	122.8	4.9 / 4.0	8.7 / 7.1	4.4 / 3.6	18.0 / 14.7	5	21	22
1940 г.								
Весна								
Снеготаяние с 2/IV .	185.3	1.6 / 0.9	21.9 / 11.8	8.0 / 4.3	31.5 / 17.0	4	24	30
Лето								
1/IV—31/VIII	222.0	Нет	2.3 / 1.0	6.9 / 3.1	9.2 / 4.1	—	17	39
Осень								
1/IX—20/X	147.1	4.5 / 3.1	41.7 / 28.4	20.7 / 14.1	66.9 / 45.6	8	28	44
Зима								
21/X—31/XII	65.8	0.6 / 0.9	33.8 / 51.5	12.7 / 19.3	47.1 / 71.7	3	31	54
Год	620.2	6.7 / 1.1	99.7 / 16.1	48.3 / 7.8	154.7 / 25.0	—	—	—
1941 г.								
Весна								
Снеготаяние с 2/IV .	245.7	21.2 / 8.6	57.5 / 23.4	32.3 / 13.1	111.0 / 45.1	18	44	57
1939—1941 гг.	988.7	32.8 / 3.3	165.9 / 16.8	85.0 / 8.6	283.7 / 28.7	—	—	—

Примечание. В графах 3—6 числителем показаны мм, знаменателем — % от запаса.

10. Наблюденные величины внутрипочвенного стока убедительно говорят о том большом значении, которое сток приобретает как расходная статья водного баланса и, следовательно, как фактор почвообразования, ибо со стекающей водой уносится из почвы то или иное количество растворенных в воде минеральных и органо-минеральных веществ.

6. БАЛАНС ВЛАГИ В ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

В главе 4 мы рассмотрели в общих чертах динамику влажности подзолистых почв на наших опытных площадках в связи с ходом метеорологических элементов, а также и некоторые другие явления, относящиеся к водному режиму почв.

Настоящая глава посвящена рассмотрению основных факторов, от которых зависит ход влажности почв, в их количественном выражении.

Формула баланса влаги в почве весьма подробно проанализирована А. А. Роде (1937) и дана им как в развернутой, так и в более упрощенной форме, причем последняя учитывает самые главные, наиболее существенные приходо-расходные статьи водного баланса почв. Рассматривая баланс по отношению к небольшому почвенному индивидууму, автор исключил из сокращенной формулы такие важные статьи расхода влаги, как поверхностный, внутрипочвенный и грунтовой сток, а в соответствии с этим и все виды бокового притока влаги, считая, что в этом случае боковой приток равен боковому оттоку. В одной из своих последних работ Роде вводит в сокращенную формулу водного баланса почв все виды стока, но на приходе оставляет лишь величину грунтового питания (ГрП), которая, по-видимому, должна заменить собою все виды бокового притока влаги.

По нашим данным величины стока в почвах подзолистой зоны могут достигать больших значений, если это явление наблюдать во всей почвенно-грунтовой толще, даже на относительно небольших площадях. Если поверхностный и внутрипочвенный сток имеют место преимущественно весной и реже осенью, то грунтовой сток происходит по большей части круглый год и приобретает особое значение при рассмотрении водного баланса всей почвенно-грунтовой толщи. Для почвенной же толщи его значение определяется тем, что его величиной выражается количество влаги, просачивающейся из почвы в глубокие слои, если почвенно-грунтовые воды залегают довольно близко к дневной поверхности. Поэтому мы считаем необходимым оставить в сокращенной формуле водного баланса почв все виды стока и бокового притока, и тогда формула примет такой вид:

$$B_1 = B_0 + [Oc + БПр + ПГС] - [Д + Исп + ОГС + ПС + ВПС + ГС]$$

где B_0 — запас влаги в почве в начале периода наблюдений;
B_1 — запас влаги в почве в конце периода наблюдений;
Oc — осадки;
$БПр$ — боковой приток поверхностных, почвенных и грунтовых вод;
$ПГС$ — приток влаги в почву из глубоких слоев;
$Д$ — десукция влаги растениями;
$Исп$ — испарение с поверхности почвы;
$ОГС$ — отток влаги из почвы в глубокие слои;
$ПС$ — поверхностный сток;
$ВПС$ — внутрипочвенный сток;
$ГС$ — грунтовый сток.

При составлении водного баланса необходимо иметь в виду два основных случая: 1) если послойные определения влажности в почвенно-грунтовой толще производить всегда до зеркала почвенно-грунтовых вод, то и баланс можно составить для той части почвенно-грунтовой толщи, мощность которой определится глубиной наинизшего залегания зеркала воды; в этом случае из формулы баланса должны очевидно выпасть величины ПГС и ОГС. 2) Если же определения влажности почвы ограничить верхним ее слоем той или иной мощности, то из формулы выпадут величины грунтового притока и грунтового стока.

Из этой формулы явствует, что составление водного баланса почвы сводится к определению приходно-расходных его статей. Однако выше, в главе 3, мы уже отмечали, что методы определения отдельных статей баланса весьма несовершенны, в особенности же методы получения величин просачивания влаги и ее притока из глубоких слоев в изучаемый слой почвы. До сих пор нет также надежных методов определения величин десукции древостоем лесных насаждений. Метод изолированных площадок (И. И. Рац, 1938) для определения величины десукции, более или менее пригодный в условиях импермацидного типа водного режима, подлежит еще тщательной проверке в условиях подзолистой зоны. Начатые нами в этом направлении изыскания дали пока небольшой материал, недостаточный для окончательного решения вопроса. Вместе с тем отсутствие данных по десукции препятствовало составлению водного баланса для наших лесных почв. В результате поисков косвенных путей для определения этой очень важной статьи водного баланса почв, мы пришли к вычислительному способу определения десукции, сущность которого будет изложена в дальнейшем. Поэтому в своих работах по водному балансу почв мы стремились, как отмечалось выше, к возможно более точному определению запаса влаги в почве, благодаря чему можно было бы корректировать некоторые другие элементы баланса, определяемые с меньшей точностью. И все же в условиях леса, несмотря на большую повторность, точность определения (P) запаса влаги в почве колебалась в пределах 5—10% (см. табл. 4).

Осадки измерялись обычными дождемерами, но последние были расставлены в лесу с таким расчетом, чтобы по возможности охватить главные вариации лесных условий, обусловленные составом и полнотой древостоя. Благодаря этому достигалась возможность измерять то количество осадков, которое проникало под кроны древостоя и которое мы условно приравниваем к количеству осадков, достигающих поверхности почвы в лесу. Дождемеры устанавливались рядом с испарителями № 5 Попова. Осадки измерялись круглый год, а испарение почвой и травянистой растительностью — лишь в течение бесснежного периода. При помощи испарителей-лизиметров Попова представлялась возможность непосредственно получать, правда лишь приблизительно, величины притока и оттока влаги для верхнего слоя почвы, мощностью 25 см. Но если при помощи этих приближенных величин еще можно составить хотя бы ориентировочное представление о количественном передвижении влаги в корнеобитаемом слое почвы на поле, то в лесу, очевидно, этого достигнуть невозможно, за исключением разве больших полян, находящихся вне сферы непосредственного воздействия корневой системы древостоя. Поэтому данные по притоку и оттоку, получаемые по испарителям-лизиметрам на лесных площадках, совершенно не могут характеризовать явления передвижения влаги в верхнем 25 см слое лесных почв. Кроме того, ведь верхний 25 см слой этих почв представляет собою только верхнюю часть корнеобитаемого слоя древесных насаждений, следовательно, и водный баланс для этого слоя почвы, занятой лесом, составить нельзя. В случае лесных почв водный баланс нужно составлять, очевидно, для всего корнеобитаемого слоя, что мы и попытаемся сделать. Поэтому водный баланс для верхнего 25 см слоя почвы нами составлен лишь по полевой площадке, причем во времени он ограничен вегетационным периодом, а точность его определяется, естественно, точностью измерения составляющих его приходо-расходных статей.

Поверхностный и внутрипочвенный сток изучался лишь в сложном ельнике (площадка № 1) и результаты наблюдений изложены выше, в главе 5. Здесь же мы считаем необходимым остановиться на вопросе, имеющем непосредственное отношение к водному балансу почв: какие именно явления могут быть охарактеризованы величинами стока, получаемыми из наблюдений на стоковой изолированной площадке? Очевидно, что эти данные могут количественно характеризовать сток на такой же по величине площадке, как и стоковая, но находящейся в верхней части склона и граничащей с водораздельной линией, т. е. при условии исключения возможности притока воды извне. Очевидно также, что если изучается водный баланс площадки, расположенной в средней или в нижней части склона, то необходимо знать то количество воды, которое будет протекать через поперечное сечение почвенной толщи у верхней и у нижней границ этой площадки, т. е. необходимо знать величину бокового притока (БПр) с вышележащего склона и общего бокового оттока (БОт). Последний представляет собою суммарную величину, образованную двумя слагаемыми: первое из них — это та вода, которая притекла на данную площадку сверху и, продвигаясь по ней к нижней ее границе, не успела просочиться через почву (т. е. БПр — Пр, где символ Пр обозначает просачивание); второе же слагаемое представлено той водой, которая выпала на данную площадку в виде снега и дождя и, не успев просочиться в глубокие слои, стекла с нее поверхностным и внутрипочвенным стоком, т. е. это будет сток, величина которого фиксируется из наблюдений на стоковой площадке. Следовательно, можно составить такие равенства:

$$\text{БОт} = \text{БПр} - \text{Пр} + \text{Сток} \qquad (1)$$

$$\text{Сток} = \text{БОт} - \text{БПр} + \text{Пр} \qquad (2)$$

Если величина Пр небольшая, то без большой погрешности можно принять, что

$$\text{Сток} = \text{БОт} - \text{БПр}.$$

Обратимся к нашему конкретному случаю. Наши балансовая и стоковая площадки заложены в средней части склона и, следовательно, для составления баланса необходимо получить величины БОт и БПр. Получение их прямым путем представляет большие трудности. Но для баланса, как это видно из предыдущего, достаточно знать величину БОт — БПр; последняя же на суглинистых и особенно на глинистых породах близка, повидимому, к величине с т о к а, которая может быть получена из данных наблюдений на стоковой площадке. Отсюда, после упрощения, формула водного баланса для нашей дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1 может быть написана так:

$$B_1 = B_0 + [Oc + ПГС] - [Исп + Д + ОГС + ПС + ВПС + ГС]$$

Обозначения те же, что и выше.

Величина грунтового стока определялась косвенным путем, как это будет видно из дальнейшего изложения.

Все данные по водному балансу верхнего 25 см слоя почвы на полевой площадке за 1939 и 1940 гг. сведены в табл. 66 и 67, а некоторые данные к водному балансу почв на лесных площадках в табл. 68 — 72.

Из рассмотрения табл. 66 и 67 видно, что запас влаги в верхнем 25 см слое почвы на полевой площадке изменяется в зависимости не только от количества выпадающих осадков и величины испарения почвой и растительностью, но и в зависимости от притока и оттока влаги, величины которых являются функцией как метеорологических условий, так и свойств

самой почвы, определяемых преимущественно ее механическим составом и сложением. В главе 4 мы уже достаточно останавливались на рассмотрении хода влажности всего почвенного профиля и отмечали, что влажность его верхнего корнеобитаемого слоя подвержена более сильным колебаниям по сравнению с более глубокими слоями. Здесь отметим, что наибольшие колебания запаса влаги в слое 0—25 см наблюдались в засушливый летний период 1939 г.: с 11/VI к 1/IX запас влаги в этом слое снизился с 88.5 до 20.4 мм, т. е. более чем в 4 раза. В дождливое же лето 1940 г. запас влаги в слое 0—25 см колебался в сравнительно небольших пределах, 57.8—90.2 мм. Картина, близкая к описанной, наблюдается и на лесных площадках.

Теперь перейдем к рассмотрению основных приходных и расходных статей водного баланса почв всех наших площадок, тех статей, которые непосредственно определяются при помощи соответствующих приборов и установок.

Осадки

Осадки — главная статья прихода в водном балансе почв. Их количество сильно колеблется в течение вегетационного периода, притом различно в разные годы и для разных пунктов, что легко проследить по табл. 66—72. Так, например, выпало осадков (в мм):

	Поле	Лес	
	Площ. № 3	Площ. № 1	Площ. № 2
Июль 1939 г.	51.6	55.2	64.4
Август »	0.0	0.0	0.0
Июль 1940 г.	122.7	133.3	125.8
Август »	77.2	84.2	68.1

Данные для леса приведены те, которые получены по дождемерам, установленным на больших полянах в лесу. Условно принимается, что эти дождемеры измеряют то количество осадков, которое выпадает над лесом. Из приведенной таблички видно, что над лесом в разных его пунктах, расположенных всего в 0.5 км друг от друга, выпадает различное количество осадков. Вопрос о том, имеется ли существенная разница в сумме осадков над лесом и над открытым пространством поля, на основании этих данных, полученных для двух летних месяцев за два года наблюдений, решить нельзя. Для этой цели правильнее сравнить годовые суммы осадков.

По данным табл. 18 это явление рисуется в следующем виде.

	Годовые суммы осадков (в мм)			
	1938 г.	1939 г.	1940 г.	Средн.
Заповедник, поле	505	458	705	556
» лес	346	461	796	534

Картина, как видим, получается пестрая: в разные годы осадков выпадает больше то над лесом, то над полем, а в некоторые годы (1939) — одинаково. В среднем же за приведенные три года несколько больше осадков выпало над полем. Нам думается, что это явление связано не столько с воздействием лесопокрытых и открытых пространств, сколько с влиянием на него пестроты дождевых облаков. В общем же этот вопрос, повидимому, может быть решен в результате длительных наблюдений на одних и тех же больших массивах леса и поля с помощью достаточного числа наблюдательных пунктов, чтобы исключить влияние фактора случайности. Отметим, что средняя годовая сумма осадков за 1938—1940 гг. очень

близка к средней многолетней по метстанции Давыдово. О неодинаковости суммы осадков за вегетационный период в различные годы можно составить представление по следующим данным, взятым из табл. 18.

	Осадки (в мм) над лесом		
	1938 г.	1939 г.	1940 г.
Май — сентябрь	208	176	437

В 1940 г. за вегетационный период выпало, следовательно, в два раза больше осадков, чем в 1938 г., и в 2 1/2 раза больше, чем в 1939 г.

Задержание осадков кронами деревьев

Как известно, осадки, выпадающие над лесом, не полностью достигают поверхности почвы в лесу: часть их задерживается кронами деревьев. В увлажнении же почвы и, следовательно, в ее водном балансе участвуют именно те осадки, которые проникают под полог леса. Отсюда вполне понятно наше стремление выяснить вопрос о том количестве осадков, которое достигает поверхности почвы в лесу в конкретных условиях наших лесных опытных площадок. Дождемеры, установленные под пологом леса и на большой открытой поляне (40×50 м), дают для этого необходимый сравнительный материал. При этом условно принимается, что дождемер на открытой поляне измеряет количество осадков, близкое к тому, которое выпадает над лесом.

Таблица 58

Жидкие осадки над лесом и под пологом леса

Дата	Осадки (мм)							
	1938		1939		1940		Среднее	
	над лесом	под пологом	над лесом	под пологом	над лесом	под пологом	над лесом	под пологом
Площадка № 1								
Май	52.7	37.9	84.5	56.1	26.3	15.7	54.5	36.6
Июнь	83.5	46.3	26.8	13.0	71.5	50.5	60.6	36.6
Июль	83.6	67.2	55.2	40.1	133.3	106.5	90.7	71.3
Август	16.4	9.4	—	—	84.2	65.0	33.5	24.8
Сентябрь	34.5	16.3	21.7	12.9	136.2	113.6	64.1	47.6
Октябрь	56.6	36.8	38.3	22.4	46.7	33.5	47.2	30.9
Май—октябрь	327.3	213.9	226.5	144.5	498.3	384.8	350.6	247.8
Площадка № 2								
Май	—	—	81.0	53.4	22.4	14.2	51.7	33.8
Июнь	—	—	25.7	15.5	71.2	38.7	48.5	27.1
Июль	—	—	64.4	48.2	125.8	87.6	95.1	67.9
Август	—	—	—	—	68.1	51.4	34.0	25.7
Сентябрь	—	—	24.4	18.1	133.9	100.1	79.2	59.1
Октябрь	—	—	40.2	21.1	43.4	35.6	41.8	28.3
Май—октябрь	—	—	235.7	156.3	464.8	327.6	350.3	241.9

Приведем данные за период май — октябрь, в течение которого выпадают преимущественно жидкие осадки (табл. 58).

Если количество осадков, измеренное под пологом леса, выразить в процентах от количества осадков, выпавших над лесом, то получим следующие данные (табл. 59).

Таблица 59

Осадки, проникшие под полог леса (в % от осадков над лесом)

Дата	Площадка № 1				Площадка № 2		
	1938	1939	1940	Среднее	1939	1940	Среднее
Май	72	66	60	66	66	63	65
Июнь	56	49	70	58	60	54	57
Июль	80	73	80	78	75	69	72
Август	57	—	77	67	—	76	76
Сентябрь	47	60	83	63	74	75	75
Октябрь	65	58	72	65	53	82	67
Май—октябрь	65	64	77	69	67	71	69

Из этих данных видно, что под полог леса проникает от 47 до 83% от величин месячных сумм осадков, выпадающих над лесом. Амплитуда колебания весьма значительная, и связана она с количеством осадков. Так, например, над сложным ельником на площадке № 1 в сентябре 1938 г. выпало 34.5 мм осадков, из которых под полог леса проникло 16.3 мм, или 47%. В сентябре же 1940 г. из выпавших 136.2 мм осадков под полог леса проникло уже 113.6 мм, или 83%.

Средние данные за шесть месяцев (май — октябрь) говорят о том, что под полог сложного ельника на площадке № 1 проникает от 64 до 77%, под полог же сфагново-черничного ельника на площадке № 2—67—71% выпадающих жидких осадков, а в среднем 69%.

Считая, что с помощью 5—6 дождемеров невозможно охватить всю пестроту условий в лесу, обусловливающих проникновение осадков под полог леса, мы, учитывая опыт М. И. Сахарова (1939), в 1940 г. на площадке № 1 установили 27 дождемерных воронок с приемной поверхностью 200 кв. см, из которых 26— под пологом леса, а одну (№ 27)— на большой поляне около дождемера № 6. Необходимо было выяснить такой вопрос: в какой мере наши 5—6 дождемеров, установленных около испарителей, отображают то количество осадков, которое достигает поверхности почвы в лесу, другими словами — с какой степенью точности мы учитываем главную приходную статью водного баланса почв на наших лесных опытных площадках.

Ниже приводится описание условий, в которых произведена расстановка дождемерных воронок:

№ 1. Между двух осин, под их редкими кронами; небольшое окно в 1.5—2.0 м.
№ 2. Под редкой кроной осины; ее середина.
№ 3. Между осиной и елью, под сплетением их крон.
№ 4. Небольшое окно между елями и осинами.
№ 5. Под кроной ели среднего возраста; середина.
№ 6. Край крон осин, образующих неплотный полог.
№ 7. Около ствола небольшой ели (диаметр 18 см) с довольно густой кроной.
№ 8. Около ствола ели, с диаметром 24 см; крона довольно густая.

№ 9. Край редкой кроны осины, диаметр которой 48 см.
№ 10. Между трех елей, под пологом их довольно густых крон.
№ 11. Небольшое окно (1.5—2 м) среди елей.
№ 12. То же, что и № 11.
№ 13. Между трех елей, узкие кроны которых не дают сплошного полога.
№ 14. Под пологом редких крон двух больших осин.
№ 15. У ствола большой осины с редкой кроной.
№ 16. Под пологом густых крон елей.
№ 17. Под пологом из неплотного сплетения крон елей и осин.
№ 18. Под пологом редких крон двух осин.
№ 19. Окно (5—6 м) среди елей.
№ 20. Край кроны ели.
№ 21. Край кроны большой ели.
№ 22. Середина кроны той же ели.
№ 23. Около ствола той же ели.
№ 24. Под пологом из крон ели и осины.
№ 25. Под пологом редких крон больших осин.
№ 26. Окно (2—4 м) между елями и осинами.
№ 27. На большой поляне около дождемера № 6.

Наблюдениями был охвачен лишь период май — октябрь, т. е. период с жидкими осадками.

Ниже (табл. 60) приводятся месячные суммы осадков, замеренных по дождемерным воронкам, и для сравнения с ними данные, полученные по дождемерам. К сожалению, полученные по дождемерным воронкам величины осадков за 14 и 15/IX, как явно неверные, пришлось исключить из учета, а в соответствии с этим не учитывать и данные по дождемерам за эти два дня.

Таблица 60

Осадки, измеренные дождемерами и дождемерными воронками

Дата	Средняя температура воздуха	Осадки на площадке № 1					
		Над лесом		Под пологом леса		в % от осадков над лесом	
		дождемер № 6 (мм)	воронка № 27 (мм)	дождемеры (мм)	воронки (мм)	дождемеры	воронки
1940 г.							
Май	13.0	26.3	23.1	15.7	16.3	60	70
Июнь	13.0	71.5	65.3	50.5	42.4	70	65
Июль	15.9	133.3	120.8	106.5	92.2	80	76
Август	14.8	84.2	80.4	65.0	58.9	77	73
Сентябрь	10.1	100.3	101.1	77.7	69.1	77	68
Октябрь	2.3	46.7	46.3	33.5	38.6	72	83
Май—октябрь	—	462.3	437.0	348.9	317.5	75	72

Из этой таблицы видно, что, во-первых, дождемерные воронки не добирают около 5% осадков — факт, выявленный попутно в нашем опыте, поставленном с другой целью. Но эта, так сказать, инструментальная ошибка не должна отразиться на окончательных результатах опыта, если их выразить в процентах. Во-вторых,— и это самое главное,— количества осадков, достигающих поверхности почвы в лесу, как замеренные по дождемерам, так и по дождемерным воронкам, будучи выражены в процентах

от сумм осадков, выпавших над лесом, оказались довольно близкими между собою. Следовательно дождемеры, установленные на наших лесных опытных площадках в количестве 5—6 штук, дают достаточно точное представление о количестве осадков, проникающих под полог леса.

В связи с главным только что рассмотренным вопросом, возникает другой интересный вопрос — о равномерности проникновения жидких осадков под полог леса, в особенности если лес неоднороден по составу насаждения. Такое положение мы имели на площадке № 1, где в создании первого яруса, кроме елей, принимает участие осина, а во втором ярусе имеются широколиственные породы. Этот вопрос приобретает интерес не только с точки зрения правильного учета осадков в лесу, но и в отношении равномерности увлажнения почвы под лесом.

Как известно, количество осадков, проникающих под полог леса, зависит от многих факторов, из которых главные — состав древостоя, полнота и спелость насаждения, интенсивность осадков. Имеющиеся в нашем распоряжении данные по дождемерным воронкам позволяют частично осветить этот вопрос в конкретных условиях заповедника. Для этого из 26 точек мы выбрали несколько наиболее интересных, месячные суммы осадков для которых приводим ниже (табл. 61).

Таблица 61

Месячные суммы осадков, проникших под полог леса в 1940 г.

№ дождемерной воронки	Местоположение дождемерной воронки в лесу	Осадки (мм)							В % от осадков над лесом
		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Май—октябрь	Май—октябрь
1	Окно в 1 ½—2 м среди осин	20.5	49.9	112.9	62.4	83.3	43.1	372.1	84
2	Под кроной осины (середина)	17.4	41.7	92.7	58.3	73.2	33.6	316.9	72
5	Под кроной ели среднего возраста (середина)	13.5	29.1	72.3	49.3	47.6	28.5	240.3	54
11	Окно в 1½—2 м среди елей	16.0	49.7	92.3	58.5	77.5	35.3	329.3	75
21	Под кроной большой ели (край)	15.1	35.2	90.3	53.1	73.9	44.0	311.6	68
22	То же (середина)	8.4	19.8	70.5	37.5	53.4	44.4	234.0	49
23	То же (близ ствола)	2.8	5.3	56.4	17.6	28.3	41.0	151.4	28
27	На большой поляне	23.1	65.3	120.8	80.4	101.1	46.3	437.0	100

Из этой таблицы видно, что под полог осины проникает значительно больше осадков, чем под полог ели. Количество осадков, проникнувших под полог ели, резко убывает от края кроны к стволу (от 68 до 28%), что наглядно представлено на фиг. 29.

Как влияет на проникновение осадков под полог леса их количество? Следующие данные позволят ответить на этот вопрос (табл. 62).

Действительно, как видно из этой таблицы, чем меньше выпадает осадков, тем меньшая их часть проникает под полог леса. Осадки небольшие (1.0 мм и меньше) могут полностью задержаться кронами елей.

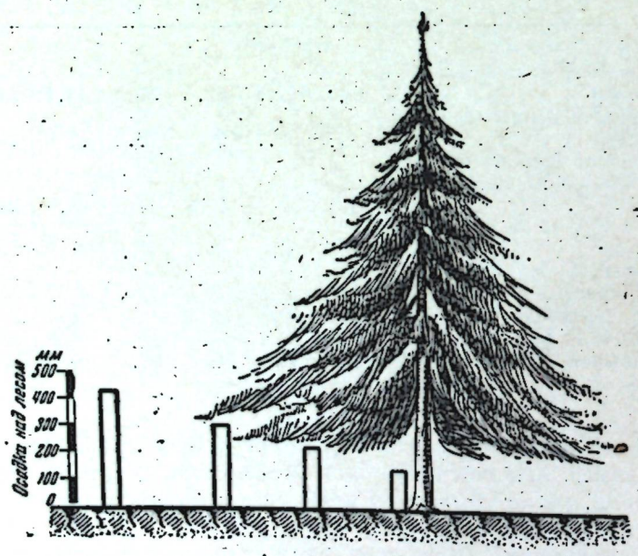
Рассмотрим теперь еще одно явление, связанное с проникновением осадков под полог леса, это — стекание осадков по стволам деревьев. Извест-

Таблица 62

Проникновение под полог леса осадков, в зависимости от величины их суточных сумм

Дата	Осадки над лесом (по дождемерной воронке № 27)	Осадки, проникшие под полог							
		Кроны осины		Кроны большой спелой ели					
		середина (воронка № 2)		край (№ 21)		середина (№ 22)		близ ствола (№ 23)	
		мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
1940 г.									
5 июня	1.3	0.5	38	0.5	38	0.0	—	0.0	—
16 »	2.5	1.0	40	0.5	25	0.2	8	0.0	—
17 »	5.0	3.3	66	1.6	32	0.5	10	0.2	4
12 июля	7.3	4.3	59	4.7	64	1.5	20	0.3	4
24 »	11.8	8.2	70	8.7	73	6.2	52	2.0	17
1 августа	13.9	10.2	73	9.3	67	6.2	45	1.3	8
17 »	18.8	15.4	82	13.6	73	9.5	51	2.0	11
23 сентября	19.3	17.4	90	15.2	79	9.5	49	2.0	10

но, что не все осадки, задержанные кронами, возвращаются обратно в атмосферу: часть их стекает по стволам деревьев. Величина этого стока зависит опять-таки от породы дерева и интенсивности осадков.



Фиг. 29. Осадки, проникнувшие под крону большой ели в мае — октябре 1940 г.

На площадке № 1 такие наблюдения были поставлены, но, к сожалению, лишь в течение одного вегетационного периода в 1940 г. и в очень ограниченных размерах. Полагая, что полученные данные могут представить известный интерес для выяснения затронутого вопроса с количественной стороны, мы приводим их ниже (табл. 63).

Приведенные данные говорят прежде всего о том, что величины стока осадков по стволам ели и осины весьма малы и почти совпадают: за 6 месяцев (май — октябрь) сток осадков по стволам ели выразился в среднем величиной 0.49%, а у осины — 0.48% от осадков. Значительный сток по стволу наблюдается у березы —3.8% от осадков. Во-вторых, в общем довольно ясно прослеживается зависимость величины стока осадков по стволам от величины выпавших осадков: чем сильнее осадки, тем больше стекает их по стволам. Заметно сказывается также влияние температуры воздуха: понижение температуры, при прочих равных условиях, сток повышает, как это и следует ожидать, ибо чем меньше испарится влаги с поверхности кроны, тем больше ее стечет по стволу дерева.



Фиг. 30. Площадка № 1. Сложный ельник. Установка для определения стока осадков по стволам деревьев.

Переходим к рассмотрению имеющихся у нас данных по задержанию кронами т в е р д ы х осадков за зимние месяцы, каковыми в условиях Заповедника считаются обычно ноябрь — апрель (табл. 64).

Из этой таблицы видно, что под полог леса проникает от 76 до 84% твердых осадков, а в среднем около 80%, т. е. заметно больше по сравнению с жидкими осадками (69%).

Приведем теперь суммарные данные по задержанию осадков кронами деревьев на обеих лесных площадках за период с 1/XI 1938 г. по 1/VII 1941 г. (табл. 65).

Заканчивая на этом рассмотрение затронутого здесь вопроса, необходимо отметить, что по имеющимся литературным данным степень задержания осадков кронами деревьев колеблется в весьма широких пределах, определяемых целым рядом причин, из которых, помимо уже указанных, немаловажное значение приобретает и методика исследования, до сих пор еще, повидимому, твердо не установленная. Нельзя поэтому не согласиться с В. П. Лоховым (1938), который считает неотложной задачей найти простой и правильный путь для определения количества осадков, задерживаемых лесом, — этой весьма важной в водном балансе почв и территорий величины.

Для сравнения с нашими данными по задержанию жидких осадков кронами елового насаждения приведем некоторые данные из литературных источников (А. А. Лучшев и Ю. С. Петровский, 1939; Г. Ф. Морозов, 1926; Г. Р. Эйтинген, 1938).

Таблица 63

Сток осадков по стволам деревьев

Дата	Средняя температура воздуха	Осадки (мм)	Сток осадков по стволам									
			Ель № 2 (d=34 см)		Ель № 3 (d=25 см)		Осина № 4 (d=46 см)		Осина № 5 (d=36 см)		Береза № 6 (d=28 см)	
			мм	% от осадков	мм	% от осадков	мм	% от осадков	мм	% от осадков	мм	% от осадков
1940 г.												
Май	13.0	24.9	—	—	—	—	—	—	0.01	0.04	0.57	2.29
Июнь	13.0	71.5	—	—	—	—	0.02	0.03	—	—	0.73	1.02
Июль	15.9	124.0	1.12	0.90	0.45	0.36	0.25	0.20	1.07	0.86	4.64	3.74
Август	14.8	79.5	0.19	0.24	0.03	0.04	0.12	0.15	0.18	0.23	3.23	4.07
Сентябрь	10.1	140.3	1.48	1.05	0.52	0.37	0.53	0.38	1.33	0.95	5.37	3.83
Октябрь	2.3	44.9	0.76	1.69	0.23	0.52	0.22	0.49	0.86	1.91	3.90	8.67
Май—октябрь	—	485.1	3.55	0.73	1.23	0.25	1.14	0.24	3.45	0.71	18.44	3.80

Таблица 64

Твердые осадки над лесом и под пологом леса

Дата	Площадка № 1			Площадка № 2		
	Осадки			Осадки		
	над лесом (мм)	под пологом леса		над лесом (мм)	под пологом леса	
		мм	в % от осадков над лесом		мм	в % от осадков над лесом
1938 г.						
XI 1937—IV 1938	242.1	204.5	84	—	—	—
1939 г.						
XI 1938—IV 1939	211.7	174.8	82	232.2	155.9	67
1940 г.						
XI 1939—IV 1940	231.3	196.4	85	227.2	169.5	74
1941 г.						
XI 1940—IV 1941	311.6	261.8	84	309.8	264.6	85
Сумма	996.7	837.5	84	769.2	590.0	76

Таблица 65

Задержание осадков кронами еловых насаждений с 1/XI 1938 по 1/VII 1941 г.

Площадки	Выпало осадков (мм)	Задержано кронами	
		мм	% от осадков
Площадка № 1 (сложный ельник)	1565.3	337.4	22
Площадка № 2 (сфагново-черничный ельник)	1555.6	415.2	27

	Задержано кронами ели (%)	Стекло по стволу (%)
Заповедник	23—36	0.5
Бавария, по Эбермайеру	28—63	—
Австрия (лесная станция), по Риглеру	59	1.3
Район Вены, по Гоппе	41	2.3
Москва, по Эйтингену	36—46	—
Истра, по Лучшеву	35	—

Из изложенного выше можно сделать следующее заключение.

1. При изучении водного баланса лесных почв, приходные и расходные статьи которого должны определяться с достаточной точностью, недопустимо пользоваться приводимыми в литературе средними величинами задержания осадков кронами. Эти величины необходимо определять непосредственно для изучаемого объекта.

2. Наблюдения в Центральном лесном заповеднике за 1938—1940 гг. указывают, что величины жидких осадков, задержанных кронами елового леса, сильно колеблются по месяцам. Колебание их суммарной величины за шесть месяцев (май — октябрь) из года в год происходит тоже в довольно значительных пределах — от 23 до 36%; в среднем эта величина равна около 30% от осадков, выпавших над лесом.

3. Твердые осадки, по сравнению с жидкими, задерживаются кронами в заметно меньших количествах — от 16 до 24%, в среднем около 20%.

4. Сложный ельник задерживает своими кронами в течение года в среднем около 22%, а сфагново-черничный ельник — около 27% всех выпадающих осадков.

5. Величина осадков, стекающих по стволам деревьев, очень мала у ели и осины (май — октябрь около 0.5%) и достигает заметных значений у березы (за май — октябрь около 4% от выпавших осадков).

Испарение

Главной статьей расхода в водном балансе почв является суммарное испарение почвой и растительностью, как о том можно судить по данным, полученным за 1939 и 1940 гг. для полевой площадки (табл. 66 и 67). За время с 11 июня по 31 октября пашня, занятая овсом, испарила 156.1 мм влаги при общей сумме осадков за тот же период в 125.0 мм, или 125% от осадков, а за неполный период вегетации овса (начало вегетации не было охвачено наблюдениями) 11 июня — 20 августа испарение выразилось величиной в 136.7 мм при осадках в 61.6 мм, так что испарение составляет уже около 220% от осадков. Недостающая влага черпалась из почвы, что приводило к сильному иссушению последней (табл. 66). В 1940 г. наблюдается поразительная картина расхода влаги на испарение клеверным полем; за вегетационный период с 7/V по 19/IX расход этот выразился в 390.2 мм, или 103% от осадков (378.5 мм). Клеверное поле является мощным насосом, выкачивающим влагу из почвы и требующим для своего развития значительно бо́льших количеств воды, чем овсяное поле.

Просматривая величины испарения за 1939 г. по месяцам, нельзя не заметить их резкого падения от июня к сентябрю. Это падение вполне увязывается не только, вернее, не столько с температурой воздуха, сколько с падением запаса влаги в почве. Многие исследователи (А. Г. Дояренко, 1924; С. И. Долгов, 1937; П. С. Коссович, 1904; В. П. Попов, 1929; О. С. Позднышев, 1940 и др.) на основании специально поставленных опытов согласно

Таблица 66

Баланс влаги в верхнем 25 см слое почвы (в мм водного слоя)
Площадка № 3. Дерново-среднеподзолистая почва. Поле (растение—овес)
1939 г.

Период наблюдений	Запас влаги к началу периода	Приход		Расход		Запас влаги к концу периода
		Осадки	Приток из глубоких слоев, наблюденный по испарителям	Испарение	Отток в глубокие слои, наблюденный по испарителям	
Июнь						
11—20	88.5	4.4	4.5	58.7	1.3	76.4
21—30	76.4	5.6	2.5	19.9	3.7	70.9
11—30	88.5	10.0	7.0	78.6	5.0	70.9
Июль						
1—10	70.9	37.6	3.8	28.8	1.3	74.3
11—20	74.3	13.1	1.9	18.4	2.7	63.9
21—31	63.9	0.9	0.4	6.8	—	41.8
1—31	70.9	51.6	6.1	54.0	4.0	41.8
Август						
1—10	41.8	—	0.2	2.3	0.3	33.0
11—20	33.0	—	0.4	1.8	0.1	24.8
21—31	24.8	—	0.4	1.8	0.6	20.4
1—31	41.8	—	1.0	5.9	1.0	20.4
Сентябрь						
1—10	20.4	1.0	0.7	1.2	0.1	23.0
11—20	23.0	3.9	1.0	3.2	0.5	25.6
21—30	25.6	24.2	0.4	4.2	0.6	42.7
1—30	20.4	29.1	2.1	8.6	1.2	42.7
Октябрь						
1—10	42.7	4.0	2.1	4.2	0.2	44.6
11—20	44.6	19.2	1.1	2.8	0.2	54.9
21—31	54.9	11.1	1.3	2.0	0.5	56.1
1—31	42.7	34.3	4.5	9.0	0.9	56.1
11/VI—31/X	88.5	125.0	20.7	156.1	12.1	56.1

приходят к выводу, что величина испарения из почвы есть функция от многих факторов, в числе которых влажность почвы занимает не последнее место. Интересна в этом отношении работа О. С. Познышева, проведенная в степных условиях Заволжья и вполне отчетливо устанавливающая зависимость испарения от влажности почвы и дефицита влажности воздуха. Автор находит, что испарение почвы, увлажненной до 80% от полевой (наименьшей) влагоемкости, близко к испарению с водной поверхности. С. И. Долгов в результате своих исследований заключает, что при некоторой влажности скорость испарения резко падает, каковое обстоятельство дает ему основание говорить о резко различном поведении влаги при влажностях выше и ниже этой критической величины.

Таблица 67

Баланс влаги в верхнем 25 см слое почвы (в мм водного слоя)
Площадка № 3. Дерново-среднеподзолистая почва. Поле (растение—клевер)
1940 г.

Период наблюдений	Запас влаги к началу периода	Приход		Расход		Запас влаги к концу периода
		Осадки	Приток из глубоких слоев, наблюденный по испарителям	Испарение	Отток в глубокие слои, наблюденный по испарителям	
Май						
7—20	90.2	16.1	1.3	31.3	5.2	83.0
21—31	83.0	19.4	1.8	30.5	2.3	80.5
7—31	90.2	35.5	3.1	61.8	7.5	80.5
Июнь						
2—10	80.5	30.5	3.4	22.5	0.9	78.2
11—20	78.2	17.8	1.2	25.7	4.9	77.7
21—30	77.7	8.4	0.7	47.1	5.3	67.1
2—30	80.5	56.7	5.3	95.3	11.1	67.1
Июль						
1—10	67.1	22.8	1.8	42.1	4.9	57.8
11—20	57.8	41.1	0.3	35.8	1.9	64.0
21—31	64.0	58.8	2.3	34.4	2.8	79.9
1—31	67.1	122.7	4.4	112.3	9.6	79.9
Август						
1—11	79.9	15.0	3.0	48.2	1.3	70.3
12—20	70.3	39.7	3.1	20.8	3.0	81.9
21—31	81.9	22.5	—	17.7	6.1	78.0
1—31	79.9	77.2	6.1	86.7	10.4	78.0
Сентябрь						
1—10	78.0	21.4	4.5	22.1	1.6	82.1
11—19	82.1	65.0	0.8	12.0	9.9	86.3
1—19	78.0	86.4	5.3	34.1	11.5	86.3
7/V—19/IX	90.2	378.5	24.2	390.2	50.1	86.3
20/IX—20/X	86.3	101.4	?	10.8	?	106.7

Установить более или менее точно закономерные связи между испарением в природе и влажностью почвы или каким-либо другим фактором, конечно, гораздо труднее, чем в лаборатории, где можно создать условия для выявления влияния на испарение одного какого-либо интересующего нас фактора, исключив все остальные. Испарение в природе, как известно, является функцией от многих переменных, из которых главные — влажность почвы, температура воздуха, инсоляция, сила ветра. В нашем же случае, когда определяется суммарная величина испарения почвой и травянистой растительностью, явление усложняется изменениями в воздействии на испарение самого растения в процессе его роста и развития. Кроме того, необходимо учесть также погрешности, вызываемые несовершенством конст-

рукции почвенного испарителя—лизиметра Попова, о которых нам неоднократно приходилось сообщать в своих работах (1936, 1937, 1950). В силу разрыва капиллярной связи между монолитом испарителя и почвой, даже в лизиметрическом его положении, приток влаги в монолит из лежащих под ним слоев почвы осуществляется весьма слабо, благодаря чему в засушливые периоды монолит в испарителе пересыхает значительно сильнее, чем почва окружающей его среды, и, следовательно, испаритель будет показывать пониженные величины испарения. Во влажные периоды, наоборот, монолиты испарителей увлажняются сильнее, чем окружающая их почва, вследствие чего испарители покажут преувеличенное испарение. По этим причинам испарители дают лишь приближенные величины испарения. Отсюда при рассмотрении вопроса о закономерных связях между влажностью почвы и испарением необходимо учитывать запас влаги в монолите испарителя, а не в почве, влажность которой может значительно отличаться от влажности монолита испарителя (1950).

Огромные трудности, возникающие при изучении испарения в естественных условиях, подчеркиваются также Б. Г. Ивановым (1939) в его обстоятельных исследованиях этого явления. Вместе с тем Иванов приходит к выводу, что при помощи почвенных испарителей Рыкачева, Попова и других систем возможно получать величины испарения, не так уже сильно отличающиеся от действительных. С последним выводом автора можно согласиться лишь в отношении суммарного испарения за весь вегетационный период. В отдельные же более короткие периоды, как показали наши опыты (1950), расхождение между действительным испарением и наблюдаемым по почвенным испарителям Рыкачева и Попова может достигать значительной величины.

Эти опыты позволили установить, что величины испарения из почвы, определяемые по испарителям Попова и Рыкачева, отклонялись от действительных величин в следующих пределах: средние за вегетационный период в пределах ±10%, средние за месяц ±20%, а отдельные величины от 0 до 40% и больше.

Из изложенного вытекает, что вывод строго математической формулы зависимости величины испарения от суммы лишь основных определяющих его факторов представляет весьма большие трудности.

Просматривая данные по испарению почвой и травянистой растительностью под пологом леса на наших лесных площадках, можно заметить, что величины испарения связаны с влажностью почвы и температурой воздуха, а также с характером растительности. Но здесь не наблюдается таких резких изменений величин испарения, как на полевой площадке, что вполне понятно, если учесть более ровное изменение температур, слабую инсоляцию и почти полное отсутствие ветра под пологом леса. Последние же два фактора, т. е. инсоляция и ветер, весьма усиливают испарение влаги с открытых пространств пашни. Чтобы и здесь оттенить некоторое влияние влажности почвы и температуры воздуха на величину испарения, достаточно взять суммарные данные по площадке № 1 за 1938 и 1939 гг. (табл. 68 и 69). Влажность почвы и температура воздуха в 1938 г. были заметно выше, чем в 1939 г., отсюда за один и тот же период наблюдения с 16/V по 31/X суммарное испарение почвой и травянистой растительностью в 1938 г. равно 81.2 мм, а в 1939 г. — 71.2 мм. Летом 1940 г. температура воздуха была значительно ниже, но влажность почвы, наоборот, значительно выше, чем в 1938—1939 гг., почему и испарение в это лето оказалось такое же, как в 1938 г., и заметно выше, чем в 1939 г.: за период 26/V — 25/X для 1938, 1939 и 1940 гг. имеем соответственно такие величины испарения — 73.5, 64.5 и 74.1 мм.

Таблица 68

Некоторые данные к балансу влаги в верхнем 25 см слое почвы (в мм водного слоя)

Площадка № 1. Дерново-среднеподзолистая почва. Сложный ельник. 1938 г.

Период наблюдений	Запас влаги к началу периода	Осадки	Испарение	Запас влаги к концу периода
Май				
16—20	106.1	—	4.4	89.0
21—25	89.0	—	2.6	88.1
26—31	88.1	1.2	3.3	84.4
Июнь				
1—5	84.4	0.6	3.3	76.6
6—10	76.6	—	4.4	71.1
11—15	71.1	5.3	2.7	73.8
16—20	73.8	24.9	0.7	78.9
21—25	78.9	6.7	1.4	83.7
26—30	83.7	8.8	2.9	78.1
1—30	84.4	46.3	15.4	78.1
Июль				
1—5	78.1	7.7	3.5	70.7
6—10	70.7	—	4.3	59.9
11—15	59.9	—	4.4	52.1
16—20	52.1	30.8	1.9	68.7
21—25	68.7	5.1	2.8	57.2
26—31	57.2	23.6	4.0	56.8
1—31	78.1	67.2	20.9	56.8
Август				
1—5	56.8	—	3.8	54.0
6—10	54.0	0.3	3.4	47.5
11—15	47.5	0.4	4.0	42.6
16—20	42.6	8.4	2.5	45.9
21—25	45.9	—	3.5	37.7
26—31	37.7	0.3	4.1	35.7
1—31	56.8	9.4	21.3	35.7
Сентябрь				
1—5	35.7	—	3.3	36.0
6—10	36.0	10.3	1.2	48.0
11—15	48.0	6.0	1.2	43.6
16—20	43.6	—	1.6	42.7
21—25	42.7	—	1.0	41.1
26—30	41.1	—	1.0	38.1
1—30	35.7	16.3	9.3	38.1
Октябрь				
1—5	38.1	2.1	0.9	40.9
6—10	40.9	5.0	0.5	39.6
11—15	39.6	12.6	0.5	54.4
16—20	54.4	16.8	0.6	74.3
21—25	74.3	—	0.8	61.1
26—31	61.1	0.3	0.7	58.8
1—31	38.1	36.8	4.0	58.8
16/V—31/X	106.1	177.2	81.2	58.8

Таблица 69

Некоторые данные к балансу влаги в верхнем 25 см слое почвы
(в мм водного слоя)
Площадка № 1. Дерново-среднеподзолистая почва. Сложный ельник. 1939 г.

Период наблюдений	Запас влаги к началу периода	Осадки	Испарение	Запас влаги к концу периода
Май				
16—20	88.9	2.6	3.5	91.8
21—25	91.8	17.3	1.6	94.1
26—31	94.1	12.5	1.9	82.5
Июнь				
1—5	82.5	3.1	1.7	88.8
6—10	88.8	3.1	2.8	92.5
11—15	92.5	3.4	3.3	79.9
16—20	79.9	—	3.1	76.9
21—25	76.9	0.7	3.0	65.4
26—30	65.4	2.7	3.7	66.2
1—30	82.5	13.0	17.6	66.2
Июль				
1—5	66.2	27.3	2.1	77.4
6—10	77.4	6.1	3.7	75.0
11—15	75.0	1.1	3.4	69.9
16—20	69.9	5.2	3.3	67.1
21—25	67.1	0.3	3.3	61.5
26—31	61.5	0.1	4.0	49.9
1—31	66.2	40.1	19.8	49.9
Август				
1—5	49.9	0.1	2.7	44.2
6—10	44.2	—	3.4	44.7
11—15	44.7	—	2.5	41.6
16—20	41.6	—	2.1	41.0
21—31	41.0	0.8	3.6	35.6
1—31	49.9	0.9	14.3	35.6
Сентябрь				
1—5	35.6	0.1	1.8	31.6
6—10	31.6	0.8	1.4	37.4
11—15	37.4	1.3	1.5	39.6
16—20	39.6	—	1.6	35.2
21—25	35.2	4.0	0.6	44.6
26—30	44.6	6.7	0.8	44.4
1—30	35.6	12.9	7.7	44.4
Октябрь				
1—10	44.4	2.2	1.8	47.3
11—20	47.3	13.9	1.4	61.8
20—31	61.8	6.3	1.6	60.1
1—31	44.4	22.4	4.8	60.1
16/V — 31/X	88.9	121.7	71.2	60.1

Таблица 70

Некоторые данные к балансу влаги в верхнем 25 см слое почвы
(в мм водного слоя)
Площадка № 1. Дерново-среднеподзолистая почва. Сложный ельник. 1940 г.

Период наблюдений	Запас влаги к началу периода	Осадки	Испарение	Запас влаги к концу периода
Май				
26—31	84.8	5.4	3.6	79.1
Июнь				
1—5	79.1	20.4	3.1	83.3
6—10	83.3	10.0	2.1	90.8
11—15	90.8	8.7	2.0	83.9
16—20	83.9	5.0	3.5	91.8
21—25	91.8	5.5	3.8	82.1
26—30	82.1	0.9	4.4	72.1
1—30	79.1	50.5	18.9	72.1
Июль				
1—5	72.1	—	4.4	66.7
6—10	66.7	9.1	3.9	65.8
11—15	65.8	39.5	2.2	90.3
16—20	90.3	0.9	4.0	79.7
21—26	79.7	51.1	2.8	86.5
27—31	86.5	5.9	3.6	74.3
1—31	72.1	106.5	20.9	74.3
Август				
1—5	74.3	0.5	3.5	69.0
6—10	69.0	9.1	2.4	73.0
11—20	73.0	37.5	4.6	76.1
21—25	76.1	9.6	3.4	72.3
26—31	72.3	8.3	2.6	76.9
1—31	74.3	65.0	16.5	76.9
Сентябрь				
1—5	76.9	5.7	1.5	73.8
6—10	73.8	7.3	1.4	82.9
11—15	82.9	40.4	0.9	84.4
16—20	84.4	10.2	1.9	83.8
21—25	83.8	23.5	1.7	102.5
26—30	102.5	26.5	1.5	108.2
1—30	76.9	113.6	8.9	108.2
Октябрь				
1—5	108.2	—	1.4	115.0
6—15	115.0	33.5	1.6	114.6
16—20	114.6	—	1.2	107.9
21—25	107.9	—	1.1	104.8
26/V—25/X	84.8	374.5	74.1	104.8

Таблица 71

Некоторые данные к балансу влаги в верхнем 25 см слое почвы
(в мм водного слоя)
Площадка № 2. Торфянистый подзол. Сфагново-черничный ельник. 1939 г.

Период наблюдений	Запас влаги к началу периода	Осадки	Испарение	Запас влаги к концу периода
Май				
16—20	112.5	1.2	2.0	118.8
21—25	118.8	13.2	2.8	123.6
26—31	123.6	18.8	3.8	119.6
Июнь				
1—5	119.6	2.4	2.9	122.4
6—10	122.4	5.0	2.6	107.8
11—15	107.8	4.7	2.7	102.4
16—20	102.4	—	3.0	92.1
21—25	92.1	0.5	2.5	89.3
26—30	89.3	2.9	5.6	81.9
1—30	119.6	15.5	19.3	81.9
Июль				
1—5	81.9	32.7	2.9	96.8
6—10	96.8	6.2	4.0	90.5
11—15	90.5	1.5	3.2	85.1
16—20	85.1	7.2	2.5	78.7
21—25	78.7	0.4	3.2	66.1
26—31	66.1	0.2	3.5	75.5
1—31	81.9	48.2	19.3	75.5
Август				
1—5	75.5	0.3	2.9	67.1
6—10	67.1	0.1	2.1	71.2
11—15	71.2	—	2.4	70.0
16—20	70.0	—	2.1	74.4
21—31	74.4	1.3	3.1	64.8
1—31	75.5	1.7	12.6	64.8
Сентябрь				
1—5	64.8	0.4	1.8	59.5
6—10	59.5	1.2	1.0	64.7
11—15	64.7	1.4	1.7	60.5
16—20	60.5	—	1.6	63.8
21—25	63.8	8.6	1.4	74.2
26—30	74.2	6.5	0.7	80.7
1—30	64.8	18.1	8.2	80.7
Октябрь				
1—10	80.7	1.8	2.0	72.5
11—20	72.5	13.1	1.5	77.6
21—31	77.6	6.2	1.2	81.1
1—31	80.7	21.1	4.7	81.1
16/V—31/X	112.5	137.8	72.7	81.1

Таблица 72

Некоторые данные к балансу влаги в верхнем 25 см слое почвы
(в мм водного слоя)
Площадка № 2. Торфянистый подзол. Сфагново-черничный ельник. 1940 г.

Период наблюдений	Запас влаги к началу периода	Осадки	Испарение	Запас влаги к концу периода
Июнь				
11—15	101.0	5.3	1.8	112.6
16—20	112.6	2.4	3.4	103.5
21—25	103.5	4.5	4.3	100.4
26—30	100.4	0.5	4.7	91.1
11—30	101.0	12.7	14.2	91.1
Июль				
1—5	91.1	—	4.5	87.6
6—10	87.6	7.4	3.8	92.8
11—15	92.8	34.7	1.5	100.4
16—20	100.4	0.4	3.6	96.3
21—26	96.3	40.8	3.1	107.7
27—31	107.7	4.3	4.3	109.9
1—31	91.1	87.6	20.8	109.9
Август				
1—5	109.9	0.3	3.3	99.6
6—10	99.6	6.6	3.0	98.4
11—20	98.4	30.4	5.4	108.0
21—25	108.0	8.1	4.3	106.5
26—31	106.5	6.0	2.3	97.4
1—31	109.9	51.4	18.3	97.4
Сентябрь				
1—5	97.4	4.5	1.4	92.1
6—10	92.1	6.5	2.0	100.2
11—15	100.2	37.2	2.6	111.2
16—20	111.2	10.6	2.0	113.0
21—25	113.0	18.2	1.9	119.1
26—30	119.1	23.1	0.9	111.8
1—30	97.4	100.1	10.8	111.8
Октябрь				
1—5	111.8	—	1.5	110.4
6—10	110.4	32.8	0.8	119.5
11—20	119.5	2.8	0.6	122.1
21—25	122.1	—	0.4	112.5
1—25	111.8	35.6	3.3	112.5
11/VI—25/X	101.0	287.4	67.4	112.5

Влияние характера травянистой растительности на испарение слабо прослеживается по данным для лесных площадок № 1 и № 2 (табл. 68, 69, 70, 71 и 72). На площадке № 1 растительность богаче, чем на площадке № 2, и, казалось бы, испарение на ней должно быть больше, но из сравнения данных за 1939 г. явствует, что величины испарения на обеих площадках оказались весьма близкими — 71.2 и 72.7 мм. Здесь сказалось, повидимому, влияние большего увлажнения на площадке № 2.

Вообще же надо отметить, что влияние перечисленных факторов на величину суммарного испарения почвой и травянистой растительностью под пологом леса проявляется в слабой степени, что приводит к очень близким суммарным величинам испарения в разные годы и на разных лесных участках (площадки № 1 и № 2), как это хорошо видно из приводимой ниже табл. 73.

Таблица 73

Суммарное испарение почвой и травянистой растительностью под пологом леса

Период	Испарение (мм)		Средние температуры воздуха		Сумма осадков (мм)	Примечание
	площадка № 1	площадка № 2	лес	поле		
1938, VI—X	70	—	13.6	14.5	195.4	Температуры воздуха и суммы осадков взяты по данным Метеор. станции ЦЛГЗ
1939, VI—X	65	64	11.0	11.7	132.8	
1940, VI—X	71	73	11.7	11.7	448.0	

Близкая, но не совсем идентичная картина наблюдается в сосновых насаждениях Московской области. По данным А. А. Молчанова (1948), за период май — октябрь 1946 г. почва и мохово-травяно-ягодниковый покров в сосняке 60 лет, с полнотой древостоя 0.9, испарили 68 мм, а за тот же период 1947 г.— 93 мм, в среднем за оба года 80.5 мм. В сосняке 150 лет, с полнотой древостоя 1.0, испарение почвой и мохово-травяно-ягодниковым покровом в эти годы выразилось соответственно величинами 67 и 92, в среднем 79.5 мм.

Необходимо, однако, отметить, что с этими данными совершенно не согласуются данные того же автора (1948а), полученные в специальных опытах по выяснению величины испарения различными видами растений, произрастающих под пологом леса. Растения помещались в испарители Рыкачева с сечением 500 см² и высотой 35 см, которые устанавливались под пологом сосняка 60 лет, с полнотой древостоя 0.9. Обращают на себя внимание невероятно большие величины испарения за период май — октябрь 1947 г. для мха *Polytrichum commune* L. (178. 2 мм), *Oxalis acetosella* L. (182.0 мм). Эти величины приближаются к величинам транспирации самого соснового древостоя (см. Молчанов, 1948), тем самым вызывая большие сомнения в своей достоверности.

Вместе с тем, на полевой площадке влияние растительности и метеорологических факторов проявляется очень резко, о чем можно судить по суммарным величинам испарения почвой и травянистой растительностью в различные по метеорологическим условиям 1939 и 1940 гг. (табл. 66 и 67).

Близкие суммарные величины испарения почвой и травянистой растительностью, наблюденные под пологом леса в разные годы и на разных

площадках, вызывают такой вопрос: не являются ли причиной этого явления запасы влаги в монолитах испарителей, которые могут оказаться близки между собою? Мы произвели подсчеты средних запасов влаги в слое 0—25 см почвы и в монолитах испарителей за июнь — октябрь 1939 и 1940 гг., которые приводим ниже, а для сравнения с ними помещаем также суммарные величины испарения за тот же период (табл. 74).

Таблица 74

Запас влаги в почве и в монолитах испарителей

Период	Площадки	Средний запас влаги (мм)		Суммарная величина испарения (мм)
		Почва	Испаритель	
1939, VI—X	№ 1	58	67	65
	№ 2	81	82	64
1940, VI—X	№ 1	84	89	71
	№ 2	105	—	73

Из этих данных прежде всего следует, что запасы влаги в монолитах испарителей всегда несколько выше, чем в верхнем 25 см слое лесных почв, что вполне естественно, если учесть иссушающее влияние на почву древесной растительности, которое на монолиты испарителей не распространяется. Затем, средние запасы влаги в монолитах испарителей заметно различаются и по площадкам и по годам. Но для того чтобы уловить связь между величинами запаса влаги в монолитах испарителей и величинами испарения, сравним между собою отношения этих величин по площадке № 1 за 1939 и 1940 гг.

Отношение средних запасов влаги в слое 0—25 см: почва — 58 : 84 = = 0.7; испарители —67 : 89 = 0.8. Отношение средних суммарных испарения —65 : 71 = 0.9, т. е. величины испарения лучше коррелируют с влажностью монолитов, чем с влажностью почвы, но различия эти в общем невелики. Если же сравнить между собою средние запасы влаги в монолитах испарителей на обеих лесных площадках и соответствующие им средние суммарные величины испарения за один 1939 г., то связи никакой не наблюдается. Отсюда можно заключить, что запас влаги в монолитах испарителей был, вероятно, всегда достаточным для нормальной биологической деятельности растений в испарителях, так что сравнительно небольшие различия в величинах суммарного испарения почвой и травянистой растительностью под пологом леса в разные годы могли появиться в результате неизбежных различий в видовом составе растений, попадающих в испарители, установленные на обеих лесных площадках.

Говоря о суммарном испарении почвой и травянистой растительностью в лесу, необходимо отметить, что напочвенный моховой и травянистый покров на обеих лесных площадках так сильно затеняет почву, что сама почва испаряет, повидимому, ничтожно мало, и все испарение вернее будет отнести на счет транспирации травянистой растительностью.

Здесь мы подходим к определению еще одной важной статьи расхода в водном балансе почв — транспирации, или, точнее, десукции. Эту величину для травянистых растений обычно получают при помощи тех же

почвенных испарителей, заряжаемых в одном случае почвой вместе с растением, а в другом — лишь одной почвой без растения, и помещаемых среди растений, транспирацию которых желают определить. Разница в показаниях двух таких испарителей и покажет величину транспирации. Этот способ подкупает своей простотой, но его недостаток очевиден: во-первых, не всякое растение можно поместить в небольшой по размерам испаритель, а, во-вторых, физическое испарение из почвы без растительного покрова, хотя и помещенной с р е д и растений, всегда будет значительно выше испарения той же почвы, находящейся п о д растительным покровом. В. П. Попов (1929) предлагает, для уточнения величины испарения почвой п о д растением, делить полученную величину испарения почвой с р е д и р а с т е н и й на величину испарения с черного пара. Выражая первую величину в процентах от второй, Попов получает соответствующий коэффициент испарения почвой под исследуемым растением. Трудно судить о действенном значении этого уточнения, ибо э т а л о н а для сравнения мы ведь не имеем ни в том, ни в другом случае.

В нашей работе мы также стремились разделить суммарное испарение почвой и травянистой растительностью на его составные части, но всегда получали результаты, вызывающие сомнения.

Приведем в качестве примера данные, полученные нами для клеверного поля в 1940 г. Почва и растение за вегетационный период, 7/V — 19/IX, испарили вместе 390.2 мм, а одна почва среди растений испарила 273.1 мм; следовательно, транспирация клевера выразилась всего в 117 мм. Отметим, что по нашим данным (1950) испарители Попова в дождливые периоды дают лучшие показатели, чем в засушливые, поэтому полученные в 1940 г. величины, вообще говоря, ближе к действительным, чем в 1939 г. Но соотношения величин испарения одной почвой и одной растительностью получились совершенно невероятные, ибо по некоторым данным (Д. И. Шашко, 1940) эти соотношения должны получаться как раз обратными, т. е. на испарение растением падает обычно значительно бо́льшая часть воды, расходуемой на суммарное испарение почвой и растением. Высказанные выше сомнения в возможности получить достоверные величины испарения одной почвой и, следовательно, травянистой растительностью при помощи испарителя, установленного с одной почвой с р е д и растений, находят подтверждение в приведенных выше цифрах.

Но все же, несмотря на целый ряд конструктивных недостатков почвенных испарителей-лизиметров Попова, с их помощью можно получать, хотя бы и ориентировочные, суммарные величины испарения почвой и травянистой растительностью.

Второстепенные статьи водного баланса почв

Перейдем теперь к рассмотрению второстепенных приходо-расходных статей водного баланса почв — притока влаги из глубоких слоев и оттока ее в глубокие слои.

Эти статьи хотя и относятся к второстепенным по их относительно небольшим величинам, но их значение как в процессе почвообразования, так и в процессе практического использования почв очень велико. В самом деле, по количественному соотношению притока и оттока воды мы можем судить о степени выщелачивания водой минеральных и органо-минеральных соединений из почвы и, следовательно, составить некоторое представление об интенсивности процесса оподзоливания. Но ведь эти выщелачиваемые водой вещества являются одновременно и элементами пищи растений. Сама

же вода — один из четырех основных факторов жизни растений (В. Р. Вильямс, 1920, стр. 13). Поэтому в хозяйственной деятельности человека весьма важно знать о поведении воды в корнеобитаемом слое почвы вообще, а в частности и о том, какое количество воды просачивается через корнеобитаемый слой и какое ее количество притекает в этот слой из глубоких слоев.

Оба эти явления находятся в тесной функциональной зависимости от осадков и испарения: соотношение этих факторов будет в основном определять или приток влаги из глубоких слоев, или отток ее в глубокие слои. Вполне очевидно, что осадки, увлажнив верхний 25 см слой почвы до состояния, определяемого его водоудерживающей способностью, будут просачиваться вглубь в тем большем количестве, чем они обильнее, а испарение слабее. Напротив, слабые осадки при усиленном испарении могут полностью задержаться в верхнем слое почвы. На величину просачивания, помимо этих главных факторов, влияет также водопроницаемость верхнего слоя, обусловливаемая его структурой, сложением и механическим составом, а также степень увлажнения: чем больше водопроницаемость и увлажненность слоя, тем больше просочится через него осадков.

Очевидно также, что усиленное испарение при слабых осадках, или при полном их отсутствии, вызовет капиллярный подток влаги к корнеобитаемому слою из более глубоких слоев почвы и непосредственно от зеркала грунтовых вод в случае их неглубокого залегания, если только в самом корнеобитаемом слое влажность понизилась настолько, что нарушившееся равновесие приведет в действие капиллярные силы, вызывающие подъем воды кверху.

Опытами многих исследователей установлено, что с уменьшением количества воды в почве подвижность ее падает. В этом С. И. Долгов видит одну из причин падения величин испарения. Но в этом же заключается и одна из причин изменения скорости капиллярной подачи воды к испаряющим слоям почвы. Как известно, скорость и высота капиллярного подъема зависят также от механического состава почвенно-грунтовой толщи: чем грубозернистее порода, тем больше скорость и тем меньше высота капиллярного подъема, и наоборот. Отсюда следствие — при переходе из грубозернистой породы в тонкозернистую скорость капиллярного подъема резко падает, но высота его увеличивается. Вода же, поднимающаяся в мелкозернистой породе, не только может сильно замедлить свой подъем при переходе в грубозернистую породу, но и совсем остановиться в силу расширения капилляров. Это очень существенный момент, ибо в наших почвах и грунтах, образованных различными по механическому составу слоями, этот фактор несомненно оказывает заметное влияние на скорость капиллярного подъема, а следовательно, и на величину притока воды к верхним слоям почвы.

Испарение, нарушая состояние равновесия влаги в почве, тем самым вызывает капиллярный подъем воды. Но в дальнейшем, при уменьшении влажности почвы, величина самого испарения становится, как мы видели, все меньше; уменьшается и капиллярный приток. Если бы капиллярный приток мог восполнить расход воды на испарение, то величина испарения оставалась бы на той высоте, которая определялась бы остальными факторами — дефицитом влажности воздуха, инсоляцией, силой ветра, и пр. Такой случай мыслим весной, в начале вегетационного периода, когда близки почвенно-грунтовые воды, или при наличии мощной верховодки. После исчезновения верховодки и при опускании уровня почвенно-грунтовых вод, участие последних в капиллярном притоке

становится все меньше, приток постепенно уменьшается, а продолжающееся испарение может превысить величину притока, что при отсутствии осадков приведет к иссушению верхнего слоя. Таким образом, если испарение стимулирует капиллярный приток влаги из глубоких слоев почвенно-грунтовой толщи, то последний в свою очередь является одним из факторов, определяющих величину испарения, и вместе с тем оба эти явления в количественном отношении зависят от степени увлажнения почвы.

Одним из источников прихода воды в почву могут быть термическая конденсация парообразной влаги из атмосферы верхним слоем почвы и конденсация в почве паров, передвигающихся из глубоких слоев грунта. Какова количественная значимость первого источника? По мнению А. Ф. Лебедева (1913), эта статья прихода может достигать значительных величин в условиях степной зоны, как о том говорят его данные для окрестностей Одессы, полученные на основе специальных опытов, проведенных с помощью разработанного им метода. Однако исследования других авторов дают самые противоречивые результаты, чаще всего отрицательные. Так, П. И. Колосков (1937), тщательно проанализировав природные условия конденсации атмосферных паров, пришел к заключению о возможности этого явления в очень узких пределах, да и то лишь при наличии густой и высокой травянистой растительности. На холодных же поверхностях почвы в ночные часы идет, по его мнению, не конденсация, а росообразование. А. М. Бялый (1938,1940) в своих специальных опытах близ Саратова, пользуясь методикой А. Ф. Лебедева, совсем не обнаружил поглощения почвой паров из атмосферы. По данным М. З. Журавлева (1940), в условиях Омска, за четыре летних месяца (май, июнь, июль и сентябрь) 1937 г. конденсация атмосферных паров выразилась очень малой величиной — 2.25 мм. В условиях подзолистой зоны данных по непосредственному определению величины термической конденсации весьма мало. Специально поставленные опыты для определения этой величины на Молого-Шекснинском междуречье М. П. Козловым, который пользовался методикой А. Ф. Лебедева, дали отрицательные результаты (см. И. С. Васильев, 1937). В литературе встречаются также данные по конденсации, полученные косвенным путем, — по показаниям почвенных испарителей: прибавка в весе испарителей, неоправданная осадками, принимается за величину конденсации (Н. П. Порывкин, 1927). Этот косвенный метод основан на недопонимании причин, вызывающих неоправданную прибавку в весе испарителей: последняя представляет собою не больше, как погрешность, обусловленную различием в установке почвенных испарителей и дождемеров (И. С. Васильев, 1940).

Все эти исследования приводят к одному выводу: если термическая конденсация паров атмосферы верхним слоем почвы и существует, то она, повидимому, вообще невелика, а для условий таежно-подзолистой зоны и совсем еще не установлена. Поэтому в водном балансе наших почв термическая конденсация атмосферных паров едва ли может иметь какое-либо существенное значение.

Что касается конденсации почвами водяных паров, передвигающихся кверху из глубоких слоев грунта, то последняя имеет место лишь в холодные периоды года и в особенности зимой. Как об этом уже говорилось раньше, в главе о режиме влажности почв, количественная сторона явления выражена слабо; величина такой внутрипочвенной конденсации колебалась в пределах 10—20 мм.

За вегетационный же период, как известно, чаще имеет место передвижение парообразной влаги из верхних теплых слоев почвы в относительно более холодные глубокие слои грунта. Но учитывая, что амплитуда колебания температуры слоев почвы и грунта в таежной зоне вообще невелика, можно предположить, что и это явление имеет, по всей вероятности, совершенно несущественное значение во влагообороте почв наших опытных площадок.

Следует отметить, что если качественная сторона рассматриваемого процесса, установленная работами А. Ф. Лебедева, не вызывает сомнений, то количественные показатели для него еще не получены, и о последних судят преимущественно по косвенным данным (Г. Н. Высоцкий, 1901; А. Ф. Лебедев, 1936; Ф. В. Чириков и А. Малюгин, 1926; и др.), вызывающим вполне законное сомнение в их достоверности у некоторых авторов (М. С. Кулик, 1938). Специальные же опыты, поставленные для выяснения интенсивности процесса самим А. Ф. Лебедевым и другими исследователями (А. Ф. Большаков, 1946), подтвердили лишь наличие передвижения парообразной влаги в почве, но не решили вопроса о количественной стороне этого процесса.

Обратимся теперь к нашим данным по притоку и оттоку влаги из почвы, которые получены на полевой площадке (табл. 66 и 67). При внимательном анализе этих данных нетрудно убедиться, что величины притока и оттока, как правило, получаются по испарителю-лизиметру Попова всегда сильно преуменьшенными. Причины этого кроются в несовершенстве самого прибора, что мы уже отмечали в своих работах. Приведем примеры: за декаду 11—20/VI 1939 г. выпало 4.4 мм осадков, испарилось 58.7 мм, запас влаги в верхнем 25 см слое почвы снизился с 88.5 до 76.4 мм, отток был равен 1.3 мм, откуда легко подсчитать, что испаритель-лизиметр Попова должен был бы показать приток в 43.5 мм, на самом же деле он показал приток, равный лишь 4.5 мм. Возьмем другой пример: за период 11—19/IX 1940 г. выпало 65.0 мм осадков, испарилось 12.0 мм, запас влаги в верхнем слое почвы изменился с 82.1 до 86.3 мм, приток был равен 0.8 мм, откуда отток должен быть 49.6 мм, а по испарителю-лизиметру он получился всего в 9.9 мм. Для примеров были взяты наиболее резкие случаи отклонений получаемых по испарителю Попова величин притока и оттока от действительных их величин, между которыми располагается ряд менее резких отклонений.

Что касается лесных площадок, то более или менее достоверными величинами, получаемыми по испарителю-лизиметру Попова, можно считать только величины суммарного испарения почвой и травянистой растительностью. Величины же притока и оттока дают лишь ориентировочное представление о соотношении нисходящих и восходящих токов влаги лишь в монолите испарителя и ни в коей мере не могут отображать это весьма важное явление в верхнем 25 см слое самой почвы, поскольку в этом слое имеются корни древесных пород, а в монолите испарителя их нет.

Поэтому при помощи испарителя-лизиметра данные по этим приходо-расходным статьям водного баланса верхнего 25 см слоя почвы, и то лишь ориентировочные, могут быть получены только для полевой площадки. Для леса же нужно искать других способов их получения. И все же по данным для полевой площадки прослеживается довольно ясная закономерность в явлении передвижения влаги в связи с метеорологическими условиями года: в засушливое лето 1939 г. приток влаги в верхний 25 см слой зафиксирован по испарителю в 20.7 мм, а отток в 12.1 мм, что указывает на преобладание восходящих токов над нисходящими; за вегетационный же период дождливого 1940 г., напротив, отток (50.1 мм) явно преобладает над притоком (24.2 мм).

Представляется интересным отметить, что в бездождный период с 1/VIII по 20/IX 1939 г., когда выпало всего 4.9 мм осадков, а верхний слой

почвы на полевой площадке был пересушен до состояния влажности завядания, испарители-лизиметры Попова показали отток влаги в глубокие слои в размере 1.6 мм. Этот отток влаги при таких условиях мог происходить только в парообразном состоянии. Мы не беремся утверждать, в какой степени правильно эта цифра отображает действительную величину передвижения парообразной влаги в почве за указанный период времени, но она все же может дать ориентировочное представление о количественной стороне этого явления.

Заканчивая на этом рассмотрение основных статей водного баланса для верхнего 25 см слоя почв наших площадок, необходимо отметить, что в силу изложенных выше причин нам не удалось с желательной степенью точности определить второстепенные, но в то же время и весьма важные статьи гидробаланса — приток и отток, т. е. как раз те статьи, которые в сущности и создают представление о количественном соотношении восходящих и нисходящих токов влаги в почве.

Из приводимой ниже табл. 75, данные которой характеризуют водный баланс дерново-среднеподзолистой почвы на полевой площадке, следует, что к концу вегетационного периода в 1939 г. верхний 25 см слой этой почвы пришел с дефицитом влаги в 32.4 мм, а в 1940 г. с дефицитом всего лишь в 3.9 мм.

Таблица 75

Водный баланс дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 3 (пашня) за вегетационные периоды (в мм)

Год	Период наблюдений	Запас влаги к началу периода (B_0)	Приход		Расход				Запас влаги в конце периода, (B_1)	$B_1 - B_0$
			осадки	приток	десукция + испарение	отток	Сток			
							поверхностный	внутрипочвенный		
1939	11/VI—31/X	88.5	125.0	20.7	156.1	12.1	—	—	56.1	—32.4
1940	7/V—19/IX	90.2	378.5	24.2	390.2	50.1	—	—	86.3	— 3.9

Водный баланс почвы под лесом

Выше мы уже указывали на невозможность составления водного баланса для верхнего 25 см слоя почвы под лесом. В этом случае можно было выявить лишь конечный результат такого сложного явления, как влагооборот влаги в почве, определив ту прибыль или убыль влаги в изучаемом слое, которой балансируется запас ее за данный период времени. Наиболее же существенное — самый влагооборот, все его основные звенья остались не вполне выясненными, за исключением осадков и суммарного испарения почвой и травянистой растительностью.

Когда речь идет о водном балансе почвы под лесом, необходимо, повторяем, иметь в виду весь корнеобитаемый слой, а не только верхнюю его часть. Таким слоем для наших лесных площадок является вся толща покровного суглинка, мощностью в 85 см. Далее, водный баланс почвы под лесом нельзя составлять, не зная такой существенной его статьи, как величина десукции корнями древесных растений. Для составления водного баланса почвенного слоя 0—85 см, даже в упрощенном его виде, нужно

определить также величины притока и оттока. Последние должны быть получены, вообще говоря, путем прямых определений, но несовершенство конструкций современных лизиметров является пока-что трудно преодолимым препятствием на этом пути. Поэтому по необходимости приходится прибегать к определению этих величин вычислительным способом, а именно — определять их по разности, которая получается, при наличии других статей баланса, в результате сбалансирования влаги в почве за тот или иной промежуток времени. Конечно, при таких вычислениях мы получаем не величину притока или оттока, а лишь разность между ними. Эта разность хотя и не полностью отображает явление передвижения влаги в изучаемом слое почвы с количественной стороны, но все же указывает на направление передвижения и приближенно характеризует его количественно.

Это — обычный путь получения величин притока и оттока влаги в почве в случае невозможности их непосредственного определения.

Для подзолистых же почв, при наличии неглубоких почвенно-грунтовых вод, для этой цели можно воспользоваться еще и другим способом, о котором будет сказано несколько позднее.

Сейчас же мы перейдем к рассмотрению вопроса о возможностях определения величины десукции корнями древесных насаждений.

Определение десукции*

Величины испарения одной почвой (с поверхности черного пара), а также суммарного испарения почвой и травянистой растительностью могут быть получены с той или иной степенью точности непосредственно при помощи почвенных испарителей разных конструкций. Для непосредственного определения величины десукции древесной растительностью существует метод изолированных площадок (И. И. Рац, 1938), которым пытались воспользоваться и мы. Однако определения по этому методу производились лишь в течение короткого промежутка времени в 1940 г. (июль — август) и еще более короткого — в 1941 г. Приведем эти данные:

	Величина десукции (мм)	
	Сумма	За сутки
1940 г., с 2/VII по 27/VIII	86.0	1.54
1941 г., с 12/VI по 10/VII	38.1	1.36

Этими данными, полученными за такие короткие промежутки времени, мы, естественно, не могли удовлетвориться и начали искать косвенный путь, с помощью которого можно было бы получить интересующие нас величины десукции для всего вегетационного периода и за все годы наблюдений по водному режиму почв.

Наши поиски привели нас к следующему решению вопроса. Для ориентировочного определения величины испарения с поверхности целых территорий пользуются, как известно, формулой: испарение = осадки — сток. Если в эту формулу ввести некоторые добавочные члены, то формула уточняется, и ее можно бы применить для определения величины десукции. Такая уточненная формула может быть построена на основании следующих соображений. Данные по влажности почвы дают возможность вычислять запасы влаги во всей ее толще в миллиметрах водного слоя.

* Под величиной десукции обычно понимают расход влаги из почвы вследствие отсоса ее растениями с помощью их корневых систем.

Запас влаги в конце какого-либо периода времени будет зависеть, очевидно, от сочетания целого ряда явлений: от количества выпавших осадков, величины испарения почвой и травянистой растительностью, десукции, поверхностного и внутрипочвенного стока, оттока грунтовой воды, расхода осадков на просачивание (когда уровень грунтовой воды расположен глубже нижней границы почвенного профиля) и притока ее в толщу профиля с глубин, лежащих ниже 150 см. Следовательно, можно составить такую формулу:

$$B_1 = B_0 + Oc + Прт - Пр - Отт - Ст - Исп - Д,$$

где B_0 — запас влаги в почве в начале периода наблюдений;
B_1 — запас влаги в почве в конце периода наблюдений;
Oc — количество осадков, выпавших за период наблюдений;
$Прт$ — приток почвенно-грунтовой воды в почву;
$Исп$ — испарение почвой и травянистой растительностью под пологом леса;
$Отт$ — отток почвенно-грунтовой воды;
$Пр$ — просачивание осадков в глубокие слои;
$Ст$ — поверхностный и внутрипочвенный сток;
$Д$ — десукция.

В этом уравнении, помимо, десукции, неизвестны величины притока, оттока и просачивания осадков. Отток — величина переменная и зависит преимущественно от мощности и скорости потока почвенно-грунтовой воды. Мощность потока определяется, очевидно, расстоянием между зеркалом грунтовой воды и поверхностью водоупора, а скорость — фильтрационной способностью водоносной породы и величиной уклона. В почвенно-грунтовой толще нашей площадки № 1 уровень почвенно-грунтовой воды колеблется в течение вегетационного периода в широких пределах, в зависимости от метеорологических условий года. Скорость потока также различна для разных слоев, уменьшаясь сверху вниз, как о том можно судить по величинам коэффициента фильтрации и по скоростям потока, вычисленным для внутрипочвенного стока. Значит, отток почвенно-грунтовой воды должен закономерно уменьшаться при понижении ее уровня. Задача сводится к тому, чтобы выявить эту закономерность, для чего необходимо, как минимум, установить величину оттока для трех точек: при максимальном, минимальном и среднем между ними залегании зеркала грунтовых вод. Как известно, понижение почвенно-грунтовых вод при близком их залегании обусловлено их оттоком и в еще большей степени десукцией и испарением, при глубоком же их залегании — только оттоком. Для почвенно-грунтовых вод на площадке № 1, при расположении их уровня на глубине 250—300 см от поверхности земли, мы уже установили величину оттока: она выражается примерно в 0.9 см ежесуточного их понижения. Отток для высокого положения почвенно-грунтовых вод удобнее всего установить в зимний период, б е з о т т е п е л е й, когда их падение происходит только за счет собственного оттока. Именно такой период мы имеем в январе и феврале 1941 г. В январе почвенно-грунтовые воды понизились с 44 см до 113 см, т. е. на 69 см, или на 2.3 см в сутки в среднем, а в феврале — со 115 см до 157 см, или в среднем на 1.5 см в сутки.

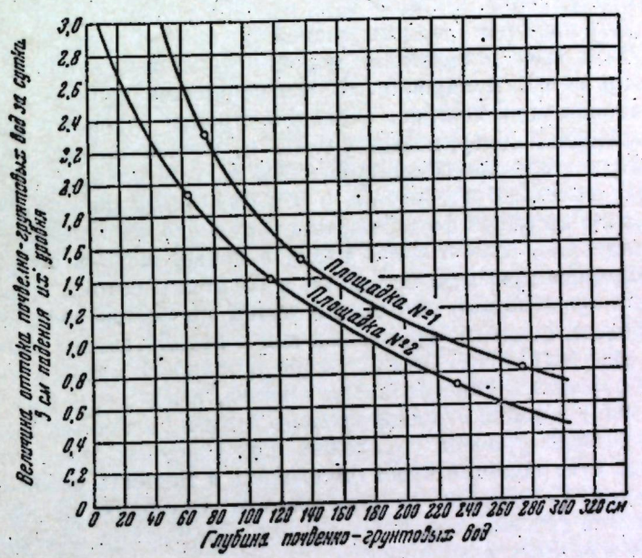
Для составления кривой, выражающей связь глубины уровня почвенно-грунтовой воды со скоростью его понижения под влиянием только ее оттока, желательно было бы иметь еще две точки — для глубин 150—200 и 200—250 см, но по имеющимся у нас данным этих точек установить не удалось, поэтому мы были вынуждены ограничиться тремя точками. На

фиг. 31 изображены такие кривые для площадок № 1 и № 2. При помощи этих кривых представляется возможность быстро определять величину оттока почвенно-грунтовой воды, выраженную в сантиметрах падения ее уровня, для любой глубины залегания зеркала воды в пределах 60—300 см.

Обоснование составления кривой для площадки № 2 будет дано несколько позже.

Далее, как найти второе неизвестное в нашем уравнении десукции, т. е. величину просачивания осадков в глубокие слои?

Так как определения влажности были ограничены слоем 0—150 см, то при залегании почвенно-грунтовых вод глубже 150 см необходимо учитывать то количество осадков, которое может быть израсходовано на под-



Фиг. 31. Изменение величины оттока почвенно-грунтовых вод с изменением глубины их уровня.

нятие уровня грунтовых вод до нижней границы почвенно-грунтовой толщи, т. е. до 150 см. Это количество осадков мы назвали условно просачиванием в грунт и обозначили символом Пр. Оно определится, очевидно, тем количеством воды, которое потребуется для заполнения свободного от воды пространства пор в толще грунта, расположенного над уровнем почвенно-грунтовых вод до глубины 150 см. Это же пространство, повидимому, близко к тому пространству пор, которое освобождается при понижении зеркала почвенно-грунтовых вод, т. е. оно близко к величине водоотдачи в данном слое грунта. Другими словами, можно принять для расчетов, что величина Пр равна величине водоотдачи, а последняя для однометровой толщи, как указано выше, равна в среднем около 6.8% от общей водовместимости в безгумусных слоях почвы, что составит 0.25 мм водного слоя в 1 см слое почвенно-грунтовой толщи.

Нам остается найти путь определения третьего неизвестного в формуле десукции, а именно — величины притока почвенно-грунтовой воды в исследуемый слой почвы.

При сопоставлении величин падения уровня почвенно-грунтовых вод, вызываемых их оттоком, с их общим падением часто можно наблюдать, что первая величина меньше второй. Вполне законно предположить,

что разница между ними вызвана расходом почвенно-грунтовой воды, поднимающейся по капиллярной системе почвенно-грунтовой толщи к поверхностным испаряющим слоям почвы, из которых происходит десукция и физическое испарение. Следовательно, при помощи предлагаемого способа представляется возможность приближенно вычислить не только величину десукции, но и то количество почвенно-грунтовой воды, которое расходуется непосредственно на испарение и десукцию, что, как нам кажется, не может не представлять известного интереса при рассмотрении вопроса о передвижении влаги в почвах и грунтах.

Определяя величину испарения почвенно-грунтовой воды, можно одновременно определить и величину п р и т о к а грунтовой воды в толщу исследуемой почвы. В самом деле, когда почвенно-грунтовая вода опустится глубже нижней границы нашей почвенно-грунтовой толщи, т. е. глубже 150 см, и ее дальнейшее падение будет происходить как за счет оттока, так и за счет испарения, то вся испаряющаяся с этих глубин почвенно-грунтовая вода должна, очевидно, пройти через всю толщу почвы до ее испаряющих поверхностных слоев и, следовательно, ее количество покажет п р и т о к почвенно-грунтовой воды в почву.

Какова точность этого способа и чем она определяется? Это, очевидно, явствует из предыдущей формулы, в которую входят такие величины, как осадки, испарение, сток и запас влаги в почве, непосредственно определяемые в природе прямыми методами, и величины оттока, притока и просачивания, определяемые косвенным путем на основе непосредственных замеров уровней почвенно-грунтовых вод и предлагаемых выше расчетов. В главе 3 уже достаточно было сказано о точности методов определения осадков, испарения и запасов влаги в почве, а в главе 4 был рассмотрен вопрос и о том, в какой степени уровень воды в смотровых колодцах отображает истинный уровень грунтовых вод. Следовательно, точность измерения всех этих величин будет определять и точность вычисления величины десукции. Само собою разумеется, что установить какой-либо показатель точности (P), как это делается при определении влажности почвы, здесь не представляется возможным.

Чтобы пояснить пользование нашим способом, приведем несколько примеров вычисления величины десукции при различных соотношениях факторов, обусловливающих эту величину. Возьмем несколько таких периодов, чтобы в течение каждого из них температура воздуха колебалась слабо, но вместе с тем по своей средней температуре они заметно отличались бы друг от друга. При этом одни периоды выберем с обильными и средними осадками, а другие — совсем без осадков; и далее — с высоким стоянием почвенно-грунтовых вод и с низким их стоянием.

1-й п р и м е р. Период с 21/VIII по 21/IX 1937 г. $B_0 = 446.5$ мм; $B_1 = 399.2$ мм; Ос = 23.2 мм; Исп. = 7.1 мм. Уровень почвенно-грунтовых вод: 21/VIII — 75 см; 1/IX — 152 см; 21/IX — 156 см. Средний их уровень: с 21/VIII по 1/IX — 113 см; с 1/IX по 21/IX — 154 см.

По графику на фиг. 31 определяем отток почвенно-грунтовых вод. Падение уровня воды за 21/VIII — 1/IX в среднем за сутки равно 1.72 см, за период 19 см. Падение уровня воды за 1—21/IX в среднем за сутки равно 1.34 см, за период 27 см. За весь период с 21 августа по 21 сентября падение равно 46 см.

Выше было уже отмечено, что водоотдача в безгумусных слоях почвы в пределах 1 м в среднем близка к 6.8% от общей водовместимости, что на 1 см падения почвенно-грунтовых вод дает величину в 0.25 мм водного слоя. Следовательно, за рассматриваемый период общий отток выразится величиной $0.25 \times 46 = 11.5$ мм. Величины притока, почвенного стока и просачивания равны нулю.

Подставляя теперь все имеющиеся величины в формулу для десукции, получаем Д = 51.9 мм, или в среднем 1.67 мм в сутки, при средней за период температуре воздуха 13.4°.

Отметим, что за период 1—21/IX уровень почвенно-грунтовой воды упал всего на 6 см глубже нижней границы исследуемой нами 150 см почвенно-грунтовой толщи; понижение же их уровня за счет оттока за это время равно 27 см. Повидимому, осадки, притекающие к зеркалу почвенно-грунтовой воды, поддерживали ее уровень на глубине 152—156 см в течение всего периода за 1—21/IX, восполняя ее расход на отток и одновременно на испарение и десукцию.

Далее, за период 21/VIII — 1/IX уровень почвенно-грунтовых вод понизился с 75 до 152 см, т. е. на 77 см, отток же самих вод мог вызвать их понижение лишь на 19 см, следовательно разница в 77—19 = 58 см вызвана восходящими токами воды от зеркала почвенно-грунтовой воды к поверхностным испаряющим слоям почвы. Отсюда испарение почвенно-грунтовой воды равно $Исп_b = 0.25 \times 58 = 14.5$ мм.

Выше мы уже указывали на всю сложность явления передвижения влаги в почвенно-грунтовой толще. Разложить это явление на составные его части и точно уловить их в отдельности не представляется пока-что возможным при обычных растянутых сроках наблюдения и недостаточной точности методов исследования. Поэтому вполне законно заключить, что улавливаемая рассматриваемым методом величина испарения почвенно-грунтовой воды, которую мы обозначаем символом $ИСП_b$, представляет собою лишь какую-то часть более точно нам неизвестного расхода почвенно-грунтовой воды на испарение. В самом деле, при близком залегании почвенно-грунтовых вод выпадающие осадки могут быстро просочиться и поднять их уровень, но вместе с тем будет продолжаться и расход почвенно-грунтовой воды на испарение и десукцию. Вполне мыслимы такие случаи, когда за сравнительно короткий промежуток времени почвенно-грунтовая вода под воздействием выпадающих осадков и испарения поднимется и опустится на одну и ту же величину. Однако при растянутых сроках наблюдения эти явления не будут уловлены; другими словами, не будут совсем уловлены, или лишь весьма слабо уловлены два явления — просачивание осадков до почвенно-грунтовой воды и расход последней на испарение. Такой случай наблюдался, например, 6—11—16/VI 1940 г., когда уровень почвенно-грунтовой воды залегал на глубине 55—56—55 см. Только при условии, когда почвенно-грунтовая вода залегает сравнительно глубоко, а выпадающие осадки почти полностью задерживаются в верхних иссушенных слоях почвы и перехватываются корнями растений, только при этом условии определяемая по нашему способу величина $ИСП_b$ близка к действительной.

2-й п р и м е р. Период 1—30/VI 1938 г. $B_0 = 508.9$ мм; $B_1 = 486.0$ мм; Ос = =46.3 мм; Исп = 15.4 мм. Грунтовые воды: 1/VI — 86 см; 10/VI — 152 см; 16/VI — 174 см; 22/VI — 145 см; 30/VI — 114 см. Средний их уровень за 1—10/VI—119 см; за 10—16/VI — 163 см; за 16—22/VI — 160 см; за 22—30/VI — 130 см.

По графику на фиг. 31 находим падение почвенно-грунтовых вод, вызванное их оттоком: за 1—10/VI оно в среднем равно 1.64 см в сутки; за 10—16/VI — 1.25 см; за 16—22/VI — 1.30 см; за 22—30/VI — 1.54 см. Умножаем эти величины на число суток соответственно для каждого периода и получаем $(1.64 \times 9 + 1.25 \times 6 + 1.30 \times 6 + 1.54 \times 9) = 44.0$ см или $0.25 \times 44 = 11.0$ мм водного слоя.

За время 1—16/VI уровень почвенно-грунтовых вод понизился на 174—86 = 88 см, падение же их за счет оттока выразилось в 22.3 см, откуда разница 88—22.3 = 65.7 см, или $0.25 \times 65.7 = 16.4$ мм водного слоя и представляет собою величину расхода почвенно-грунтовой воды на испарение и десукцию. Далее, за период 10—16/VI уровень почвенно-грунтовой воды залегал глубже нижней границы исследуемой почвенно-грунтовой толщи, т. е. ниже 150 см, и за это время он понизился глубже этой границы на 174—150 = 24 см, причем за счет о т т о к а на $1.25 \times 6 = 7.5$ см; следовательно, остальное падение 24.0 — 7.5 = 16.5 см вызвано испарением почвенно-грунтовых вод, откуда приток их в толщу нашей почвы равен $0.25 \times 16.5 = 4.1$ мм.

В течение 16—30/VI уровень почвенно-грунтовых вод неуклонно поднимался, и общий их подъем выразился в 174 — 114 = 60 см. Часть выпавших осадков была израсходована, следовательно, на поднятие почвенно-грунтовых вод до нижней границы почвы, т. е. в слое 150—174 см, влажность которого не определялась непосредственно при бурении до 150 см. Это количество осадков будет равно $0.25 \times (174—150) =$

=6 мм и выражает по условию величину просачивания (Пр), которая входит в формулу для определения десукции со знаком минус.

Подставляя все вычисленные и непосредственно наблюденные величины в формулу для десукции, получаем Д = 40.9 мм, или в среднем 1.36 мм за сутки, при средней за период температуре 12.8°.

3-й пример. Период 1 — 31/VIII 1939 г., бездождный. B_0 = 373.5 мм; B_1 = 299.9 мм; Ос = 0.9 мм; Исп = 14.3 мм. Глубина почвенно-грунтовых вод: 1/VIII — 220 см; 31/VIII — 269 см. Общее их падение за период 49 см.

Пользуясь графиком на фиг. 31, определяем падение почвенно-грунтовой воды за счет ее оттока; оно будет равно 0.95 см в сутки в среднем, а за весь период 0.95 × × 31 = 29 см, или 7.2 мм водного слоя. Падение почвенно-грунтовых вод за счет их испарения будет равно $Исп_b$ = 49 — 29 = 20 см или 0.25 × 20 = 5.0 мм водного слоя, и эта величина, очевидно, составит приток воды в почвенно-грунтовую толщу, т. е. Прт = 5.0 мм. По формуле определяем величину десукции; получаем Д = 58.0 мм, или 1.87 мм за сутки, при средней за период температуре 16.2°.

Теперь рассмотрим еще один случай, наиболее сложный, когда при перемежающихся обильных осадках уровень почвенно-грунтовых вод залегает неглубоко и в то же время сильно колеблется во времени.

4-й пример. Период 21/VII — 1/IX 1940 г. B_0 = 420.7 мм; B_1 = 423.0 мм; Ос = 122.0 мм; Исп = 22.9 мм. Почвенно-грунтовые воды: 21/VII — 137 см; 27/VII — 35 см; 2/VIII — 62 см; 11/VIII — 129 см; 19/VIII — 51 см; 21/VIII — 58 см; 26/VIII — 69 см; 1/IX — 89 см, т. е. их зеркало не выходит из толщи нашего почвенного профиля.

Сильные осадки, выпавшие в количестве 51.1 мм за время 21—27/VII, подняли уровень почвенно-грунтовых вод с 137 до 35 см и вызвали внутрипочвенный сток преимущественно в слое 40—60 см, продолжавшийся до 2/VIII и выразившийся в 4.0 мм. Осадки за период 11—31/VIII в количестве 55.4 мм также вызвали слабый внутрипочвенный сток в слое 40—60 см, величиною в 1.4 мм, продолжавшийся до 26/VIII. Поэтому все расчеты по определению величины оттока почвенно-грунтовых вод за эти периоды мы будем вести для уровней 60 см и ниже, считая, что отток для уровней 60 см и выше покажет внутрипочвенный сток.

Расчеты будут такие. Средние уровни почвенно-грунтовой воды равны: за период 21—27/VII (137 + 61) : 2 = 99 см; за период 27/VII — 11/VIII (61 + 129) : 2 = 95 см; за 11 — 21/VIII — 95 см; за 21—26/VIII (61+69) : 2=65 см; за 26/VIII —1/IX (69+ +89) : 2=79 см. Для этих средних уровней находим по графику на фиг. 31 величину падения почвенно-грунтовой воды, вызываемого их оттоком; она выразится через (1.90 × 6) + (2.00 × 15) + (2.0 × 10) + (2.44 × 5) + (2.20 × 6) = 86.8 см, откуда общий отток составит 21.7 мм.

Подставляя все найденные величины, в том числе и 5.4 мм внутрипочвенного стока в слое 0—60 см, в формулу для определения десукции, найдем, что Д = 69.7 мм, или в среднем 1.66 мм в сутки, при средней за период температуре 14.7°.

Этими примерами можно было бы и ограничиться при рассмотрении предлагаемого способа определения величины десукции, который, как видно из предыдущего, пригоден для определения этой величины при любых сочетаниях метеорологических факторов. Однако представляется интересным рассмотреть еще два случая: 1) когда уровень почвенно-грунтовой воды в течение периода наблюдений не изменяется и 2) когда уровень воды значительно колеблется, но в начале и в конце периода наблюдений он остается неизменным. Такие случаи нередко наблюдались в 1940 г. Приемы вычисления величины десукции и для этих случаев остаются те же, что и в рассмотренных выше примерах.

Условия, при которых уровень почвенно-грунтовой воды может оставаться неизменным во времени, уже были рассмотрены выше (1-й пример).

5-й пример. Уровень почвенно-грунтовой воды не изменяется во времени. Период 6 — 16/VI 1940 г. B_0 = 479.7 мм; B_1 = 473.3 мм; Ос = 18.7 мм; Исп = 4.1 мм. Уровень почвенно-грунтовой воды: 6 — 11 — 16/VI был соответственно 55 — 56 — 55 см. Внутрипочвенный сток отсутствовал. По графику на фиг. 31 находим величину оттока почвенно-грунтовых вод: 2.6 × 10 × 0.25 = 6.5 мм. По формуле величина десукции будет равна: Д = 12.8 мм, или 1.28 мм в сутки, при среднесуточной температуре 9.7°.

6-й пример. Уровень почвенно-грунтовой воды изменяется во времени, но в начале и в конце периода он неизменен; Период 6/VIII — 6/IX 1940 г. B_0 = 422.9 мм; B_1 = 419.4 мм; Ос = 70.2 мм; Исп = 14.5 мм. Уровень почвенно-грунтовой воды: 6/VIII — 99 см; 11/VIII — 129 см; 19/VIII — 51 см; 21/VIII — 58 см; 26/VIII — 69 см; 1/IX — 89 см; 6/IX — 98 см.

Этот пример, как видим, сильно отличается от предыдущего, ибо если в 5-м примере уровень почвенно-грунтовой воды не изменялся в течение короткого периода (6—16/VI), то в 6-м примере он за месячный срок претерпел значительные колебания.

Отток почвенно-грунтовой воды за рассматриваемый период мы вычислили по графику на фиг. 31 двояко: во-первых, обычным путем, т. е. с учетом изменяющегося уровня воды, и, во-вторых, при допущении, что начальный уровень воды (99 см) оставался неизменным до конца периода. В первом случае величина оттока будет равна 15.5 мм, а во втором 14.5 мм.

При вычислении величины десукции в первом случае, т. е. при изменяющемся уровне почвенно-грунтовой воды, в формулу десукции должна быть введена величина стока (1.4 мм), как это было сделано выше, в 4-м примере; во втором же случае, т. е. при допущении, что уровень воды в течение месяца как бы не изменялся и оставался равным 99—98 см, в формулу десукции величина стока не вводится, так как при таких уровнях воды (99—98 см) сток в слое 0—60 см, очевидно, должен отсутствовать.

Вычисления дают такие величины десукции: для первого случая $Д_1$ = =42.4 мм, или 1.37 мм/сутки; для второго случая $Д_2$=42.7 мм, или 1.38 мм/сутки, при средней за период температуре воздуха, равной 14.0°. Совпадение величин получилось идеальное.

Казалось бы, что дробное, по пятидневкам, вычисление величины оттока почвенно-грунтовой воды можно было бы заменить вычислением, общим за весь период, с учетом уровня воды лишь в начале и в конце периода. Однако это было бы неправильно, и вот по каким соображениям: при дробном вычислении представляется возможность уловить величины просачивания (Пр) и величины испарения почвенно-грунтовой воды ($Исп_в$); при вычислении же за весь период, минуя промежуточные, эти важные величины не будут уловлены совсем, если уровень почвенно-грунтовой воды в начале и в конце периода наблюдений не изменяется.

Интересно отметить, что внутрипочвенный сток начинался как раз в тот день, когда по данным кол. 11 уровень почвенно-грунтовых вод поднимался выше 60 см и заканчивался с их опусканием ниже 60 см. Следовательно, в данном случае уровень воды в кол. 11 отображал истинный уровень почвенно-грунтовой воды на стоковой и балансовой площадках, хотя этот смотровой колодец и расположен вдали от них (но в одинаковых условиях по рельефу и растительности).

На этом мы закончим рассмотрение способа определения величины десукции корневыми системами древостоя на площадке № 1. В виде итога все вычисленные величины десукции за все 4 года наблюдений по периодам сведены в одну таблицу (табл. 76). Определяющим моментом для установления этих периодов мы считаем температуру воздуха; последняя должна слабо колебаться в течение каждого периода и в то же время служить для него отличительным признаком.

Из этой таблицы нетрудно видеть, что, во-первых, испарение грунтовой воды закономерно уменьшается с глубиной. К этому выводу давно уже пришли на основании изучения скорости капиллярного подъема в почвах и грунтах, а также путем постановки специальных опытов, из которых следует отметить опыты Н. И. Басалаева (1936) и Б. С. Конькова (1938). В нашем случае нас интересует конкретная количественная сторона этого

Таблица 76

Величины десукции древостоем сложного сельника на площадке № 1 (в мм водного слоя)

Периоды	Запас влаги: в начале периода (B_1)	Запас влаги: в конце периода (B_2)	Осадки (Ос)	Испарение (Исп)	Колебания уровня почвенно-грунтовых вод (см)	Отток почв. грунт. вод (Отт)	Внутрипочвенный сток в слое 0—60 см (Ст)	Просачивание ниже осадкой грубое 150 см (Пр)	Испарение почв.-грунт. вод ($Исп_g$)	Приток почв.-грунт. вод (Пгр)	Десукция: за период	Десукция: за сутки	Средняя за период температура воздуха °С
1937 г.													
21/VIII—20/IX	446.5	399.2	23.2	7.1	75—152—156	11.5			14.5		51.9	1.67	13.4
21/IX—10/X	399.2	406.5	16.2	3.2	156—157	6.7			—	—	—1.0	0.0	8.1
1938 г.						7.0			6.5		11.7	1.06	11.5
21/V—31/V	532.3	508.9	1.2	5.9	32—86	11.0		6.0	16.3	4.1	40.9	1.36	12.8
1/VI—30/VI	508.9	486.0	46.3	15.4	86—174—114	9.7		1.5	13.7	7.0	130.6	4.21	19.8
1/VII—31/VII	486.0	397.5	67.2	20.9	114—199—193—210	6.5		0.5	3.5	3.5	61.5	2.37	17.5
1/VIII—27/VIII	397.5	324.4	9.1	17.2	210—208—243	4.7			1.5	1.5	34.6	1.73	17.0
28/VIII—15/IX	324.4	293.4	16.6	9.8	243—266	5.0			0.0	—	4.2	0.14	8.2
16/IX—15/X	293.4	298.4	19.7	5.5	266—286								
21/V—15/X (148 суток)	532.3	298.4	160.1	74.7	32—174—114—286	43.9	—	8.0	41.5	16.1	283.5	1.94	14.6
1939 г.													
16/V—10/VI	489.4	481.7	38.6	11.5	35—47	18.7			—	—	16.1	0.62	11.8
11/VI—30/VI	481.7	417.2	6.8	13.1	47—172	9.0			22.3	3.6	52.8	2.64	16.7
1/VII—31/VII	417.2	373.5	40.1	19.8	172—178—162—220	8.7		4.0	3.3	3.3	54.6	1.76	17.2
1/VIII—31/VIII	373.5	299.9	0.9	14.3	220—269	7.2			5.0	5.0	58.0	1.87	16.2
1/IX—20/IX	299.9	277.8	2.2	6.3	269—279	2.5			—	—	15.5	0.74	8.5
21/IX—20/X	277.8	295.8	26.8	3.8	279—303	6.0			—	—	—1.0	0.0	1.2
16/V—20/IX (128 суток)	489.4	277.8	88.6	65.0	35—172—162—279	46.1	—	4.0	30.6	11.9	197.0	1.54	14.4
1940 г.													
26/V—20/VI	480.7	474.7	49.5	14.3	55—71	16.1	—	—	—	—	25.0	0.96	10.0
21/VI—20/VII	474.7	420.7	55.9	22.7	71—187—137	10.8	—	9.2	21.5	5.0	72.2	2.41	17.7
21/VII—31/VIII	420.7	423.0	122.0	22.9	137—35—129—58—89	21.7	5.4	—	18.0	—	69.7	1.66	14.7
1/IX—20/IX	423.0	452.2	63.6	5.7	89—103—22—23	10.7	14.8		—	—	3.2	0.16	11.2
26/V—20/IX (118 суток)	480.7	452.2	291.0	65.6	55—187—137—35—129—58—89—103—23	59.4	20.2	9.2	39.5	5.0	170.1	1.44	12.1

явления и его удельный вес в общем испарении поверхностными слоями почвы. Как отмечено выше, получаемые нашим способом величины испарения почвенно-грунтовой воды следует рассматривать как нижний предел, как минимум, могущий значительно отличаться от действительной величины испарения почвенно-грунтовой воды. Удельный вес этой величины в общем испарении (Исп+Д) невелик и колеблется от 11 до 17%. В основном десукция и испарение почвой происходят за счет запаса влаги в почве и выпадающих осадков, возвращающихся обратно в атмосферу, прежде чем они достигнут уровня почвенно-грунтовых вод.

Во-вторых, в общем довольно ясно прослеживается прямая корреляционная связь между величинами десукции, с одной стороны, и величинами запаса влаги в почве и температуры воздуха — с другой. На основании наших немногих данных, конечно, невозможно установить строгую математическую зависимость между этими явлениями. Но и большой цифровой материал едва ли приведет к решению вопроса, ибо величина десукции зависит не только от указанных двух основных, но и от других факторов, как, например, ветер, сила которого весьма изменчива во времени и пространстве. Решение же вопроса о нахождении математической кривой зависимости даже величины физического испарения из почвы (не говоря уже о десукции) от многих переменных сопряжено с огромными трудностями и дается пока лишь для некоторых частных случаев.

В связи с определением величины десукции возникают два вопроса. Выше уже отмечалось, что между величинами десукции и транспирации можно поставить знак равенства, основанием чему является ничтожная величина расхода влаги на ассимиляцию ее растениями по сравнению с расходом влаги на транспирацию (Н. А. Максимов, 1941). Отсюда вытекает такое следствие: определение величины десукции можно, следовательно, заменить определением величины транспирации, и наоборот. Этот вывод справедлив, но лишь для случая, когда явление наблюдается в течение больших промежутков времени, для коротких же периодов между величинами десукции и транспирации могут получаться значительные расхождения. В самом деле, известно, что в дневные часы жаркого дня расход влаги растениями на транспирацию бывает настолько велик, что он не компенсируется притоком ее из почвы через корневую систему. По этой причине растение вынуждено терять влагу своих клеток, тургор которых сильно падает. В ночные часы, при резком уменьшении транспирации, растение в той или иной степени восстанавливает тургор своих клеток за счет влаги, усиленно всасываемой из почвы. Это явление особенно отчетливо наблюдается у некоторых сельскохозяйственных культур. Вполне мыслимы такие случаи, когда в течение сравнительно длительных засушливых периодов корнеобитаемый слой почвы настолько сильно иссушается, что большие транспирационные расходы влаги растением в дневные часы не компенсируются даже в ночные часы. Тогда наступает момент, начиная с которого в водном балансе растения будет образовываться устойчивый дефицит, постепенно возрастающий с течением времени. В наступивший затем влажный период растение начнет усиленно десукцировать влагу из почвы, пока не восстановит полностью тургор своих клеток.

Следовательно, для засушливых периодов величина транспирации будет больше величины десукции, а для последующих за ними влажных периодов, наоборот,— величина десукции больше величины транспирации. В общем же, за весь вегетационный период, если только водный баланс растения не сильно отрицательный, величину десукции можно приравнять к величине транспирации.

Второй вопрос касается влияния осадков, задержанных кронами древесной растительности, на величину десукции, определяемой по предлагаемому способу. В табл. 76 приведены величины тех осадков, которые проникают под полог леса, и не учитываются осадки, задержанные кронами деревьев. Последние же для условий заповедника составляют в среднем около 30% от общей суммы осадков, выпадающих над лесом. Спрашивается, влияют ли осадки, задержанные на кронах, на интенсивность транспираций, и если влияют, то в какой степени?

На этот вопрос мы находим ответ у академика Н. А. Максимова (1941), который считает, что растение всасывает воду не только специально приспособленной для этого корневой системой, но и своими листьями, если последние смочены дождем или росой. «Однако это всасывание,— пишет Максимов,— не играет существенной роли в общем водном хозяйстве растения. Количества всосанной надземными органами воды всегда оказываются крайне незначительными по сравнению с общим количеством расходуемой воды, и к тому же, благодаря смачиванию кутикулы, всосанная таким образом вода не только сама легко испаряется обратно, но может и вообще усилить расходование растением воды» (стр. 72).

Таким образом, осадки, задержанные кронами растений и не учитываемые в формуле десукции, не могут повлиять на результат вычисления величин десукции.

В табл. 76 приведены величины десукции почти за весь вегетационный период. В связи с этим уместно поставить такой вопрос: с какими климатическими показателями связано установление длительности вегетационного периода? Обычно принято считать началом и концом вегетационного периода переход среднесуточных температур воздуха через +5°С. Однако, по данным Селянинова (Мировой агро-климатический справочник, 1937), подведшего итоги всем имеющимся сведениям по этому вопросу, эти показатели можно отнести преимущественно к культурным растениям. Для большинства же дикорастущих растений, в том числе и древесных, начало и конец вегетационного периода связан с установлением устойчивой среднесуточной температуры воздуха, близкой к 10°С. «Дружное наступление весны на севере, повидимому, можно отождествлять с зазеленением и цветением березы, что в Ленинграде, по наблюдениям Г. Э. Шульца, приходится на 10—11 мая, или на температуру 8.2—8.4°; в Москве, по наблюдениям Сироткина, опубликованным Здановским, цветение березы приходится на 9 мая, или на температуру 10°, распускание же почек дуба, чрезвычайно характерное явление северной весны, отмечено 11 мая, или при температуре 10°» (стр. 9). И далее (стр. 12):

Средняя температура зазеленения леса в Сибири:

Иркутск, 16/V	8.1°	Енисейск, 23/V . . .	9.1°
Троицкосавск, 13/V .	9.3°	Благовещенск на Амуре, 13—16/V .	9.9°
Ачинск, 23/V	9.9°		

Признаком конца вегетационного периода можно считать пожелтение леса и начало листопада. «В Ленинграде, по Кайгородову, пожелтение леса приходится на 18 сентября, т. е. на температуру 10.0°».

«Германские фенологи Гофман и Инэ отождествляют начало осени или конец ассимиляции с полным изменением цвета листвы, и для Гиссена дают соответствующие даты (по Поггенполю) от 10 до 18 октября, что соответствует температуре от 8 до 9°» (стр. 14).

Таким образом, без особой погрешности можно принять, что в условиях заповедника вегетационный период для дикорастущих растений в ассоциации сложного ельника и сфагново-черничного ельника начинается и кончается с установлением среднесуточной температуры воздуха 8—10° С.

Основываясь на этом, мы попытались подсчитать величину десукции для сложного ельника за полный вегетационный период.

По данным лесной метстанции заповедника, в 1938 г. в течение 1—12/V среднесуточная температура воздуха колебалась около +5° и лишь с 13/V она установилась около 10° и выше, поэтому этот день можно принять за начало вегетационного периода. За период 13—20/V 1938 г. среднесуточная температура воздуха равнялась 13.8°, что дает основание принять десукцию за этот промежуток времени равной той, которая вычислена для периода 21—31/V, т. е. 1.06 мм в сутки, и тогда суммарная величина десукции за вегетационный период 1938 г. (13/V — 15/X) выразится в 283.5+ +(1.06×8)=292.0 мм или 1.87 мм в сутки.

В 1939 г. за период 1—15/V температура ≈3.7°; следовательно, вегетации не было, и суммарная величина десукции останется равной 197.0 мм или 1.54 мм в сутки.

В 1940 г. внесение поправки потребуется лишь для 11—25/V с температурой 11.5°; она будет равна 0.96 ×15=14.4 мм. За третью же декаду сентября и первую декаду октября средняя температура была соответственно 7.8° и 5.0°, поэтому поправки на эти периоды не вводятся. Таким образом, суммарная величина десукции за вегетационный период 1940 г. (11/V—20/IX) будет равна 170.1+14.4=184.5 мм, или 1.39 мм в сутки. Итак,

В 1938 г. за вегетационный период	13/V — 15/X (156 суток)	Д = 292.0 мм
» 1939 » » » »	16/V — 20/IX (128 суток)	Д = 197.0 мм
» 1940 » » » »	11/V — 20/IX (133 суток)	Д = 184.5 мм.

Чтобы закончить рассмотрение вопроса о десукции сложным ельником, нам необходимо остановиться еще на сравнении величин десукции, полученных по методу изолированных площадок и по нашей формуле.

В течение июля — августа 1940 г., как уже отмечено выше, десукция определялась нами по методу изолированных площадок, которые были специально заложены для этого около водно-балансовой площадки № 1. На этих площадках была одна древесная порода — ель, без всякого широколиственного подлеска, что давало возможность определить величину десукции корнями одного лишь елового древостоя. Ниже приводятся данные, полученные по этому методу, и для сравнения с ними величины десукции, вычисленные по формуле:

	1940 г., 2/VII — 27/VIII Десукция (мм) Сумма	За сутки	%
По методу изолированных площадок .	86.0	1.54	79
По формуле десукции	108.8	1.94	100

Наблюдаемое расхождение вполне законно, ибо по методу изолированных площадок определялась десукция лишь одним еловым древостоем, а по нашему способу — десукция корневыми системами всех древесных пород в ассоциации сложного ельника с его обильным широколиственным подлеском. Естественно поэтому полученную среднесуточную разницу в 1.94—1.54=0.40 мм отнести на счет десукции подлеска.

Попытаемся теперь произвести вычисления величин десукции еловым древостоем сфагново-черничного ельника на площадке № 2.

Пользуясь тем же способом, как и в случае площадки № 1, установим закономерность падения почвенно-грунтовых вод под влиянием их оттока на различных глубинах. Зимой 1941 г. в периоды без оттепелей

Величины десукции древостоем сфагново-черничного

Периоды наблюдений	Запас влаги		Осадки (Ос)	Испарение (Исп)	Колебания уровня почвенно-грунтовых вод
	в начале периода (B_0)	в конце периода (B_1)			
1939 г.					
11/VI—30/VI	547.9	486.0	8.1	13.8	28—47—88—134—152
1/VII—31/VII	486.0	463.7	48.2	19.3	152—110—112—152—181
1/VIII—6/IX	463.7	411.7	2.1	14.4	181—198—214—231
6/IX—20/IX	411.7	396.2	2.6	4.3	231—237
11/VI—20/IX (102 суток)	547.9	396.2	61.0	51.8	28—152—110—152—237

наблюдалось следующее падение почвенно-грунтовых вод: 1—26/I с 37 до 88 см, или на 1.96 см в сутки; 1—28/II с 95 до 135 см, или на 1.43 см в сутки.

Чтобы получить третью точку, необходимую для вычерчивания кривой, определяющей характер искомой связи, возьмем бездождный период засушливого лета в 1939 г., когда почвенно-грунтовые воды упали на значительную глубину. Таким периодом является период 1—20/IX, когда выпало всего 3.0 мм осадков, а уровень почвенно-грунтовых вод понизился с 224 до 239 см. Выше, на основе анализа динамики влажности почвы на площадке № 1 было установлено, что предельная высота капиллярного поднятия влаги в почвенно-грунтовой толще наших площадок близка к 210—230 см. Учитывая, что главная масса корней е л о в о г о древостоя на площадке № 2 расположена в слое 0—25 см, можно считать, что понижение почвенно-грунтовых вод на этой глубине за счет десукции корнями елей, по всей вероятности, ничтожно мало или совсем отсутствует. Это подтверждается также и данными послойной влажности, наглядно изображенными на фиг. 17: влажность верхнего слоя близка к «влажности разрыва капилляров». Поэтому без особых погрешностей допустимо принять, что падение почвенно-грунтовых вод за период 1—20/IX 1939 г. происходило под воздействием их оттока. Отсюда среднесуточная величина оттока почвенно-грунтовых вод на глубине 224—239 см выразится в 0.75 см.

Кривая, изображающая связь закономерного падения почвенно-грунтовых вод с их глубиной под влиянием собственного оттока, представлена на фиг. 31.

Описанным выше способом были произведены вычисления десукции корнями елового древостоя на площадке № 2 за неполный вегетационный период лишь в 1939 г. Данные приведены в табл. 77.

Сравнение данных по десукции за период 11/VI—20/IX 1939 г. для площадок № 1 и № 2 показывает, что сфагново-черничный ельник израсходовал влаги на десукцию заметно меньше, чем сложный ельник, а именно: 141.4 мм против 180.9 мм. Следовательно, десукция на площадке № 2 составляет 79% от десукции на площадке № 1.

Это соотношение величин десукции полностью совпадает с тем соотношением, которое получилось при сопоставлении величин десукции одним еловым древостоем на площадке № 1 и всем древесным насаждением сложного ельника.

Таблица 77

ельника на площадке № 2 (в мм водного слоя)

Отток почв.-грунт. вод (Отт)	Просачивание осадков глубже 150 см (Пр)	Испарение почв.-грунт. вод ($Исп_в$)	Приток почв.-грунт. вод (Прт)	Десукция		Средняя за период темпер. воздуха °С
				за период	за сутки	
8.6	—	22.8	—	47.6	2.38	16.7
9.4	—	11.3	4.5	46.3	1.49	17.2
7.5	—	4.3	4.3	36.5	1.02	16.2
2.8	—	—	—	11.0	0.73	8.5
28.3	—	38.4	8.8	141.4	1.39	

$$\frac{\text{Д елового древостоя на пл. № 1}}{\text{Д сложного ельника на пл. № 1}} = \frac{\text{Д елового древостоя на пл. № 2}}{\text{Д сложного ельника на пл. № 1}} = \frac{79}{100}$$

Отсюда вытекает следующее заключение:

Во-первых, полное совпадение относительных величин десукции, полученных различными способами, может служить в известной мере показателем того, что вычисленные суммарные величины десукции для наших ельников за вегетационный период различных лет близки к действительным.

Во-вторых, точность самого способа определения десукции по предложенной формуле близка к точности метода изолированных площадок, поэтому способ определения десукции по формуле может быть применен в таежно-подзолистой зоне в тех случаях, когда осуществляется весь комплекс перечисленных выше наблюдений над водным режимом лесных подзолистых почв и если по тем или иным причинам не представляется возможности определять десукцию прямыми методами, или методом изолированных площадок.

В-третьих, еловый древостой на заболоченной площадке № 2 десукцирует, повидимому, столько же, сколько на незаболоченной площадке № 1. В этом нет ничего невероятного, если учесть, что на площадке № 1 ель I бонитета и имеет возраст 90—100 лет, а на площадке № 2 ель I + II бонитета и возраст ее 80 лет. Вопрос мог бы быть решен более полно, если бы мы располагали сравнительными данными за целый ряд лет по суммарным величинам десукции, а также данными по суммарной поверхности хвои для елового древостоя на обеих площадках. Но и полученные сравнительные данные по десукции за один вегетационный период являются довольно показательными и заслуживающими того, чтобы на них обратить внимание.

В-четвертых, если на еловый древостой в сложном ельнике приходится около 80% от общей суммы десукции, то остальные 20% должны падать на широколиственный подлесок и, возможно, на разницу, обусловленную различной десукцирующей способностью ели и второго компонента древостоя в сложном ельнике — осины. Но так как подлесок распространен под пологом сложного ельника довольно равномерно, то отсюда сам собою напрашивается такой вывод: десукцирующая способность осины, повидимому, довольно близка к десукцирующей способности ели.

Последний вывод находится в противоречии с данными, имеющимися в литературе по вопросу о транспирационной способности различных древесных пород. Но и в литературе по этому вопросу до сих пор еще не установилось единого мнения. Разные авторы дают различные ряды, причем интересующая нас порода — ель занимает в этих рядах то первые, то средние, но чаще всего последние места (Г. Ф. Морозов, 1926). Так, например, Вольни считал, что хвойные леса по количеству расходуемой ими влаги на транспирацию стоят на первом месте, а лиственные леса — на втором (К. Д. Глинка, 1931). Клаубрехт на основании своих опытов приходит к обратному заключению: хвойные породы, а из них в особенности ель, по испарению влаги стоят на последнем месте (Морозов, 1926, стр. 108). По Гартигу получается такой ряд:

граб > сосна > береза > лиственница > осина > ель.

Гёнель (Höhnel) на основании измерений десукции прямым методом при помощи саженцев различных древесных пород в возрасте 5—6 лет дает такой ряд:

ясень > береза > бук > дуб > клен > ель > сосна > пихта.

Все эти разногласия станут понятны, если учесть, что прямых определений величин транспирации и десукции древесной растительностью не имеется, а все имеющиеся данные получены различными косвенными путями (за исключением ряда Гёнеля), причем для различных по своему географическому положению пунктов, главным образом для условий Западной Европы.

В своей работе о подзолообразовательном процессе А. А. Роде (1937) приводит значительный цифровой материал по интересующему нас вопросу, часть которого мы используем для сравнения с полученными нами данными по десукции ели.

Так, Бургер (Burger) определяет величины транспирации для бука в 207—230 мм, для ели 190—224 мм. Олкерс (Oelkers) вычисляет величину транспирации, вычитая из осадков величины стока, испарения почвой и задержания осадков кронами, полученные различными авторами. Параллельно он вычислял ее и по Гёнелю, пользуясь своими данными о количестве листвы. Вот эти величины транспирации за вегетационный период (153 дня):

	По разности	По Гёнелю
Пихта	214	214
Ель	214	222
Бук	237	245
Лиственница	252	252
Береза	198	191
Дуб	184	184
Осина	161	168
Черная ольха	153	176
Сосна	138	107

Эти выводы говорят, во-первых, о хорошем совпадении данных, полученных различными путями; во-вторых, о том, что величины транспирации различных древесных пород колеблются не в таких уж больших пределах, если исключить отсюда сосну; в-третьих, ель занимает не последнее, а одно из первых мест в этом ряду.

Новейшие данные по транспирации сосны, полученные А. А. Молчановым (1948) методом водного баланса при его исследованиях водного режима в Московской области, резко расходятся с данными, приведенными

в ряду Олкерса. Данные Молчанова интересны еще и в том отношении, что они подчеркивают зависимость расхода влаги на транспирацию сосны от ее возраста, полноты древостоя и метеорологических факторов. Вот эти данные.

Характеристика соснового древостоя	Транспирация древостоя (мм) за период май — октябрь		
	1946 г.	1947 г.	Среднее
Сосна 33 лет, полнота 1.0	342	401	371
» 60 » » 0.9	235	255	245
» 150 » » 1.0	176	186	181
» 60 » » 0.4	—	165	—

Большую разницу в расходах влаги на транспирацию сосны в различном ее возрасте Молчанов объясняет (и совершенно справедливо) неодинаковым количеством хвои: запас свежей хвои у сосны 33-летнего возраста равен 19, у 60-летнего возраста —12, у 150-летнего возраста —9 т/га. Как видим, между запасами хвои и расходом влаги на транспирацию строго выдерживается прямая зависимость.

Приведенные выше данные подчеркивают лишь тот факт, что ряды Вольни, Гартига, Гёнеля, Олкерса и других исследователей составлены, повидимому, на основании не только собственных, но и разрозненных литературных материалов, причем сама методика определения была различна. Отсюда становятся понятны и отмеченные выше противоречия. Вполне сравнимый материал по транспирации различными древостоями может быть получен лишь при условии применения одного и того же метода определения, в одних и тех же физико-географических условиях и для одних и тех же периодов наблюдения.

Если принять все же, что в приведенном выше ряду Олкерса соотношения между величинами транспирации различных древесных пород близки к действительным, то значительное участие осины в составе елового насаждения на площадке № 1 должно уменьшать его десукцию по сравнению с чистым еловым насаждением той же полноты, возраста и бонитета. А поэтому величины десукции, полученные на площадке № 1, не будут преувеличенными, если их принять и для более чистых ельников I бонитета, типа *Piceetum compositum*, встречающихся на слабо и среднеподзолистых суглинистых почвах в районе заповедника. Данные же, относящиеся к площадке № 2, могут дать представление о десукции заболоченных чистых ельников, со слабо развитым широколиственным подлеском.

Таким образом, для условий Центрального лесного заповедника величина десукции корнями елового древостоя за вегетационный период, в зависимости от погодных условий, местоположения и соответствующего насаждения может колебаться в пределах 150.0—290.0 мм, а в среднем она, повидимому, близка к 220.0 мм.

В своих работах на Молого-Шекснинском междуречье (1937), пользуясь подобным же, но более упрощенным способом, мы получили для елового леса с значительной примесью березы величину транспирации в 204—215 мм за вегетационный период исключительно дождливого 1935 г. (стр. 225). Эта величина заметно выше величины десукции древостоя сложного ельника в Заповеднике (184.5 мм), полученной тоже для исключительно дождливого 1940 г. Объяснить это расхождение можно несколькими причинами: прежде всего тем, что вегетационный период 1935 г. на р. Шексне был более теплым и продолжительным (150 дней), чем в 1940 г. в Заповеднике; во-вторых, составом древостоя на междуречье; в-третьих, местоположением опытных площадок: в то время как на междуречье площадка распо-

лагалась недалеко от опушки леса, площадка № 1 в заповеднике была расположена в глубине леса, следовательно, доступность каждой из этих площадок для ветров была различна, значение же ветра как фактора, способствующего испарению, общеизвестно.

Сравним теперь данные по десукции еловым древостоем, полученные в заповеднике и на р. Шексне, т. е. в условиях Восточной Европы, с данными по транспирации для условий Западной Европы.

	Транспирация ели за вегетационный период
Лесной заповедник	150—290 мм, в среднем 220 мм
Река Шексна	204—215 » » » 210 »
По Бургеру (Burger)	190—224 » » » 207 »
По Олкерсу (Oelkers)	» » » 214 »
По Гёнелю (Höhnel)	» » » 222 »

Как видим, эти средние данные довольно близки между собою, несмотря на различие способов их определения и географических условий, в которых они были получены. Можно думать поэтому, что средняя величина десукции елью в 210—220 мм является довольно устойчивой величиной для средних широт Европы.

Едва ли то же самое можно сказать в отношении лиственных пород, как о том можно судить по некоторым имеющимся в литературе материалам. Так, по Гёнелю, граб и бук испаряют примерно одинаково (Г. Ф. Морозов, 1926). Выше, в ряду Олкерса, за вегетационный период в 153 дня бук испарил около 240 мм. По данным же И. И. Рада (1938) древостой грабового насаждения (0.8 граба и 0.2 ясеня), расположенного в Винницкой области (Украина), десукцировал 354 мм за вегетационный период в 152 дня, т. е. намного больше, чем бук за то же время в условиях Мариабрунской лесной опытной станции в Западной Европе.

Из анализа наших данных по испарению и десукции ели в заповеднике явствует, что для понимания причин колебаний этих основных статей расхода влаги из почвы необходимо учесть все главные условия, влияющие на процесс испарения почвой, травянистой растительностью и древостоем. В отношении древесных пород интересные данные получил Гёнель, который обнаружил, что ясень при минимуме поливки испаряет на 100 г сухого вещества листьев 55 кг, а при максимуме — уже 98 кг. «Этот факт,— пишет Г. Ф. Морозов,— показывает, что испарение есть процесс не только физический, но и физиологический, который регулируется растением» (1926, стр. 111).

На основании всего вышеизложенного можно заключить, что величина десукции тем или иным древостоем сильно колеблется во времени, в зависимости от метеорологических условий. Следовательно, средними величинами десукции при составлении водного баланса какого-либо конкретного года пользоваться нельзя.

Водный баланс лесных почв за вегетационные периоды

Наличия данных по десукции еще не совсем достаточно, чтобы составить водный баланс для лесных почв: необходимо иметь также данные по притоку влаги в почву из глубоких слоев и оттоку из нее влаги в глубокие слои.

Пользуясь тем же способом, который был применен для определения величины десукции, можно получить приближенные величины притока и оттока влаги для корнеобитаемого слоя наших лесных почв. В самом деле, установлено, что падение уровня почвенно-грунтовых вод вызывается двумя главными причинами — испарением их почвой и растительностью и оттоком самих почвенно-грунтовых вод. Имея данные по колебанию уровня почвенно-грунтовых вод и пользуясь графиком на фиг. 31, можно вычислить величину оттока влаги. После выхода почвенно-грунтовых вод из толщи исследуемой почвы определение оттока из нее влаги описанным способом становится уже менее точным; по мере опускания зеркала почвенно-грунтовых вод точность определения, очевидно, падает все больше и больше, ибо из данного слоя, в зависимости от количества осадков, будет стекать воды то больше, то меньше.

Приток влаги в 85 см слой почвы из более глубоких слоев происходит прежде всего в силу капиллярного подтягивания, вызываемого испарением и десукцией. При помощи описанного выше способа можно определить приток почвенно-грунтовой воды в слой 0—85 см, когда уровень ее залегает глубже 85-см: та часть почвенно-грунтовой воды, расход которой не оправдывается ее оттоком, очевидно, подтягивается к верхним испаряющим слоям почвы, где и расходуется на испарение и десукцию. Во-вторых, этот приток может быть вызван также подъемом почвенно-грунтовых вод в силу гидростатического давления на них выпавших осадков, задержанных в то же время полностью почвенным слоем: та часть почвенно-грунтовых вод, которая вступила в нижнюю часть почвенного профиля, составит, очевидно, приток воды из глубоких слоев. Определить подобный приток можно, повидимому, только из сравнения запасов влаги в начале и в конце данного периода наблюдений с учетом всех других известных статей водного баланса. Эти количества воды как в первом, так и во втором случаях, можно принять как минимальные для выражения величины притока.

Мы считаем, что так составленный водный баланс почвы под лесом может представить известный интерес, давая материал для выявления характерных черт изучаемых почв.

Такой баланс для наших почв приводится в табл. 78 и 79.

Таблица 78

Водный баланс верхнего 85-см слоя торфянистого подзола на площадке № 2 за вегетационный период (в мм водного слоя)

Период наблюдений	Запас влаги в начале периода (B_1)	Приход		Расход			Запас влаги в конце периода (B_2)	Уровень почвенно-грунтовых вод (см)
		осадки (под пологом леса)	приток	испарение (почв. и трав. раст.)	десукция	отток		
1939 г.								
16/V—10/VI	345.5	40.6	—	14.1	12.8	17.9	341.3	18—22—18—21—28
11/VI—30/VI	341.3	8.1	12.0	13.8	45.8	6.6	295.2	44—90—134—152
1/VII—31/ VII	295.2	48.2	11.3	19.3	46.3	5.2	283.9	152—110—152—181
1/VIII—6/IX	283.9	2.1	5.1	14.4	36.5	—	240.2	181—198—231
6/IX—20/IX	240.2	2.6	8.8	4.3	11.0	—	236.3	231—237
16/V—20/IX	345.5	101.6	37.2	65.9	152.4	29.7	236.3	18—44—152—110—237
1940 г.								
16/V—20/IX	353.2	248.8	8.0	76.0	141.7	49.4	343.9	21—128—58—72—37—13

Таблица 79

Водный баланс верхнего 85 см слоя дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1 (сложный ельник) за вегетационный период (в мм водного слоя)

Период наблюдений	Запас влаги в начале периода ($в_1$)	Приход: осадки (под пол. леса)	Приход: приток	Расход: испарение (почв. и трав. раст.)	Расход: десукция	Расход: отток: сток: поверхность	Расход: отток: сток: в слое 0—60 см	Расход: отток: отток прочий (просачивание)	Расход: отток: всего отток	Запас влаги в конце периода ($В_1$)	Уровень почвенно-грунтовых вод (см)
1938 г.											
16/V—31/V	358.7	1.2	—	10.3	17.0	?	?	?	34.0	298.6	17—32—86
1/VI—30/VI	298.6	46.3	16.3	15.4	40.9	—	—	—	23.9	281.0	86—174—114
1/VII—31/VII	281.0	67.2	29.5	20.9	130.6	—	—	—	—	226.2	114—199—210
1/VIII—26/VIII	226.2	9.1	9.5	17.2	61.5	—	—	—	—	166.1	210—243
27/VIII—15/IX	166.1	16.6	16.0	9.8	34.6	—	—	—	—	154.3	243—266
16/IX—15/X	154.3	19.7	7.7	5.5	4.2	—	—	—	—	172.0	266—286
16/V—15/X	358.7	160.1	79.0	79.1	288.8	—	—	—	57.9	172.0	17—174—286
1939 г.											
16/V—10/VI	294.8	38.6	—	11.5	16.1	?	?	?	14.2	291.6	35—47
11/VI—30/VI	291.6	6.8	19.2	13.1	52.8	—	—	—	3.0	248.7	47—172
1/VII—31/VII	248.7	40.1	3.3	19.8	54.6	—	—	—	7.4	210.3	172—220
1/VIII—31/VIII	210.3	0.9	18.7	14.3	58.0	—	—	—	—	157.6	220—269
1/IX—20/IX	157.6	2.2	3.7	6.3	15.5	—	—	—	—	141.7	269—279
16/V—20/IX	294.8	88.6	44.9	65.0	197.0	—	—	—	24.6	141.7	35—172—279
1940 г.											
16/V—25/V	307.9	11.0	—	6.0	9.6	—	3.1	10.3	13.4	289.9	19—55
26/V—20/VI	289.9	49.5	8.7	14.3	25.0	—	9.2	50.4	16.1	292.7	55—71
21/VI—20/VII	292.7	55.9	14.9	22.7	72.2	—	9.2	50.4	15.4	253.2	71—187—137
21/VII—31/VIII	253.2	122.0	7.9	22.9	69.7	—	9.2	50.4	28.1	262.4	137—35—129—89
1/IX—20/IX	262.4	63.6	—	5.7	3.2	1.0	13.8	19.3	34.1	283.0	89—103—23
16/V—20/IX	307.9	302.0	31.5	71.6	179.7	1.0	26.1	80.0	107.1	283.0	19—71—187—35—129—23

Величины десукции для площадки № 2 за период 16/V—10/VI 1939 г. и за весь вегетационный период в 1940 г. получены вычислением по данным для десукции на площадке № 1. Основанием для этого является установленное для 1939 г. соотношение величин десукции чистым сфагново-черничным ельником и сложным ельником, равное 79 : 100.

Просматривая данные табл. 78 и 79, нетрудно видеть, что, во-первых, десукция древесной растительностью в 2—3 раза больше, чем испарение почвой и травянистой растительностью под пологом леса. Во-вторых, на обеих лесных площадках в течение вегетационного периода засушливых 1938 и 1939 гг. приток заметно больше оттока, т. е. наблюдается явное преобладание восходящих токов влаги в почве над нисходящими; в дождливое же лето 1940 г. картина получилась совершенно обратная, причем разность между величинами притока и оттока гораздо выше, чем в 1938 и 1939 гг. Корреляционная связь этих величин с осадками, испарением и десукцией вполне очевидна.

Для удобства сравнения всех приходо-расходных статей водного баланса лесных почв за вегетационный период выразим их в процентах от осадков, проникших под полог леса (табл. 80).

Таблица 80

Приходо-расходные статьи водного баланса верхнего 85-см слоя в лесных подзолистых почвах (в % от осадков)

Почва	Год	Период наблюдений	Осадки	Испарение + десукция	Приток	Отток
Дерново-среднеподзолистая (площадка № 1)	1938	16/V — 20/IX	100	257	52	41
	1939	16/V — 20/IX	100	274	51	28
	1940	16/V — 20/IX	100	83	10	35
Торфянистый подзол (площадка № 2)	1939	16/V — 20/IX	100	217	37	28
	1940	16/V — 20/IX	100	86	3	20

Из этой таблицы видно, что расход влаги на испарение и десукцию за вегетационный период в засушливые 1938 и 1939 гг. составляет около 220—270% от осадков, достигших за тот же период поверхности почвы в лесу, а для дождливого лета 1940 г. лишь 80—90%. В соответствии с этим приток выразился в 40—50% от осадков для засушливых лет и 3—10% — для дождливого лета, отток же в обоих случаях колебался в пределах 20—40% от суммы осадков.

Эти данные достаточно ясно подчеркивают влияние метеорологических условий на соотношение статей водного баланса почв.

Сравнение между собой площадок № 1 и № 2 указывает на значительно большую испаряющую способность сложного ельника по сравнению со сфагново-черничным ельником, что обусловливает и соответствующие величины притока влаги из глубоких слоев в 85 см слой почвы: на площадке № 1 приток заметно больше, чем на площадке № 2, при почти одинаковых величинах оттока на обеих площадках.

Зная величины десукции древостоем на наших площадках, мы можем теперь сравнить между собою те количества влаги, которые лес и поле расходуют на испарение и десукцию. Эти сравнительные данные приведены в табл. 81.

Таблица 81

Расход влаги лесом и полем на испарение и десукцию

Период наблюдений	Площадки	Осадки (мм)	Испарение + десукция	
			мм	% от осадков
1939 г.				
11/VI — 20/IX	№ 1, лес	78.6	234.4	298
	№ 2 »	87.7	191.4	219
	№ 3, поле	66.5	142.9	215
1940 г.				
20/V — 20/IX	№ 1, лес	375.3	243.5	65
	№ 2 »	349.6	202.0	58
	№ 3, поле	362.4	358.9	99

Из этой таблицы видно, что в засушливое лето 1939 г. лес испарил влаги значительно больше, чем поле, в дождливое же лето 1940 г. наблюдается обратное явление.

Как известно, клевер для своего развития нуждается в значительно больших количествах воды, чем северные зерновые культуры, как, например, овес. И все же мы считаем необходимым подчеркнуть, что данные по испарению, полученные для клеверного поля в дождливом 1940 г., весьма показательны. Они дают представление о тех огромных количествах воды, которые выкачиваются клевером из почвы, что в условиях таежно-подзолистой зоны, где осадки обычно превышают испарение, имеет немаловажное значение.

Данные по испарению клеверным полем весьма показательны и в другом отношении: клевер, перехватывая своей мощной корневой системой большие количества влаги, поступающей в почву в форме осадков, тем самым резко уменьшает просачивание влаги в глубокие слои и снижает величину внутрипочвенного стока. Благодаря этому из почвы должно выщелачиваться значительно меньше минеральных и органо-минеральных питательных веществ, чем в том случае, если бы поле было занято зерновыми культурами. Следовательно, в условиях травопольных севооборотов, в которых травам и особенно клеверу принадлежит ведущая роль, подзолистый процесс лишь по одной этой причине должен сильно ослабляться; а дерновый процесс, согласно учению В. Р. Вильямса, неуклонно развиваться со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Необходимо также отметить, что соотношения величин, приведенных в табл. 81 и характеризующих расход влаги на испарение лесом и полем, могли бы получиться совершенно иные, если бы поле было занято не овсом и клевером, а другим растением, отличающимся от них по своей потребности во влаге. Состав растительности леса тоже изменяется во времени, но эти изменения в течение 2—3-летнего периода, повидимому, невелики.

В связи с этим вопросом значительный интерес приобретают данные по расходу влаги на испарение сосновым лесом и различными луговыми и полевыми культурами, приведенные в работах А. А. Молчанова (1948, 1948а, 1948б). Из них видно, что разнотравный луг, рожь и целый ряд других травянистых растений испаряют влаги значительно больше, чем сосновый лес 60 и 150 лет, с полнотой древостоя 0.9—1.0.

Таким образом, вопрос о том, где больше испаряется влаги — в лесу или в поле, нельзя, очевидно, решать в общей форме.

Только что произведенное сравнение между лесом и полем в отношении влаги, расходуемой ими на испарение, не решает, разумеется, вопроса о том, какие же количества влаги в целом расходуют лес и поле и кто ее расходует больше. Этот вопрос, казалось бы, проще всего решить при помощи сравнения валовых расходов, под которыми (по Г. Н. Высоцкому) понимается расход влаги на испарение, десукцию и задержание осадков кронами в течение вегетационного периода. Для различных дубрав, произрастающих на равнинах юга с импермацидным типом водного режима, вопрос о валовом расходе влаги данной дубравой решается довольно просто путем определения изменений запаса влаги во всей толще, промоченной осадками, и измерения осадков, задержанных кронами. В подзолистой же зоне, с ее пермацидным типом водного режима, решение этого вопроса значительно сложнее, в особенности в той плоскости, в какой он поставлен нами, а именно: в плоскости выявления в с е х основных слагаемых расхода. В самом деле, для этого, помимо величин испарения, десукции и задержания осадков кронами, необходимо знать также величины стока (поверхностного, внутрипочвенного и грунтового), которые для леса и поля могут сильно различаться. Затем следует отметить, что осадки задерживаются не только кронами древесных пород, но и травянистой растительностью. Последний фактор (водозадержание травянистой растительностью) обычно не учитывается во влагообороте, а между тем влияние его на влагооборот не столь уже мало, чтобы с ним не считаться. О его значимости можно судить по данным В. П. Лохова (1938), который определял водозадерживающую способность растений, встречающихся под пологом леса, методом дождевания. Приведем несколько цифр из его работы.

Вид растения	Предел задержания осадков (мм)
Осинник 14 лет, полнота 1.0	0.50
» 30 » » 0.8	0.50
Береза 35 » » 1.0	1.10
Сосна 14 » « 0.9	1.30
Ель 43 » » 1.0	4.60
Густой подлесок (29 600 шт. на га)	0.13
Осока пушистая высотою 35 см	0.50
Медуница	0.42
Кислица	0.24
Злаки на лесосеке, высотой 1.2 м	0.72

В. И. Рутковский (1936) в результате своих исследований по задержанию осадков травянистой растительностью приходит к выводу о том, что луговая растительность задерживает осадков много больше лиственных лесов, больше сосновых и несколько меньше еловых.

Данных по задержанию жидких осадков сельскохозяйственными растениями очень мало. Примерное представление об этом дают наблюдения С. И. Небольсина (1930), установившего, что ржаное поле может задержать до 4—6%, овсяное поле до 16—23% и клеверное до 9—28% выпадающих осадков. А. И. Ахромейко * получил следующие данные.

Вид растения	Задержание жидких осадков (мм)
Полевая злаковая травосмесь (половица до 80 %, мятник, ежа и др.)	1.0 (максимум)
	0.5 (в среднем)
Клевер красный, очень хорошо развитый и густой	2.0 (максимум)

* Личное сообщение.

Далее, в обсуждаемом вопросе нельзя пройти мимо того обстоятельства, что различия в интенсивности испарения с поверхности почвы и снега в поле и в лесу во вневегетационный период могут быть весьма значительны: в то время как в поле испарение будет стимулироваться прямым воздействием ветра и солнца и может достигать заметных величин, в лесу влияние этих факторов проявляется весьма слабо, а потому и величина испарения здесь будет значительно меньше, чем в поле.

Некоторым подтверждением правильности этого положения могут служить данные А. А. Молчанова (1948б), из которых видно, что до начала вегетации в 1945—1946 гг. почва в чернично-брусничном бору испарила всего 8 мм, а в поле 46 мм, и там же в 1946—1947 гг. соответственно 8 и 54 мм.

Заметное влияние на баланс влаги в поле может оказать также сдувание снега. По данным Молчанова (1948б), этот расход влаги для полей Орехово-Зуевского района Московской области достигает 30 мм.

Наконец, зимние осадки задерживаются кронами лесной древесной растительности в большом количестве, в поле же этого задержания нет.

Из сказанного выше следует, что при решении поставленного вопроса нельзя ограничиться во времени вегетационным периодом, а нужно учитывать данные за полный год. Ввод в валовой расход этих дополнительных величин (сток, задержание жидких осадков травянистой растительностью и проч.) может сильно изменить картину, и при известных условиях (погодных, состав растительности и проч.) поле и лес в отношении суммарного расхода влаги будут, повидимому, нередко меняться местами, уступая друг другу первое место.

Но если на основании имеющихся у нас материалов нельзя осветить поставленный вопрос подробно, с учетом всех слагаемых валового расхода влаги лесом и полем в конкретных условиях заповедника, то к решению этого вопроса в общей форме можно подойти косвенным путем, пользуясь данными по среднегодовым запасам влаги в почвах под лесом и полем. В самом деле, при прочих равных физико-географических условиях (рельеф, порода, метеорологические условия) большее иссушение почвы, предположим, под лесом по сравнению с полем, вызывается очевидно большим валовым расходом влаги именно лесом. Данные по среднегодовым запасам влаги в почвах под сложным ельником и на пашне, развитых на одной и той же породе и в одинаковых условиях рельефа, а также расположенных вблизи друг от друга, говорят о том, что при почти равных суммарных количествах осадков, являющихся главной статьей прихода воды в почве, валовые расходы влаги лесом и полем в среднем почти одинаковы (лес : поле=103 : 100, см. табл. 47).

Чтобы иметь представление о величинах расхода влаги другими насаждениями, приведем интересные данные по валовому расходу влаги нагорной дубравой, полученные на Красно-Тростянецкой лесной опытной станции (Украина) П. К. Фальковским (1935) в течение вегетационного периода за ряд лет. Под валовым расходом автор, в согласии с Г. Н. Высоцким, понимает суммарный расход влаги насаждением на десукцию, испарение почвой и задержание осадков кронами древостоя. Сток в периоды наблюдений отсутствовал.

В составе насаждения: 0.3 дуба, 0.4 ясеня, 0.1 клёна остролистного, 0.1 ильмовых и 0.1 липы. Почвы — лесные оподзоленные суглинки, импермацидные. Валовой расход влаги определялся по балансу. В табл. 82 даются среднемесячные суточные величины.

Большие колебания средних за вегетационный период от года к году и особенно среднемесячных суточных величин валового расхода влаги

Таблица 82

Валовой расход влаги нагорной дубравой
(по данным П. К. Фальковского)

Годы	Среднемесячные суточные величины (в мм)					
	май	июнь	июль	август	сентябрь	среднее
1932	1.58	5.78	5.25	5.07	3.13	4.17
1933	0.51	1.52	7.60	4.74	0.33	2.88
1934	2.34	4.22	6.77	3.81	4.10	4.22

автор объясняет колебаниями метеорологических условий. К сожалению, для характеристики последних он приводит лишь средние многолетние данные, а не по месяцам за вегетационный период каждого года в отдельности.

Сопоставим данные Фальковского с нашими данными по валовому расходу влаги лесом за вегетационный период:

	Валовой расход влаги (в среднем за сутки)
Нагорная дубрава (среднее за 1932—1934 гг.)	3.75 мм
Сложный ельник (среднее за 1938—1940 гг.)	2.67 »

Как видим, нагорная дубрава в условиях Украины расходует влаги примерно в 1.5 раза больше, чем сложный ельник в условиях Центрального лесного заповедника.

Водный баланс почв за годовые периоды

Годовые водные балансы почв всех наших опытных площадок представлены в табл. 83.

Несколько слов в пояснение к этой таблице. Годовой период принят с 1/XI по 1/XI, и вот по каким соображениям: в районе заповедника зима чаще всего устанавливается в ноябре, следовательно, все твердые осадки, образующие снежный покров, будут учтены в балансе за этот годовой период. Если же за таковой принять календарный год, т. е. с 1/I по 1/I, то твердые осадки зимы разобьются на две части, относящиеся к разным годам. Неудобство этого очевидно.

Затем, в таблице показан приток лишь за летний период, что вызвано отсутствием данных по притоку за прочие периоды года. Вместе с тем приток в это время может иметь место, как это было уже отмечено при анализе данных влажности наших почв за зимние периоды. Однако величина его, повидимому, невелика, в особенности в почвах под лесом, и поэтому вряд ли может играть значительную роль во влагообороте.

В осенне-зимне-весенний период величины оттока приобретают значения, во много раз превосходящие значения величин притока, ибо расход влаги на испарение и десукцию в это время очень мал или совсем отсутствует, в силу чего весь избыток влаги в почве, не удерживаемый капиллярными силами, просачивается в глубокие слои, а при известных условиях еще и сбрасывается поверхностным и внутрипочвенным стоком. Данных по просачиванию в глубокие слои, полученных из непосредственных наблюдений, у нас не имеется. По стоку наблюдения велись только на пло-

щадке № 1. Поэтому величина общего оттока для всех площадок, а для площадки № 1 еще и оттока за вычетом стока (прочий отток), получена как разность в результате сравнения запасов влаги в почве в начале и конце периода наблюдений при наличии и учете всех других основных приходо-расходных статей водного баланса.

В таблице имеется графа (Приток — отток); если эта разность положительна, то она покажет, на какую величину приток влаги в почву из глубоких слоев больше оттока влаги из почвы, и наоборот.

Для большей полноты во влагооборот введена еще одна статья расхода — задержание осадков кронами лесной растительности, в соответствии с чем на приходе поставлены осадки, выпавшие над лесом.

Несмотря на некоторую неполноту данных годовых водных балансов наших почв, они все же дают более полную картину влагооборота, чем балансы за вегетационный период. Правда, хотя эта бо́льшая полнота картины и заключается лишь в выявлении годовых величин притока и оттока влаги, но последние именно и создают в конечном результате представление о размахе и направлении передвижения влаги в почве.

Из табл. 83 видно, что даже в такие засушливые годы, как 1938 и 1939, нисходящие токи влаги значительно преобладают над восходящими, по данным же за вегетационный период в эти годы картина наблюдается как раз обратная. В дождливые годы преобладание нисходящих токов влаги над восходящими огромно: общий отток больше притока на 200—300 мм. Отметим, что суммарная величина поверхностного и внутрипочвенного стока составляет примерно половину от величины общего оттока. Эти данные дают возможность уже с количественной стороны подойти к решению вопроса о выщелачивании из подзолистых почв различных минеральных и органо-минеральных соединений, если, конечно, известны состав и концентрация этих соединений в почвенно-грунтовых водах.

Сравнение между собою данных по годовому водному балансу почв на опытных площадках приводит к следующему заключению: во-первых, количества осадков, выпадающих в поле и над лесом, мало разнятся между собою; во-вторых, кронами сложного ельника на площадке № 1 задерживается осадков заметно меньше, чем кронами чистого сфагново-черничного ельника на площадке № 2, что вполне понятно, если учесть большое участие осины и широколиственных в составе сложного ельника. Из литературы же известно, что лиственные породы задерживают своими кронами жидких и особенно твердых осадков меньше, чем породы хвойные, из которых ель в этом отношении занимает одно из первых мест. На это указывают и наши данные (см. табл. 61).

В-третьих, как это уже отмечалось и раньше, испарение почвой и травянистой растительностью под пологом леса на обеих лесных площадках почти одинаково, но десукция древесной растительностью на площадке № 1 значительно выше, чем на площадке № 2.

В-четвертых, несмотря на несколько меньшее количество осадков, проникающих под полог леса на площадке № 2, и меньший уклон ее поверхности, общий отток влаги на этой площадке значительно больше, чем на площадке № 1, что противоречит общепринятому мнению о влиянии рельефа на величину стока. Это противоречие в данном случае объясняется тем, что суммарный расход влаги на испарение и десукцию на площадке № 2 значительно меньше, чем на площадке № 1.

В чем же в таком случае проявляется влияние различий в рельефе на обеих лесных площадках? Бо́льший уклон поверхности на площадке № 1 действительно обусловливает и относительно больший отток влаги из дерново-среднеподзолистой почвы по сравнению с оттоком из торфянистого

Водный баланс верхнего 85-см слоя подзолистых почв на опытных площадках Центрального лесного заповедника за годовые периоды (в мм)

Таблица 83

Периоды наблюдений	Запас влаги в начале периода (B_0)	Приход: осадки	Приход: приток (за вегет. период)	Приход: итого	Расход: осадки, задерж. кронами	Расход: испарение (почвой и раст.)	Расход: десукция древесной растительностью	Расход: отток: сток: поверхн.	Расход: отток: сток: в слое 0—85 см	Расход: отток: отток пропечин (просачивание)	Расход: отток: всего отток	Расход: итого	Запас влаги в конце периода (B_1)	(Приток—отток) +приток —отток	$B_1 - B_0$
1. Дерново-среднеподзолистая почва. Площадка № 1. Сложный ельник															
1938 г.	215.2	569.2	79.0	648.2	151.0	81.2	292.0	Не определялось			164.9	689.1	174.3	—85.9	—40.9
1/XI 1937 — 1/XI 1938															
1939 г.	174.3	438.2	44.9	483.1	118.0	71.2	197.0	4.9	16.6	85.4	106.9	493.1	164.3	—62.0	—10.0
1/XI 1938 — 1/XI 1939															
1940 г.	164.3	729.6	31.5	761.1	148.5	74.1	184.5	6.1	106.9	84.8	197.8	604.9	320.5	—166.3	+156.2
1/XI 1939 — 1/XI 1940															
1941 г.	320.5	397.5	?	397.5	70.9	18.3	28.8	21.8	136.3	130.5	288.6	406.6	311.4	—288.6	—9.1
1/XI 1940 — 1/VII 1941															
2. Торфянистый подзол. Площадка № 2. Сфагново-черничный ельник															
1939 г.	296.9	467.9	37.2	505.1	154.0	72.7	152.4	Не определялось			157.4	536.5	265.5	—120.2	—31.4
1/XI 1938 — 1/XI 1939															
1940 г.	265.5	692.0	8.0	700.0	194.9	76.0	141.7	»	»	»	218.9	631.5	334.0	—210.9	+68.5
1/XI 1939 — 1/XI 1940															
1941 г.	334.0	395.7	?	395.7	66.3	17.8	22.8	»	»	»	302.9	409.8	319.9	—302.9	—14.1
1/XI 1940 — 1/VII 1941															
3. Дерново-среднеподзолистая почва. Площадка № 3. Пашня															
1940 г.	196.4	728.2	?	728.2	—	404.2	—	Не определялось			176.9	581.1	343.5	—176.9	+147.1
1/XI 1939 — 1/XI 1940															
1941 г.	343.5	402.6	?	402.6	—	64.3	—	»	»	»	409.6	473.9	272.2	—409.6	—71.3
1/XI 1940 — 1/VII 1941															

подзола на площадке № 2, но не вообще, а лишь в единицу времени, как об этом можно судить по графику на фиг. 31. Так, например, если при уровне почвенно-грунтовых вод 60—100 см отток их на площадке № 1 будет выражаться в 2.52—1.92 см падения их уровня в сутки, то на площадке № 2 он составит лишь 2.00—1.56 см. Благодаря этому, а также большей десукции на площадке № 1, среднеподзолистая почва быстрее освобождается от избыточной влаги, чем торфянистый подзол.

При соответствующем соотношении величин осадков и суммарных величин испарения и десукции в дерново-среднеподзолистой почве на площадке № 1 могут возникать восходящие токи значительно чаще и большего значения, чем в торфянистом подзоле (табл. 78 и 79). Наоборот, на площадке № 2, в силу медленного оттока влаги и относительно меньшей десукции, освобождение торфянистого подзола от избыточной влаги будет происходить медленно и длительно, что неизбежно должно привести эту почву к состоянию почти перманентного избыточного увлажнения, из которого она может выходить на некоторое, сравнительно короткое, время лишь в такие засушливые годы, как 1939 г.

Таким образом, годовой водный баланс помогает вскрыть причины избыточного увлажнения торфянистого подзола: они кроются не только в рельефе, который обусловливает медленный и вместе с тем почти постоянный отток избыточной влаги и является первопричиной заболачивания площадки № 2, но и в растительности, в ее относительно слабой десукцирующей способности.

Выясняя причины заболачивания площадки № 2, мы не касаемся вопроса о длительности и интенсивности этого процесса, так как не располагаем соответствующими для этого данными. Вместе с тем, установив тот порог средней влажности, переступая который почва начинает заметно заболачиваться, было бы весьма интересно также проследить, — происходит ли в настоящее время и в какой степени процесс прогрессирующего из года в год заболачивания. Последнее потребовало бы весьма длительных наблюдений над водным режимом почвы на площадке № 2, чтобы осветить этот вопрос с количественной стороны.

Сравнение между собою данных за 1940 г. по годовому водному балансу почв на лесных площадках, с одной стороны, и на полевой площадке—с другой — указывает прежде всего на почти полное совпадение приходо-расходных статей баланса на площадке № 1 (сложный ельник) и на площадке № 3 (поле). В соответствии с этим и баланс влаги в почве на обеих площадках за 1940 г. оказался почти одинаково положительным: +156.2 мм для площадки № 1 и +147.1 мм для площадки № 3. На второй же площадке (сфагново-черничный ельник) при несколько меньшем общем приходе суммарный расход оказался больше; в частности, значительно больше отток, чем на площадках № 1 и № 3, благодаря чему баланс влаги на этой площадке за 1940 г. хотя и положителен, но превышение запаса влаги в почве в конце периода над запасом влаги в начале периода (+68.5) значительно меньше, чем на предыдущих площадках.

Во всем этом нет ничего противоречивого. Если учесть, что к началу 1940 г. дерново-среднеподзолистая почва под сложным ельником имела запас влаги всего 164.3 мм против 265.5 мм в торфянистом подзоле, а к концу года, благодаря обильным летнеосенним дождям, запасы влаги в почвах всех площадок почти выровнялись, то и запас влаги в толще дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1, естественно, должен был увеличиться к концу года на значительно бо́льшую величину, чем в толще торфянистого подзола на площадке № 2. Та же причина, т. е. бо́льшая в течение всего года увлажненность торфянистого подзола, совместно с более слабой десукцией, будет всегда обусловливать и бо́льший общий отток почвенных вод в сфагново-черничном ельнике, по сравнению со сложным ельником.

Характерны данные по балансу за 1941 г. Из него почти полностью выпал вегетационный период, для которого наблюдения над водным балансом почв имеются только за один месяц — июнь. Май 1941 г. был холодный, со средней месячной температурой около 5°, вследствие чего первым месяцем вегетации является июнь со среднемесячной температурой $\approx 11°$.

За осенне-зимне-весенний период наблюдений в 1940—1941 гг. выпало значительное количество осадков (около 400 мм), на испарение и десукцию расход влаги был небольшой, почвенно-грунтовая толща к началу этого периода уже была сильно увлажнена, что и обусловило большой отток влаги из почвы на всех площадках. На величинах оттока сказались специфические условия леса и поля: в силу того, что почва в лесу промерзает слабее, а таяние снега происходит медленнее, чем в поле, лесная почва поглощает больше талой воды по сравнению с почвой на поле, почему и отток избыточной влаги на поле за счет стока, преимущественно поверхностного, должен быть больше, чем в лесу. Об этом и говорят данные табл. 83: в лесу отток в 1941 г. был около 300 мм, а на поле — больше 400 мм. Разность между величинами общего расхода влаги за этот период на полевой и лесных площадках достигает примерно 70 мм, что и отразилось на балансе: для всех трех площадок водный баланс почв отрицательный, но для лесных площадок он выражен значительно слабее (около—10 мм), чем для полевой (около—70 мм).

К сожалению, отсутствие наблюдений над стоком на поле не дает возможности расчленить общий отток на поверхностный и внутрипочвенный сток, с одной стороны, и просачивание вглубь — с другой, и выявить таким образом то значение, которое приобретает сток на поле и как фактор эрозии, и как фактор почвообразования. Как известно, поверхностный сток на поле в несколько раз больше, чем в лесу. Но иногда эти соотношения поистине изумительны, в особенности в условиях тяжелых, труднопроницаемых для воды подзолистых суглинков. Так, например, В. А. Троицкий и В. Н. Жернова (1939), проводившие свои наблюдения над поверхностным стоком в 1938 г. на Истринском гидрологическом опорном пункте, на среднеподзолистых суглинках в ельнике-кисличнике, пришли к заключению, что если исчислять сток талых вод в процентах от запасов, то

средний поверхностный сток с полевых площадок равен 63 %
» » » с лесных » » 1.2%

Отсюда поверхностный сток в поле (с залежи) в 50 раз больше, чем в лесу.

Водный баланс слоя 85—150 см

Переходя к вопросу о водном балансе слоя 0—150 см наших почв, мы должны отметить, что все основные статьи этого баланса (осадки, испарение, десукция) остаются те же, что и для слоя 0—85 см. Все различия между водными балансами этих двух слоев выразятся лишь в различных величинах притока и оттока влаги, которые будут обусловливаться мощностью этих слоев, ибо очевидно, что динамика передвижения влаги в слоях различной мощности будет различна. Уже заранее можно сказать, что в этом отношении бо́льший слой почвы окажется менее активным по сравнению со слоем меньшей мощности. В самом деле, для всей почвенно-

грунтовой толщи, от дневной поверхности до водоупора, приток влаги в нее из глубоких слоев, очевидно, исключается, как исключается и просачивание из нее влаги в глубокие слои.

В таком слое может осуществляться лишь б о к о в о й отток влаги, если, конечно, водоупор имеет какой-то уклон, в противном случае не будет и бокового оттока.

В наших условиях, когда определение влажности в почвенно-грунтовой толще было ограничено лишь верхним слоем 0—150 см, целесообразнее остановиться не на составлении водного баланса для этого слоя, а на выяснении влагооборота слоя 85—150 см, подстилающего покровный суглинок.

Учитывая, что корневая система лесных растительных ассоциаций на наших опытных площадках не заходит или почти не заходит в слой 85—150 см, вполне допустимо связать колебания запаса влаги в слое 85—150 см преимущественно с влагообменом между этим слоем и слоями, прилегающими к нему сверху и снизу. В периоды снеготаяния и выпадения обильных осадков вся избыточная вода, не удерживаемая слоем 0—85 см почвы, сбрасывается поверхностным и внутрипочвенным стоком и просачивается в слой 85—150 см. Если слой 85—150 см окажется при этом увлажненным настолько, что в нем появится свободная влага, то последняя частично просочится в более глубокие слои грунта, а частично стечет боковым стоком.

К источникам поступления влаги в слой 85—150 см следует отнести также подъем почвенно-грунтовых вод, происходящий в силу напора воды, притекающей сверху. Но, судя по данным А. А. Роде, публикуемым в настоящем томе, этот напор, повидимому, очень невелик, так как подъем и опускание уровня почвенно-грунтовых вод происходят чаще всего довольно равномерно по всему склону, на котором расположены наши почвы.

В засушливые периоды нисходящие токи влаги сопровождаются восходящими, а в некоторые промежутки времени последние резко доминируют над первыми. Влага тогда подтягивается к верхним испаряющим слоям почвы из слоя 85—150 см и более глубоких слоев грунта.

Только что изложенное позволяет наметить основные приходо-расходные статьи водного баланса для слоя 85—150 см. На приход должно быть записано прежде всего то количество влаги, которое просочилось в него из верхнего 85 см слоя почвы. Второй приходной статьей следует считать приток влаги по капиллярам из глубоких слоев, происходящий под влиянием испаряющей деятельности поверхностных слоев почвы.

Здесь возникает такой вопрос: можно ли влагу, поднимающуюся из глубоких слоев грунта к верхним испаряющим слоям почвы, отнести на приход в водном балансе слоя 85—150 см? Ведь может создаться такое впечатление, что эта влага проходит через слой 85—150 см как бы транзитом к месту своего потребления в верхнем 85-см слое почвы, и как приходная статья она как будто не имеет никакого отношения к слою 85—150 см. Однако это совсем не так. В самом деле, испаряющая деятельность верхних слоев почвы подтягивает влагу прежде всего из слоя 85—150 см, чем нарушается равновесие влажности в этом слое, вследствие чего слой 85—150 см начинает подтягивать к себе воду из более глубоких слоев и восстанавливать равновесие своей влажности, но уже при новом уровне почвенно-грунтовых вод. Следовательно, эту влагу, капиллярно-поднявшуюся в слой 85 — 150 см из глубоких слоев грунта благодаря испарению и десукции, следует отнести на приход в водном балансе этого слоя.

Третья приходная статья — боковой приток.

Расходными же статьями водного баланса слоя 85—150 см будут являться: 1) отдача влаги в почвенный слой 0—85 см, 2) просачивание в более глубокие слои и 3) боковой отток.

Первая статья прихода — просачивание влаги из слоя 0—85 см — берется из водного баланса этого слоя, где эта влага представляет собою расходную статью (табл. 83). Вторая приходная статья — приток влаги по капиллярам из более глубоких слоев, обусловленный испаряющей деятельностью верхних слоев почвы, была уже нами получена (как минимальная) при определении десукции (табл. 76).

Первая расходная статья в водном балансе для слоя 85—150 см будет, очевидно, равна величине притока влаги из глубоких слоев в водном балансе для почвенного слоя 0—85 см (табл. 83).

Вторая статья расхода получается из разности при сравнении сумм всех приходных и расходных статей баланса с запасами влаги в слое 85—150 см в начале и в конце периода наблюдений.

В отношении третьих статей прихода и расхода влаги в почвенном слое 85—150 см следует заметить, что боковой отток влаги в общем, повидимому, в значительной степени компенсируется ее притоком, как о том можно судить по колебаниям уровня почвенно-грунтовой воды: подъем и понижение последней происходит обычно довольно равномерно по всему склону, на котором расположены наши почвы (Роде, см. настоящий том, фиг. 14). Кроме того, эти статьи по своей величине вероятно, невелики, а поэтому их без большой погрешности можно приравнять друг другу и в водном балансе слоя 85—150 см не учитывать.

В связи с рассмотрением водного баланса слоя 85—150 см представляет некоторый интерес выяснение такого вопроса: из чего складывается величина просачивания влаги из слоя 0—85 см в более глубокие слои, другими словами,— получается ли эта величина только в результате н е п о с р е д с т в е н н о г о просачивания избытка выпадающих осадков, или же в ее образовании принимает участие и та часть осадков, которая задерживается почвой? Ответ на этот вопрос вытекает из рассмотрения механизма передачи гидростатического давления осадков: осадки, задержанные изучаемым слоем почвы, производят давление на мениски наполненных водою капилляров, расположенные на той или иной глубине в слое 0—85 см, и п р о т а л к и в а ю т воду этих капилляров в более глубокие слои, а сами занимают их место. Следовательно, эти осадки тоже просачиваются но не непосредственно, а путем перемещения вглубь имевшейся уже в почве воды.

Мы попытались разграничить величину просачивания влаги из слоя 0—85 см в подстилающий его слой 85—150 см на две указанные выше части, пользуясь данными по поднятию уровня почвенно-грунтовых вод, вызываемому передачей гидростатического давления выпадающих осадков. Просачивание осадков в силу гидростатической передачи производимого ими давления на мениски наполненных водою капилляров мы определяли, исходя из двух допущений. Первое — если почвенно-грунтовые воды при своем понижении освобождают какую-то часть пор в слое 85—150 см, то и при подъеме их в этот слой они вновь заполняют ту же самую часть пор. Количество воды, заполняющее это пространство, повидимому, близко к тому ее количеству, которое освобождается при определении величины водоотдачи. Последняя же, как уже отмечалось выше, равна 6.8% от общей водовместимости в минеральных слоях наших почв, что составляет 0.25 мм водного слоя в 1 см слое почвы. Второе допущение относится к скоростям просачивания выпадающих осадков: эти скорости мы приравняли тем скоростям, которые получены в опыте при определении вели-

чины наименьшей влагоемкости. Напомним, что эти скорости близки к $\frac{1}{2}U$, т. е. они составляют примерно половину от скоростей в опыте по фильтрации.

Прослеживая подъем почвенно-грунтовых вод во времени в зависимости от выпадающих осадков, можно, учитывая скорости просачивания, легко выяснить, происходит ли этот подъем за счет непосредственного просачивания осадков, или в силу передачи гидростатического давления. Отметим, что выяснить этот вопрос легче всего в периоды выпадения обильных осадков, которые следуют за бездождными или мало дождливыми периодами. Для пояснения приведем следующие данные.

	Август 1940 г.				
	1—15	16	17	18	19
Осадки (мм)	18.5	18.6	17.4	1.5	—
Уровень почвенно-грунтовых вод (см) по кол. 11А	86—161	165	160	152	118

Из этой таблички видно, что за период 1—15/VIII выпало всего лишь 18.5 мм осадков, причем осадки выпадали довольно равномерно, уровень же почвенно-грунтовых вод за этот период понизился с 86 до 165 см, так как выпадавшие осадки очевидно не полностью компенсировали расход влаги из почвы на испарение и десукцию, и частично этот расход происходил за счет почвенно-грунтовой воды. Осадки, выпавшие за 16/VIII в количестве 18.6 мм, повысили к следующему дню уровень почвенно-грунтовых вод со 165 до 160 см. Это повышение могло произойти лишь под влиянием гидравлического давления осадков, а не непосредственного их просачивания, ибо по расчетам выпавшие осадки могли достичь глубины 165 см лишь через 3.5 суток. Дальнейшие расчеты показывают, что повышение уровня почвенно-грунтовых вод за 17—18 августа происходило также в силу гидростатического давления осадков, которые лишь к 19/VIII успели просочиться до зеркала почвенно-грунтовых вод. На основании этого можно считать, что почвенно-грунтовая вода, постепенно поднимавшаяся к дневной поверхности в течение 16—18/VIII, вступила в слой 85—150 см и заняла в нем слой 150—118=32 см, в котором вследствие этого должно прибавиться влаги на $0.25 \times 32 = 8.0$ мм. Это количество будет представлять собою ту часть почвенной влаги, которая просочилась под воздействием гидростатического давления выпавших осадков в слой 85—150 см и в нем как бы задержалась.

Произведенные таким путем вычисления показали, что за весь 1940 г. в слой 85—150 см просочилось влаги под воздействием гидростатического давления осадков примерно 15.8 мм. Эта величина, вероятно, минимальная, ибо несомненно существуют такие случаи, когда почвенно-грунтовая вода вступает в слой 85—150 см и поднимается в нем под влиянием обоих факторов — и в силу передачи гидростатического давления выпавших осадков, и благодаря непосредственному их просачиванию, но разграничить воздействие этих факторов не представляется возможным.

Таким образом, из всего количества осадков, которое просочилось в течение 1940 г. из слоя 0—85 см в слой 85—150 см (84.8 мм), на долю непосредственно просочившихся осадков приходится около 80%. Полученное соотношение является, конечно, ориентировочным, и мы не склонны придавать ему абсолютного значения, учитывая принятые допущения и все те соображения о механизме работы смотровых колодцев, которые были высказаны в главе 4. Но все же это соотношение создает некоторое представление о количественной стороне рассматриваемого явления.

Так как для получения основной приходной статьи водного баланса слоя 85—150 см (просачивания влаги из слоя 0—85 см) необходимо иметь данные по стоку, то и водный баланс этого слоя может быть составлен только для дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1, причем лишь за 1940 и 1941 гг., в течение которых наблюдения над стоком производились без перерыва.

Такой баланс нами составлен (табл. 84).

Таблица 84

Годовой водный баланс слоя 85 — 150 см дерново-среднеподзолистой почвы на площадке № 1 (сложный ельник)

(в мм водного слоя)

Периоды наблюдений	Запас влаги в начале периода (B_1)	Приход			Расход			Запас влаги в конце периода (B_2)	$B_2 - B_1$
		просочилось из слоя 0—85 см	приток из глубоких слоев	итого	отдача в слой 0—85 см	отток (просачивание в глубокие слои)	итого		
1940 г. 1/XI 1939 — 1/XI 1940	140.5	84.8	5.0	89.8	31.5	10.9	42.4	187.9	+47.4
1941 г. 1/XI 1940 — 1/VII 1941	187.9	130.5	?	130.5	?	112.5	112.5	205.9	+18.0

Из сравнения данных табл. 83 и 84 видно, что величины притока и оттока влаги в слое 85—150 см в несколько раз меньше, чем в слое 0—85 см, что приводит к заключению о сравнительно слабой интенсивности влагооборота в слое 85—150 см по сравнению с верхним 85 см слоем почвы.

Весь процесс влагообмена между слоем 85—150 см и прилегающими к нему слоями почвенно-грунтовой толщи представлены здесь в упрощенном виде из-за отсутствия более подробных и достоверных данных. В действительности он, конечно, значительно сложнее, на что мы уже указывали выше, при анализе явлений передвижения влаги в наших почвах.

Если бы мы располагали достоверными данными о величинах водоотдачи в различных слоях всей почвенно-грунтовой толщи при различных уровнях почвенно-грунтовой воды, а также, если бы мы владели методом измерения *истинного* уровня почвенно-грунтовых вод, то количественную сторону интересующего нас явления можно было бы выяснить значительно полнее и правильнее.

В связи с изложенным представляется небезынтересным сравнить между собою величины бокового оттока в слое 0—85 см дерново-среднеподзолистой почвы под сложным ельником на площадке № 1 и во всей остальной почвенно-грунтовой толще. Данные почвенного стока и возможность вычисления оттока почвенно-грунтовых вод по графику фиг. 31 позволяют произвести это сравнение.

При вычислении оттока почвенно-грунтовых вод нам по необходимости приходится принимать величину водоотдачи для всех минеральных слоев почвенно-грунтовой толщи одинаковой и равной 6.8% от полной водовместимости. Эта величина была получена экспериментально лишь для покровного легкого суглинка. Для подстилающих же его средних и тяжелых суглинков величина водоотдачи по всей вероятности будет заметно меньше.

В том случае, когда почвенно-грунтовые воды стоят на глубине 60 см, отток их в слое 60—85 см нами подсчитан по графику фиг. 31 как разность

оттоков при уровне 60 см и уровне 85 см. Вследствие этого боковой отток влаги в слое 0—85 см слагается из величин стока в слое 0—60 см и величин оттока почвенно-грунтовой воды в слое 60—85 см.

Произведенные таким путем вычисления дали следующие результаты (табл. 85).

Таблица 85

Боковой отток почвенно-грунтовых вод на площадке № 1 (сложный ельник)

Периоды наблюдений	Боковой отток почвенно-грунтовых вод (мм)	
	в слое 0—85 см	в слое 85—300 см
1939 г. 1/XI 1938—1/XI 1939	16.6	97.8
1940 г. 1/XI 1939—1/XI 1940	106.9	99.1

Эти данные говорят о том, что в засушливый 1939 г. внутрипочвенный сток в слое 0—85 см в несколько раз меньше, чем грунтовый сток во всей остальной почвенно-грунтовой толще. В дождливый же и холодный 1940 г. внутрипочвенный сток оказался заметно больше грунтового стока. Обращают на себя внимание почти одинаковые величины грунтового стока в течение двух различных по метеорологическим условиям лет. В этом не обнаружится никакого противоречия, если сопоставить следующие данные (табл. 86).

Таблица 86

Площадка № 1. Сложный ельник. Дерново-среднеподзолистая почва

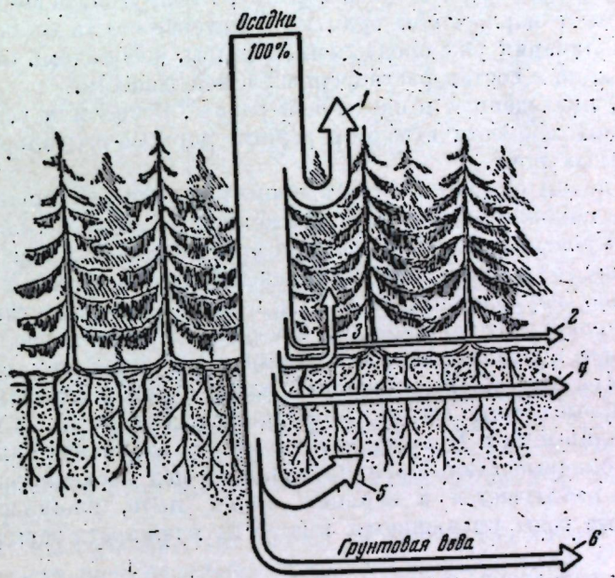
Периоды наблюдений	Осадки (мм)	Сток в слое 0—85 см (мм)	Запас влаги в слое 0—150 см (мм)		
			в начале года (B_0)	в конце года (B_1)	$B_1—B_0$
1939 г. 1/XI 1938—1/XI 1939	438.2	16.6	309.4	304.8	—4.6
1940 г. 1/XI 1939—1/XI 1940	729.6	106.9	304.8	508.4	+203.6

Из этих данных видно, что в 1940 г. выпало осадков на 291.4 мм больше, чем в 1939 г., но эти избыточные осадки 1940 г. были израсходованы на внутрипочвенный сток, который оказался на 90.3 мм больше стока 1939 г., и на увлажнение сильно иссушенной в 1939 г. почвы, удержавшей в себе из этих осадков 203.6 мм. Вполне естественно поэтому, что величины грунтового стока в 1939 и 1940 гг. почти совпали.

Отметим, что если бы вся грунтовая толща, залегающая под покровным суглинком, т. е. глубже 85 см, была максимально насыщена водой в течение всего года, то на основании расчетов, изложенных в разделе об определении величины десукции, можно вычислить максимальный годовой грунтовый сток. Он выражается величиной около 190 мм. Таким образом, в 1939 и 1940 гг. годовой грунтовый сток достигал примерно 50% своей максимально-возможной величины

* * *

Сказанное о водном балансе лесных почв схематически изображено на фиг. 32. На схеме показана судьба осадков, выпадающих над лесом. Осадки частично задерживаются кронами древесного полога, часть их расходуется на физическое испарение и десукцию травянистым покровом и древесными насаждениями, часть стекает по поверхности почвы, часть просачивается в глубокие слои, создавая внутрипочвенный и грунтовый сток.*



Фиг. 32. Схематическое изображение водного баланса в лесной подзолистой почве.

1 — задерживается кронами 30%; *2* — поверхностный сток 5%; *3* — физическое испарение и десукция травянистым покровом 10%; *4* — внутрипочвенный сток 10%; *5* — десукция древесным пологом 30%; *6* — грунтовый сток 15%.

Заканчивая на этом рассмотрение и обсуждение результатов, полученных при изучении водного режима некоторых подзолистых почв Центрального лесного заповедника, необходимо подчеркнуть, что выявленные количественные показатели характеризуют именно современный, а не прошлый водный режим этих почв. Изученные почвы сформировались как подзолистые почвы уже давно, продолжительность и условия их формирования нам неизвестны.

Располагая данными в сущности лишь для двух лесных подзолистых почв, резко различных по своему облику и водному режиму, мы можем только высказать предположение, что критическая средняя влажность,

* Эта схема составлена А. А. Роде и любезно предоставлена им в наше распоряжение для иллюстрации круговорота влаги в наших лесных почвах. Величины приведены средние по данным наших наблюдений.

тот порог, переступая который почва начинает заболачиваться и переходить стало быть из ряда подзолистых в ряд подзолисто-болотных, ложится где-то в пределах 75—80% от полной влагоемкости.

Полученные данные позволяют в то же время характеризовать интенсивность процесса выщелачивания почв, которая наблюдается в настоящее время. Мы говорим об интенсивности выщелачивания, а не об интенсивности оподзоливания, подчеркивая тем самым, что для различных почв выщелачивание их одним и тем же количеством воды не означает еще одну и ту же интенсивность их оподзоливания. Для суждения об этом, очевидно, необходимо еще знать состав и количество минеральных и органо-минеральных веществ, которое переходит из почвы в раствор. Допустимо предположить такое положение вещей, когда одна почва, оподзоленная значительно сильнее, может отдавать в раствор значительно меньше различных продуктов распада минералов, чем другая, менее оподзоленная почва. Иначе говоря, чтобы судить об интенсивности дальнейшего процесса оподзоливания уже оподзоленной почвы, необходимо знать не только баланс воды, но и состав растворенных в ней веществ.

Данные, приведенные в настоящей работе, позволили установить следующие закономерности в водном режиме дерново-подзолистых и подзолисто-болотных почв.

Весной почвы обычно насквозь промачиваются талыми водами и выпадающими жидкими осадками, увлажняясь до максимально возможной величины. Уровень грунтовых вод при этом сильно поднимается, нередко до самой поверхности. В это же время наблюдается сток, в лесу — преимущественно внутрипочвенный, а в поле — поверхностный.

Летом происходит просыхание профиля дерново-подзолистых почв, обусловленное преобладанием испарения и десукции над выпадающими осадками. При этом нисходящие токи влаги нередко сменяются восходящими, но первые обычно все же преобладают над вторыми, за исключением очень засушливых лет. В подзолисто-болотных же почвах даже летом нисходящие и боковые токи влаги преобладают над восходящими. Большее просыхание наблюдается в верхних слоях почв, влажность которых в засушливые годы уменьшается иногда до влажности завядания и даже ниже ее.

Осенью происходит вторичное увлажнение почв, доходящее иногда (в случае очень сильных дождей) до той же степени, что и весной, сопровождаясь в таком случае обильным стоком — поверхностным и внутрипочвенным.

Под снежный покров почва уходит чаще всего значительно увлажненной, за исключением тех случаев, когда этому предшествуют засушливое лето и мало дождливая осень.

Влага избыточная сверх наименьшей влагоемкости медленно, но неуклонно просачивается вглубь, что стимулируется постоянным понижением грунтовых вод, происходящим за счет их собственного бокового оттока.

Почвы в зимний период промерзают на различную глубину в зависимости от метеорологических условий; лишь в редкие зимы промерзание отсутствует, что связано с мощным снежным покровом, устанавливающимся до наступления сильных морозов. В лесу промерзание всегда слабее, чем в поле. Степень и глубина промерзания почв сильно уменьшают их водопроницаемость и тем самым влияют на их водный режим весной.

Различия в водном режиме почв под лесом и полем определяются характером растительности. Особенно резко они проявляются весной и в сильно

дождливые периоды. Распределение снега в лесу более равномерное, чем в поле, где снег сдувается ветром в сугробы. Снеготаяние в лесу начинается значительно позже и происходит оно медленнее, чем в поле, в силу чего как увлажнение почв, так и подъем грунтовых вод в поле начинаются значительно раньше, чем в лесу. В лесу, благодаря наличию подстилки и более рыхлому верхнему слою, талые воды и жидкие осадки почти целиком впитываются в почву, причем та или иная часть их стекает преимущественно внутри почвы. В поле же верхний слой бесструктурных и малоструктурных почв подвергается заиливанию, что обусловливает более слабое, чем в лесу, впитывание и проникновение осадков вглубь и вызывает сильный поверхностный сток со всеми его отрицательными последствиями (непроизводительная потеря воды и эрозионные процессы). Пожалуй, это одна из главных причин, почему леса считают «хранителями вод». Вопрос о том, где больше расходуется влаги—в лесу или в поле, до сих пор не получил, да и не может получить окончательного и общего решения из-за многообразия лесных насаждений и особенно культурных растений; обычно он решается на частных примерах и очень противоречиво. Но вопрос о характере расхода воды лесом и полем теперь уже достаточно ясен, и положительная роль леса в водном балансе почв и территорий не вызывает сомнений.

Что касается влияния рельефа на водный режим почв, то при прочих равных условиях более пологий склон, по сравнению с более крутым, определяет более медленное передвижение воды по поверхности и внутри почвы, что приводит к более полному ее впитыванию и, следовательно, к относительно большему увлажнению почвы, расположенной на пологом склоне.

Подобного рода закономерности в водном режиме почв в общих чертах прослеживаются и в других районах таежно-подзолистой зоны, о чем можно судить по исследованиям Качинского, Геммерлинга, Родникова, Малянова, Рогового, Васильева и др. Поэтому установленную нами картину водного режима почв можно считать характерной для значительной части лесной зоны.

Кроме того, мы считаем, что многие из приведенных нами данных по режиму влажности почв являются цифровой иллюстрацией к основным представлениям В. Р. Вильямса о водном режиме почв под лесом, имеющим несомненно общее значение для таежно-лесной полосы нашей страны.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Центральном лесном заповеднике (Нелидовский район, бывш. Калининской, ныне Великолуцкой области) в течение четырех лет (1937—1941) проводились наблюдения над водным режимом подзолистых почв — дерново-среднеподзолистой в сложном ельнике, торфянистого подзола в сфагново-черничном ельнике и дерново-среднеподзолистой на пашне.

Почвы развиты на легком суглинке мощностью около 85 см, подстилаемом моренным суглинком.

Произведенные наблюдения позволяют сделать следующие выводы:

1. Метеорологические условия в годы наблюдений были весьма различными: в 1937 г. они были близки к средним многолетним; 1938 и 1939 гг. были очень засушливыми, а 1940 г.— исключительно холодным и дождливым.

2. В зависимости от погодных условий года послойная влажность почв колебалась во времени в весьма широких пределах, но на разном уровне для различных почв.

В весенние периоды почвы промачивались насквозь, причем их влажность достигала величины, значительно превышающей величину наименьшей влагоемкости. В летние периоды наблюдалось просыхание всего почвенного профиля, более сильное в верхних слоях и более слабое — в нижних. В засушливые 1938 и 1939 гг. влажность самых верхних слоев почв сильно уменьшалась, иногда до величины влажности завядания; особенно резко иссушение почвы проявилось на пашне и в сложном ельнике, значительно слабее — в сфагново-черничном ельнике.

3. Сопоставление средних годовых запасов влаги в почвах на пашне и в сложном ельнике, расположенных в одинаковых условиях рельефа, приводит к заключению, что верхние слои почвы на пашне иссушаются сильнее, чем в лесу; средние слои — примерно одинаково; нижние же, наоборот, в лесу иссушаются сильнее, чем в поле.

В общем же иссушение всего почвенного профиля и в лесу, и в поле почти одинаково.

4. В результате летней засухи в 1938 и 1939 гг. наблюдалось выпадение ели на незаболоченных участках заповедника, имеющих хороший естественный дренаж. По визуальным определениям выпало около 10—15% ели.

5. Анализ данных влажности почв и поведения почвенно-грунтовых вод позволил определить мощность капиллярной каймы: она оказалась равной примерно 200—230 см.

6. Капиллярное передвижение влаги к верхнему испаряющему слою почвы в толще покровного суглинка происходит даже при влажностях, заметно меньших величины наименьшей влагоемкости, и при весьма слабой водно-капиллярной связи с глубоколежащими почвенно-грунтовыми водами.

7. Сопоставление данных послойной влажности с уровнями воды в смотровых колодцах позволило установить, что иногда влажность почвенной толщи бывает неизменной, в то время как в пределах той же почвенной толщи уровень воды в колодцах испытывает значительные колебания.

8. Влажность почвенного слоя, находящегося на уровне почвенно-грунтовых вод и ниже, как правило, всегда почти бывает меньше величины водовместимости этого слоя, рассчитанной по скважности, что указывает на присутствие в почве защемленного воздуха.

Защемление воздуха в почвенно-грунтовой толще чаще всего происходит весной, и объем его тем больше, чем глубже залегает слой и чем сильнее он был просушен в предыдущие летние месяцы. Объем защемленного воздуха в слое 85—150 см колебался в разные годы от 7 до 22% от общей порозности.

9. Почвы в еловом лесу промерзают значительно слабее, чем в поле. Оттаивание почвы происходит преимущественно снизу и в очень слабой степени сверху; заканчивается оно чаще всего во второй половине апреля, еще до окончательного схода снегового покрова.

10. В зимние морозные периоды довольно ясно прослеживается увеличение влажности в верхнем 25 см слое почвы на поле и уменьшение ее в слое 25—85 см, при влажности в последнем ниже величины наименьшей влагоемкости. Это указывает на процесс дестилляции влаги из слоя 25—85 см в верхний сильно промерзший слой почвы. В лесу это явление выражено весьма слабо.

11. Поверхностный и внутрипочвенный сток, изучавшийся в сложном ельнике на дерново-среднеподзолистой почве, с уклоном поверхности 0.020, характеризуется следующими данными.

Поверхностный и внутрипочвенный сток в лесу происходит преимущественно весной, в редких случаях — осенью и еще реже — летом.

Весной поверхностный сток в лесу возникает спорадически и на весьма короткий промежуток времени (1—3 суток, редко 5 суток). Более продолжителен и менее прерывист внутрипочвенный сток: в слое 0—40 см продолжительность весеннего стока колебалась от 21 до 44 суток, а в слое 40—60 см — от 22 до 57 суток. Начало стока приурочено чаще всего к концу апреля.

Интенсивность поверхностного стока колебалась от долей миллиметра до 3.9 мм в сутки, внутрипочвенного стока в слое 0—40 см — до 4.4 мм в сутки и внутрипочвенного стока в слое 40—60 см — до 2.0 мм в сутки. Максимум поверхностного и внутрипочвенного стока приходится чаще всего на конец снеготаяния.

Скорости водного потока в горизонтах дерново-среднеподзолистой почвы уменьшаются сверху вниз, от подстилки к гор. В. Средняя скорость потока в слое 0—40 см колебалась в пределах 66—84 см/сутки с максимумом до 200 см/сутки, а в слое 40—60 см — в пределах 39—68 см/сутки с максимумом до 100 см/сутки. Скорость водного потока примерно пропорциональна интенсивности стока.

Величина поверхностного стока за весь период наблюдений в 1939—1941 гг. колебалась в пределах 0.9—8.6% от жидких и твердых осадков, проникших под полог леса; в среднем его величина равна 3.3% от осадков.

Внутрипочвенный сток в слое 0—60 см варьирует в пределах от 4.0 до 70.0% от осадков и в среднем за период 1939—1941 гг. составляет 25% от осадков. Средняя величина стока в слое 0—40 см в два раза больше, чем в слое 40—60 см (гор. В).

12. Жидкие и твердые осадки, выпадающие над лесом, задерживаются кронами деревьев — в среднем за год около 22% в сложном ельнике с примесью осины и около 27% в чистом сфагново-черничном ельнике.

Сток жидких осадков по стволам деревьев ничтожен и измеряется десятыми долями процента от суммы осадков; только береза дает более высокие величины, доходящие до 3.8% от суммы осадков.

13. Испарение и десукция — главные расходные статьи водного баланса почв.

Суммарная величина физического испарения из почвы и транспирации травянистой и моховой растительностью под пологом леса за вегетационный период мало изменялась в разные годы наблюдений; она колебалась в пределах 65—80 мм как в сложном ельнике, так и в сфагново-черничном ельнике.

В поле эта суммарная величина претерпевала большие колебания, в зависимости от вида растения и погодных условий. В 1939 г. при посеве овса она выразилась в 156 мм, или 125% от суммы осадков, а в 1940 г. при посеве клевера — в 390 мм, или 103% от суммы осадков.

14. Сделана попытка вычисления величины десукции древесным пологом. Для этого была использована формула:

$$Д = B_0 + Oc + Прт - Пр - Ст - Отт - Исп - B_1,$$

где $Д$ — десукция,
B_0 — запас влаги в почве в начале периода наблюдений,
B_1 — запас влаги в почве в конце периода наблюдений;

Ос — количество осадков за период наблюдений,
Прт — приток почвенно-грунтовой воды в толщу почвы;
Пр — просачивание осадков из почвы в глубокие слои;
Ст — сток поверхностный и внутрипочвенный;
Отт — отток почвенно-грунтовой воды;
Исп — испарение почвой и травянистой растительностью под пологом леса.

Вычисленные по этой формуле величины десукции древостоем еловых насаждений за вегетационный период колебались в зависимости от погодных условий года от 150 до 290 мм, причем величина десукции заболоченных ельников составляет примерно 80% от величины десукции незаболоченных сложных ельников.

Попутно с этим была определена величина расхода почвенно-грунтовой воды на испарение, которая оказалась равной 11—17% от общей величины испарения (*Исп*+*Д*).

15. Определенные таким путем величины десукции позволили, между прочим, подойти к решению вопроса о том, где больше испаряется влаги из почвы: в лесу или на культурном поле?

Средние суммарные расходы влаги на испарение и десукцию за летний период в 1939 и 1940 гг., выраженные в миллиметрах водного слоя, дают такое соотношение для опытных площадок (из табл. 81):

	Сложный ельник	Сфагново-черничный ельник	Поле
1939	234	191	142 (овес)
1940	243	202	358 (клевер)

Эти данные говорят о том, что в зависимости от погодных условий года и, главным образом, от вида лесной и культурной растительности, лес и поле в отношении расхода влаги на испарение могут меняться местами.

16. Суммарные величины оттока влаги из почвы в глубокие слои и притока влаги в почву из глубоких слоев за вегетационный период колебались в зависимости от метеорологических условий года в следующих пределах:

	Приток (в % от осадков)	Отток
В сложном ельнике	10—50	35—40
В сфагново-черничном ельнике . .	3—37	30—40
В поле (пашня)	6—16	10—13

т. е. для леса эти величины значительно выше, чем для поля.

17. Составление годового водного баланса для почв опытных площадок позволило установить, что даже в засушливые годы общий отток влаги из почвы за год значительно превышает ее приток. Величина общего оттока складывается из поверхностного и внутрипочвенного стока (в слое 0—85 см) и просачивания в глубокие слои. Примерно около половины оттока падает на сток и около половины на просачивание в глубокие слои.

В дерново-среднеподзолистой почве под сложным ельником отток превышает приток на 62—288 мм, в торфянистом подзоле под сфагново-черничным ельником — на 120—300 мм.

18. Годовой водный баланс, составленный для слоя 85—150 см, подстилающего покровный суглинок, дает основание говорить о том, что влагооборот в этом слое в несколько раз слабее, чем в корнеобитаемом слое.

19. Характерные отличительные черты двух лесных почв — дерново-среднеподзолистой и торфянистого подзола — в отношении водного режима заключаются в соотношении восходящих и нисходящих токов влаги и в том количестве времени, в течение которого избыточная вода выщелачивает почвы.

Дерново-среднеподзолистая почва промывается меньшим количеством воды, чем торфянистый подзол, и она довольно быстро освобождается от ее избытка, а благодаря большому расходу воды на испарение и десукцию в ней довольно часто возникают восходящие токи влаги. Торфянистый же подзол промывается не только большим количеством воды, по сравнению с дерново-среднеподзолистой почвой, но и самый процесс протекает в нем очень медленно и почти в течение всего года, что приводит эту почву к состоянию почти постоянного избыточного увлажнения, из которого она выходит лишь на весьма короткое время в такие исключительно засушливые годы, как 1938 и 1939. И если в дерново-среднеподзолистой почве нисходящие и боковые токи влаги нередко сменяются восходящими, то в торфянистом подзоле нисходящие и боковые токи влаги господствуют почти круглый год.

20. В полном соответствии с водным балансом устанавливается и режим влажности почв.

Характерными показателями для исследованных почв являются следующие средние величины влажности для слоя 0—150 см, выраженные в процентах от полной влагоемкости:

I. Для дерново-среднеподзолистой почвы под сложным ельником	от 57	до 79,	в среднем	68
II. Для торфянистого подзола под сфагново-черничным ельником	» 76	» 86	» »	82
III. Для дерново-среднеподзолистой почвы на пашне .	» 61	» 79	» »	70

откуда получается такое отношение среднегодовых влажностей:

$$I : II : III = 100 : 120 : 103.$$

Из этого можно заключить, что около величины 75—80% от полной влагоемкости лежит тот порог средней влажности, переступая который почва начинает заболачиваться.

21. Водный режим почв, являясь производным от многих факторов, из которых главные — метеорологические условия, геологическое строение, рельеф и растительность, в то же время и сам представляет собою один из основных факторов почвообразования и развития существеннейшего свойства почвы — ее плодородия.

22. Закономерности в явлениях, относящихся к водному режиму дерново-подзолистых и подзолисто-болотных почв Центрального лесного заповедника, имеют, повидимому, не только узко местное значение, ибо в общих чертах они прослеживаются и в других районах таежно-подзолистой зоны. Поэтому установленную в данной работе картину водного режима почв можно считать характерной для значительной части лесной зоны.

23. В свете тех огромных задач, которые стоят перед советской наукой, в связи с постановлением Партии и Правительства по переделке природы в нашей стране, данные по режиму влажности и особенно по водному балансу почв, приведенные в нашей работе, могут оказаться полезными для несу почв, приведенные в нашей работе, могут оказаться полезными для некоторых гидрологических расчетов.

Таблица 1а

Водно-балансовая площадка № 1. Сложный ельник. Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы). 1937 г.

Генетический горизонт	Слои (см)	Июль				Август						Сентябрь					
		11	16	21	26	1	6	11	16	21	27	1	6	11	16	21	26
A_0	0—4	188.1	217.6	218.4	265.6	211.9	220.8	163.1	240.2	235.1	176.7	130.7	230.3	213.9	159.8	149.3	184.2
A_1'	4—9	32.2	39.3	46.0	49.4	44.5	51.0	35.8	46.4	46.9	34.2	26.7	39.5	33.5	29.0	32.7	30.7
A_1''	9—16	24.0	24.5	29.4	30.2	29.1	33.6	29.0	35.9	32.0	24.2	20.1	25.5	24.7	21.9	22.9	23.5
A_2	16—25	15.2	18.6	20.7	18.7	22.0	23.2	20.6	24.0	22.9	19.7	16.3	18.1	18.4	18.8	17.1	15.7
A_2B	25—35	14.7	17.8	18.7	17.9	18.3	20.4	19.2	21.7	21.0	17.6	15.9	16.1	16.6	16.2	16.6	16.2
B	35—45	17.3	19.0	18.9	18.9	18.7	19.1	19.0	20.9	20.4	18.4	17.1	17.6	17.0	16.7	17.6	17.6
	45—55	17.7	18.6	17.5	18.2	16.9	17.9	17.8	19.1	19.1	17.5	17.0	16.5	15.6	16.8	18.0	17.5
BC_1	55—65	18.0	17.7	17.2	17.2	16.8	16.5	17.0	17.4	18.0	17.1	16.7	15.8	15.8	15.9	16.6	17.1
C_1	65—75	16.8	17.2	16.7	16.4	15.0	15.9	17.2	17.0	17.9	16.3	16.5	16.2	15.7	15.7	17.1	17.4
C_2	85—95	17.1	17.1	15.4	16.3	16.5	15.6	14.6	17.2	15.9	16.0	14.8	14.1	14.8	14.9	14.3	16.8
	100—110	16.1	16.8	16.7	16.3	15.0	15.5	15.7	17.1	—	16.8	16.3	16.1	16.5	16.4	16.9	18.4
	120—130	18.3	19.4	17.5	16.3	18.8	18.1	17.8	18.7	—	19.2	17.6	17.5	16.8	18.1	17.1	17.7
	140—150	16.9	18.1	19.2	19.3	19.0	18.6	18.0	19.1	—	19.6	16.4	18.1	19.3	19.2	18.9	20.8
Уровень почвенно-грунтовых вод (см) кол. 11		>158	>158	>158	>158	145	65	127	31	75	133	152	158	152	155	156	155

Таблица 1а (продолжение)

Генетический горизонт	Слои (см)	Октябрь						Ноябрь					Декабрь		
		1	6	11	16	21	26	1	6	11	16	26	6	16	26
A_0	0—4	176.9	207.1	214.4	271.8	237.9	252.7	244.5	253.2	256.2	283.3	274.6	273.3	327.2	406.7
A_1'	4—9	29.1	38.8	31.2	34.4	43.0	34.2	30.9	39.0	37.3	43.0	48.5	43.6	45.1	50.3
A_1''	9—16	23.0	26.8	24.0	26.2	26.2	26.0	23.3	24.9	26.4	31.5	32.3	31.1	33.8	34.8
A_2	16—25	15.0	18.1	16.3	17.8	17.3	18.1	19.1	17.3	18.6	24.3	25.1	24.3	23.1	24.3
A_2B	25—35	15.4	17.0	17.5	16.1	17.2	16.8	17.5	17.2	17.2	23.2	23.9	22.5	22.0	23.6
B	35—45	17.0	16.8	18.4	17.5	17.1	18.0	18.3	16.3	16.6	20.3	21.6	22.5	21.0	22.2
	45—55	15.8	17.5	18.1	17.4	19.1	16.6	17.0	16.0	15.6	19.5	19.7	20.8	19.7	20.2
BC_1	55—65	16.1	16.5	17.2	17.6	18.5	16.7	16.4	15.6	15.4	18:3	19:0	19.3	16.8	19.4
C_1	65—75	14.7	16.5	16.7	16.2	18.3'	15.7	15.8	15.7	14.8	17.5	19.4	19.1	16.5	17.5
C_2	85—95	15.7	16.7	16.8	17.8	16.8	16.1	15.9	14.5	14.4	15.7	16.8	17.8	15.6	15.5
	100—110	16.5	18.0	16.5	16.8	14.8	15.5	15.4	14.7	16.4	15.4	15.6	16.8	16.9	16.2
	120—130	19.0	17.9	17.3	16.1	16.8	14.5	16.8	17.0	17.1	15.7	16.2	16.8	17.1	16.4
	140—150	18.1	18.9	17.1	17.7	16.4	17.7	16.4	16.6	18.1	18.0	17.7	18.4	18.1	17.7
Уровень почвенно-грунтовых вод (см) кол. 11		>158	>158	>158	>158	>158	>158	>158	>158	>158	130	81	120	134	95

Водно-балансовая площадка № 1. Сложный ельник. Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы). 1938 г.

Таблица 2а

Генетический горизонт	Слои (см)	Январь	Февраль			Март			Апрель	
		26	6	16	26	6	16	26	6	16
A_0	0—4	293.5	305.3	313.6	305.2	316.6	356.7	356.6	359.7	356.9
A_1'	4—9	47.3	53.5	51.7	58.9	47.8	52.7	61.5	58.2	52.6
A_1''	9—16	35.2	35.1	29.5	37.8	32.4	37.7	38.6	45.7	41.5
A_2	16—25	24.3	24.6	24.9	26.3	24.2	26.6	27.0	32.9	32.6
A_2B	25—35	22.5	23.1	23.1	24.5	23.4	24.2	26.2	(31.5)	29.9
B	35—45	23.4	22.2	21.5	22.3	21.8	21.8	23.8	26.0	26.5
	45—55	21.2	19.5	20.3	20.5	19.9	21.1	21.6	25.1	23.5
BC_1	55—65	18.9	18.8	18.9	19.8	19.4	19.6	20.9	25.5	23.4
C_1	65—75	18.7	18.7	18.5	19.7	19.8	19.5	21.6	(24.8)	22.6
C_2	85—95	16.9	16.2	15.8	16.6	16.7	17.3	20.1	24.0	24.5
	100—110	15.8	15.1	15.6	15.7	15.7	15.5	14.5	20.9	20.7
	120—130	16.3	16.3	16.9	16.2	17.4	15.5	15.5	17.2	18.8
	140—150	17.9	17.5	17.4	17.2	17.3	15.7	15.7	18.0	21.2
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 38	—	—	77	100	95	86	3	9	8
	Кол. 11	136	126	66	100	83	74	10	14	14
	Кол. 11А	133	134	78	99	85	78	17	23	22

Май						Июнь					
26	6	11	16	21	26	1	6	11	16	21	26
363.1	364.0	367.2	359.3	316.2	285.4	266.2	215.1	145.1	187.6	212.0	238.7
54.6	67.2	58.5	63.5	54.8	56.3	55.3	49.9	48.5	47.6	49.6	54.8
46.4	50.2	41.7	40.8	36.7	36.9	34.0	34.7	31.8	33.2	34.4	37.2
33.3	37.4	35.5	37.9	29.5	29.2	28.6	24.7	24.2	24.9	27.1	27.2
(31.5)	(31.5)	(31.5)	(31.5)	28.0	25.5	25.6	25.4	23.3	24.3	23.6	25.6
(27.9)	(27.9)	(27.9)	25.7	24.3	24.3	23.1	22.9	22.4	21.6	22.4	22.5
(27.2)	(27.2)	(27.2)	(27.2)	22.4	22.5	22.8	21.8	21.6	21.4	21.1	22.1
(25.6)	(25.6)	(25.6)	(25.6)	22.6	22.2	22.1	21.3	21.1	22.2	21.2	21.1
(24.8)	(24.8)	(24.8)	(24.8)	22.9	21.8	21.9	21.2	19.8	21.3	21.1	20.4
(23.5)	(23.5)	(23.5)	(23.5)	20.9	21.6	20.0	18.5	19.3	19.0	19.7	20.4
(21.3)	(21.3)	(21.3)	(21.3)	20.2	19.5	18.9	18.8	17.9	18.4	16.1	18.0
(21.1)	(21.1)	(21.1)	(21.1)	19.7	18.7	18.7	19.2	18.9	18.6	14.4	16.5
(21.0)	(21.0)	(21.0)	(21.0)	18.6	19.7	18.1	16.3	18.5	19.8	15.9	18.0
2	2	8	17	34	56	95	118	—	—	—	—
5	7	12	17	31	53	91	134	152	158	118	102
11	13	15	18	32	52	86	125	156	174	155	112

Таблица 2а (продолжение)

Генетический горизонт	Слои (см)	Июль						Август						Сентябрь
		1	6	11	16	21	26	1	6	11	16	22	27	1
A_0	0—4	198.8	220.4	141.1	84.6	177.3	156.3	145.4	102.8	81.5	58.8	94.8	62.4	58.5
A_1'	4—9	53.3	40.7	38.4	34.4	38.7	33.9	32.5	35.0	34.8	30.4	29.0	23.9	24.5
A_1''	9—16	34.3	33.4	28.2	24.8	34.8	25.9	26.5	25.2	22.5	21.8	20.7	18.6	18.7
A_2	16—25	25.7	24.1	19.7	17.5	22.3	19.5	19.7	18.6	15.3	13.4	16.1	13.0	11.1
A_2B	25—35	24.1	23.0	19.1	17.0	21.7	18.0	18.4	15.1	14.4	12.5	13.7	12.2	10.3
B	35—45	22.8	21.6	20.2	18.8	20.4	19.5	19.4	16.6	16.0	14.0	12.8	13.0	13.5
	45—55	21.8	20.7	19.2	18.1	18.2	17.9	18.8	16.2	15.8	13.3	14.7	14.4	13.4
BC_1	55—65	21.5	21.6	19.7	18.5	16.5	18.0	17.8	16.4	15.0	16.3	15.0	14.2	12.2
C_1	65—75	20.0	20.7	19.8	18.8	18.6	17.9	17.4	16.0	15.3	14.6	17.2	14.4	10.9
C_2	85—95	18.3	19.5	19.0	17.4	17.7	17.3	14.6	15.4	14.9	14.8	15.0	13.5	10.8
	100—110	17.8	16.7	16.8	15.9	19.0	17.7	16.9	13.5	13.6	13.4	12.0	14.2	12.6
	120—130	18.6	18.5	16.4	17.1	18.3	18.5	15.1	15.6	14.8	13.5	13.8	14.7	11.6
	140—150	18.9	17.2	18.6	17.5	18.1	19.6	15.1	14.7	14.5	13.0	14.0	14.3	10.5
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Кол. 11	120	153	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Кол. 11А	114	157	175	192	199	193	210	208	219	227	237	243	251

Сентябрь					Октябрь						Ноябрь			Декабрь	
6	11	16	21	26	1	6	11	16	21	26	1	11	21	1	21
52.3	182.6	141.9	123.8	112.6	105.1	145.7	181.5	197.0	227.0	216.0	193.8	198.5	214.0	199.0	250.1
25.9	31.9	27.3	27.7	26.9	24.4	27.9	28.2	38.3	51.0	36.8	38.2	41.9	43.9	40.1	38.2
18.2	22.6	22.3	19.7	22.6	19.0	19.4	18.9	27.3	34.0	31.0	25.2	26.4	25.4	25.1	25.8
11.4	13.4	12.4	13.4	11.2	11.5	11.5	9.5	13.9	22.6	17.5	18.9	22.5	22.4	23.2	23.7
11.7	11.8	13.5	10.1	10.9	10.6	9.4	9.8	12.5	19.3	14.7	15.9	20.9	22.5	23.6	21.8
13.0	13.0	13.3	12.6	12.6	12.2	13.7	13.6	16.5	14.2	15.2	15.2	19.2	19.9	21.8	20.9
12.6	11.3	12.6	12.5	11.4	11.6	12.5	8.7	14.2	11.9	14.7	13.0	14.5	19.0	18.3	19.8
11.7	11.2	11.8	10.3	11.7	11.0	11.1	11.9	11.6	11.1	14.6	10.3	13.7	13.2	—	15.1
10.5	11.0	9.3	10.1	10.2	10.5	9.4	10.1	10.5	11.2	13.3	9.9	11.0	11.3	—	11.9
10.9	9.9	11.0	9.0	11.0	7.8	10.8	10.5	9.0	10.8	9.8	9.5	8.7	10.0	—	10.9
13.4	12.2	13.5	11.0	12.0	11.5	13.3	11.5	11.1	11.9	13.8	10.8	11.1	10.8	—	10.4
11.6	13.1	12.5	11.6	12.8	13.5	16.1	14.2	13.4	13.0	15.4	13.7	12.6	14.0	—	11.8
13.3	12.9	12.9	11.4	14.3	13.3	14.6	15.3	11.2	15.9	13.3	13.9	13.2	13.3	—	13.4
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
255	262	266	271	274	278	281	285	286	285	286	282	279	258	250	243

Водно-балансовая площадка № 1. Сложный сельник. Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы). 1939 г.

Таблица 3а

Генетический горизонт	Слои (см)	Январь			Февраль			Март		
		1	11	21	1	11	21	2	11	21
A_0	0—4	238.5	210.6	303.9	298.1	472.1	481.5	349.2	391.0	408.0
A_1'	4—9	40.4	54.1	71.8	51.9	57.4	76.0	54.9	56.1	70.1
A_1''	9—16	27.1	25.5	37.3	28.6	33.7	41.8	40.0	37.1	42.5
A_2	16—25	25.3	20.8	26.9	19.9	23.3	28.3	24.7	22.9	25.0
A_2B	25—35	23.6	22.8	24.3	21.6	21.9	21.6	19.5	20.9	19.4
B	35—45	24.0	18.3	19.0	16.3	18.3	15.9	18.6	17.0	17.0
	45—55	21.1	19.0	19.1	15.4	16.9	13.3	14.6	14.3	16.0
BC_1	55—65	18.1	15.4	15.0	14.0	14.8	11.7	13.3	13.7	13.5
C_1	65—75	18.7	15.7	15.2	11.7	12.3	10.4	11.0	14.1	12.7
C_2	85—95	14.7	12.3	11.5	9.1	10.4	11.6	10.7	13.8	10.3
	100—110	17.0	9.5	11.4	9.9	9.1	13.0	12.9	14.7	13.0
	120—130	17.3	10.3	13.8	11.7	12.2	12.3	14.9	13.8	15.2
	140—150	17.8	14.3	13.5	13.1	15.1	12.9	14.4	15.6	14.0
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 38	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Кол. 11	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Кол. 11А	255	264	278	280	280	280	276	271	277

Генетический горизонт	Слои (см)	Апрель			Май				Июнь					
		1	11	21	11	16	21	26	1	6	11	16	21	26
A_0	0—4	461.0	506.0	503.0	217.0	205.0	183.0	262.0	215.0	219.0	214.8	217.1	177.5	142.7
A_1'	4—9	70.6	70.6	70.6	65.8	66.4	76.0	76.1	49.0	65.0	65.0	67.7	58.3	42.0
A_1''	9—16	41.4	49.0	54.7	44.4	33.3	41.8	42.8	37.7	40.6	44.7	31.8	33.3	30.9
A_2	16—25	28.9	29.1	29.5	29.0	28.5	28.2	27.7	28.0	27.0	28.6	24.3	24.7	21.8
A_2B	25—35	20.6	22.6	25.5	25.6	23.7	25.2	25.2	24.5	24.6	22.9	23.2	22.3	20.1
B	35—45	16.7	20.5	23.4	23.1	21.3	22.3	23.6	23.2	21.3	20.9	21.6	20.5	19.6
	45—55	13.0	16.7	21.9	21.1	20.9	21.5	22.0	21.6	22.4	21.8	21.0	21.3	19.7
BC_1	55—65	13.0	14.3	22.4	21.1	21.4	23.9	21.7	22.1	23.6	21.4	21.2	21.0	20.2
C_1	65—75	12.3	11.8	19.8	21.5	22.5	22.3	23.2	20.7	22.2	20.7	21.1	20.9	20.0
C_2	85—95	12.6	11.3	19.5	19.4	19.9	20.3	17.5	18.0	17.8	17.7	18.2	15.8	16.3
	100—110	12.5	11.4	13.0	16.5	15.9	17.1	17.2	16.6	16.5	17.6	15.6	15.6	15.9
	120—130	14.8	15.1	14.6	15.8	17.6	16.8	15.8	16.4	18.5	16.9	17.5	16.9	16.3
	140—150	14.9	12.6	14.0	15.4	16.6	15.3	17.0	17.6	17.1	16.1	16.7	16.0	15.8
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 38	—	—	71	14	23	39	28	24	36	68	110	—	—
	Кол. 11	—	—	160	37	35	35	28	28	35	47	80	120	158
	Кол. 11А	281	282	232	83	65	55	50	39	44	55	84	120	160

Таблица 3а (продолжение)

Генетический горизонт	Слои (см)	Июль						Август				
		1	6	11	16	21	26	1	6	11	16	21
A_0	0—4	162.9	182.5	205.8	158.8	178.2	145.3	88.9	77.8	81.2	80.6	70.4
A_1'	4—9	41.0	51.9	45.4	45.8	50.1	49.6	34.9	29.0	27.2	26.8	25.5
A_1''	9—16	30.5	34.3	34.2	31.6	28.4	24.0	23.1	20.8	18.4	19.5	19.6
A_2	16—25	22.3	25.9	23.2	23.1	21.0	19.7	16.8	15.1	17.3	14.3	14.4
A_2B	25—35	19.8	22.6	20.8	20.8	20.5	18.2	16.3	14.6	15.6	12.1	13.2
B	35—45	19.1	20.0	19.6	18.5	19.6	18.4	18.1	15.7	16.4	15.1	13.9
	45—55	19.5	19.8	18.6	18.9	18.5	18.5	17.2	15.9	17.1	15.0	13.7
BC_1	55—65	20.0	19.9	19.2	17.6	18.0	17.8	16.4	16.3	17.4	14.9	14.1
C_1	65—75	19.7	19.3	18.9	18.8	17.3	17.9	17.4	16.6	17.6	14.1	12.7
C_2	85—95	16.3	16.1	15.6	16.9	14.3	14.8	15.7	13.1	15.6	12.2	10.5
	100—110	14.3	14.4	14.6	13.4	14.1	13.9	13.4	13.9	14.5	10.9	10.2
	120—130	15.0	15.2	13.9	13.8	14.4	13.3	14.8	13.7	12.6	11.4	13.6
	140—150	15.1	15.7	13.6	15.3	14.2	14.3	14.8	13.5	15.1	13.2	11.9
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Кол. 11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Кол. 11А	172	172	174	185	197	205	220	232	240	247	254

Генетический горизонт	Слои (см)	Сентябрь						Октябрь			Ноябрь			Декабрь		
		1	6	11	16	21	26	1	11	21	1	11	21	1	11	21
A_0	0—4	59.5	60.5	67.4	76.6	78.6	103.3	115.0	126.3	148.0	181.9	167.7	145.9	176.3	198.0	218.9
A_1'	4—9	20.5	21.6	24.1	26.6	25.6	30.7	31.7	37.6	47.1	48.8	44.9	51.0	51.0	52.5	52.2
A_1''	9—16	15.9	14.7	15.8	19.2	16.0	19.7	20.7	19.1	26.9	25.3	27.6	31.5	31.0	32.2	29.1
A_2	16—25	13.6	10.6	13.9	12.9	11.2	14.9	13.6	14.9	19.4	17.3	19.5	23.1	23.7	23.2	21.0
A_2B	25—35	13.9	9.7	12.6	11.9	10.5	13.5	13.7	13.6	13.8	15.6	16.6	19.7	21.7	20.8	21.3
B	35—45	14.0	12.4	13.5	14.4	11.6	13.3	13.6	12.9	10.0	13.5	12.3	18.1	16.5	17.0	18.1
	45—55	13.7	12.5	13.0	13.1	10.9	11.6	12.2	11.5	9.0	10.4	10.9	12.4	10.5	11.8	13.4
BC_1	55—65	11.9	10.1	12.1	12.3	11.2	10.2	12.7	10.3	7.8	8.8	9.9	11.6	9.3	12.0	12.6
C_1	65—75	11.7	11.4	11.6	11.5	11.6	9.7	10.5	10.0	10.8	8.5	9.9	12.3	11.1	10.8	12.1
C_2	85—95	13.4	9.7	10.1	12.0	12.1	10.6	14.4	10.9	11.8	11.6	10.1	12.2	11.9	11.5	13.7
	100—110	12.3	10.4	11.5	11.1	12.1	11.5	14.1	11.7	11.9	13.5	11.5	12.7	12.1	13.3	13.3
	120—130	12.6	11.3	12.3	12.7	12.4	11.4	13.2	12.5	12.3	12.8	14.5	12.8	14.2	13.7	12.8
	140—150	12.9	11.2	12.4	12.5	12.3	11.8	13.4	13.2	12.7	12.5	11.7	15.7	14.3	13.2	13.4
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Кол. 11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Кол. 11А	269	273	276	278	279	282	297	298	303	307	309	311	311	314	312

Водно-балансовая площадка № 1. Сложный сельник. Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы). 1940 г.

Таблица 4а

Генетический горизонт	Слои (см)	Январь 1	Январь 11	Январь 21	Февраль 1	Февраль 11	Февраль 21	Март 1	Апрель 28	Май 10	Май 16
A_0	0—4	191.0	228.0	215.0	207.0	203.0	217.0	210.0	406.0	243.0	199.0
A_1	4—16	42.0	40.2	39.6	40.6	38.6	40.8	40.8	54.6	45.8	49.5
A_2	16—25	19.8	18.2	18.8	22.9	20.1	20.0	20.8	30.6	29.0	29.4
A_2B	25—35	19.2	17.4	19.3	19.6	17.2	15.4	16.8	26.0	29.1	23.6
B	35—45	17.0	17.9	18.0	18.4	15.4	13.5	14.8	22.3	26.8	24.1
	45—55	13.8	11.4	16.9	14.8	15.6	12.3	13.0	20.8	26.4	22.3
BC_1	55—65	12.2	11.1	14.5	13.9	14.0	9.7	12.1	18.1	24.9	22.3
C_1	65—75	10.5	10.6	12.7	12.3	13.0	10.4	10.2	15.1	25.2	22.2
C_2	85—95	11.4	11.4	12.2	10.9	11.7	11.9	11.0	12.1	17.9	18.6
	100—110	14.6	10.7	11.8	11.4	10.9	12.4	13.3	12.6	16.5	15.4
	120—130	12.5	13.0	13.0	11.9	11.0	13.0	12.8	11.5	16.3	15.6
	140—150	14.2	13.1	13.2	11.8	11.7	14.8	11.9	13.0	16.5	16.5
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 38	Сухой							111	17	19
	Кол. 11	Сухой							125	77	74
	Кол. 11А	309	311	315	317	320	323	325	328	263	251

Май 21	Май 26	Июнь 1	Июнь 6	Июнь 11	Июнь 16	Июнь 21	Июнь 26	Июль 1	Июль 6	Июль 11	Июль 16	Июль 21	Июль 27
192.0	178.0	187.0	172.0	229.0	231.0	214.0	217.0	163.0	155.0	194.0	223.0	211.0	226.0
44.1	40.5	37.8	38.3	44.3	39.8	46.0	42.3	35.3	30.4	31.0	45.2	41.5	44.4
27.7	28.7	26.1	29.5	28.7	26.9	28.4	23.6	23.2	23.4	20.9	27.7	22.6	25.1
24.3	24.0	24.4	25.4	24.8	23.5	23.2	22.6	22.4	21.4	19.3	22.3	20.1	21.9
24.6	23.5	23.8	23.9	24.4	23.0	22.4	22.0	22.5	20.5	19.8	22.4	19.4	21.0
23.9	22.1	22.7	23.0	22.1	22.1	22.1	21.5	21.3	19.8	19.1	20.7	19.6	18.9
22.1	21.6	23.1	21.7	21.9	22.2	22.1	20.8	21.2	18.7	19.0	20.6	18.4	20.4
22.2	20.3	22.5	21.9	21.1	21.3	19.9	19.3	18.4	18.6	18.8	19.4	17.3	18.8
19.3	18.1	18.5	16.3	16.6	17.0	16.8	16.7	16.6	16.5	14.1	16.0	14.4	13.8
17.0	16.9	16.0	16.8	17.5	16.6	16.0	15.9	15.8	16.0	14.2	15.8	16.1	14.7
16.6	16.4	16.2	16.7	16.5	16.2	16.1	15.4	14.6	14.2	14.3	15.9	14.8	14.0
17.0	17.5	16.5	16.6	15.9	16.6	16.6	16.8	17.0	15.3	14.5	15.6	15.0	14.1
23	55	53	55	49	60	71	88	Сухой				111	110
59	73	70	55	56	55	72	108	142	154	—	160	137	35
155	139	118	106	91	87	90	120	148	174	187	180	155	107

Таблица 4а (продолжение)

Генетический горизонт	Слои (см)	Август 1	Август 6	Август 11	Август 21	Август 26	Сентябрь 1	Сентябрь 6	Сентябрь 11	Сентябрь 16	Сентябрь 21	Сентябрь 26
A_0	0—4	194.0	169.0	212.0	206.0	194.0	235.0	230.0	267.0	213.0	204.0	349.0
A_1	4—16	34.9	32.0	35.0	36.0	36.4	35.7	34.5	39.5	42.5	43.3	50.6
A_2	16—25	24.5	23.4	22.8	24.6	23.1	24.6	23.3	25.3	25.5	24.5	29.2
A_2B	25—35	22.5	20.9	20.6	20.4	21.8	22.0	20.4	21.9	21.9	22.5	25.1
B	35—45	21.4	20.5	19.6	19.0	20.4	20.6	19.4	20.9	21.8	21.9	23.9
	45—55	20.7	21.7	20.1	18.8	20.7	20.2	19.1	18.9	20.9	21.2	23.8
BC_1	55—65	21.0	20.3	19.8	19.4	20.7	20.1	19.2	19.1	20.3	21.2	22.8
C_1	65—75	20.1	19.1	19.6	17.9	16.9	19.0	18.6	18.1	20.2	21.5	21.1
C_2	85—95	14.8	16.0	15.3	14.6	14.6	13.8	14.3	14.3	14.4	15.5	18.2
	100—110	14.0	14.3	14.2	13.3	15.7	14.8	14.1	14.1	13.4	15.7	17.0
	120—130	14.7	14.4	14.5	12.9	14.2	14.4	15.3	14.9	14.5	14.9	16.7
	140—150	14.9	15.0	14.3	13.2	13.9	14.7	14.8	14.7	13.2	14.9	17.8
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 38	Сухой				112	Сухой			15	18	4
	Кол. 11	54	99	129	58	69	89	98	103	22	23	14
	Кол. 11А	86	115	142	97	91	110	120	134	78	26	24

Октябрь 1	Октябрь 6	Октябрь 16	Октябрь 21	Октябрь 26	Ноябрь 1	Ноябрь 11	Ноябрь 21	Декабрь 1	Декабрь 11	Декабрь 21
304.0	329.0	297.0	358.0	327.0	345.0	403.0	421.0	472.0	436.0	371.0
61.5	59.2	57.4	55.8	53.0	57.0	52.3	48.6	63.1	58.9	53.4
33.8	32.5	34.6	28.7	29.6	29.4	32.9	33.7	34.7	37.3	36.7
24.2	23.7	23.9	24.5	24.9	24.7	26.7	29.0	26.6	30.5	29.4
24.5	23.2	23.4	24.7	24.6	23.5	25.7	25.4	27.0	27.2	26.5
25.1	22.8	23.1	25.4	22.9	22.7	22.6	25.0	25.1	25.0	24.4
24.7	24.5	23.2	24.4	23.1	22.5	21.6	24.5	24.7	25.0	22.3
24.2	23.1	22.1	23.4	21.0	20.8	20.6	22.6	26.2	24.4	22.0
17.8	19.3	17.3	18.7	16.2	19.9	19.7	19.9	17.4	18.4	21.4
17.6	18.1	14.5	18.6	18.9	15.9	18.3	17.7	18.1	19.1	21.3
16.6	18.1	15.1	19.2	18.4	16.3	21.1	17.8	19.5	18.5	17.8
16.9	18.3	15.0	19.2	19.0	15.8	20.0	17.0	19.0	18.7	19.5
12	13	18	18	25	34	17	5	20	23	30
21	18	20	21	26	35	23	12	20	24	36
33	19	25	21	28	43	34	21	25	31	38

Таблица 5а

Водно-балансовая площадка № 1. Сложный ельник.

Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы). 1941 г.

Генетический горизонт	Слои (см)	Январь			Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь				Июль
		1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	16	21	1
A_0	0—4	373.0	322.0	579.0	597.0	381.0	533.0	445.0	686.0	776.0	651.0	495.0	576.0	462.0	387.0	428.0	356.0	322.0	342.0	313.0	251.0
A_1	4—16	53.7	53.7	53.7	49.6	49.6	49.6	51.9	51.9	51.9	44.3	44.3	72.8	70.6	70.6	70.6	45.2	45.2	45.2	45.2	45.3
A_2	16—25	28.3	28.3	28.3	33.8	29.8	29.8	28.5	23.6	29.4	27.9	24.1	32.3	37.2	35.9	31.2	32.8	28.4	29.3	27.9	30.6
A_2B	25—35	25.2	25.2	24.9	25.6	24.9	22.8	25.8	27.2	27.2	25.4	24.1	29.8	30.4	31.4	27.6	26.3	27.9	25.2	25.4	23.2
B	35—45	24.9	25.5	24.4	22.7	23.5	24.8	21.5	24.9	25.1	25.7	23.7	26.8	27.9	27.6	24.5	25.3	25.3	24.5	24.6	23.6
	45—55	24.3	20.9	22.7	24.2	24.7	22.8	22.3	23.6	24.1	23.6	23.8	28.4	29.5	26.7	24.8	24.0	26.1	24.5	26.9	23.6
BC_1	55—65	24.7	22.2	23.1	24.4	22.8	21.7	23.4	25.3	25.0	22.6	23.5	24.3	25.7	23.8	23.9	23.7	23.8	23.1	23.8	23.2
C_1	65—75	22.1	20.5	22.3	24.8	18.0	23.5	19.8	22.8	24.9	23.3	23.3	24.0	24.8	24.9	22.5	24.2	23.9	21.5	24.2	22.7
C_2	85—95	19.8	18.9	18.9	22.4	19.6	19.4	19.3	21.7	23.9	23.0	22.1	21.8	21.0	20.6	19.8	20.4	23.5	21.9	20.7	20.4
C_3	100—110	19.3	19.5	17.1	21.6	17.8	18.3	16.1	18.5	19.4	20.9	21.0	19.3	21.4	18.4	19.2	18.9	19.0	19.5	18.4	19.0
	120—130	19.4	18.2	17.1	20.4	17.5	17.6	14.8	17.9	19.1	19.6	18.4	16.7	18.3	18.2	16.8	19.4	18.9	17.6	18.1	17.7
	140—150	20.0	19.6	17.7	20.5	17.0	17.2	16.5	19.2	19.7	18.0	18.6	17.5	16.7	18.5	17.5	17.3	17.6	16.9	17.9	17.2
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 38	40	60	73	90	Не замерялись					82	14	Не замерялись								
	Кол. 11	50	77	94	120	150	156	157	64	70	87	31	»	»							
	Кол. 11А	44	80	88	115	130	150	157	66	68	88	34	»	»							

Таблица 6а

Водно-балансовая площадка № 2. Сфагново-черничный ельник.

Влажность торфянистого подзола (в % от веса сухой почвы). 1938 г.

Генетический горизонт	Слои (см)	Август		Сентябрь						Октябрь						Ноябрь			Декабрь	
		22	27	1	6	11	16	21	26	1	6	11	16	21	26	1	11	21	1	11
Мох	—	204.0	64.8	54.9	32.1	437.2	468.0	307.2	308.0	215.3	336.0	361.3	363.7	555.0	535.5	543.1	611.1	491.0	413.2	538.0
A_0'	0—5	171.0	129.9	131.7	97.4	361.8	429.1	296.3	279.9	224.6	252.6	303.0	462.2	692.9	611.3	563.3	677.3	441.0	323.0	379.0
A_0''	5—8	169.0	159.1	145.8	142.0	152.7	195.0	178.3	190.2	183.0	153.3	157.3	248.1	264.7	262.8	254.3	291.0	228.0	173.0	226.0
$A_2(g)$	8—25	26.5	25.5	23.2	24.0	27.3	26.7	25.9	24.5	24.8	25.3	24.5	23.3	28.4	25.0	25.3	27.3	26.3	26.7	22.7
A_2	25—35	23.4	22.2	22.0	20.3	21.0	22.6	22.1	22.3	22.0	21.8	21.4	22.9	25.9	24.0	24.2	25.5	22.2	24.8	18.7
A_2B	35—45	22.5	22.0	22.1	21.5	21.4	22.1	21.5	21.7	20.8	21.1	20.5	22.0	24.6	23.5	24.8	23.7	24.1	22.6	17.2
B	45—55	22.1	21.2	21.4	20.2	20.4	21.5	20.5	21.9	20.7	20.3	19.4	20.6	21.4	21.4	22.8	21.8	22.0	24.0	22.0
	55—65	21.3	21.2	20.5	19.2	19.8	19.0	19.1	19.5	18.2	20.0	19.5	19.8	21.4	20.7	20.8	21.2	21.2	25.2	17.4
C_1	65—75	20.9	19.2	19.5	18.5	18.8	19.9	18.9	18.7	18.7	18.7	19.1	18.8	19.0	20.8	20.0	20.8	19.1	22.7	15.9
	75—85	21.8	19.3	20.0	18.5	18.6	19.0	18.2	20.1	19.6	18.4	18.0	19.3	18.4	20.1	21.4	16.7	17.7	19.6	13.5
C_2	85—95	19.1	18.4	17.2	18.0	17.3	16.7	19.5	17.0	15.5	17.4	18.2	17.1	19.4	17.3	15.9	19.0	23.2	11.2	11.2
	100—110	15.6	15.6	17.5	15.2	15.0	14.5	15.3	15.9	15.6	16.1	14.3	15.5	15.2	14.8	16.4	16.0	17.0	20.6	11.6
	120—130	14.5	14.9	14.4	14.6	13.8	14.6	13.5	14.0	14.7	13.9	14.5	13.4	13.7	14.7	14.9	14.7	16.6	19.2	14.6
	140—150	15.7	13.6	15.5	14.4	14.8	14.1	14.1	15.2	14.2	15.4	14.5	13.7	14.8	13.4	16.0	13.3	17.5	19.2	16.0

Уровень грунтовых вод не замерялся

Водно-балансовая площадка № 2. Сфагново-черничный ельник.

Генетический горизонт	Слои (см)	Январь 1	Январь 11	Январь 21	Февраль 1	Февраль 11	Февраль 21	Март 2	Март 11	Март 21
Мох	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A_0'	0—5	313.0	441.0	891.0	912.0	861.0	1544.0	1055.0	1176.0	1144.0
A_0''	5—8	190.0	209.0	305.0	192.0	232.0	219.0	181.0	219.0	231.0
$A_2(g)$	8—25	22.6	24.7	27.9	28.3	27.2	25.5	27.4	25.8	25.5
A_2	25—35	19.0	23.7	23.8	24.4	22.0	25.4	26.9	24.9	26.8
A_2B	35—45	14.5	23.6	22.4	23.8	22.3	25.6	26.0	24.5	25.4
B	45—55	21.2	20.9	21.5	22.5	21.5	25.1	23.7	24.2	24.3
	55—65	18.8	19.6	21.1	21.6	21.2	23.0	21.2	22.5	21.8
C_1	65—75	14.7	19.2	21.4	22.8	20.8	21.5	22.0	22.0	21.1
	75—85	14.9	18.5	18.2	21.1	17.8	22.3	20.2	18.5	20.7
	85—95	14.2	17.8	18.0	18.0	15.9	18.8	19.5	20.6	20.5
	100—110	13.2	15.3	16.5	17.0	15.4	16.4	18.8	17.9	16.3
	120—130	15.6	14.6	14.8	15.0	14.9	13.9	13.2	14.8	15.1
	140—150	16.1	16.8	14.9	16.6	16.2	15.6	14.9	14.7	14.3
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 62	С у х о й								
	Кол. 62В	—	—	—	240	248	253	253	255	257

Генетический горизонт	Слои (см)	Июль 1	Июль 6	Июль 11	Июль 16	Июль 21	Июль 26	Август 1	Август 6	Август 11	Август 16	Август 21
Мох	—	202.0	353.0	393.0	221.0	227.0	99.7	71.4	33.5	31.8	29.4	29.4
A_0'	0—5	324.0	441.0	483.0	373.0	306.0	244.1	156.6	127.0	93.5	87.5	80.3
A_0''	5—8	174.0	251.0	224.0	191.0	164.9	144.5	139.1	106.7	104.8	115.5	113.5
$A_2(g)$	8—25	26.2	29.1	26.9	26.6	25.3	22.0	26.0	23.7	25.7	25.0	26.9
A_2	25—35	26.0	25.4	25.6	24.6	24.2	24.0	24.9	22.3	22.0	23.0	22.6
A_2B	35—45	24.8	25.9	25.6	24.2	24.2	24.4	24.1	23.2	21.6	21.7	22.0
B	45—55	22.9	23.9	25.1	23.2	23.3	23.4	22.2	21.8	21.0	21.2	20.0
	55—65	21.9	21.0	24.1	22.4	21.4	22.4	22.0	20.3	20.2	20.7	19.3
C_1	65—75	22.3	21.9	21.9	20.5	21.8	21.0	22.0	20.5	18.6	19.5	18.0
	75—85	19.3	21.4	21.3	20.2	19.2	20.2	19.7	19.2	19.3	19.5	19.5
	85—95	18.6	19.4	20.2	18.8	19.8	19.3	18.0	18.0	17.7	17.7	17.0
	100—110	16.6	20.3	18.5	17.6	17.4	17.0	15.2	16.8	14.8	15.0	14.3
	120—130	16.0	15.7	14.5	16.1	16.9	14.4	15.2	16.1	15.0	14.3	15.0
	140—150	16.6	15.4	15.5	16.2	16.6	15.0	15.5	15.2	15.9	16.2	17.0
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 62	—	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Кол. 62В	152	110	112	136	152	165	181	191	198	208	214

Таблица 7а

Влажность торфянистого подзола (в % от веса сухой почвы). 1939 г.

Апрель 1	Апрель 11	Апрель 21	Май 11	Май 16	Май 21	Май 26	Июнь 1	Июнь 6	Июнь 11	Июнь 16	Июнь 21	Июнь 26
—	—	—	541.0	349.0	457.0	2300.0	506.0	600.0	360.0	410.0	305.0	263.0
1315.0	1514.0	1398.0	625.0	649.0	948.0		807.0	991.0	796.0	693.0	512.0	496.0
(361.0)	(361.0)	(361.0)	360.0	304.0	300.0		(361.0)	(361.0)	325.0	312.0	247.0	238.0
29.1	29.3	(32.6)	Вода	(32.6)	(32.6)		32.6	32.2	27.2	27.5	26.7	25.9
24.9	27.7	(29.8)	—	Вода			Вода		28.1	24.7	27.1	26.6
24.3	25.5	(30.4)	—	—	Вода		Вода	—	26.2	24.9	25.3	25.5
24.4	24.3	(29.3)	—	—	—	Вода с поверхности	—	—	25.3	24.0	24.1	23.7
22.9	23.0	(26.5)	—	—	—		—	—	23.8	23.8	23.5	23.1
20.8	22.8	(25.8)	—	—	—		—	—	23.1	23.1	22.0	21.7
21.4	20.9	(24.6)	—	—	—		—	—	21.9	21.9	20.8	21.4
20.8	19.6	(24.3)	—	—	—		—	—	22.2	22.2	19.2	19.4
18.2	19.2	(21.5)	—	—	—		—	—	(21.5)	(21.5)	16.4	17.9
16.3	16.8	(19.7)	—	—	—		—	—	16.6	16.6	17.6	17.2
15.7	15.2	(19.2)	—	—	—		—	—	19.2	19.2	17.3	17.4
	77	20	16	18	22	18	19	21	28	47	88	—
259	260	95	44	40	45	45	40	42	44	60	90	134

Таблица 7а (продолжение).

Сентябрь 1	Сентябрь 6	Сентябрь 11	Сентябрь 16	Сентябрь 21	Сентябрь 26	Октябрь 1	Октябрь 11	Октябрь 21	Ноябрь 1	Ноябрь 11	Ноябрь 21	Декабрь 1	Декабрь 11	Декабрь 21
29.4	105.8	160.7	275.8	151.0	349.1	438.0	337.0	477.5	398.0	420.0	385.0	515.0	330.0	493.0
80.5	93.5	98.7	103.9	125.1	251.0	356.0	296.0	448.0	415.0	495.0	412.0	446.0	396.0	473.0
110.6	114.4	117.6	109.2	101.0	117.0	165.0	159.2	185.0	187.0	234.0	199.0	193.4	176.2	195.0
23.0	20.6	22.6	21.0	22.5	25.3	25.7	23.0	23.1	24.7	24.0	27.2	28.3	25.0	26.4
20.1	20.5	19.2	18.9	18.4	21.0	21.6	20.4	22.7	23.3	21.5	24.3	24.0	24.0	24.0
19.7	20.6	20.4	17.9	19.5	20.8	20.6	21.4	21.6	20.6	20.4	23.7	25.6	23.1	24.3
19.6	19.0	19.1	17.3	19.2	20.4	20.0	19.4	20.2	21.0	20.1	21.7	23.4	20.8	20.8
19.0	19.4	17.5	18.2	19.1	18.7	18.7	19.0	20.0	19.8	19.5	20.7	22.3	19.1	19.1
20.7	18.5	17.4	17.2	18.3	17.5	18.6	18.2	18.5	18.3	20.0	19.2	21.2	17.8	17.8
17.7	18.9	16.8	15.8	17.0	16.5	15.9	16.1	16.9	16.5	15.6	17.1	17.6	17.6	19.3
14.3	15.6	14.6	14.7	15.5	15.2	15.8	14.4	15.6	16.0	14.1	15.2	15.2	15.4	15.9
11.8	14.6	11.8	14.0	15.2	15.2	15.5	14.9	15.2	15.5	14.2	15.3	14.7	14.9	16.4
13.0	15.1	12.5	14.8	13.5	16.1	14.2	14.0	13.8	14.8	13.8	14.6	15.3	12.8	15.6
15.0	15.6	13.5	14.9	12.7	16.2	13.8	14.6	14.1	14.7	13.5	14.2	15.2	13.4	13.9
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
224	231	235	237	239	243	257	264	270	276	282	284	291	296	299

Водно-балансовая площадка № 2. Сфагново-черничный ельник.

Генетический горизонт	Слой (см)	Январь			Февраль			Март	Апрель
		1	11	21	1	11	21	1	28
Мох	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A_0'	0—5	417.0	537.0	470.3	576.0	403.0	523.0	460.0	
A_0''	5—8	164.0	221.0	232.0	169.0	182.0	176.0	224.0	
A_2 (g)	8—25	24.9	25.5	27.3	23.8	24.4	27.9	27.9	
A_2	25—35	23.9	23.2	25.3	23.9	21.5	27.0	23.0	
A_2B	35—45	26.1	23.3	25.8	24.2	20.2	22.7	20.2	
B	45—55	24.1	21.3	24.8	22.2	19.5	22.8	17.9	
	55—65	22.5	21.5	22.3	22.0	20.5	21.5	19.6	
C_1	65—75	23.2	20.9	19.8	20.6	19.3	19.8	19.3	
	75—85	19.0	19.0	19.2	17.9	18.5	17.4	18.2	
C_2	85—95	14.6	14.3	17.1	16.6	16.7	17.4	15.7	
	100—110	14.7	14.6	17.6	14.4	15.7	13.6	15.7	
	120—130	14.8	15.8	16.9	14.9	14.4	13.2	13.5	
	140—150	15.8	15.2	18.9	16.3	16.2	14.8	13.2	
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 62	—	—	—	—	—	—	—	До 1 июня — вода с поверхности 32
	Кол. 62В	302	304	309	311	315	320	325	328

Генетический горизонт	Слой (см)	Август					Сентябрь			
		1	6	11	21	26	1	6	11	16
Мох	—	677.0	554.0	566.0	720.0	748.0	746.0	749.0	1018.0	1278.0
A_0'	0—5	670.0	576.0	497.0	672.0	599.0	505.0	483.0	683.0	804.0
A_0''	5—8	302.0	261.0	233.0	313.0	302.0	256.0	272.0	290.0	333.0
A_2(g)	8—25	31.4	29.0	30.1	30.3	30.6	28.9	26.4	27.6	29.9
A_2	25—35	28.7	25.8	25.8	27.9	27.0	27.9	25.5	27.4	27.1
A_2B	35—45	28.4	26.1	25.5	26.1	25.9	26.8	25.8	27.3	26.9
B	45—55	29.0	25.2	24.2	24.7	25.2	25.3	23.7	25.4	26.4
	55—65	27.9	23.8	24.9	25.3	24.6	23.7	22.3	24.7	25.7
C_1	65—75	26.9	20.4	23.4	24.2	23.0	25.1	21.6	22.6	23.8
	75—85	17.8	21.5	21.3	23.6	23.2	21.2	21.1	23.3	23.5
C_2	85—95	20.8	21.3	19.1	21.3	19.0	17.1	19.0	21.5	24.1
	100—110	19.2	17.0	16.5	16.6	16.7	16.8	18.3	16.4	17.4
	120—130	17.8	15.8	16.1	17.0	17.1	16.2	16.2	17.2	17.2
	140—150	17.7	15.3	16.5	16.6	17.8	16.0	16.0	16.9	16.2
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 62	26	58	72	26	30	37	38	37	14
	Кол. 62В	46	50	62	60	48	43	46	50	39

Таблица 8а

Влажность торфянистого подзола (в % от веса сухой почвы). 1940 г.

Июнь						Июль					
1	6	11	16	21	26	1	6	11	16	21	27
672.0	404.0	660.0	772.0	?	554.0	489.0	205.0	695.0	635.0	597.0	730.0
608.0	453.0	772.0	915.0	826.0	456.0	487.0	366.0	594.0	624.0	527.0	741.0
321.0	288.0	304.0	326.0	314.0	290.0	264.0	219.0	244.0	259.0	229.0	301.0
28.2	29.8	31.5	29.8	27.1	29.6	26.2	27.0	26.6	29.1	29.0	29.9
28.4	27.7	29.2	28.3	27.1	24.8	24.8	26.1	25.8	27.5	27.7	29.4
28.9	27.5	29.0	27.1	26.6	25.8	24.6	24.4	24.9	25.8	26.0	28.4
26.5	26.7	25.9	25.5	24.7	24.8	23.5	24.1	23.7	24.5	24.9	27.1
25.7	23.9	25.0	23.6	21.9	24.5	22.3	21.5	21.9	24.6	24.1	26.6
24.3	23.2	21.8	21.5	22.1	21.7	21.0	21.7	21.9	24.2	22.0	23.4
24.1	23.2	20.6	20.8	22.1	20.8	18.9	18.8	18.9	19.6	20.5	23.5
16.4	19.5	18.2	18.3	18.4	18.7	18.2	17.9	18.9	20.1	18.2	22.7
17.1	17.4	17.0	16.8	16.6	15.6	16.1	15.9	16.3	18.0	16.7	17.2
17.4	16.2	16.2	16.4	16.4	17.2	15.6	14.6	14.5	16.9	15.9	18.3
17.5	16.2	16.8	17.4	16.4	17.4	16.1	15.0	15.1	17.4	15.4	17.5
20	22	20	21	30	50	—	—	—	51	—	18
60	65	51	51	51	56	76	102	128	126	105	75

Таблица 8а (продолжение)

Сентябрь		Октябрь					Ноябрь			Декабрь		
21	26	1	6	11	21	26	1	11	21	1	11	21
1197.0	1080.0	1082.0	1355.0	993.0	859.0	Снег	551.0	827.0	968.0	Снег		
776.0	737.0	772.0	703.0	799.0	690.0	355.0	292.0	322.0	890.0	859.0	985.0	981.0
328.0	341.0	297.0	281.0	316.0	316.0	264.0	29.7	32.6	311.0	378.0	305.0	321.0
33.6	31.0	31.5	31.9	33.9	35.9	36.2	28.7	29.6	28.9	30.7	30.7	33.3
27.6	28.2	28.9	29.6	29.2	29.5	29.6	25.1	27.5	28.0	27.9	27.8	33.2
25.9	26.3	28.6	25.4	27.5	28.5	23.9	24.7	26.5	27.8	27.5	29.0	30.0
27.2	26.0	27.3	24.3	24.4	29.2	22.7	23.6	26.8	23.8	28.4	27.5	27.1
25.3	24.3	27.0	24.5	25.0	24.6	23.0	23.6	25.1	23.8	30.2	26.9	26.0
25.5	22.0	24.1	24.2	25.1	22.5	23.7	24.0	25.8	22.3	29.3	25.1	27.7
23.7	22.8	23.2	24.5	25.3	24.0	22.9	23.5	24.4	23.8	26.5	20.2	24.0
21.2	19.6	19.1	19.6	25.0	22.6	22.8	17.3	18.2	18.7	21.9	17.8	21.7
15.3	15.5	19.4	18.2	18.4	17.7	18.9	15.9	18.1	15.9	18.9	17.5	22.0
16.8	15.9	17.5	17.7	17.9	16.8	17.5	17.7	17.3	16.7	17.6	17.6	19.8
16.8	15.0	14.9	16.2	15.9	15.9	19.2			17.7	18.6	17.8	19.7
18	13	17	18	14	19	20	27	19	16	23	21	29
35	26	26	26	23	26	26	33	31	21	25	27	33

Таблица 9а

Водно-балансовая площадка № 2. Сфагново-черничный ельник.
Влажность торфянистого подзола (в % от веса сухой почвы). 1941 г.

Генетический горизонт	Слои (см)	Январь			Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь				Июль
		1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	16	21	1
Мох	—	Снег			Снег			Снег			Снег			Снег		439.0	730.0	521.0	412.0	804.6	696.0
A_0'	0—5	874.0	453.0	570.0	611.0	413.0	329.0	368.0	802.0	518.0	615.0	976.0	1035.0	1076.0	783.0	653.0	788.0	755.0	535.0	455.0	466.0
A_0''	5—8	374.0	232.0	252.0	186.0	—	184.0	157.0	347.0	288.0	198.0	312.0	335.0	309.0	310.0	309.0	381.0	300.0	303.0	352.0	286.0
$A_2(g)$	8—25	29.7	31.7	28.1	31.8	32.6	—	29.7	28.7	31.1	29.1	30.8	34.0	31.5	31.1	29.2	31.9	28.3	28.7	29.7	29.1
A_2	25—35	29.7	25.1	24.5	26.7	28.0	28.0	26.9	26.9	26.9	26.6	28.1	32.8	27.3	30.5	28.8	29.5	27.6	27.5	29.0	26.3
A_2B	35—45	30.1	25.9	24.0	24.6	28.5	28.9	24.6	26.8	26.1	25.9	28.8	30.8	26.2	28.3	27.5	28.0	25.4	26.2	28.1	24.0
B	45—55	23.4	25.6	22.2	23.3	27.3	25.7	23.1	23.9	23.5	24.8	26.9	30.4	26.0	26.4	27.4	26.9	27.0	26.5	27.2	24.5
	55—65	22.8	24.7	20.9	20.1	24.4	24.9	24.7	23.7	21.7	23.7	25.8	29.3	28.3	26.8	27.5	24.8	25.8	25.6	27.2	23.6
C_1	65—75	24.2	23.4	20.2	22.3	24.5	26.3	23.1	22.9	24.0	21.5	25.3	28.6	25.8	30.0	23.3	27.3	26.2	24.8	26.3	21.5
	75—85	20.8	22.3	20.6	21.4	22.7	25.1	20.3	22.9	23.8	22.7	22.7	27.3	23.3	26.1	23.8	26.2	25.0	26.0	24.5	22.4
C_2	85—95	20.2	19.8	17.5	17.4	16.5	25.9	18.8	22.3	21.2	20.3	23.1	24.7	23.7	24.1	22.0	24.7	22.4	24.1	22.1	22.2
	100—110	18.7	18.1	17.9	17.2	15.8	21.8	18.0	20.5	21.8	18.3	20.9	22.8	21.6	21.0	18.9	20.9	17.8	19.4	18.4	18.9
	120—130	20.1	17.6	17.5	17.8	17.6	22.0	19.1	17.1	18.4	18.0	19.3	20.1	18.4	19.3	18.1	18.0	17.0	18.4	16.6	17.9
	140—150	19.1	18.0	19.4	16.7	16.7	21.1	19.6	18.1	19.4	17.9	17.8	19.2	17.4	18.4	16.8	17.9	17.8	16.7	17.8	17.7
Уровень почвенно-грунтовой воды (см)	Кол. 62	37	55	32	Сухой						34	Не замерялся									
	Кол. 62В	36	47	62	85	105	117	130	107	92	97	56		»			»				

Таблица 10а

Водно-балансовая площадка № 3. Поле.
Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы). 1939 г.

Генетический горизонт	Слои (см)	Июнь		Июль			Август			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь	
		11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11
$A_1(+A_2)$	0—5	34.8	33.1	31.4	31.3	26.7	12.7	9.9	5.7	5.1	6.2	6.9	27.1	24.2	29.7	28.3	34.2	30.1	43.9	47.4
	5—18	37.4	32.7	30.6	31.1	28.4	18.3	14.7	10.8	8.5	9.2	10.3	17.8	18.3	22.6	22.3	26.9	27.9	26.5	26.3
$A_2(+A_1)$	18—25	29.6	23.1	20.7	24.1	18.5	15.1	11.7	10.1	8.7	10.0	11.1	8.8	12.0	14.6	17.3	15.9	20.9	21.9	19.9
A_2	30—40	23.7	18.3	17.1	16.8	13.1	12.7	12.7	10.9	11.6	8.8	11.5	11.3	10.9	11.0	16.6	14.8	18.3	16.8	18.8
A_2B	40—50	22.6	19.7	18.3	18.7	15.7	15.5	16.4	13.9	16.3	15.0	13.9	15.1	13.3	14.2	13.8	16.8	17.7	16.6	18.0
B	50—60	21.9	20.3	19.1	20.0	18.9	17.2	16.1	16.5	14.7	17.1	14.1	14.3	15.0	14.8	15.4	17.0	16.1	18.3	18.9
BC_1	60—70	22.0	21.0	18.6	20.0	19.5	17.6	17.0	15.1	14.0	15.1	13.4	12.8	13.6	13.7	16.2	15.4	14.9	16.2	16.9
C_1	70—80	21.0	20.0	19.5	20.0	17.1	15.4	16.9	15.7	13.9	15.3	12.6	12.5	14.7	13.9	14.1	15.5	13.4	15.8	15.1
	80—90	—	19.0	18.3	19.2	16.7	14.3	16.3	16.9	13.8	13.8	13.5	14.3	14.0	14.5	15.3	14.6	14.0	15.6	14.9
C_2	90—100	17.8	18.3	15.3	16.5	16.2	13.3	16.8	15.5	14.1	15.4	12.9	11.0	12.3	14.4	15.5	13.6	15.3	15.5	14.6
	120—130	18.3	15.4	13.2	14.4	13.4	13.5	14.8	16.6	15.9	14.2	13.4	12.8	14.4	15.7	15.2	13.5	15.4	14.6	17.4
	140—150	16.2	16.1	16.4	15.6	16.0	16.2	14.5	16.5	15.9	15.5	15.3	16.7	16.0	16.2	16.0	15.4	14.5	14.7	15.0

Таблица 11а

Водно-балансовая площадка № 8. Поле.
Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы). 1940 г.

Генетический горизонт	Слои (см)	Январь		Февраль			Март	Май		Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь	Декабрь
		1	11	1	11	21	1	7	21	2	11	21	1	11	21	1	12	21	1	11	19	1	16	21	11	1
$A_1(+A_2)$	0—5	48.3	46.7	52.5	49.6	46.0	51.1	38.2	35.4	35.4	35.1	32.8	24.4	28.2	25.9	33.2	26.2	32.4	29.6	32.8	38.2	46.8	49.7	51.6	55.7	36.8
	5—18	35.0	34.5	37.6	36.9	38.8	36.1	38.0	34.1	32.3	32.4	32.5	29.0	25.0	27.5	33.0	29.4	35.0	31.6	32.9	34.9	45.6	41.5	44.4	37.5	35.5
$A_2(+A_1)$	18—25	15.4	18.4	17.3	20.0	19.1	19.5	28.9	28.8	27.2	24.7	25.2	22.6	15.5	20.4	26.9	24.7	26.7	28.6	29.8	28.7	33.4	35.5	31.2	37.4	25.4
A_2	30—40	15.7	16.7	14.4	16.2	15.8	13.8	26.8	21.9	21.6	22.6	21.5	16.3	15.0	15.7	20.8	17.2	23.3	21.0	22.5	23.9	30.7	30.2	25.6	27.8	22.1
A_2B	40—50	16.8	16.9	16.0	16.6	14.4	15.0	24.0	20.5	20.5	22.1	21.1	18.3	17.2	17.5	21.5	19.0	21.2	20.6	21.3	23.5	28.7	25.4	25.1	27.2	24.0
B	50—60	16.5	15.3	16.0	15.8	14.6	13.7	22.3	19.0	20.3	21.7	22.2	18.4	17.6	18.7	21.0	19.0	21.0	19.9	20.4	22.6	26.5	22.6	23.6	26.5	23.5
BC_1	60—70	16.0	16.2	16.0	15.1	13.7	14.1	21.0	20.7	20.3	21.0	20.6	19.9	18.1	18.9	20.1	18.7	19.6	19.9	20.4	22.7	25.3	24.0	24.1	24.8	24.8
C_1	70—80	15.5	15.9	15.8	14.8	15.9	13.8	20.6	19.9	20.0	20.8	20.5	19.0	18.3	19.3	19.9	18.8	19.6	20.2	20.5	22.6	24.5	22.7	23.8	24.5	24.5
	80—90	15.5	15.3	14.1	12.6	15.0	15.0	19.2	18.7	19.8	20.4	18.7	19.3	18.0	16.9	16.9	18.7	18.6	19.6	20.0	20.0	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9
C_2	90—100	15.0	14.6	12.4	10.7	14.0	14.0	19.1	17.5	15.7	19.2	16.9	18.2	14.4	14.3	15.4	16.0	17.2	16.3	18.2	15.4	22.0	17.1	19.7	20.2	21.9
	110—120	15.8	11.2	16.7	13.5	15.2	15.2	17.3	16.8	16.5	16.6	16.7	15.1	15.0	16.7	16.2	16.2	17.8	15.3	13.0	17.7	16.8	18.0	17.4	18.1	20.9
	140—150	17.4	11.0	17.9	16.4	14.3	14.4	17.5	17.7	16.0	17.5	16.1	16.3	16.3	16.6	17.7	16.9	16.1	14.4	12.2	18.3	14.5	19.5	19.0	18.7	19.4

Таблица 12а

Водно-балансовая площадка № 8. Поле.
Влажность дерново-среднеподзолистой почвы (в % от веса сухой почвы). 1941 г.

Генетический горизонт	Слои (см)	Январь		Февраль		Март		Апрель		Май		Июнь		Июль
		11	21	1	21	1	11	21	11	21	1	11	21	3
$A_1(+A_2)$	0—5	40.8	46.8	39.7	44.9	37.7	52.2	47.8	45.9	49.6	35.5	35.8	33.3	30.6
	5—18	39.0	41.6	35.3	41.3	35.9	36.6	45.8	43.4	52.2	34.2	35.8	32.0	33.1
$A_2(+A_1)$	18—25	28.0	33.1	28.5	27.2	22.3	23.2	34.3	42.2	29.7	33.3	35.1	31.9	30.7
A_2	30—40	28.5	27.5	34.5	29.4	23.2	30.1	24.8	27.1	24.9	24.8	23.5	23.6	20.6
A_2B	40—50	25.9	24.3	27.9	26.4	21.8	25.4	27.1	26.6	23.1	22.4	22.4	22.4	20.1
B	50—60	25.0	23.0	24.9	23.0	22.5	21.9	24.7	23.6	22.1	21.9	22.0	22.1	20.0
BC_1	60—70	25.3	25.1	20.2	22.8	22.2	21.2	24.4	24.3	21.5	21.4	21.8	21.7	21.1
C_1	70—80	21.8	22.8	19.0	22.4	22.6	20.3	24.0	24.0	22.0	22.3	22.0	22.4	21.0
	80—90	20.9	20.8	20.9	20.9	20.2	20.2	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	18.9
C_2	90—100	22.0	18.6	20.1	19.4	21.8	22.0	22.0	22.0	20.5	20.2	18.6	21.2	18.8
	110—120	18.1	18.1	19.8	18.9	21.8	22.1	20.9	17.9	21.0	20.4	15.8	16.5	18.9
	140—150	19.3	19.3	19.6	19.0	21.0	21.0	19.7	19.5	20.9	19.3	16.9	15.3	16.0

ЛИТЕРАТУРА

Абрамова М. М. Сезонная изменчивость некоторых химических свойств лесной подзолистой почвы. Тр. Почв. инст. АН СССР, т. XXV, 1947.

Абрамова М. М. Опыты по передвижению капиллярно-подвешенной воды. Почвоведение, № 1, 1948.

Анисберг Е. А. Материалы к изучению режима верхнего горизонта грунтовых вод Молого-Шекснинского междуречья. Тр. Почв. инст. АН СССР, т. XVI, 1937.

Антипов-Каратаев И. Н. Опыт применения фильтрационного метода к изучению факторов дисперсности почв. Тр. Ленингр. лабор. Инст. агро-почвовед. ВАСХНИЛ, в. 11, 1930.

Астапов С. В. Лабораторный метод определения водных свойств почво-грунтов в целях мелиорации. Сб. «Физика почв в СССР». Сельхозгиз, 1936.

Басалаев Н. И. К вопросу о значении капиллярно поднимающейся воды в водном балансе почвы. Пробл. сов. почвовед. Сб. 3. АН СССР, 1936.

Большаков А. Ф. О формах движения влаги в почвах степного типа. Почвоведение, № 7, 1946.

Брудастов А. Д. Осушение минеральных и болотных земель. Сельхозгиз, 1934.

Бялый А. М. Источники поступления и расхода почвенной влаги при высокой агротехнике. Соц. зерн. хоз., № 2, 1938.

Бялый А. М. Конденсация парообразной влаги из атмосферы в почву как источник увлажнения почвы. Соц. зерн. хоз., № 3, 1940.

Васильев И. С. К вопросу о применении испарителей-лизиметров системы Попова В. П. при изучении влагооборота почв. Пробл. сов. почвовед. Сб. 1 и 3, АН СССР, 1936.

Васильев И. С. Водный режим главнейших почвенных разностей Молого-Шекснинского междуречья. Тр. Почв. инст. АН СССР, т. XVI, 1937.

Васильев И. С. К вопросу об учете осадков при работе с почвенными испарителями. Пробл. сов. почвовед., Сб. 10, АН СССР, 1940.

Васильев И. С. Несколько данных о водном режиме подзолистых почв в засушливые 1938 и 1939 годы. Почвоведение, № 4, 1941.

Васильев И. С. К вопросу о наблюдениях над влажностью почвы в лесу. Тр. Почв. инст. АН СССР, т. XXXI, 1950.

Васильев И. С. Опыт сравнительной оценки испарителей Попова и Рыкачева. Тр. Почв. инст. АН СССР, т. XXXI, 1950.

Вильямс В. Р. Общее земледелие, ч. I, М., 1920.
Вильямс В. Р. Почвоведение. Сельхозгиз. М., 1947.
Виноградский Д. Н. Лабораторные наблюдения явлений защемленного воздуха в грунтах. Тр. Моск. автодор. инст. Сб. 3, 1936.
Виткевич В. И. Метеорологические условия 1938 и 1939 гг. Лесн. хоз., № 10, 1940.
Высоцкий Г. Н. Биологические, почвенные и фенологические наблюдения в Велико-Анадоле. Тр. опытн. лесничеств., 1901.
Высоцкий Г. Н. О взаимных соотношениях между лесной растительностью и влагою, ч. I. СПб., 1904.
Глинка К. Д. Почвоведение. Сельхозгиз, 1931.
Долгов С. И. Влияние строения почвы на испарение из нее воды. Физика почв, в. 18. Изд. ВАСХНИЛ, 1937.
Долгов С. И. О формах и состояниях почвенной влаги. Почвоведение, № 7, 1946.
Долгов С. И. Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений. Изд. АН СССР, 1948.
Дояренко А. Г. К изучению испаряющей способности почв. Научно-агр. журн., № 5—6, 1924.
Дояренко А. Г. К изучению структуры почвы, как соотношения некапиллярной и капиллярной скважности, и ее значения в плодородии почвы. Научно-агр. журн., № 7—8, 1924.
Дояренко А. Г. Дифференциальная скважность как показатель почвенной структуры. Соц. зерн. хоз., № 1, 1941. Саратов.
Журавлев М. З. Конденсация водяных паров атмосферы верхними слоями почвы в условиях Омска. Метеор. и гидрол., № 1—2, Л., 1940.
Зимин Б. Свободный горизонт грунтовых вод. Мелиор. и торф, № 10, 1932.
Иванова Е. Н. К вопросу о разделении подзолистой зоны Предуралья на подзоны. Почвоведение. № 3—4, 1945.
Иванова Е. Н. Почвы Урала. Почвоведение, № 4, 1947.
Иванов Б. Г. Испарение в естественных условиях. Гидрометиздат, 1939.
Каменский Г. Н. Основы динамики подземных вод, ч. I. Георазведиздат, М.—Л., 1933.
Качинский Н. А. Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевых участках. Тр. Инст. почвовед. Моск. гос. унив., 1927.
Качинский Н. А. О влажности почвы и методах ее изучения. Сельхозгиз, 1930.
Качинский Н. А. Изучение физических свойств почвы и корневых систем растений. Сельхозгиз, 1931.
Качинский Н. А. Опыт агро-мелиоративной характеристики почв. М., 1934.
Качинский Н. А. Новое в теории о водонепроницаемых почвенно-грунтовых экранах. Почвоведение, № 5—6, 1945.
Качинский Н. А. О структуре почвы, некоторых ее водных свойствах и дифференциальной порозности. Почвоведение, № 6, 1947.
Кисляков В. Д. и Васильев И. С. Изменение плодородия подзолистых почв под влиянием окультуривания. Почвоведение, № 4, 1946.
Колосков П. И. Природные условия внутрипочвенной конденсации атмосферных паров. Пробл. физ. геогр., в. IV. М., 1937.
Колосков П. И. Пора пересмотреть и улучшить методику учета и картографии атмосферных осадков. Метеор. и гидрол., № 1, 1938.
Коньков Б. С. Испарение грунтовых вод на различной глубине залегания. Соц. наука и техника, № 9—10, 1938.
Коссович П. С. Водные свойства почвы. Журн. опытн. агр., № 3, 1904.
Костюкевич Н. И. и Червяков П. Д. Снегонакопление и снеготаяние. Белор. научно-иссл. инст. лесн. хоз. Изд. Белор. НИИЛХ, в. III. Гомель, 1940.
Костяков А. Н. Основы мелиораций. Сельхозгиз, 1933.
Кулик М. С. К вопросу о конденсации водяных паров в почве в зимний период. Метеор. и гидрол., № 4, 1938.
Лаппе О. К. Краткий курс общей гидрогеологии. 1933.
Лашкевич К. А. Влияние леса на учет осадков. Лесн. хоз., № 6 (12), 1938.
Лебедев А. Ф. Роль парообразной воды в режиме почвенных и грунтовых вод. Тр. по сел.-хоз. метеор., в. XII, 1913.
Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. Гостехиздат, 1936.
Лобанов Н. В. Критическая для высших растений влажность. Научно-агр. журн., 1925, № 4; 1926, № 10.
Лохов В. П. Учет осадков, задерживаемых лесом, методом дождевания. Метеор. и гидрол., № 6, 1938.

Лучшев А. А. и Петровский Ю. С. Данные по метеорологическому режиму в лесных насаждениях. Тр. Всес. научно-иссл. инст. лесн. хоз., в. 8, 1939.
Максимов Н. А. Краткий курс физиологии растений. Сельхозгиз, 1941.
Малянов А. П. Физические свойства лесной подстилки. Уч. зап. Сарат. гос. унив., т. I (XIV), в. 2. Саратов, 1938.
Малянов А. П. Изменение физических свойств почв на лесосеках. Тр. конфер. по почвовед. и физиол. культ. раст., т. II, Саратов, 1938.
Мировой агро-климатический справочник. Гидрометиздат, 1937.
Молчанов А. А. Расход влаги на отсасывание корневыми системами сосны в древостоях различного возраста и полноты. Докл. АН СССР, т. LX, № 8, 1948.
Молчанов А. А. Расход воды на испарение и транспирацию моховым и травянистым покровом в лесу и на открытом пространстве. Докл. АН СССР, т. LXI, № 2, 1948 (а).
Молчанов А. А. Баланс влаги в песчаной почве брусничнo-черничного соснового бора и в поле. Докл. АН СССР, т. LXII, № 5, 1948 (б).
Морозов Г. Ф. Учение о лесе. Л., 1926.
Морозов А. Т. Напорное движение воды в почво-грунтах. Почвоведение, № 3, 1935.
Небольсин С. И. Осадки и испарение среди полевой растительности. Метеор. вести., 1930, № 9—12.
Небольсин С. И. и Надеев П. П. Элементарный поверхностный сток. Гидрометиздат, 1937.
Николаев А. К методике определения максимальной гигроскопической воды в почвах. Почвоведение № 1, 1936.
Отоцкий П. В. Режим грунтовых вод. Почвоведение, № 3, 1915; № 3—4, 1916.
Пигулевский М. Х. Основы и методы исследования физико-механических свойств почв. Тр. Ленингр. отд. ВИУАА, в. 44, 1936.
Позышев О. С. Зависимость испарения с поверхности почвы от степени ее увлажнения. Метеор и гидрол., № 11, 1940.
Покровский Г. И. Капиллярные силы в грунтах. Госстройиздат. М., 1933.
Покровский Г. И. Исследования по физике грунтов. ОНТИ, 1937.
Попов В. П. Почвенная влага и методы ее изучения. Млеев, 1928.
Попов В. П. Почвенные испарители и лизиметры. Млеев, 1929.
Порывкин Н. П. Режим грунтовых вод на пойме р. Волхов. Мат. по иссл. р. Волхов и ее бассейна, в. XX, Л., 1927.
Прониц Е. Гидрогеология, 1932.
Рац И. И. Влажность почвы и расход влаги на десукцию корневыми системами древостоя в грабовом насаждении. Пробл. сов. почвовед., в. 6, АН СССР, 1938.
Ремезов Н. П. О генезисе подзолистых почв. Почвоведение, № 4, 1948.
Решетников А. И. Сток снеговых и дождевых вод с элементарных площадок в районе Валдайской возвышенности. Тр. Научно-иссл. учр. Гл. упр. гидрометсл. СССР, серия IV, в. 17. Гидрометеоиздат, 1945.
Роговой П. П. Водные свойства почво-грунтов и подстилки. Белор. научно-иссл. инст. лесн. хоз. Изд. Белор. НИИЛХ. Гомель, 1940.
Роговой П. П. Водный режим почв БССР и почвообразование. Белорусский научно-иссл. ин-т лесного хоз-ва. Сборник работ по лесному хоз-ву, в. VII, Минск, 1948.
Роде А. А. К вопросу о зависимости колебаний уровня грунтовых вод от выпадения атмосферных осадков. Пробл. сов. почвовед., в. 2, АН СССР, 1936.
Роде А. А. Подзолообразовательный процесс. Изд. АН СССР, М., 1937.
Роде А. А. Режим почвенно-грунтовых вод в подзолистых, подзолисто-болотных и болотных почвах. Тр. Почв. инст. АН СССР, т. XXXII, 1950.
Родников Н. В. О водном режиме подзолистых почв под лесом и лугом. Докл. Всес. с.-х. акад. им. Ленина, в. 3(6). М., 1937.
Родников Н. В. О водном режиме подзолистых почв под лесом и лугом в связи с водоохранными свойствами леса. ВНИАЛМИ, Гослестехиздат, 1940.
Розов Л. П. Почвенно-динамические процессы в подзолистых почвах при их дренировании. Почвоведение, № 5, 1937.
Рудовиц Л. Испарение снега. Метеор. вестн., т. XXXIV, 1924.
Рутковский В. И. Исследование задерживания осадков травяным и моховым покровами. Метеор. и гидрол., № 11, 1936.
Сапегин А. А. Вариационная статистика. Сельхозгиз, 1935.
Сафотеров И. К. и Иовенко Н. Г. Агрогидрологические особенности основных почвенных типов Украины. Тр. с.-х. метеор., в. 23, 1933.
Сахаров М. И. Промерзание и размерзание почвы в лесных фитоценозах. Метеор. и гидрол., в. 11—12, 1938.

Сахаров М. И. К методике учета осадков под пологом леса. Метеор. и гидрол., № 9, 1939.
Сахаров М. И. Факторы, регулирующие промерзание почв в лесных фитоценозах. Почвоведение, № 8, 1945.
Скородумов А. С. К методике изучения лесной подстилки. Пробл. сов. почвовед. Сб. 10, АН СССР, 1940.
Созыкин Н. Ф. Гидрологическое значение лесной подстилки и физических свойств лесных почв. Тр. Всес. научно-иссл. инст. лесн. хоз., в. 8, 1939.
Соколов Н. Н. Рельеф и четвертичные отложения Центрального лесного заповедника. Ученые записки Ленинград. университета, № 124, 1949.
Сребрянская П. И. Промерзание и оттаивание почво-грунтов в центральной части Барабы. Тр. Новосиб. с.-х. инст., т. IV, Новосибирск, 1945.
Троицкий В. А. и Жернова В. Н. Влияние леса на поверхностный сток. Тр. Всес. научно-иссл. инст. лесн. хоз., в. 8, 1939.
Тюрин И. В. К характеристике дернового процесса почвообразования. Юбил. сб. «Академик В. Р. Вильямс», Сельхозгиз, М.—Л., 1935.
Фальковский П. К. Круговорот влаги в почве под влиянием леса. Почвоведение, № 4, 1935.
Федоровский Д. В. Зависимость коэффициента завядания от вида растений и осмотического давления почвенного раствора. Почвоведение, № 10, 1948.
Харитонов Г. А. Осадки в лесу, в поле и поступление их в почву. Почвоведение, № 2, 1949.
Черкасов А. А. Влияние глиняной одежды на фильтрацию из каналов и водохранилищ. М., 1931.
Чернов А. А. Природа почвенной кислотности. Изд. АН СССР. М., 1947.
Чириков Ф. В. и Малюгин А. Ход влажности в подзолистой почве при замерзании и оттаивании. Научно-агр. журн., № 1, 1926.
Шалабанов А. А. Пропускает ли воду мерзлая почва? Почвоведение, № 3, 1903.
Шашко Д. И. Расход воды на транспирацию различных с.-х. культур. Метеор. и гидрол., № 8, 1940.
Эйтингон Г. Р. Задержание осадков пологом леса. Лесн. хоз., № 4, 1938.
Childs E. C. The Use of Soil Moisture Characteristics in Soil Studies. Soil Sci., 1940, v. 50, № 4.
Christianson J. E. Effect of entrapped air upon the permeability of soils. Soil Sci., V. 58, № 5, 1944.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
1950. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА им. В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXXII

А. Ф. БОЛЬШАКОВ

ВОДНЫЙ РЕЖИМ БОГАРНЫХ ПОЧВ УЗБЕКИСТАНА

Наши исследования были организованы на Милютинской государственной селекционной станции (в Самаркандской обл. Узбекской ССР), занимающейся наряду с работой по селекции также вопросами агротехники богарного земледелия. Станция расположена в более или менее типичных богарных условиях, в так называемой полуобеспеченной зоне.*

Перед стационарными исследованиями стояли задачи:
1) изучение режима влажности почв и 2) установление форм и механизма движения влаги в почвах.

Полевые исследования велись с марта 1942 г. до марта 1944 г. и продолжались в течение лета 1945 г. В 1942 г. в работах участвовали: профессор А. А. Роде, старший научный сотрудник А. Ф. Большаков, научный сотрудник Е. И. Кочерина и лаборант А. Г. Кременецкая; в 1943 и 1945 гг.— А. Ф. Большаков и А. Г. Кременецкая.

ГЕОМОРФОЛОГИЯ РАЙОНА

Район Милютинской опытной станции в геоморфологическом отношении представляет собой котловину, в которую впадала р. Санзар до прорыва ею ущелья в отрогах Мальгузара (так называемые «Ворота Тамерлана»). В настоящее время воды Санзара выходят в Голодную степь, где и используются на орошение. Дно Милютинской котловины представляет собой равнину, расположенную на высоте 560—600 м над уровнем моря, прорезанную мелкими сухими руслами и несущую останцы, по высоте равные окаймляющим котловину первым террасам. Котловина окружена: с юго-запада водоразделом, отделяющим ее от р. Зеравшан и соединяющим Туркестанский хребет с горами Хобдун-Тау; с запада — горами Хобдун-Тау; с севера—горами Нура-Тау (Койташскими);с востока и юго-востока—отрогами Мальгузара, прорванными ущельем «Ворота Тамерлана»; с юга—Туркестанским хребтом.

Выходящая в котловину долина р. Санзар и сама котловина имеют очень сложную систему террас. Последние так же, как и дно котловины, сложены толщами лёсса с выходами галечников и коренных пород (глинистых сланцев) по крутым склонам террас и останцов.

* Обзор литературы по водному режиму богарных почв дан А. А. Роде в его статье «Водный режим почв богарной зоны Узбекской ССР» (Тр. Почв. инст. АН СССР, т. XXV, 1947).

В работе были использованы опыты, заложенные станцией, в силу чего мы считаем наши исследования совместными.

Мощность лёсса, слагающего террасы, достигает 50 и более метров. В самой котловине галечник местами подходит близко к поверхности и галька попадает в пахотный горизонт. В большинстве же случаев мощность лёсса в котловине измеряется лишь несколькими метрами, а под ним уже залегает галечник. Грунтовые воды в описанном районе находятся на различной глубине от поверхности. На полях опытной станции их глубина колеблется от 5 до 12 и больше метров. Наиболее близко они расположены вдоль понижений сухих протоков, которые проходят и по полям станции. Нами установлены случаи, когда вблизи таких протоков грунтовая вода капиллярно питает почвенные горизонты и становится доступной не только многолетникам из естественной растительности, но и культурным растениям. Понятно, что такие небольшие по площади участки уже не являются типичными для богарных условий, для которых характерно глубокое залегание грунтовых вод и питание растительности исключительно влагой атмосферных осадков, поступающих в почву. Организация каких-либо опытных работ на таких площадях недопустима, ибо выводы ни в какой степени не могут быть распространены на условия типичного богарного земледелия. Их необходимо выявить специальным обследованием и использовать под хозяйственные посевы, исключив из опытных площадей.

ПОЧВЫ

Почвы полей опытной станции представлены главным образом типичными суглинистыми сероземами на пылеватом суглинке (лёссе), подстилаемом хрящевато-галечными отложениями. Механический состав представлен в табл. 1.

Таблица 1

Механический состав типичного серозема (%). Шурф № 1

Глубина (см)	Фракции (мм)							
	>1	1—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001	<0.01
0—4	0.15	0.50	17.57	37.42	13.48	15.82	15.06	44.36
10—14	0.07	0.40	13.74	44.90	9.28	15.91	15.70	40.89
17—21	0.07	0.32	11.45	42.56	10.52	17.07	18.01	45.60
26—30	0.05	0.21	10.23	44.84	12.91	15.74	16.02	44.67
36—40	0.01	0.26	9.74	48.76	11.69	15.25	14.29	41.23
46—50	—	0.05	8.43	48.70	12.84	13.89	16.09	42.82
66—70	—	0.04	5.68	47.02	16.86	13.07	17.33	47.26
86—90	—	0.04	7.14	52.57	12.84	11.90	15.51	40.25
100—104	—	0.03	6.30	63.66	8.87	8.52	12.08	29.47
116—120	—	0.02	1.79	61.82	13.58	10.27	12.75	36.60
140—144	—	0.01	8.44	54.30	11.41	14.14	11.70	37.25
156—160	—	0.02	8.97	50.03	12.29	14.67	14.02	40.98
200—204	0.01	0.02	8.83	54.27	10.91	14.09	11.88	36.86
250—254	—	0.06	15.15	61.80	4.83	8.18	9.53	22.54
300—304	—	0.11	19.26	55.76	7.23	11.86	5.76	24.85
350—354	0.01	0.31	49.25	35.84	2.12	4.67	7.81	14.60

Примечание. Подготовка почв к анализу произведена с применением оксалата натрия. Анализ выполнен Е. И. Кочериной по методу пипетки, с расчетом времени осаждения по формуле Стокса.

Почвы довольно длительное время подвергались обработке. Лишь крутые склоны вышележащей террасы остались целинными; их почвы могут быть охарактеризованы как смытые галечные суглинистые сероземы.

Если в равнинной части в почве не встречаются галька и камни более крупных размеров, то здесь даже на поверхности они попадаются в большом количестве. Все они хорошо окатаны.

Опытные работы станции и наши исследования были сосредоточены на низкой равнинной части с типичными суглинистыми сероземами, имеющими следующее строение.

Шурф № 1 заложен на защитной полосе парового поля 1942 г. (9-польный севооборот, 1-я повторность), на расстоянии 1 км на север от поселка опытной станции.

0—15 см. Пахотный горизонт серого цвета. Глубина последней вспашки 14 см. Комковато-пороховидной структуры; суглинистый, пылеватый.

15—22 (27) см. Светлее верхнего пахотного, но еще со следами гумусового окрашивания. Среднесуглинистый, пылеватый, комковатый, пористый.

22(27)—35 см. Серовато-палевого цвета со слабыми следами гумусовой окраски. Более плотный, чем верхний. Попадается псевдомицелий карбонатов.

35—46 см. Горизонт обильного выделения карбонатов в виде глазков, конкреций и потеков. Пористый, среднесуглинистый.

46—104 см. Дырчато-ноздреватый горизонт с большим количеством копролитов, нор и ходов насекомых. Отдельными скоплениями попадается мелкокристаллический гипс. Среднесуглинистый, крупнопылеватый.

104—149 (153) см. Этим горизонтом заканчивается толща промачивания осадками 1942 г. Менее плотный, палевого цвета, но более темный, чем верхний. Пронизан лишь крупными деревянистыми корнями люцерны и верблюжьей колючки.

149—380 см. Сухой светлопалевый пылевидный суглинок, пористый; распадается на глыбки и орехи. Встречаются скобообразные более темные (коричневые) пятна. Пронизан корнями верблюжьей колючки. Суглинок книзу делается более легким по механическому составу.

380—450 см. Горизонт несортированного галечника. Галька окатана и сцементирована суглинистым материалом. Резко отграничен от вышележащего суглинка, в котором лишь в самой нижней части попадаются отдельные гальки. Сухой галечник вскрыт шурфом на 70 см, но простирается и глубже.

Бурное вскипание от кислоты начинается с поверхности и наблюдается по всему профилю.

КЛИМАТ

Климатические условия Милютинской станции типичны для так называемой зоны полуобеспеченной богары. Осадки, выпадающие в количестве 326 мм в год (среднее за 11 лет), приурочены к осенне-зимне-весеннему периоду при почти полном отсутствии их летом и при наибольшем количестве в весеннее время.

Второй особенностью в распределении осадков является большая изменчивость месячных сумм от одного года к другому. О постоянстве количества осадков можно говорить лишь в отношении летнего периода, когда осадков нет. В другое время года отношения максимальных месячных сумм осадков к минимальным колеблются от 4 до 100, причем абсолютная величина амплитуды достигает 140 мм (апрель). Это явление исключает понятие типичности года. Каждый год обладает своими особенностями в распределении осадков и не похож на предыдущие годы. Местное население, приспосабливаясь к этому, растягивает посев от осени до весны с тем расчетом, чтобы хотя часть посевов попала в более благоприятные условия. Но колебания не нарушают общего характера распределения осадков. Максимум их всегда приурочен к зимне-весеннему периоду, с чем приходится считаться при организации хозяйства, выборе культур и соответствующих агротехнических мероприятий.

Температура воздуха вполне благоприятна для развития растений. Длительный безморозный период обеспечивает большой выбор культур, а при орошении — снятие двух урожаев в течение одного лета.

Высокая годовая амплитуда колебания температуры, а также большие суточные колебания температуры говорят о резко-континентальном характере климата.

Неблагоприятной чертой климата является большая сухость воздуха, с конца весны и до осени, что способствует усиленному испарению влаги из почвы и чрезмерному увеличению транспирации влаги растительностью.

Наименьшая величина относительной влажности падает на летний период, когда одновременно наблюдается высокая абсолютная влажность, что, видимо, связано с усиленным расходом почвенной влаги посредством транспирации растительностью.

В осенний период (начиная с сентября) относительная влажность воздуха несколько возрастает, в то время как абсолютная влажность довольно низка.

Второй неблагоприятной особенностью климата являются суховеи («гармсили»), представляющие собою ветры преимущественно юго-западного направления, сопровождающиеся повышением температуры воздуха и резким падением его относительной влажности. По времени они совпадают с конечной стадией вегетации культурной растительности и начинаются с мая. Посевы, захваченные такими ветрами, сильно страдают, иногда даже гибнут, и, имея хорошо развитую вегетативную массу, не дают урожая зерна совсем или дают малое количество щуплого зерна.

Земледелие данного района, являясь преимущественно богарным, должно, учитывая особенности климатических условий, стремиться к наиболее ранним (главным образом осенним) срокам посева и к выбору культур с укороченным периодом вегетации. Осенние посевы, имея к весне развитую корневую систему, более рационально могут использовать запас влаги в почве. Растения с укороченным периодом вегетации имеют больше шансов на нормальное развитие, захватывая в меньшей мере период действия гармсилей и чрезмерной сухости воздуха вообще.

Перед агротехникой описанные климатические условия ставят задачу разработки мероприятий, снижающих величину физического испарения влаги из почвы.

РЕЖИМ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА В ПОЧВЕ И В ПРИПОЧВЕННОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

Наблюдения над температурой почвы проводились в трех вариантах.

1. Замеры температуры почвы в скважинах термощупами на глубинах: 50, 100, 150, 200 и 300 см. Наблюдения проводились ежемесячно в 1942 г. лишь в летнее время, а в 1943 г. — на паровом поле в течение всего года, т. е. с марта 1943 г. по март 1944 г.

2. Круглосуточные наблюдения до глубины 60 см с отсчетами через каждый час с помощью термометров Саввинова и специальных термощупов. Наблюдения проводились «суточными циклами» в летние периоды 1942 и 1943 гг. не реже, чем один раз в месяц.

3. Наблюдения за температурой пахотного слоя по термометрам Саввинова на глубину до 20 см при различных условиях (пар с рыхлой поверхностью, пар уплотненный, почва под пшеницей). Эти наблюдения проводились в летний период нерегулярно, но отсчеты брались в одно и то же время суток во всех точках — в 13 час. солнечного времени.

Собранный таким образом материал позволил дать некоторую характеристику температурного режима сероземов в условиях богарного земледелия.

Температура почвы и ее режим зависят от характера поверхности почвы. Солнечные лучи, падающие на почву, нагревают ее поверхность, которая в дальнейшем является источником тепла как для нижележащих почвенных горизонтов, так и для надпочвенного воздуха. Тепловой режим почв слагается из двух циклов — суточного и годового. При этом и тот и другой могут быть разделены на два периода: 1) распространение «волны тепла» вглубь от нагреваемой солнцем поверхности (дневные часы в суточном цикле и летний период в годовом) и 2) распространение «волны холода» при остывании поверхности в ночное время в суточном цикле и в осенне-зимнее время в годовом.

Для характеристики суточного цикла температуры почвы и надпочвенного воздуха приводим данные наблюдений на паровом поле 10—11/VI 1943 г. (табл. 2).

Суточные колебания температуры почвы достигают более или менее значительной величины лишь до глубины 15—20 см, на глубине 60 см суточное колебание равно 0.1°, а остальные изменения — прогрессивный нагрев (табл. 2). Глубже 60 см суточные колебания температуры затухают и наблюдаются лишь сезонные колебания температуры. Особенно наглядно это видно из графиков суточного изменения температуры для ряда сроков (фиг. 1, 2 и 3).

Суточный максимум температуры на поверхности почвы приходится на время между 12 и 14 час., а минимум — на 4—5 час. солнечного времени. При этом необходимо отметить резкие переходы, особенно от низких утренних температур к высоким дневным. Повышение температуры утром достигало 10° в течение часа.

Суточная амплитуда температуры поверхности почвы, зарегистрированная нами 11/VI 1943 г., достигала 48.5° (табл. 2), при максимуме 58.9° и минимуме 10.4°. Распространение тепла в глубь почвы происходит с довольно равномерным запаздыванием, выражающимся величиной в 5 см в 1 час. Суточная амплитуда с глубиной постепенно уменьшается (табл. 2). Из графического изображения суточного изменения температуры видно, что в течение суток с поверхности вглубь распространяются две волны: волна охлаждения и волна нагревания (см. термоизоплеты на фиг. 1, 2 и 3). Летом последняя захватывает значительно больший период времени и распространяется глубже, чем волна охлаждения, а осенью наблюдается обратное соотношение.

Как уже сказано, кроме описанных суточных циклов наблюдений за температурой верхних слоев почвы, велись периодические наблюдения за температурой на больших глубинах: 50, 100, 200 и 300 см, где наблюдались лишь сезонные изменения температуры.

Эти наблюдения проводились термощупами в специально закладываемых скважинах или в большинстве случаев при взятии образцов почв для определения влажности. Наиболее полные наблюдения проведены на апрельском пару с марта 1943 г. по март 1944 г. (см. табл. 3 и фиг. 4).

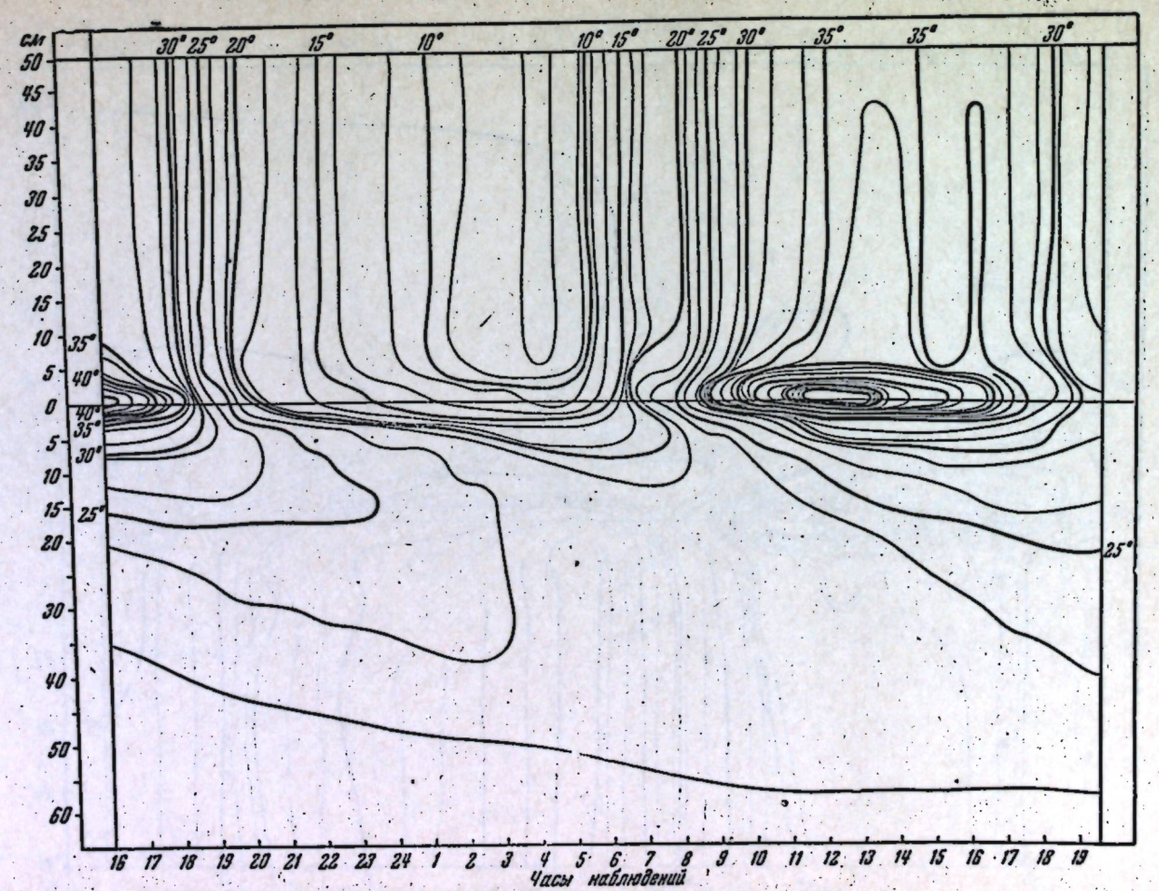
Проведенные наблюдения дают возможность проследить передвижение максимума температуры от верхних горизонтов почв в нижние. В период с апреля по август максимум температуры находится на поверхности почвы. Наивысшие температуры здесь наблюдаются во второй половине августа. Затем начинается понижение температуры верхних почвенных горизонтов и идет перемещение максимума в более глубокие горизонты почвы, и с ноября по март максимум температуры находится на глубине свыше 3 м.

Перемещение максимума температуры представляет интерес потому, что, как показано ранее, особенно работами А. Ф. Лебедева (1913), распре-

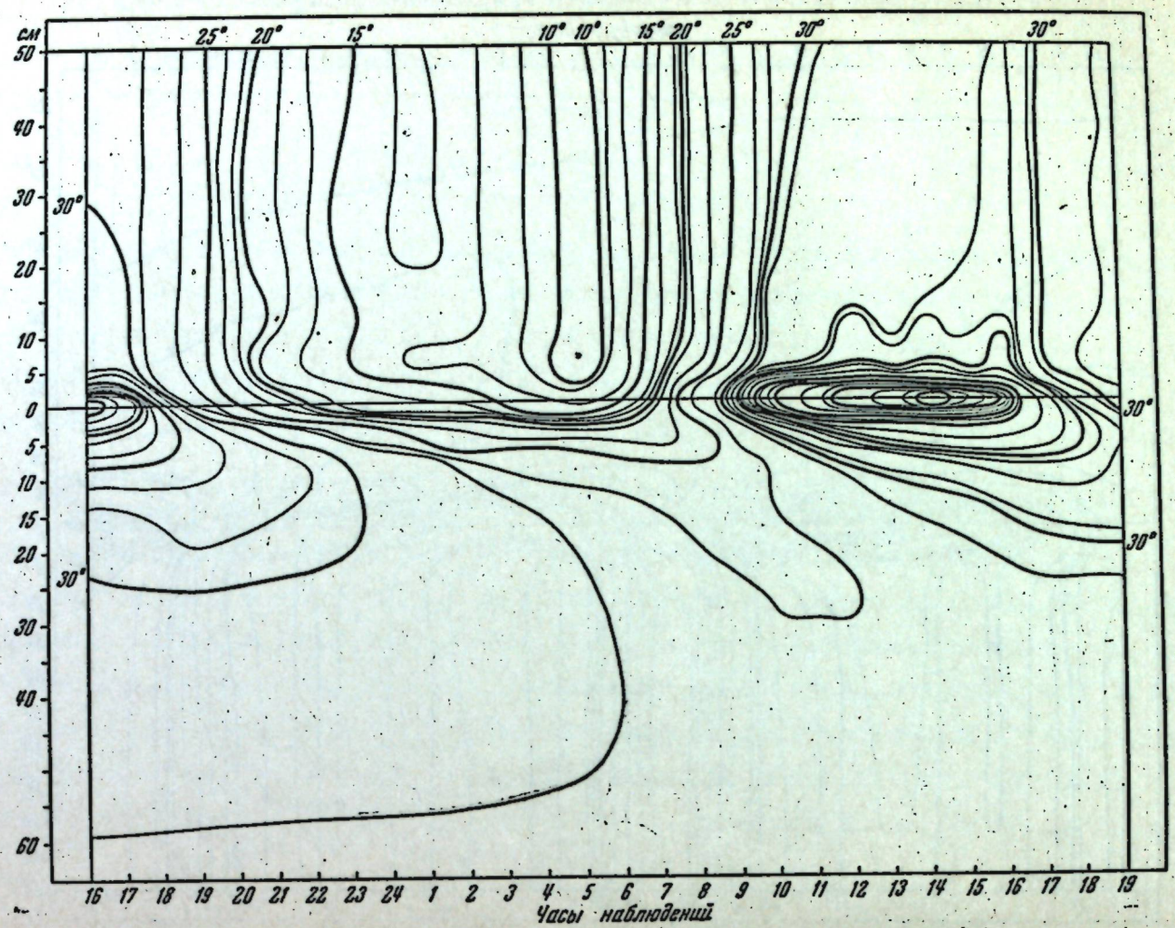
Таблица 2

Суточный цикл температуры воздуха и почвы 10—11 июня 1943 г.

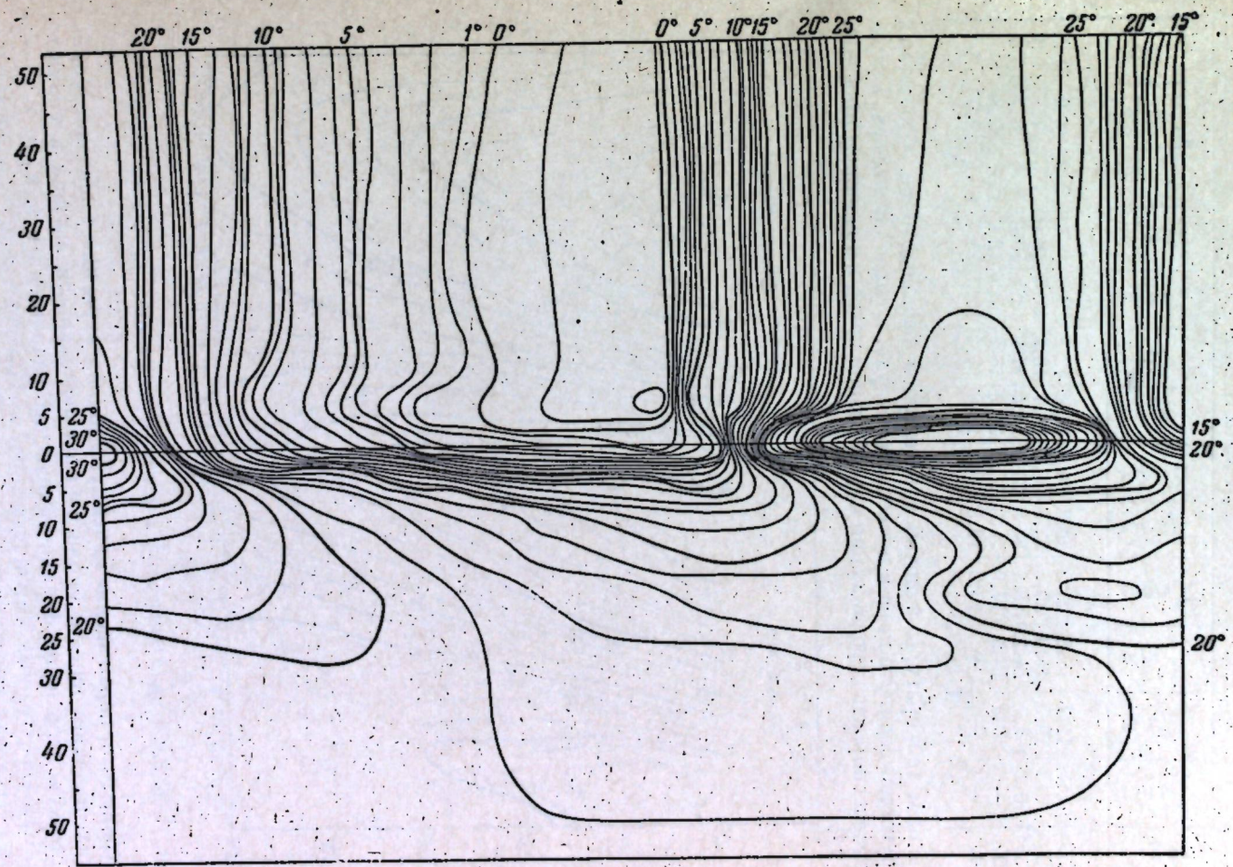
	Высота и глубина (см)	Часы наблюдений																								Суточная амплитуда
		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Надпочвенный воздух	+50	30.4	23.5	19.8	18.6	15.0	12.0	11.0	10.0	9.0	—	6.9	8.3	12.6	19.4	19.8	27.2	31.5	32.3	34.9	36.7	36.8	32.6	34.9	32.9	29.9
	+20	30.8	23.3	19.5	18.7	15.0	11.9	11.0	10.0	8.8	—	6.9	8.3	12.6	19.5	20.0	27.0	32.3	33.3	35.9	37.9	37.4	32.8	35.4	33.2	31.0
	+10	30.8	23.0	19.1	18.2	15.0	12.0	11.0	10.0	8.7	—	6.7	8.1	12.4	18.8	20.3	27.1	31.9	33.3	37.4	37.9	37.9	32.7	35.3	33.1	31.2
	+ 5	31.4	23.5	18.0	18.1	15.0	12.0	11.1	10.6	9.0	—	7.0	8.4	12.4	20.4	20.8	28.2	33.3	35.2	38.7	38.9	38.4	32.8	35.9	34.3	31.9
	+ 2	31.6	22.7	18.4	16.6	13.7	10.8	10.2	9.2	7.6	—	5.9	8.1	14.3	23.5	22.6	33.2	38.7	42.5	43.4	43.1	41.8	34.1	37.6	33.8	37.5
	0	36.2	28.0	20.3	18.3	16.8	15.4	14.2	12.2	12.0	—	10.4	10.9	14.5	23.0	25.1	36.4	46.2	54.6	58.9	56.0	52.1	47.5	41.6	38.6	48.5
Почва	— 5	31.0	29.4	27.4	25.7	24.2	23.0	22.0	21.0	20.2	—	18.7	18.1	18.1	19.5	21.0	22.7	26.5	29.3	31.7	32.8	33.2	32.3	31.2	31.0	15.1
	—10	28.7	28.2	27.5	26.5	25.6	24.7	24.0	23.3	22.5	—	21.5	20.6	20.6	20.6	21.0	21.7	23.0	24.5	26.2	27.7	28.5	29.0	29.0	28.8	8.4
	—15	26.7	26.7	26.6	26.2	25.6	25.2	24.6	24.0	23.5	—	22.6	22.2	21.8	21.6	21.5	21.8	22.3	23.0	23.8	25.0	25.8	26.6	27.0	27.2	5.8
	—20	24.3	24.5	24.8	24.6	24.5	24.3	24.0	23.7	23.3	—	22.6	22.3	22.0	21.7	21.5	21.6	21.6	21.8	22.3	22.8	23.5	24.2	24.5	25.0	3.7
	—30	22.5	22.7	23.0	23.0	23.2	23.3	23.4	23.2	23.0	—	22.8	22.7	22.6	22.5	22.3	22.3	22.2	22.2	22.2	22.3	22.5	22.5	23.0	23.2	1.3
	—40	22.0	22.1	22.3	22.5	22.6	22.6	22.7	22.8	22.9	—	22.8	22.7	22.7	22.5	22.4	22.3	22.3	22.2	22.2	22.2	22.2	22.3	22.5	22.6	0.8
	—60	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.3	—	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4	21.6	21.6	21.5	21.5	21.5	21.5	21.6	0.4



Фиг. 1. Суточный цикл температуры надпочвенного воздуха и почвы 10—11/VI 1943 г.



Фиг. 2. Суточный цикл температуры надпочвенного воздуха и почвы 5—6/VIII 1943 г.



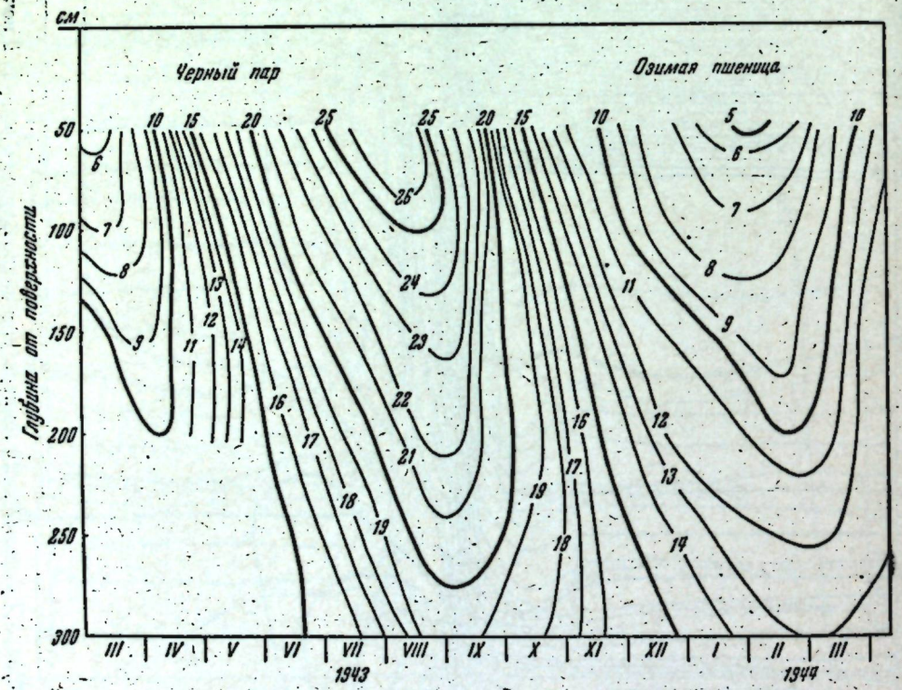
Фиг. 3. Суточный цикл температуры надпочвенного воздуха и почвы 24—25/VIII 1943 г.

Таблица 3

Температура почвы апрельского пара по наблюдениям 1943 г. (°С)

Глубина (см)	Дата наблюдений												
	15/III	15/IV	20/V	20/VI	13/VII	18/VIII	20/IX	20/X	18/XI	22/XII	25/I	24/II	24/III
50	5.7	11.7	18.8	23.4	26.2	26.1	21.0	12.7	9.8	—	5.0	6.0	10.2
100	6.6	10.0	15.8	20.5	23.3	24.5	21.7	16.3	11.4	8.0	7.5	7.7	11.0
150	10.1	9.7	14.2	18.9	20.9	23.3	21.4	17.9	13.5	10.8	8.6	8.7	11.6
200	—	10.3	13.5	17.0	19.3	21.9	20.9	18.9	14.9	12.0	11.7	9.8	—
300	—	—	—	15.2	16.3	19.1	19.0	18.2	16.3	14.7	13.5	12.7	—

делением температуры в почве определяется распределение абсолютных упругостей водяного пара в почвенном воздухе, а следовательно, и направление и скорость передвижения парообразной влаги в почвенном профиле.



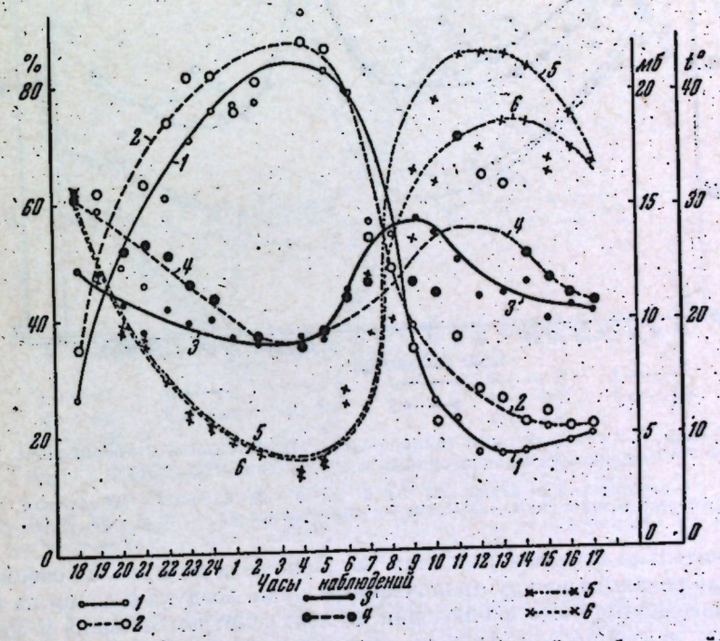
Фиг. 4. Годовой цикл температуры почвы (термоизоплеты проведены через 1°).

Кроме того, перемещение максимума температуры имеет значение и для других явлений, как-то: биологической деятельности высших и низших организмов, изменения физико-химических равновесий и т. д.

С глубиной годовая амплитуда температуры постепенно уменьшается, но среднегодовая температура для всех горизонтов остается постоянной. Это явление отмечалось и ранее, в частности нами при исследовании почв Каспийской низменности (1941). Среднегодовая температура для почв Милютинской станции равняется 15—15.5°.

В летнее время наивысшую среднесуточную температуру имеет поверхность почвы, которая непосредственно получает солнечное тепло.

Эта поверхность раздела почвы и атмосферы и является дальнейшим источником тепла, направляющегося как в почву, так и в надпочвенный воздух. Летом в дневное время по мере удаления от поверхности температура почвы снижается. Такую же картину мы наблюдаем и в распределении температуры в надпочвенном воздухе (фиг. 1, 2 и 3). На высоте 50 см, по данным среднесуточных температур, понижение достигает 1.5—2.0°. Что касается абсолютных величин, то максимальная разница, наблюдающаяся в 13 час. солнечного времени на этой же высоте, достигает 10° и более в пользу непосредственно надпочвенных слоев. В период минимальных температур в течение суток, т. е. перед восходом солнца, разница тоже наблюдается, но максимальные температуры находятся в слоях воздуха, отдаленных от поверхности почвы, и выражаются величиной в 1.5—2° между температурой на высотах 2 и 50 см от поверхности почвы и до 3° и более между температурой надпочвенного слоя и температурой на высоте 2 м.



Фиг. 5. Суточный цикл температуры, относительной и абсолютной влажности надпочвенного воздуха 10—11/VI 1943 г.

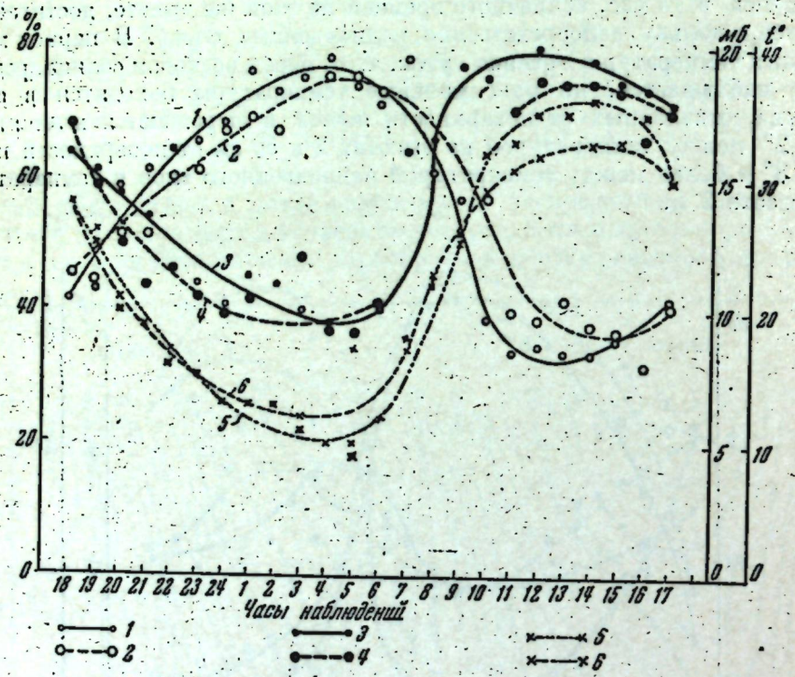
1 — относительная влажность на 5 см; *2* — на 50 см; *3* — абсолютная влажность на 5 см; *4* — на 50 см; *5* — температура на 5 см; *6* — на 50 см.

В суточных циклах велись также наблюдения над влажностью припочвенного слоя воздуха. Для этого были использованы психрометры Асмана, устанавливавшиеся на высоте 5, 10, 20 и 50 см от поверхности почвы, на расстоянии 1 м один от другого. Отсчеты по всем психрометрам производились с разностью в 20 сек. и одновременно с отсчетами температур по почвенным термометрам, т. е. ежечасно.

Кривые суточного изменения относительной влажности припочвенного слоя воздуха (фиг. 5, 6 и 7) показывают, что суточный максимум приходится на 3—5 час. солнечного времени. В утренние часы влажность резко

падает, достигая минимума днем в 13—15 час. солнечного времени. Суточная амплитуда колебания относительной влажности может достигать 65%, имея максимум 87% и минимум 22%, на высоте 50 см от поверхности (наблюдение 11/VI 1943 г.).

Относительная влажность воздуха в пределах слоя от поверхности почвы до высоты 50 см неодинакова, но для установления закономерности ее изменения имеющихся круглосуточных наблюдений недостаточно.



Фиг. 6. Суточный цикл температуры, относительной и абсолютной влажности надпочвенного воздуха 5—6/VIII 1943 г.

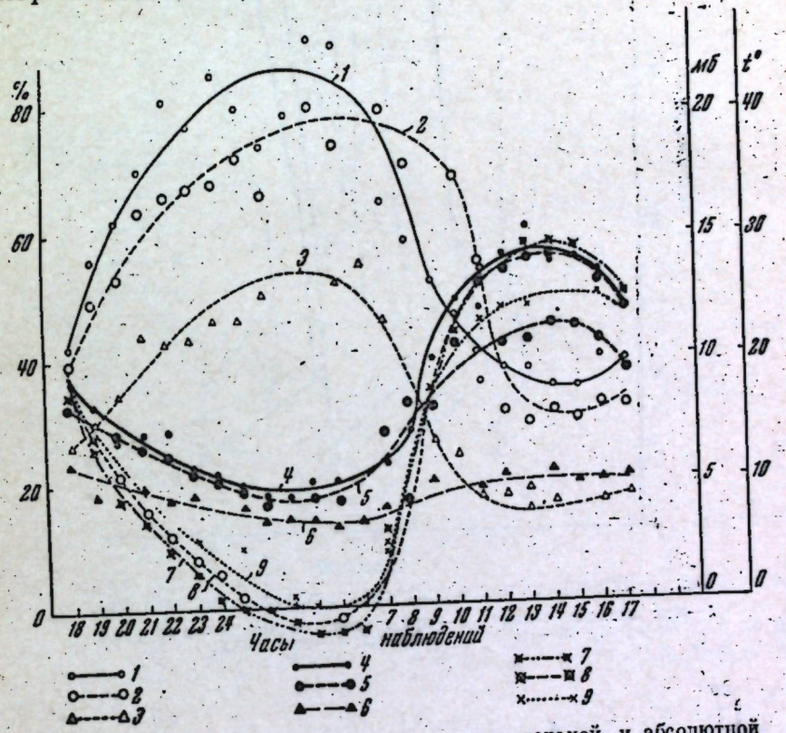
1 — относительная влажность на 5 см; *2* — на 50 см; *3* — абсолютная влажность на 5 см; *4* — на 50 см; *5* — температура на 5 см; *6* — на 50 см.

Значительно большие различия во влажности воздуха в течение всех суток наблюдаются между припочвенным слоем воздуха и слоем на высоте 2 м. Проведенные нами наблюдения по психрометрам Ассмана и одновременно по психрометрам Августа, установленным в будке Милютинской агрометстанции, показали, что на протяжении всех суток влажность на высоте 2 м значительно ниже, чем в припочвенных слоях до 50 см. При этом суточный максимум и минимум наблюдаются и на высоте 2 м, но они не так резко выражены, и суточная кривая имеет более выравненный характер (фиг. 7).

Наблюдения по психрометру Августа проводились ежечасно в течение двух суток (26—27 августа и 24—25 сентября 1943 г.). Сопоставление полученных данных с данными психрометров Ассмана для высот до 50 см лишний раз показывают, что приборы, установленные на высоте 2 м, не характеризуют условий припочвенного слоя воздуха, в которых протекает развитие культурных растений. Для изучения этих условий необходимы специальные установки.

Кривая суточного изменения абсолютной влажности имеет характер, противоположный кривой относительной влажности. Суточный максимум

падает на утренне-дневные часы с 6 час. утра, а минимум приходится на 3—5 час. утра с резким переходом к максимуму. Изменение абсолютной влажности с высотой в разное время суток выражено по-разному. Утром при восходе солнца влажность на всех высотах до 50 см более или менее одинакова (фиг. 8). Наибольшая разница наблюдается в 13 час. солнечного времени. В это время абсолютная влажность от поверхности к 20 см резко понижается, а на высоте 50 см вновь значительно повышается.

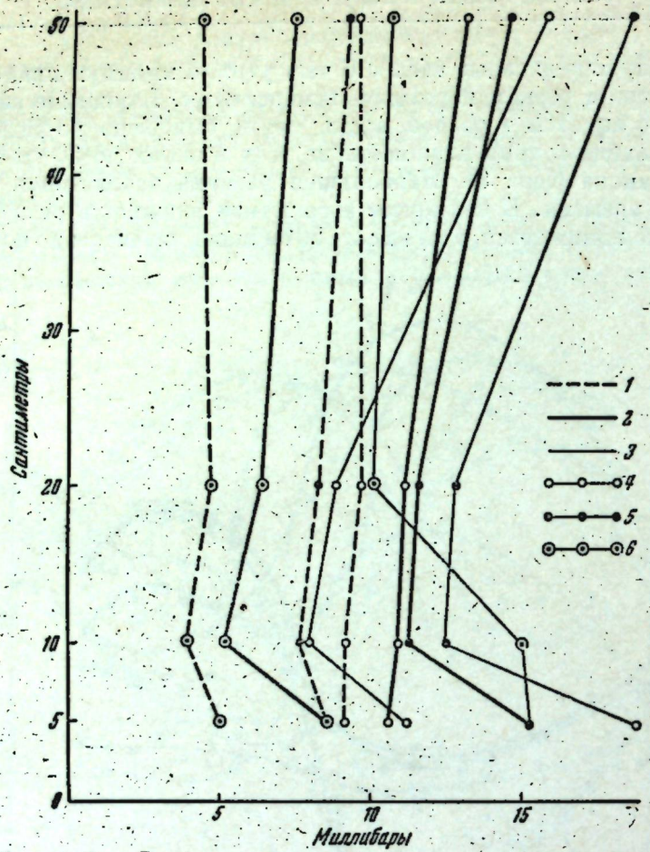


Фиг. 7. Суточный цикл температуры, относительной и абсолютной влажности надпочвенного воздуха 24—25/IX 1943 г.

1 — относительная влажность на 5 см; *2* — на 50 см; *3* — на 200 см; *4* — абсолютная влажность на 5 см; *5* — на 50 см; *6* — на 200 см; *7* — температура на 5 см; *8* — на 50 см; *9* — на 200 см.

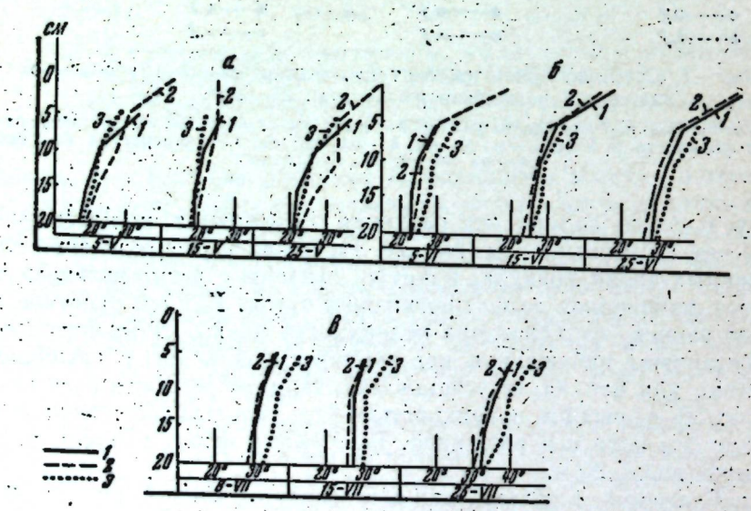
К вечеру, к заходу солнца, эти различия сохраняются, но менее резко выражены, чем в дневные часы (фиг. 8). Различия в распределении влаги в надпочвенных слоях воздуха, понятно, связаны с распределением температуры и с изменением ее на протяжении суток. Как мы отмечали выше, последнее зависит от характера поверхности почвы. Нами одновременно были поставлены наблюдения над температурой почвы с различной поверхностью, для чего были установлены термометры Саввинова на паровом поле: а) с рыхлой поверхностью, б) с уплотненной поверхностью и в) на соседнем поле под пшеницей. Расстояние между точками наблюдения не превышало 20 м.

Эти наблюдения показали, что в весеннее время поверхностный слой почвы до 5 см нагревается сильнее на уплотненных почвах, тогда как нижележащие слои до 20 см прогреваются сильнее на делянках с рыхлой поверхностью. Разница в том и другом случае достигает 3—4° (табл. 4 и фиг. 9).



Фиг. 8. Влажность приземного слоя воздуха (в миллибарах).

1 — при восходе солнца; *2* — при заходе солнца; *3* — в 13 часов; *4* — 20—11/VI; *5* — 5—6/VIII; *6* — 24—25/IX.



Фиг. 9. Температура почвы с различной поверхностью в 13 часов 1943 г.

1 — пар с уплотненной поверхностью; *2* — пар с рыхлой поверхностью; *3* — поле пшеницы.

Таблица 4

Температура почвы (°С) с различной поверхностью в 13 час. по наблюдениям 1943 г.

Глубина (см)	Место наблюдения	Май			Июнь			Июль		
		5	15	25	5	15	25	8	15	28
0	Пар с уплотненной поверхностью	—	—	—	—	46.8	52.3	—	—	—
	Пар с рыхлой поверхностью	42.8	25.4	44.2	48.8	44.4	49.7	—	—	—
	Поле пшеницы	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Пар с уплотненной поверхностью	32.5	25.6	36.0	29.5	32.0	36.0	36.8	31.2	41.2
	Пар с рыхлой поверхностью	29.9	25.1	32.5	30.0	30.1	34.4	36.0	30.8	41.3
	Поле пшеницы	27.7	22.4	32.2	34.6	34.4	40.3	43.2	37.0	47.0
10	Пар с уплотненной поверхностью	22.3	21.1	25.8	24.8	28.0	31.5	33.2	28.4	35.8
	Пар с рыхлой поверхностью	26.5	23.0	32.2	26.3	26.5	30.2	32.3	27.4	34.8
	Поле пшеницы	22.4	20.3	25.9	29.0	29.0	33.7	37.0	31.4	39.5
15	Пар с уплотненной поверхностью	18.6	19.4	22.2	23.4	25.7	28.8	31.4	27.9	32.7
	Пар с рыхлой поверхностью	21.8	21.0	26.8	24.7	24.8	28.1	—	—	—
	Поле пшеницы	21.0	19.7	24.3	28.0	28.1	32.5	36.0	31.0	37.5
20	Пар с уплотненной поверхностью	17.1	18.5	20.7	23.1	25.3	28.2	30.8	27.6	31.8
	Пар с рыхлой поверхностью	18.5	19.0	22.6	23.2	23.3	26.2	29.2	26.3	29.8
	Поле пшеницы	17.7	18.3	20.6	24.5	25.0	29.2	33.0	30.0	33.0

Такое явление наблюдается лишь в весенний период, до начала июня. Позднее, летом, температура почвы с уплотненной поверхностью становится выше, чем с рыхлой поверхностью.

Пахотный горизонт под пшеницей в период ее вегетации имеет температуры ниже, чем на паровом поле. После созревания пшеницы температура почвы резко повышается на всю наблюдаемую глубину до 20 см и становится более высокой, чем в почвах парового поля.

В табл. 4 приведены данные наблюдений за температурой почвы в 13 час. солнечного времени. Такую же картину дают данные круглосуточных наблюдений за температурой почв этих же площадок (табл. 5). В последнем случае видно, что почвы парового поля с уплотненной поверхностью летом имеют температуры более высокие, чем почвы с рыхлой поверхностью, т. е. наблюдается то же самое, что мы видели и из данных табл. 4. Почвы под пшеницей с момента ее созревания, т. е. после 15/VI, имеют температуры более высокие, чем почвы с уплотненной поверхностью на паровом поле. Пшеница оставалась на корню до 6/VIII, а потому затенение поверхности сохранялось во все время наблюдения.

Данное явление, видимо, связано с режимом влажности почв. Уплотнение почвы, как известно, восстанавливая капилляры, способствует подтягиванию влаги к поверхности почвы. И до тех пор, пока количество

Таблица 5

Максимальные, минимальные средние суточные и амплитуда суточных колебаний температуры почвы (°С) по наблюдениям 1943 г.

Глубина (см)	Место наблюдения	10—11/VI				1—2/VII				5—6/VIII				26—27/VIII				24—25/IX			
		Максим.	Миним.	Средн.	Ампл.	Максим.	Миним.	Средн.	Ампл.	Максим.	Миним.	Средн.	Ампл.	Максим.	Миним.	Средн.	Ампл.	Максим.	Миним.	Средн.	Ампл.
0	Апрельский пар с уплотненной поверхностью	53.5	10.7	30.6	42.8	58.4	14.5	32.5	43.9	59.0	12.2	31.5	46.8	52.2	8.4	26.9	43.8	42.2	1.8	18.3	40.4
	То же с рыхлой поверхностью	58.9	10.4	29.1	48.5	57.2	12.9	32.7	44.3	58.2	12.6	30.9	45.6	55.6	6.1	27.3	49.5	44.4	0.6	18.2	43.8
	Поле пшеницы	—	—	—	—	61.6	15.5	34.1	46.1	58.8	14.3	31.5	44.5	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Апрельский пар с уплотненной поверхностью	35.8	18.5	27.3	17.3	37.8	21.5	29.5	16.3	38.5	22.0	29.9	16.5	47.4	12.0	27.8	35.4	37.2	3.0	17.3	34.2
	То же с рыхлой поверхностью	33.2	18.1	25.7	15.1	36.6	21.0	28.6	15.6	38.5	21.5	29.7	17.0	37.5	15.1	25.1	22.4	28.0	9.5	18.1	18.5
	Поле пшеницы	37.2	18.0	26.7	19.2	43.2	23.2	32.4	20.0	43.0	23.0	32.0	20.0	—	—	—	—	—	—	—	—
10	Апрельский пар с уплотненной поверхностью	31.0	20.8	26.2	10.2	33.7	24.0	28.8	9.7	34.3	24.9	29.6	9.4	36.4	19.2	27.9	17.2	27.0	10.4	18.1	16.6
	То же с рыхлой поверхностью	29.0	20.6	25.4	8.4	32.5	24.0	28.1	8.5	33.5	25.4	29.5	8.1	30.0	20.4	25.1	9.6	23.3	13.5	18.6	9.8
	Поле пшеницы	31.5	19.6	25.4	11.9	37.0	25.3	30.9	11.7	37.2	26.0	31.5	11.2	—	—	—	—	—	—	—	—
15	Апрельский пар с уплотненной поверхностью	28.5	22.7	25.6	5.8	31.5	26.0	28.6	5.5	32.5	27.4	30.0	5.1	32.4	21.6	26.9	11.4	23.7	12.0	17.4	11.7
	То же с рыхлой поверхностью	27.3	21.5	24.4	5.8	—	—	—	—	—	—	—	—	27.6	22.7	25.2	4.9	22.2	14.9	18.4	7.3
	Поле пшеницы	30.0	20.5	25.2	9.5	35.3	26.0	30.7	9.3	35.7	27.4	31.6	8.3	—	—	—	—	—	—	—	—
20	Апрельский пар с уплотненной поверхностью	27.7	22.8	25.3	4.9	30.7	26.2	28.3	4.5	32.5	27.6	29.5	4.9	30.0	24.0	27.3	6.0	21.2	15.0	18.0	6.2
	То же с рыхлой поверхностью	25.2	21.5	23.3	3.7	28.8	25.0	26.8	3.8	30.0	26.7	28.7	3.3	26.6	24.0	25.5	2.6	23.3	16.5	19.3	6.8
	Поле пшеницы	26.8	21.9	24.3	4.9	32.5	27.5	29.6	5.0	33.0	29.3	31.5	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—

влаги в верхних слоях уплотненных почв превышает количество влаги в почвах с рыхлой поверхностью, температура почвы, за исключением самого поверхностного слоя, будет ниже, чем в почвах с рыхлой поверхностью. Как только избыток влаги израсходуется и влажность почв с рыхлой поверхностью будет выше, так сразу же температура почвы с уплотненной поверхностью становится выше. Это лишний раз подчеркивает необходимость рыхления поверхности почвы для сохранения в ней влаги.

Что касается температуры почвы под пшеницей, то вполне понятно, что в период вегетации, когда корневая система живет, транспортируя влагу, температура будет ниже (табл. 4) по сравнению с температурой почв парового поля. По окончании вегетации — созревания и прекращении транспорта влаги температура почвы резко повышается по сравнению с почвами парового поля, так как влажность почв, как увидим ниже, в это время под пшеницей значительно меньше (см. график влажности почв на парах и под пшеницей).

Фиг. 10. Среднесуточная температура почвы с различной поверхностью 1943 г.

1 — пар с уплотнённой поверхностью; *2*—пар с рыхлой поверхностью; *3*—поле пшеницы.

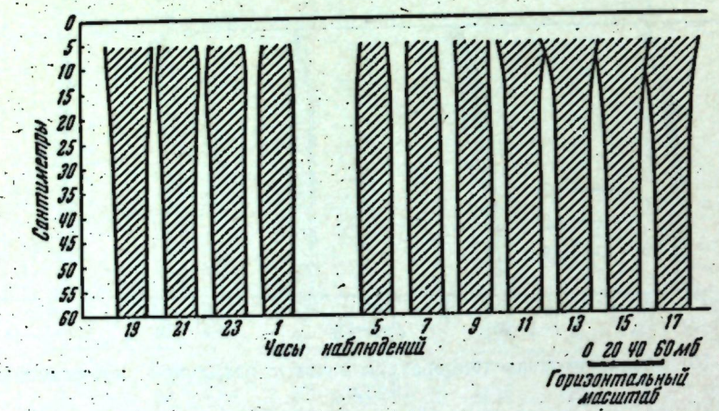
Влажность почв на паровом поле была все время больше величины максимальной гигроскопичности, что дало нам возможность по температурным данным определить максимальную упругость паров воды в почве.*

Распределением абсолютной упругости пара, как известно, определяется направление движения в почве парообразной влаги. Передвижение идет от горизонтов с большей упругостью к горизонтам с меньшей упругостью пара. Исходя из этого, утверждается, что в летнее время, когда поверхность почвы имеет температуры более высокие, чем ее нижние горизонты, влага в парообразном состоянии передвигается вниз, а в зимнее время имеет место обратное движение.

Такую же закономерность можно установить в суточном цикле для той толщи почвы, на которую распространяется суточное колебание температуры, т. е. до глубины 60 см. Полученные нами данные показывают, что в суточном цикле температуры, а следовательно, и в распределении упругости пара наблюдается перемещение максимума от поверхности в глубокие горизонты. В дневные часы наибольшая упругость пара наблюдается в поверхностных слоях, уменьшаясь с глубиной. Следовательно, для дневных часов вполне вероятно движение влаги в виде пара вглубь. В ночное же время максимум упругости пара находится в нижних слоях, а потому естественно ожидать и обратного движения пара.

* По психрометрическим таблицам ГИМИЗ, 1940.

На графиках нами произведена попытка изобразить изменение величины абсолютной влажности почвенного воздуха по профилю почвы в течение суток (изображено на фиг. 11, 12, 13). Так как длительность дня в летнее время значительно больше длительности ночи и так как скорость движения пара прямо пропорциональна величине градиента («разности потенциалов»), то количество влаги, перегоняющейся вниз в дневные часы, должно быть гораздо больше, чем количество влаги, перегоняющейся ночью в восходящем направлении, что наглядно и видно на фиг. 11, 12 и 13. А отсюда можно предполагать, что за счет этого процесса верхние почвенные горизонты в летнее время отдают часть своей влаги в нижние горизонты, не получая ее обратно. Но градиент влажности почвенного воздуха достигает значительной величины лишь в верхних горизонтах — до глубины 20—25 см. А эти горизонты, как правило, содержат небольшие количества влаги, следовательно количественное значение такого передвижения влаги едва ли велико.



Фиг. 11. Суточный цикл упругости водного пара в почве в миллибарах 10—11/VI 1943 г.

По данным наблюдений за температурой почвы на больших глубинах мы также определили величины максимальной упругости пара.

По распределению температуры в почве год делится на два периода. В течение пяти месяцев (с апреля по август) максимум температуры находится в верхних почвенных горизонтах (табл. 3), и, следовательно, величина максимальной упругости пара уменьшается с глубиной. В период с октября по март наблюдается обратное положение — температурный максимум располагается в нижних горизонтах, в связи с чем максимальная упругость пара увеличивается от поверхности почвы вглубь (табл. 6). Поэтому естественно ожидать, что в весенне-летний период влага будет передвигаться вниз, в горизонты с меньшей упругостью пара. Наиболее сильно это явление выражено в июле и августе, когда разница в упругости пара между глубинами 50 и 300 см достигает 15.5 мб.

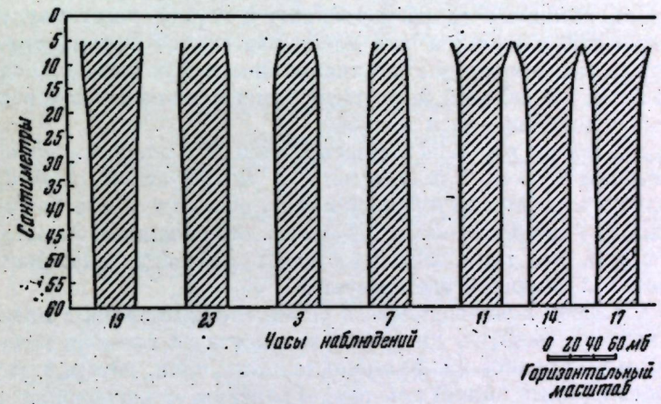
К осени максимум температуры перемещается в нижние горизонты и в наблюдаемой толще в октябре он находится на глубине 2 м, а с ноября по март — на глубине свыше 3 м. К этому времени разница в упругости пара достигает 7 мб.

Для этого периода естественно допустить перегонку влаги снизу вверх. Но, как видно из приведенных данных, даже максимальные различия в упругости пара в почве достигают небольших величин (7—15 мб).

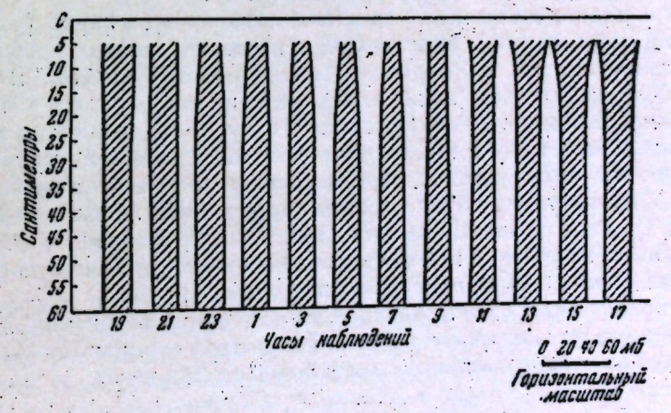
Таблица 6

Максимальная упругость водяного пара в почве (в миллибарах) по наблюдениям 1943—1944 гг.

Глубина (см)	Дата наблюдений												
	15/III	16/IV	20/V	20/VI	13/VII	18/VIII	20/IX	20/X	18/XI	20/XII	25/I	24/II	24/III
50	9.2	13.8	21.7	28.8	34,0	33.8	24.9	14.7	12.1	—	8.7	9.4	12.4
100	9.7	12.3	18.0	24.1	28.6	30.8	26.0	18.5	13.5	10.7	10.4	10.5	13.1
150	12.3	12.0	16.2	21.9	24.8	28.6	25.5	20.5	15.5	13.0	11.2	11.3	13.7
200	—	12.5	15.5	19.4	22.4	26.3	24.7	21.9	17.0	14.0	13.8	12.1	—
300	—	—	—	17.3	18.5	22.1	22.0	20.9	18.5	16.7	15.5	14.7	—



Фиг. 12. Суточный цикл упругости водного пара в почве в миллибарах 5—6/VIII 1943 г.



Фиг. 13. Суточный цикл упругости водного пара в почве в миллибарах 24—25/IX 1943 г.

Поэтому мы вправе допустить, что перегонка парообразной влаги — нисходящая днем и летом, восходящая ночью и осенью (в соответствующих горизонтах) — вероятно, существует. Но количественное значение этого

процесса в суммарном водном балансе едва ли велико. Кроме того, нельзя забывать и о том, что вопрос о поведении и балансе тепла в этом процессе остается пока открытым, и до тех пор, пока он не будет разрешен, общая картина внутрипочвенного передвижения парообразной влаги будет оставаться неясной.

РЕЖИМ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ НА ПАРАХ

Как видно из краткого описания климатических условий, районы богарного земледелия характеризуются поступлением влаги в почву за счет атмосферных осадков, выпадающих преимущественно в зимне-весенний период. При отсутствии летних осадков дикая и культурная растительность должна пользоваться исключительно создающимся в этот период в почве запасом влаги. Поэтому агротехнические мероприятия должны сводиться к максимальному накоплению влаги в почве и к наиболее рациональному ее расходованию в период вегетации растений.

Этим вопросом занимался ряд исследователей.* Организация наших работ имела целью проверку и уточнение некоторых выводов, сделанных ранее. Главной же задачей было экспериментальное исследование форм и механизма движения влаги в почве.

Влажность почвы изучалась общепринятыми методами. Образцы брались почвенным буром Измаильского с пятикратной повторностью. В 1942 г. влажность определялась до 2 м и лишь отдельные скважины закладывались до глубины 3—3.5 м. В 1943 г. все скважины закладывались до глубины 3 м, что позволило проследить изменение влажности почвы до горизонта с постоянной влажностью.

Взятие образцов производилось в установленные сроки с интервалами в десять-двадцать-тридцать дней, в зависимости от времени года и задач опытов. Образцы брались в алюминиевые стаканчики, которые устанавливались в специальные ящики для предохранения от нагревания солнцем. Взятие образцов производилось в первую половину дня, до наступления жары. Взвешенные стаканчики с образцами просушивались в термостатах при температуре 105° С до постоянного веса.

В 1942 г. велись наблюдения за влажностью почв на парах (черный — ноябрьский, мартовский и апрельский) и на полях, занятых пшеницей,— на различных опытах, проводимых Селекционной станцией. В 1943 г. продолжались наблюдения на делянках, бывших под парами в 1942 г. и занятых пшеницей осеннего сева. Кроме того, были вновь проведены наблюдения на апрельском пару и на соседнем поле под пшеницей весеннего сева.

Прежде чем приступить к рассмотрению результатов наблюдений, необходимо охарактеризовать состояние паров в 1942 г. Опыт с парами был поставлен Отделом агротехники зерновых культур станции с целью изучения влияния на урожай пшеницы различных сроков взмета пара и различных способов ухода за поверхностью почвы.

Была принята схема, включающая культивацию, перепашку и чизелование паров различных сроков взмета. Но опытная станция, не располагая в этом году достаточным количеством рабочей силы и тягла, не смогла провести своевременной обработки. Пары, особенно черный и мартовский, очень сильно заросли сорняками, в составе которых главное место занимали верблюжья колючка и горький василек. Только в июне было проведено удаление сорняков ручным способом и лишь в июле была произведена намеченная обработка.

В 1943 г. по причине отсутствия объектов мы не могли полностью повторить наблюдения, а вынуждены были ограничиться апрельским паром, который подвергался тщательной обработке с удалением сорняков на протяжении всего времени после взмета.

Для удобства сравнения величины влажности, выраженные в процентах от веса сухой почвы, мы перечислили в запасы влаги в миллиметрах водного слоя.

Для учета качества почвенной влаги мы пользовались следующими величинами: а) максимальная гигроскопичность; б) влажность завядания; в) наименьшая (полевая) влагоемкость; г) полная водовместимость, вычисленная по величине порозности. Все эти величины приведены в табл. 7.

Таблица 7

Физические свойства. Шурф № 1

(Определения Е. И. Кочериной)

Глубина (см)	Объемный вес	Удельный вес твердой фазы	Общая скважность в % от объема веса	Гигроскопическая влажность в % от веса сухой почвы	Максимальная гигроскопичность в % от веса сухой почвы	Влажность завядания в % от веса сухой почвы	Наименьшая влагоемкость в % от веса сухой почвы	Полная водовместимость в % от веса сухой почвы
0—4	1.16	2.65	56.23	1.17	4.75	7.34	18.56	48.5
10—14	1.40	2.67	47.57	1.19	4.74	7.74	18.56	34.0
14—18	1.45	2.65	45.28	1.16	4.90	—	18.56	31.2
17—21	1.45	2.65	50.94	1.19	5.09	7.01	18.56	35.1
26—30	1.30	2.65	52.45	1.11	4.93	6.83	18.56	40.3
36—40	1.26	2.66	49.25	1.05	4.81	6.81	17.76	39.1
46—50	1.35	2.67	46.07	1.10	4.86	6.38	17.94	34.1
66—70	1.44	2.67	49.06	1.25	5.25	7.33	18.11	34.0
86—90	1.36	2.67	47.19	1.15	4.77	6.17	16.68	34.7
100—104	1.41	2.69	50.56	1.13	4.24	6.17	16.65	35.8
116—120	1.33	2.68	49.25	1.34	4.77	6.08	16.47	37.0
140—144	1.36	2.67	51.31	1.26	4.81	6.08	18.67	37.7
156—160	1.33	2.68	48.88	1.43	5.91	8.11	18.62	36.7
200—204	1.37	2.68	48.88	1.26	5.18	8.11	16.32	35.6
250—254	1.37	2.70	47.04	0.98	3.93	5.14	—	34.3
300—304	1.43	2.71	44.28	1.08	4.36	8.00	—	31.0

Цифровой материал по влажности почв обработан нами графически по методу, предложенному Г. Н. Высоцким, с изменениями А. А. Роде. Изолинии влажности (хроноизоплеты) на графиках проводились не по величинам весовой влажности, а по определенным категориям почвенной влаги.* Таких категорий А. А. Роде установлено четыре: 1) «недоступная» растениям влага в пределах от 0 до величины максимальной гигроскопичности; 2) «неусвояемая» влага от величины максимальной гигроскопичности до величины влажности завядания; 3) «усвояемая» влага, не способная к гравитационному стеканию — от влажности завядания до наименьшей

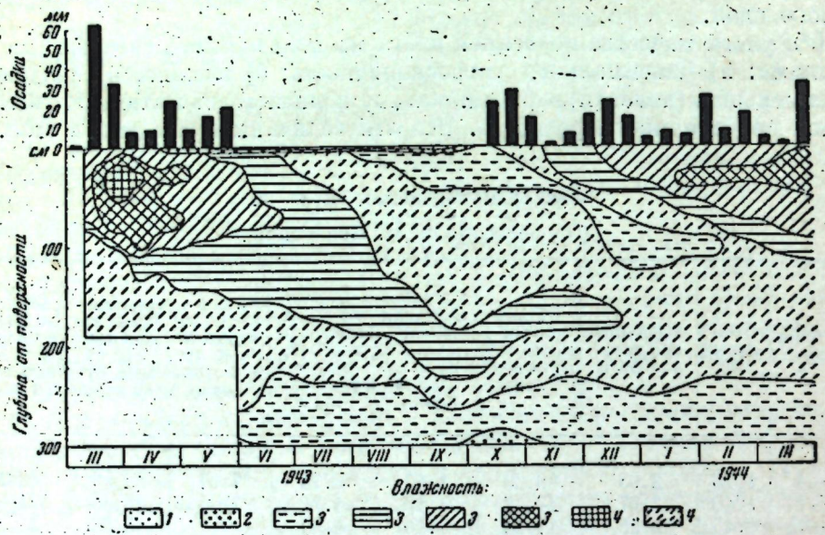
* На Милютинской станции режим влажности почв обстоятельно изучался в течение нескольких лет научным сотрудником станции С. С. Селифановым. Им был собран большой материал, проведены интересные эксперименты, имеющие не только практическую, но и теоретическую ценность. К сожалению, работы не окончены, материалы не обработаны, и можно опасаться, что они и не будут обработаны, так как С. С. Селифанов, находясь в рядах Красной Армии, погиб в 1942 г. в борьбе с немецкими захватчиками.

* Впервые такой способ изображения режима влажности почв был предложен в 1941 г. С. И. Долговым. (*Прим. ред.*).

влагоемкости; 4) «гравитационная» влага — от наименьшей влагоемкости до полной водовместимости.

Третья категория делится чисто арифметическим путем на четыре равных интервала. Четвертая категория, так же как и третья, — на два интервала. Всего, таким образом, получается 8 интервалов (Роде, 1947).

Для общей характеристики режима влажности почв остановимся на наблюдениях за влажностью почвы в 1943 г. на апрельском пару, где они велись до глубины 3 м на протяжении всего года (с марта 1943 г. по март 1944 г.). Данные влажности почв в процентах от веса сухой почвы и в миллиметрах водного слоя по всем срокам наблюдения приводятся в табл. 8.



Фиг. 14. Влажность почвы на апрельском пару. Наблюдения 1943—1944 гг.

1 — от 0 до максимальной гигроскопичности; *2* — от максимальной гигроскопичности до коэффициента завядания; *3*—от коэффициента завядания до наименьшей влагоемкости; *4*—от наименьшей влагоемкости до полной водовместимости.

По режиму влажности почв год делится на два периода. Первый период, с октября до мая, характеризуется накоплением в почве влаги атмосферных осадков. В это время наблюдались случаи появления гравитационной влаги, т. е. влажность почвы периодически превышала величину наименьшей влагоемкости (фиг. 14), в силу чего часть влаги стекала в нижние горизонты, причем глубина промачивания достигала 150—160 см. Впрочем, нужно учитывать, что вследствие того, что и 1942 и 1943 гг. отличались повышенным количеством осадков (годовая сумма в 1942 г. 396 мм, а в 1943 г. 373 мм, при средней годовой 326 мм), глубина промачивания, наблюдавшаяся нами в 1943 г. на паровом участке, могла оказаться несколько больше средней глубины промачивания, которая, повидимому, не превышает 120—130 см.

Для зимне-весеннего периода величина испарения значительно меньше величины поступления влаги от атмосферных осадков, в силу чего и произошло накопление влаги в почве. Тем не менее в этот период, начиная со второй половины апреля, в перерывы между выпадением осадков, влажность верхнего 5-см слоя почвы нередко падала до величины влажности завядания, а в мае — даже до величины меньшей, чем максимальная гигроскопичность. Таким образом, в этот период влажность почв менялась с глубиной от величин меньших, чем максимальная гигроскопичность, и до величин, временами превышающих наименьшую влагоемкость (см. график влажности почв на апрельском пару 1943 г.). Создающееся временами избыточное накопление влаги довольно быстро исчезало. Влага, проникая вглубь, оставалась в капиллярно-подвешенном состоянии.

Второй период, с мая по октябрь, отличался почти полным отсутствием поступления влаги в почву. Атмосферных осадков в это время почти не бывает, а если изредка и выпадают дожди, то их влага немедленно испаряется с поверхности.

Второй период характеризовался в то же время интенсивным расходом влаги на испарение и десукцию. В нашем случае (1943 г.) пар был чистым, а потому расход на десукцию полностью исключался. По характеру почвенного испарения этот период делится на две части: первую — с конца периода выпадения осадков до середины августа, и вторую — с августа до начала выпадения дождей. Первая часть характерна тем, что испарение идет из самых поверхностных слоев почвы, с постепенным уменьшением запаса влаги во всей увлажненной толще. При рыхлой поверхности, поддерживавшейся на апрельском пару 1943 г. иссушение ограничивалось мощностью рыхлого слоя 0—5 см (табл. 8). Влажность этого пересушенного слоя падала до величины максимальной гигроскопичности, а иногда даже и ниже ее. Глубже иссушенного горизонта залегала толща с довольно однородной влажностью, нижняя граница которой медленно понижалась: 19/IV до 120 см, 29/IV до 140 см, 31/V до 160 см и 13/VII до 170 см (табл. 8). Среднее количество влаги в указанной толще (до середины августа) постепенно уменьшалось: 19/IV до 16.4%, 29/IV 16.3%, 20/V 15.5%, 21/VI 13.5%, 13/VII 12.6% и 18/VIII 11.6%. Верхняя граница этой толщи оставалась на одном уровне. Испарение, видимо, происходило с самой поверхности этой толщи, прикрытой рыхлым слоем. Мощность ее увеличивалась за счет ее распространения вглубь. Следовательно, частично уменьшение влажности объясняется рассасыванием влаги на большую глубину. Основное же уменьшение происходило за счет передвижения влаги к месту испарения. Оно наблюдалось во всей толще (табл. 8), будучи несколько больше в верхних 20 см.

Второй срок (с августа) характеризовался тем, что под слоем почвы, пересушенным до величины максимальной гигроскопичности, выделялась увеличивающаяся в мощности толща с количеством влаги, немного превышающим величину влажности завядания. Мы эту толщу называем слоем иссушения. Нижняя граница ее к 10/IX достигала 50 см. Под ней в это время залегала толща с постоянной влажностью. Средняя влажность для этой толщи равна: 18/VIII 11.6%, 20/IX 11.2%, 20/X 11.0% и 20/XI 11.0% (табл. 8).

Слой иссушения сохранялся и увеличивался по мощности до декабря, несмотря на то, что над ним вновь образовался горизонт увлажнения от выпадающих в это время осадков (фиг. 14). Появление и дальнейшее увеличение мощности слоя иссушения, вероятно, связано с движением влаги в парообразном состоянии при наличии различий в упругости пара. Как мы отмечали ранее, с середины августа наблюдался перелом хода годовой температуры почвы в сторону охлаждения верхних горизонтов. Начались продолжительные холодные ночи с сильным охлаждением поверхности почвы. Естественно было для этого периода ожидать движения влаги снизу вверх в парообразном состоянии.

Подводя итоги сказанному, мы видим, что расход влаги на протяжении лета идет по-разному. Вначале (с весны до середины августа) поверхность

Таблица 8

Влажность почв под апрельским паром
(в % от веса сухой почвы и в миллиметрах водного слоя) по данным 1943—1944 гг.

Глубина (см)	9/III		1/IV		9/IV		19/IV		29/IV		10/V		20/V		31/V		21/VI	
	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм
0—5	6.8	4.0	12.8	7.4	11.7	6.8	6.6	3.9	6.0	3.5	5.0	2.9	3.4	2.0	3.7	2.2	1.8	1.1
5—10	15.3	10.0	19.3	12.6	17.6	11.5	16.2	10.6	15.3	10.0	15.4	10.0	13.2	8.6	14.1	9.2	12.5	8.2
10—20	18.1	25.7	20.8	29.5	19.3	27.4	18.0	25.6	18.6	26.4	17.0	24.1	15.8	22.4	15.2	21.6	13.4	19.6
20—30	18.1	24.4	21.7	29.3	20.2	27.3	18.9	25.5	19.1	25.8	18.2	24.6	17.3	23.4	15.7	21.2	12.9	17.4
30—40	16.9	21.5	20.8	26.4	19.8	25.1	18.0	22.9	18.3	23.2	17.4	22.1	16.5	21.0	15.0	19.1	13.4	17.0
40—50	16.5	21.5	20.2	26.3	19.0	24.7	17.8	23.1	17.5	22.8	17.0	22.1	16.2	21.1	14.5	18.9	13.8	17.8
50—60	16.8	23.5	18.6	26.0	18.8	26.3	18.0	25.2	17.3	24.2	16.1	22.5	16.2	22.7	15.2	21.3	14.4	20.2
60—70	15.1	21.6	19.6	28.0	19.0	27.2	18.9	27.0	18.1	25.9	17.6	25.2	17.1	24.5	16.1	23.0	15.5	22.2
70—80	14.5	19.6	18.7	25.2	18.6	25.1	18.4	24.8	17.8	24.0	17.3	23.4	17.1	23.1	15.4	20.8	15.0	20.3
80—90	8.3	11.2	16.8	22.7	18.0	24.3	17.5	23.6	16.9	22.8	15.9	21.5	15.3	20.7	14.2	19.2	13.5	18.2
90—100	7.0	9.5	15.0	20.3	18.1	24.4	15.0	20.3	15.7	21.2	14.5	19.5	14.8	20.0	12.8	17.3	12.6	17.0
100—110	7.0	9.5	9.5	12.8	16.8	22.7	13.0	17.6	13.8	18.6	14.8	20.0	14.6	19.7	13.4	18.1	13.1	17.7
110—120	6.5	8.8	6.9	9.3	14.3	19.3	12.7	17.1	14.6	19.7	13.9	18.8	14.1	19.0	12.7	17.1	12.9	17.4
120—130	6.8	9.2	7.1	9.6	12.6	17.0	10.9	14.7	12.1	16.3	13.4	18.1	14.1	19.0	14.4	19.4	13.1	17.7
130—140	8.4	11.3	7.7	10.4	10.8	14.6	7.7	10.4	12.4	16.7	13.4	18.1	14.6	19.7	15.6	21.1	15.1	20.4
140—150	8.6	11.6	7.5	10.1	10.2	13.8	9.2	12.4	10.3	13.9	10.9	14.7	11.3	15.3	12.3	16.6	14.2	19.2
150—160	8.7	11.7	9.5	12.8	10.0	13.5	10.9	14.7	10.7	14.4	10.4	14.0	8.5	11.5	10.2	13.8	11.3	15.3
160—170	10.3	13.9	9.3	12.6	11.7	14.9	8.4	11.3	10.4	14.0	7.7	10.4	8.0	10.8	8.8	11.9	9.0	12.2
170—180	7.8	10.5	9.1	12.3	10.9	14.7	8.3	11.2	10.3	13.9	9.4	12.7	8.0	10.8	8.7	11.7	11.7	15.8
180—190	—	—	9.8	13.2	10.8	14.6	10.4	14.0	10.8	14.6	10.9	14.7	11.2	15.1	11.2	15.1	9.8	13.2
190—200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.8	13.2	9.8	13.2
200—210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13.0	17.6	10.0	13.5
210—220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11.6	15.7	9.6	13.0
220—230	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.9	14.7	8.7	11.7
230—240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.0	12.2	8.3	11.2
240—250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.1	13.6	7.4	10.0
250—260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.5	14.0	6.4	9.4
260—270	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.4	10.9	6.5	9.6
270—280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.8	10.0	6.4	9.4
280—290	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.0	8.8	6.5	9.6
290—300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.2	7.6	5.7	8.4

Таблица 8 (продолжение)

Глубина (см)	13/VII		18/VIII		20/IX		20/X		20/XI		28/XII		25/I		24/II		24/III	
	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм
0—5	1.6	1.0	1.5	0.9	1.7	1.0	11.4	6.6	12.4	7.2	16.6	9.7	20.9	12.1	9.2	5.4	14.1	8.2
5—10	10.4	6.8	8.0	5.2	7.6	5.0	8.4	4.6	14.1	9.2	19.1	12.4	17.9	11.7	17.6	11.5	20.1	13.1
10—20	11.7	16.6	9.9	14.0	8.1	11.5	8.1	11.5	13.8	19.6	17.5	24.9	18.0	25.6	17.4	24.7	18.3	26.0
20—30	11.6	15.7	9.8	13.2	8.3	11.2	8.1	12.1	12.0	16.2	16.1	21.7	19.4	26.2	19.0	25.7	19.4	26.2
30—40	12.1	15.4	9.9	12.6	8.7	11.0	8.9	12.7	9.0	11.4	14.4	18.3	18.4	23.4	17.7	22.5	18.5	23.5
40—50	13.1	17.0	10.2	13.3	9.3	12.1	9.8	12.7	9.2	12.0	9.8	12.7	16.6	21.6	17.4	22.6	18.1	23.5
50—60	14.3	20.0	11.1	15.5	10.4	14.6	10.1	14.1	9.6	13.4	8.3	10.1	11.9	16.7	16.6	23.2	16.8	23.5
60—70	14.1	20.2	11.9	17.0	10.3	14.7	11.4	16.3	10.8	15.4	8.6	12.3	12.0	17.2	15.3	21.9	17.1	24.5
70—80	14.6	19.7	12.2	16.5	10.2	13.8	12.0	16.2	11.0	14.9	9.1	12.3	9.9	13.4	14.7	19.8	16.9	22.8
80—90	13.1	17.7	11.7	15.8	10.2	13.8	10.1	13.6	10.5	14.2	8.5	11.5	9.0	12.2	13.4	18.1	16.1	21.7
90—100	11.7	15.8	11.1	15.0	10.2	13.8	10.6	14.3	10.4	14.0	7.3	9.9	8.2	11.1	10.6	14.3	13.9	18.8
100—110	11.3	15.3	9.9	13.4	10.9	14.7	9.3	12.6	9.9	13.4	8.2	11.1	8.8	11.9	9.5	12.8	13.0	17.6
110—120	12.8	17.3	11.0	14.9	10.3	13.9	9.8	13.2	9.6	13.0	8.1	10.9	9.4	12.7	10.1	13.6	11.4	15.4
120—130	13.0	17.6	11.5	15.5	10.4	14.0	10.7	14.4	10.0	13.5	9.8	13.2	10.2	13.8	10.6	14.3	11.3	15.3
130—140	13.1	17.7	12.1	16.3	11.3	15.3	11.0	14.9	11.0	14.9	10.3	13.9	11.5	15.5	10.8	14.6	11.4	15.4
140—150	13.1	17.7	12.9	17.4	11.9	16.1	11.2	15.1	12.6	17.0	11.2	15.1	11.7	15.8	11.6	15.7	11.4	15.4
150—160	12.8	17.3	12.1	16.3	11.5	15.5	11.9	16.1	12.6	17.0	11.0	14.9	12.5	16.9	12.3	16.6	12.1	16.3
160—170	12.4	16.7	12.5	16.9	10.3	13.9	11.4	15.4	11.9	16.1	10.5	14.2	11.8	15.9	12.4	16.7	11.5	15.5
170—180	10.8	14.6	12.8	17.3	11.8	15.9	12.7	17.1	12.8	17.3	11.6	15.7	11.9	16.1	10.9	14.7	11.1	15.0
180—190	10.0	13.5	11.8	15.9	13.3	18.0	11.8	15.9	11.0	14.9	11.9	16.1	11.0	14.9	11.6	15.7	11.2	15.1
190—200	9.4	12.7	10.6	14.3	11.7	15.8	11.8	15.9	10.4	14.0	13.0	17.6	11.2	15.1	11.8	15.9	11.2	15.1
200—210	9.9	13.4	10.9	14.7	12.2	16.5	11.4	15.4	11.2	15.1	11.1	15.0	11.0	14.9	10.3	13.9	10.5	14.2
210—220	9.7	13.1	10.7	14.4	13.0	17.6	10.8	14.6	10.8	14.6	11.4	15.4	10.6	14.3	12.0	16.2	11.0	14.9
220—230	10.0	13.5	9.6	13.0	12.2	16.5	10.3	13.9	9.8	13.2	11.0	14.9	10.1	13.6	10.0	13.5	10.4	14.0
230—240	8.2	11.1	8.6	11.6	11.4	15.4	10.1	13.6	7.3	9.9	9.5	12.8	9.0	12.2	8.0	10.8	8.8	11.9
240—250	7.6	10.3	8.1	10.9	10.9	14.7	8.4	11.3	7.4	10.0	9.0	12.2	7.5	10.1	7.9	10.7	7.2	9.7
250—260	6.5	9.1	7.6	10.6	10.0	14.0	8.7	12.2	6.8	9.5	8.6	13.2	6.8	9.5	6.1	8.5	6.7	9.4
260—270	6.5	9.1	6.9	9.7	7.7	10.8	6.9	9.7	6.7	9.4	6.3	8.8	6.3	8.8	6.3	8.8	6.1	8.5
270—280	6.5	9.1	6.3	8.8	7.0	9.8	6.1	8.5	6.4	9.0	6.6	9.2	6.3	8.8	6.6	9.2	6.8	9.5
280—290	7.1	9.9	6.0	8.4	6.3	8.8	5.4	7.6	6.4	9.0	6.6	9.2	5.8	8.1	6.4	9.0	6.1	8.5
290—300	6.9	9.7	5.9	8.3	5.8	8.1	5.8	8.1	7.3	10.2	6.1	8.5	5.5	7.7	7.0	9.8	6.5	9.1

испарения находится в верхнем рыхлом слое, причем поступление влаги снизу к этой поверхности происходит, видимо, в жидком виде и влажность уменьшается во всей увлажненной толще. С августа в верхней части почвенного профиля начинает создаваться увеличивающийся постепенно в мощности слой иссушения. Глубже этого слоя залегает зона, из которой, с того момента как ее влажность уменьшится до величины 10—11%, дальнейший расход влаги прекращается.

Такое изменение влажности почв по профилю можно объяснить лишь допустив, что движение влаги вниз в первый период и поднятие ее вверх в первой половине второго периода происходит в жидкой форме.

В осенне-зимний период выпадающие осадки создают новую зону увлажнения, и профиль почв под паром имеет две увлажненные зоны: верхнюю, вновь образовавшуюся, и вторую — остаточную от прошлого года. Вначале они разделяются зоной иссушения, а позднее вновь поступающая влага смыкается с остаточной. Влага атмосферных осадков распределяется по профилю почв, оставаясь в капиллярно-подвешенном состоянии. При однородности механического состава лёсса трудно допустить образование временной верховодки, да это отрицается и самим характером распределения влаги. Содержание влаги во всей почвенной толще по окончании стекания не превышает величины наименьшей влагоемкости и даже в местах с большим увлажнением относится к категории капиллярной влаги. При влажности, превышающей 11% от веса сухой почвы, создаются

Таблица 9

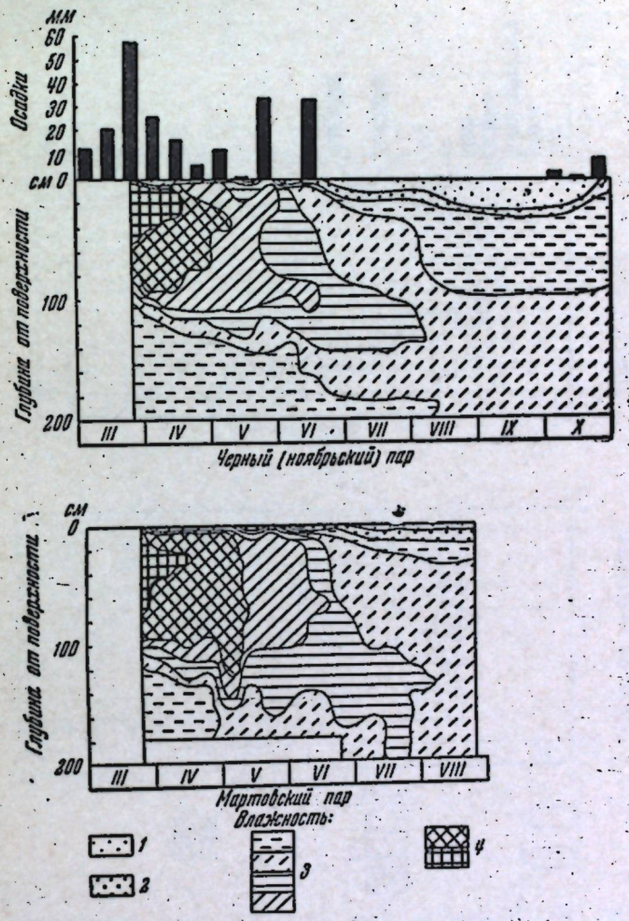
Запас влаги на парах различных сроков взмета 1942 г.
(в мм водного слоя)

Глубина (см)	24/III	9/IV	24/IV	15/V	4/VI	25/VI	31/VII	22/VIII	18/IX
Ноябрьский пар									
0—50	138	128	117	95	86	58	50	42	—
50—100	108	128	119	116	100	84	70	58	—
100—150	53	51	78	85	72	81	77	64	—
0—150	299	307	314	296	258	223	197	164	—
Мартовский пар									
0—50	143	124	116	98	92	64	56	53	—
50—100	131	130	122	115	105	83	77	71	—
100—150	64	58	79	82	83	80	84	66	—
0—150	338	312	317	295	280	227	217	190	—
Апрельский пар									
0—50	—	125	120	105	105	85	68	60	40
50—100	—	125	123	119	113	110	96	76	65
100—150	—	53	89	93	92	98	78	76	79
0—150	—	303	332	317	310	293	243	212	184
Перелог 1-го года									
0—50	—	—	115	98	92	74	48	44	—
50—100	—	—	122	115	105	97	72	57	—
100—150	—	—	92	98	93	88	75	61	—
0—150	—	—	329	310	290	259	195	162	—

условия для возможности ее движения в жидком виде к поверхности — к месту ее испарения. Содержание влаги 10—11% для данных почв является тем пределом, при котором движение в жидком виде прекращается.

Перейдем к рассмотрению режима влажности на различных парах и в почвах под пшеницей.

Режим влажности почв на парах различных сроков взмета довольно сильно отличался (табл. 9).

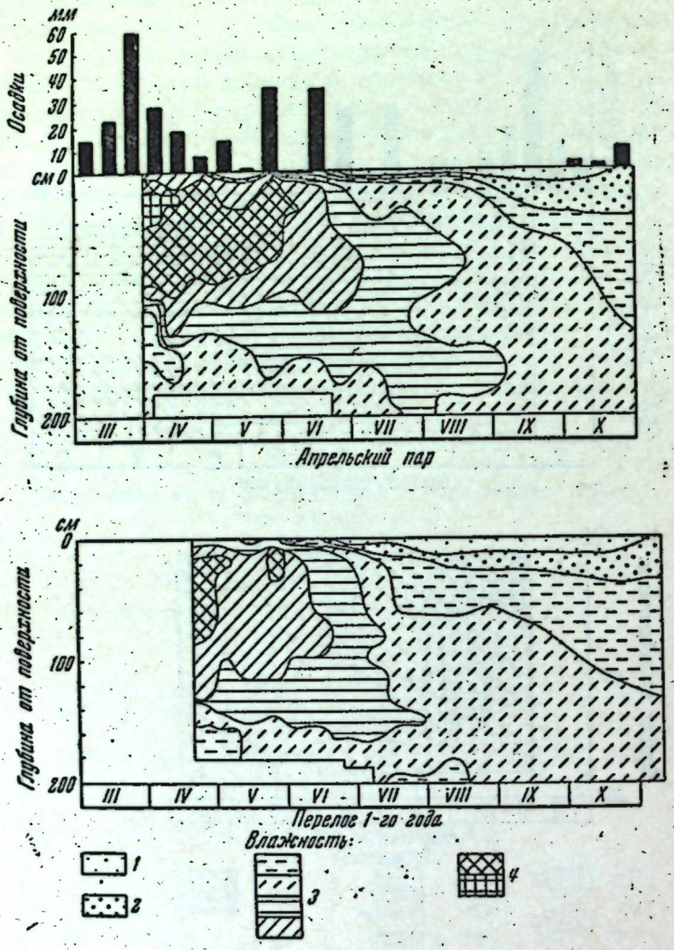


Фиг. 15. Влажность почв на парах различных сроков взмета. Наблюдения 1942 г.

1 — от 0 до максимальной гигроскопичности; *2* — от максимальной гигроскопичности до коэффициента завядания; *3* — от коэффициента завядания до наименьшей влагоемкости; *4* — от наименьшей влагоемкости до полной водовместимости.

За период с осени до 3 апреля выпало 253 мм осадков. К этому времени запас влаги до глубины 150 см на ноябрьском пару достиг 307 мм, на мартовском 312 мм и на апрельском 303 мм, т. е. он был практически одинаков. Апрельский пар в это время еще не был поднят, но, как видно из приведенных данных, способность почв впитывать влагу атмосферных осадков у черного и апрельского паров была почти одинакова. В следующий срок, 24/IV, после выпадения осадков в количестве 45 мм, запас влаги в той же

полутораметровой толще выражался: на черном пару 314 мм, на мартовском 317 мм и на апрельском 332 мм. Запас влаги за 20 дней увеличился: на черном пару на 7 мм, на мартовском на 5 мм и на апрельском на 29 мм. Такие различия в запасе могут быть объяснены лишь состоянием поверхности паров. По почвенным условиям и микрорельефу делянки были совершенно одинаковы. Небезынтересно сопоставить запас влаги на парах и на



Фиг. 16. Влажность почв на парах различных сроков взмета. Наблюдения 1942 г.

1 — от 0 до максимальной гигроскопичности; *2* — от максимальной гигроскопичности до коэффициента завядания; *3* — от коэффициента завядания до наименьшей влагоемкости; *4* — от наименьшей влагоемкости до полной водовместимости.

перелоге, т. е. на делянке этого же поля, оставленной со стерней. Запас влаги на последнем на 24/IV равнялся 329 мм, т. е. практически был равен запасу под апрельским паром. Эти данные наводят на мысль, что почвы, оставленные под стерней, обладают способностью впитывать влагу лучше, чем почвы черного и мартовского паров. В конце периода выпадения осадков, к 4/VI, разница в общем запасе на глубину до 150 см и по всем 50 см слоям оставалась той же. На первом месте по запасу стоит апрельский пар,

на втором перелог, и меньше всего содержится влаги в почвах под мартовским и ноябрьским («черными») парами (табл. 9).

Распространение влаги вглубь шло также по-разному (фиг. 15 и 16). Наибольшую толщу почвы с влажностью, превышающей наименьшую влагоемкость, мы наблюдали на мартовском пару, несколько меньшую на апрельском и значительно меньшую на ноябрьском пару. По времени эта влага дольше всего сохранялась на почвах апрельского пара (до начала июня). В почвах мартовского и ноябрьского пара она исчезла на месяц раньше.

Общая глубина промачивания от атмосферных осадков тоже различна. У апрельского пара она достигла 2 м, у мартовского 170—180 см, а у черного, ноябрьского, всего лишь 140 см.

В летний период пары также ведут себя по-разному. Слой, в котором влажность падала до величины меньшей, чем максимальная гигроскопичность, мощнее всего у ноябрьского пара и значительно тоньше у мартовского и апрельского паров. Мощность всей зоны иссушения на черном пару тоже больше, чем на других парах. Резкое понижение ее нижней границы приурочивалось уже к концу июля — началу августа, тогда как на апрельском пару оно наблюдалось лишь в конце сентября — начале октября (фиг. 15 и 16). Это, как мы уже отмечали, связано с общим запасом влаги в почве. Полутораметровая толща почвы на черном пару 22/VIII содержала 164 мм влаги, тогда как апрельский пар в этой же толще имел 212 мм влаги (табл. 9).

Данные говорят о различии в расходе влаги в течение лета. В этом отношении имело большое значение состояние паров, т. е. характер поверхности и степень засоренности. Апрельский пар, как более поздний, в течение лета был менее засорен. На его поверхности развивалось меньше однолетних сорняков и не имели такого развития многолетние сорняки. Поверхность у апрельского пара была более рыхлая, чем у других паров. Полученным данным расхода нельзя придавать абсолютное значение, но тем не менее они представляют существенный интерес (табл. 10).

Таблица 10

Расход влаги (в мм)

Название пара	Толща почвы (см)			
	0—50	50—100	100—150	0—150
Апрельский . . .	60	47	13	120
Мартовский . . .	63	51	13	127
Ноябрьский . . .	75	61	14	150

Для вычисления расхода взяты два срока: первый срок максимального запаса влаги в почве (24/IV) и второй — срок возможного августовского посева пшеницы (22/VIII), т. е. момент начала осеннего сева биологически озимых культур,* агротехника которого успешно разрабатывается на Милютинской и Красноводопадской опытных станциях.

Из приведенных данных (табл. 10) видно, что расход влаги происходит во всей полутораметровой толще. Больше всего расходовал черный пар и меньше всего апрельский. Расход из верхних горизонтов больше всего у черного пара и меньше всего у апрельского.

* На богаре Средней Азии осенью высеваются яровые культуры.

Иссушение у черного пара (фиг. 16) к 22/VIII охватило толщу почвы до 100 см, тогда как на мартовском пару оно к этому моменту достигает лишь 30 см, а на апрельском всего лишь 15—20 см. Позднее — к октябрю и на апрельском пару иссушение достигло значительной глубины (фиг. 16). К этому времени и здесь исчезла возможность прорастания семян без предварительного выпадения осадков.

Можно ли сделать из рассмотренных данных общий вывод о том, что в условиях богарного земледелия Узбекской ССР черные пары не имеют преимуществ перед парами мартовским и апрельским? На этот вопрос мы должны ответить следующим образом. Рассмотренные нами данные получены в условиях неправильной агротехники, при плохом уходе за парами, при отсутствии настоящей борьбы с сорняками. Только этим может быть объяснен тот факт, что черный пар оказался обладающим наименьшим запасом влаги. Иными словами, рассмотренные данные, подтверждая эффективность паров как способа накопления влаги в почве, вместе с тем лишний раз свидетельствуют о необходимости самой скрупулезной и настойчивой борьбы с сорняками, этими злостными расхитителями влаги. Однако, учитывая только что указанные дефекты в агротехнике, мы не считаем возможным делать вывод о преимуществе паров весенних сроков взмета над паром черным (ноябрьским). Для этого наших данных недостаточно. Вместе с тем необходимо указать на то, что по многолетним данным Милютинской станции, относящимся к нескольким ее опорным пунктам, расположенным в разных физико-географических условиях, более высокие урожаи получаются на парах мартовского и апрельского сроков взмета. Ноябрьские пары дают лучшие результаты лишь в горных условиях (Н. В. Карпов, 1948). Однако этих данных, как нам кажется, еще недостаточно для того, чтобы вопрос о сроках взмета паров можно было считать окончательно решенным в пользу весенних сроков.

Из всех рассмотренных нами данных вытекает и еще один вывод. Несомненно, что пары в условиях богарного земледелия, как мы и указали выше, способствуют накоплению влаги в почве. Но столь же несомненно, что бесполезная потеря влаги, даже при полном отсутствии сорняков, т. е. на совершенно чистом пару, достигает все же значительной величины. Так, по нашим наблюдениям в 1943 г. (табл. 8) на участке пара, поддерживавшемся в абсолютно чистом от сорняков состоянии, баланс влаги за период с 9/IV по 20/X в верхнем 150-см слое выглядел следующим образом:

	Вся влага (мм)	Усвояемая влага (мм)	%
Запас на 9/IV	337	202	
Выпало осадков в IV—V	80	80	
Итого в приходе	417	282	100
Запас на 20/X	204	69	
Расход с 9/IV по 20/X	213	213	75

Следовательно, три четверти всего количества влаги, которое находилось в почве и поступило в нее в конце весны, ушло обратно в атмосферу. Такая огромная потеря влаги вызывается не только климатическими условиями, но является результатом бесструктурности сероземов. К ним как нельзя более подходят слова В. Р. Вильямса (1946, стр. 280) о том, что «... запас воды в раздельно частичной (бесструктурной) почве и невелик и непрочен. Он эфемерен и совсем не подчиняется регулированию».

Поэтому вопрос о превращении богарных сероземов в культурные, т. е. в структурные, почвы стоит чрезвычайно остро. Только этим путем, т. е. путем придания этим почвам прочной мелкокомковатой структуры, мы сможем прекратить бесполезную потерю влаги на испарение. Достигнуть же этого можно путем введения травопольных севооборотов, приноровленных к данным физико-географическим и хозяйственным условиям.

Таблица 11

Запас влаги в почве под пшеницей на парах различных сроков взмета (в мм водного слоя). 1943 г.

Место наблюдений	Глубина (см)	10/III	2/IV	10/IV	20/IV	30/IV	12/V	21/V	I/VI	22/VI	22/VII
По черному (ноябрьскому) пару	0—50	108	132	123	109	107	106	87	65	46	47
	50—100	90	136	128	126	119	106	103	71	60	61
	100—150	71	87	94	100	107	91	93	85	78	70
	150—190	70	68	58	65	74	68	63	77	64	82
	0—190	339	423	403	400	407	371	346	298	248	260
По мартовскому пару	0—50	107	128	121	105	102	98	79	—	—	—
	50—100	103	129	134	121	119	110	96	—	—	—
	100—150	69	63	103	101	94	94	87	—	—	—
	150—190	59	—	60	66	61	76	45	—	—	—
	0—190	338	—	418	393	376	378	307	—	—	—
По апрельскому пару	0—50	112	132	121	107	103	93	68	56	44	35
	50—100	102	136	129	120	121	103	89	67	50	50
	100—150	64	78	114	117	112	105	92	63	76	61
	150—190	65	62	76	88	89	82	70	72	89	70
	0—190	343	408	440	432	425	383	319	278	259	216

РЕЖИМ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ ПОД ПШЕНИЦЕЙ

Наблюдения за влажностью почв на тех же делянках, но уже под пшеницей, мы продолжали в 1943 г. С марта до полного созревания пшеницы велись наблюдения на бывших апрельском, мартовском и черном (ноябрьском) парах.

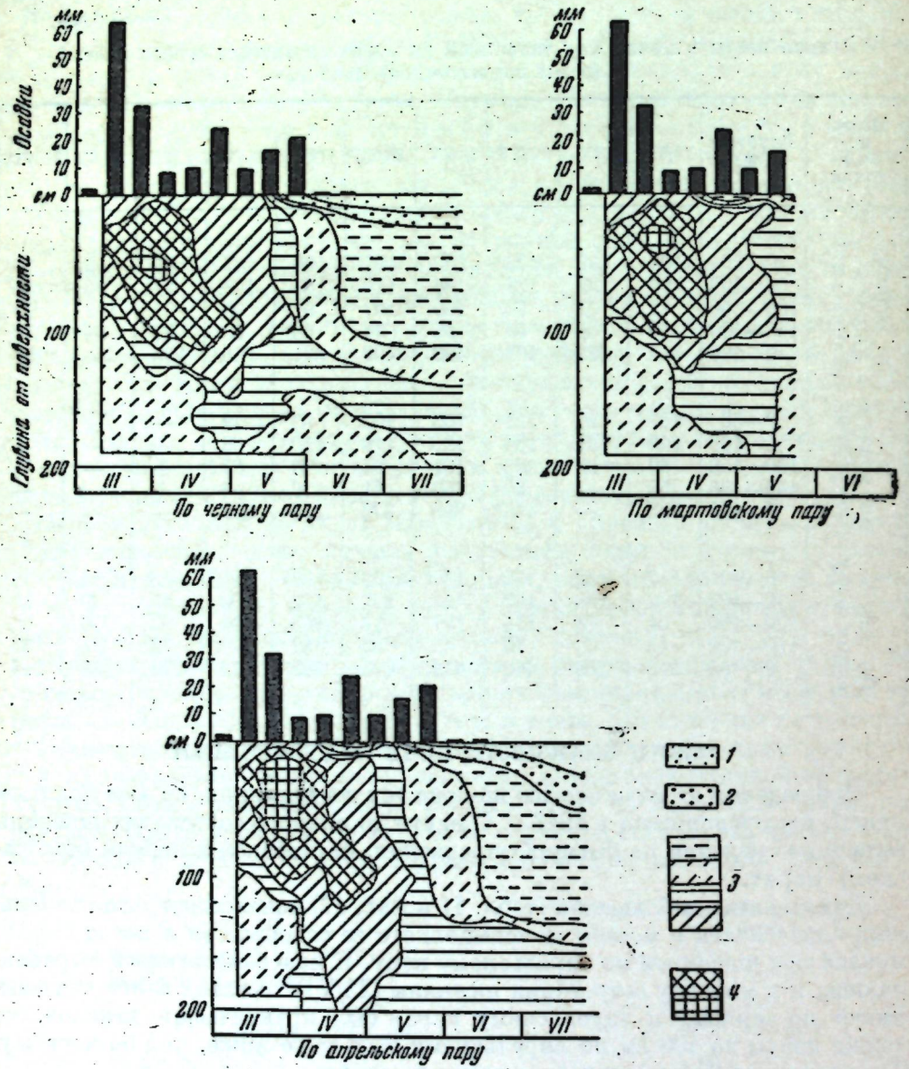
Данные этих наблюдений (табл. 11 и фиг. 17) показывают, что наибольший запас влаги в момент максимального ее содержания в почве (10/IV) имелся под пшеницей по апрельскому пару. К маю запасы влаги выравнивались, и к моменту созревания пшеницы (22/VI)* остаток влаги под пшеницей по черному и апрельскому парам был практически одинаков, а в толще почвы до 100 см по апрельскому был даже ниже, чем по черному. Такая разница объясняется состоянием посева.

Все делянки были засеяны одним сортом пшеницы в одно и то же время (ноябрь 1942 г.). С весны, как только пшеница начала развиваться, и до времени ее созревания на делянках апрельского пара всех трех повторностей опыта она выглядела значительно лучше, чем на делянках других паров, как по цвету, так и по мощности кустов и отдельных экземпляров. Заведующий научной частью станции Н. В. Карпов, проводивший опыты с парами, любезно предоставил нам данные урожая пшеницы: урожай

* Пшеница созрела 15/VI.

пшеницы в 1943 г. был по апрельскому пару 10.0; по мартовскому пару 8.3; по черному пару 7.5 ц/га.

Урожай по апрельскому пару на 33% превысил урожай по черному (ноябрьскому) пару. Небезынтересно проследить изменение запаса влаги в почве по разным периодам, в сопоставлении с количеством выпавших осадков (табл. 12). К моменту начала вегетации выпало осадков 171 мм;



Фиг. 17. Влажность почв под пшеницей по парам различных сроков взмета. Наблюдения 1943 г.

1 — от 0 до максимальной гигроскопичности; *2* — от максимальной гигроскопичности до коэффициента завядания; *3* — от коэффициента завядания до наименьшей влагоемкости; *4* — от наименьшей влагоемкости до полной водовместимости.

в это время запасы влаги в почвах под пшеницей по различным парам очень близки между собой. В течение первого месяца вегетации (с 10/III по 10/IV) выпало 104 мм осадков. На всех делянках наблюдается сильное, но не одинаковое увеличение запаса влаги в почве. Почва под пшеницей по

черному пару усвоила 62%, по мартовскому — 77%, а по апрельскому — 93% от суммы осадков. Это явление опять же объясняется состоянием паров. Черный и мартовский пары от начала их взмета и до посева пшеницы имели глыбистую поверхность и отличались уплотненностью. Апрельский пар всегда отличался рыхлостью поверхности, что способствовало лучшей водопроницаемости. Здесь же необходимо отметить, что поверхностный сток влаги на всех делянках отсутствовал.

За следующий месяц (с 10/IV по 11/V) выпало 59 мм осадков. Увеличения содержания влаги в почвах за это время не наблюдается, а выпавшие осадки даже не компенсировали потери влаги на испарение и десукцию. Почвы израсходовали из своего запаса довольно большое количество влаги. Больше всего израсходовала пшеница по апрельскому пару. Это объясняется тем, что по апрельскому пару пшеница развивалась значительно лучше, вследствие чего и десукция в этом случае была гораздо больше. Общий расход влаги за период вегетации пшеницы также по апрельскому пару был больше, чем по черному пару (табл. 12).

Таблица 12

Расход влаги почвами под пшеницей по парам различных сроков взмета (в мм водного слоя) на толщу до 190 см

Название пара	Сумма осадков до 10/III	Запас влаги в почве на 10/III	Сумма осадков с 10/III по 10/IV	Запас влаги в почве на 10/IV	Увеличение запаса влаги в почве за месяц	Увеличение запаса в % от суммы осадков	Сумма осадков с 10/IV по 11/V	Запас влаги в почве на 12/V	Уменьшение запаса влаги в почве за месяц	Запас влаги в почве после созревания пшеницы	Расход влаги за период вегетации
Черный . . .	171	339	104	403	64	62	59	371	32	248	155
Мартовский .	171	338	104	418	80	77	59	378	40	—	—
Апрельский .	171	343	104	440	97	93	59	383	57	259	181

Сравним теперь расход влаги почвой под паром и почвой под пшеницей по наблюдениям различных опытов.

В 1942 г. проведены наблюдения за влажностью почв под пшеницей осеннего сева по опытам: «Нормы и способы посева пшеницы» и «Влияние мульчирования и снегозадержания на урожай пшеницы».

По первому опыту велись наблюдения на следующих делянках:

1) делянка 17 (контрольная) с нормой высева 1.75 млн. зерен (60 кг) на гектар, с рядовым посевом;
2) делянка 19 с нормой высева 2.5 млн. зерен (87.5 кг) на гектар, с бороздовым посевом;
3) делянка 19 с нормой высева 3.5 млн. зерен (122,5 кг) на гектар, с бороздовым посевом;
4) делянка 22 с нормой высева 3.5 млн. зерен (112.5 кг) на гектар, с рядовым посевом.

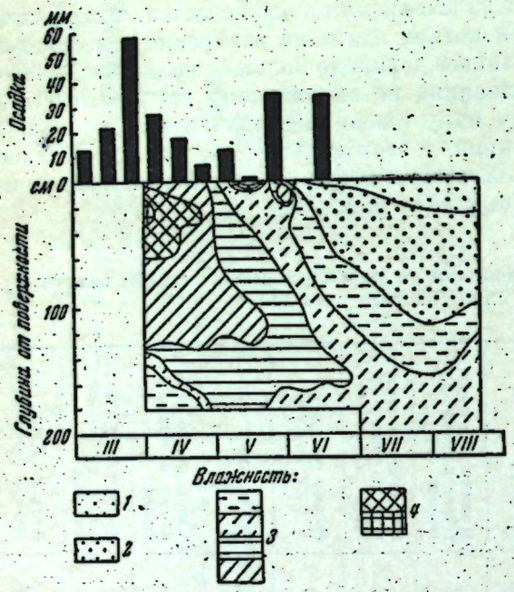
На опыте «Влияние мульчирования и снегозадержания» наблюдения велись на следующих делянках:

1) делянка 1 с мульчированием 12 т навоза после посева, посев рядовой;
2) делянка 3 с мульчированием 12 т навоза после посева, посев бороздовый;
3) делянка 5 контрольная, посев рядовой;
4) делянка 9; снегозадержание стеблями подсолнуха, посев рядовой.

Наблюдения начаты по первому опыту 27/III, по второму 1/IV и продолжались до созревания пшеницы (27/VI), а на двух делянках были продолжены до сильно опоздавшей уборки урожая (17/VIII).

В 1943 г. велись наблюдения за влажностью также под пшеницей весеннего сева.

Мы не будем подробно останавливаться на режиме влажности почв каждой делянки, а остановимся лишь на общей характеристике изменения влажности почв под пшеницей.



Фиг. 18. Влажность почвы под пшеницей. Наблюдения 1942 г. Делянка 5.

1 — от 0 до максимальной гигроскопичности; *2* — от максимальной гигроскопичности до коэффициента завядания; *3* — от коэффициента завядания до наименьшей влагоемкости; *4* — от наименьшей влагоемкости до полной водовместимости.

В зимне-весенний период происходило накопление влаги в почве. Затем, с началом вегетации пшеницы начинался усиленный расход влаги. При этом как скорость, так и характер расхода сильно отличались от того, что мы наблюдали на паровых полях. Наличие влаги в количествах, превышающих наименьшую влагоемкость, наблюдалось лишь в апреле, в мае же, несмотря на сравнительно большое количество осадков, влажность почв не достигала наименьшей влагоемкости. Выпадающие осадки расходовались с поверхности почвы или из верхнего почвенного горизонта (фиг. 18); иссушение верхних горизонтов шло быстро. В начале июня в верхнем 10-см слое влажность упала до величины меньшей, чем влажность завядания, а в самом верхнем 5-см слое даже меньше, чем максимальная гигроскопичность. Ко времени созревания пшеницы (середина июня) мощность слоя почвы, имеющего влажность меньше, чем величина завядания, часто достигала 50—60 см. Пшеница должна была пополнять расход на десукцию за счет более глубоких горизонтов, так как толща почвы до 1 м даже в нижней части имела влажность лишь немногим бо́льшую, чем влажность завядания 7—8%. Следовательно, влага, которую растение может черпать для своего развития, находится глубже 1 м, где влажность превышает 10%. Однако наличие даже довольно больших количеств влаги в глубоких горизонтах часто не обеспечивает нормального развития пшеницы, и в период налива, когда влажность воздуха обычно бывает чрезмерно низка и десукция резко возрастает, растения не в состоянии получить достаточное количество влаги. Корневая система не успевает подавать влагу из глубоких горизонтов. С этим связана наблюдающаяся разница в урожае пшеницы между весенним и осенне-зимним севом. В последних случаях пшеница, успевая созреть на несколько дней раньше и, видимо, имея более мощную корневую систему, дает значительно более высокий урожай, чем пшеница весеннего сева.

Сравнивая расходы влаги в почвах под пшеницей, мы видели, что они пропорциональны развитию вегетативной массы. Учитывая последнее, в агротехнике (в частности, при применении удобрений) необходимо стремиться к получению высокого урожая зерна при меньшей вегетативной массе.

Работники Милютинской станции, в частности Н. В. Карпов, неоднократно приводят в своих отчетах данные, показывающие, что при внесении удобрений очень часто имеет место сильное развитие соломы при пониженном урожае зерна. Такое явление может быть связано с тем, что обильная вегетативная масса в период своего развития расходует весь запас почвенной влаги. Во время же налива зерна растительность страдает от засухи, давая пониженный урожай щуплого зерна.

Интересно сопоставить расход почвенной влаги за период вегетации с урожаем зерна (к сожалению, данных урожая соломы для этих опытов нет).

Таблица 13

Расход влаги в мм водного слоя и урожай зерна в ц/га

(Данные урожая получены от Н. В. Карпова)

Название опыта	Мульчирование и снегозадержание				Нормы и способы посева пшеницы		
№ делянок	1	3	5	9	16	17	19
Расход влаги	184	208	176	197	176	175	179
Урожай зерна	5.2	8.9	6.8	7.1	9.5	9.6	10.1

Из приведенных в табл. 13 данных видна связь между величиной урожая и количествами израсходованной влаги. Однако нельзя говорить о прямой пропорциональной зависимости. Расход влаги зависит не только от величины урожая, но и от многих других причин: засоренности посевов, характера поверхности почвы, от качества обработки, характера микрорельефа и рельефа и т. п. Отсутствие прямой зависимости между величиной урожая и расходом влаги является естественным.

Для сопоставления общего расхода влаги на парах и под пшеницей приводим данные наблюдений 1943 г. на апрельском пару и под пшеницей весеннего сева (табл. 14).

Пары, как отмечалось, на протяжении всего лета тщательно очищались от сорняков, что позволило расход влаги на них отнести целиком за счет физического испарения. Расход под пшеницей слагался из двух величин — испарения из почвы и десукции растительностью. Делянки были расположены рядом, так что условия рельефа и почвенный покров были одинаковы.

Для учета полного прихода и расхода влаги мы взяли данные наблюдений до глубины 3 м (табл. 14).

Сумма расхода влаги за период с 31/V по 20/X на паровом поле была равна 75 мм, а на поле под пшеницей 181 мм. Как видно из табл. 14, в расходовании влаги на десукцию можно уловить два периода. Основная часть расхода, произведенного собственно пшеницей — 134 мм, приходится на период до снятия урожая, а вторая часть расхода — на время после

Таблица 14

Расход влаги почвой до глубины 3 м на апрельском пару и под пшеницей (в мм)

Дата наблюдений	3/IV	20/VI	13/VII	18/VIII	20/IX	20/X	Сумма расхода
Запас влаги на апрельском пару	477	477	435	408	408	402	
Расход в период между наблюдениями		30	12	27	0	6	75
Запас влаги под пшеницей *	510	440	376	—	336	329	
Расход в период между наблюдениями		70	64	10	37	—	181

* Первое наблюдение до глубины 3 м проведено во время начала колошения пшеницы. По этой причине расход не является общим расходом за время вегетации.

снятия урожая. Перерыв в расходе падает на время, когда вся растительность с поля была удалена при уборке пшеницы.

Мы уже отмечали ранее, что пшеница не израсходовала всего запаса влаги из нижних почвенных горизонтов. В период созревания корневая система пшеницы не обеспечила подачу необходимого количества влаги, и пшеница, ускорив созревание, дала пониженный урожай неполноценного зерна (около 4 ц с га), а влага нижних горизонтов осталась неиспользованной.* После созревания пшеницы, а особенно после снятия урожая, по стерне наблюдалось обильное отрастание многолетних сорняков (верблюжья колючка, горький василек и др.), которые, имея глубоко уходящую корневую систему, использовали остаток влаги. Видимо, за счет их и следует отнести дополнительный расход в сентябре — октябре, достигший 47 мм.

Более полное использование влаги пшеницей может быть достигнуто лишь при условии развития у нее мощной корневой системы, что в свою очередь требует возможно более раннего начала вегетации.

В связи с этим на Милютинской и Красноводопадской опытных станциях была разработана такая система агротехники, которая обеспечивает сохранение к середине августа на паровых полях на небольшой глубине некоторого запаса усвояемой влаги. Эта система заключается в следующем (Н. В. Карпов, 1948, стр. 96—97). Основная вспашка производится в апреле на глубину 20 см. До окончания периода выпадения дождей пахотный слой поддерживается в рыхлом, мелкокомковатом и чистом от сорняков состоянии. Вслед за последними майскими дождями пар перепахивается на глубину 20—22 см с последующим боронованием и малованием (выравнивание и легкое уплотнение поверхности). Применение последнего приема создает уплотнение самого поверхностного слоя, которое понижает паробмен между почвой и атмосферой. Одновременно под уплотненным слоем сохраняется рыхлый слой, препятствующий восходящему капиллярному передвижению жидкой влаги. В дальнейшем никаких обработок не производится и только удаляются вручную сорняки.

* Посев пшеницы весенний — 14/IV.

Такая система обработки парового поля имеет своим результатом то, что к середине августа на глубине 12—15 см сохраняется некоторое количество усвояемой влаги. Применение бороздового посева позволяет уложить семена в этот влажный слой и получить в конце августа всходы. Содержание влаги в глубже лежащих слоях, как мы уже видели, таково, что оно может обеспечить нормальное развитие пшеницы, которое в зависимости от температурного режима продолжается до ноября, а иногда и декабря. Пшеница в этот период развивает мощную корневую систему. Благодаря этому с наступлением весны такая пшеница начинает развиваться очень быстро. Хорошо развитая корневая система позволяет ей полноценно использовать накопленную в почве влагу, а пышно развивающиеся надземные органы затеняют почву и резко снижают непродуктивный расход влаги на испарение. В итоге пшеница августовского сева дает урожай, в 2—3 раза превышающий урожай от обычных посевов и достигающий 25—30 ц на га. Для августовского сева применяются, конечно, биологически-озимые сорта.

ОПЫТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ФОРМ ДВИЖЕНИЯ ВЛАГИ

Наблюдения за режимом влажности почв привели нас к заключению, что в почве происходит движение влаги как в жидком, так и в парообразном состоянии. Для изучения механизма движения влаги были поставлены специальные полевые опыты.

Для исследования передвижения влаги в связи с суточным циклом температуры опыты были поставлены следующим образом.

Брался деревянный разборный ящик, состоящий из звеньев, высота каждого из которых была равна 10 см. Мы брали три звена, которые, накладываясь одно на другое, давали общую высоту в 30 см. Длина ящика была равна 120 см, ширина 30 см. Каждое звено было поделено перегородками на ячейки. У нижнего звена одна ячейка (30×30 см) имела дно в виде металлического листа, прикрепленного наглухо. Вторая ячейка имела дно из двойной проволочной сетки, с промежутком между сетками в 1 см. Третья и четвертая ячейки не имели никакого дна, но одна из них сверху закрывалась железным листом, а последняя оставалась открытой.

Опыт закладывался следующим образом. Выкапывалась в почве яма по размеру ящика, т. е. 120×30×30 см; в яму вставлялся ящик и засыпался почвой с уплотнением ее с поверхности. Если влажность почвы оставалась естественной, то снятие почвы и загрузка ее в ящик производилась послойно по 5 см с предохранением ее от испарения. Если же для опыта нужно было получить однородную влажность, то почвы увлажнялись при тщательном перемешивании.

Таким образом, ящик состоял из четырех отделений: первое было открыто сверху, но имело изоляцию снизу в виде металлического листа; второе тоже было открыто сверху, но изолировалось снизу двойной проволочной сеткой; третье отделение снизу не имело изоляции, но закрывалось сверху листом железа, поверхность которого засыпалась тонким слоем почвы; четвертое отделение не имело никакой изоляции ни снизу, ни сверху.

Нетрудно видеть, что в основу эксперимента были положены методы, применявшиеся А. Ф. Лебедевым в его лабораторных опытах, но приспособленные к полевой обстановке.

Опыты проводились как с почвами естественной влажности, так и с искусственно увлажненными. Закладка опыта с искусственным увлажнением производилась за 72 часа до начала наблюдения. Пробы для

определения влажности брались специальным трубчатым буром из каждого 5-см слоя, с трехкратной повторностью, одновременно из всех отделений: 1) при заходе солнца, 2) при восходе солнца, 3) в 13 час. солнечного времени и 4) при заходе солнца второго дня.

Остановимся на рассмотрении изменения влажности почв в течение суток 24—25/IX.

Колебания температуры почвы, до глубины 30 см в течение суток происходили в довольно больших пределах (табл. 15).

Таблица 15

Температура почвы (в °С) и упругость водяного пара (в миллибарах) 24—25/IX 1944 г.

Глубина (см)	Часы наблюдений							
	18 час.		6 час.		13 час.		18 час.	
	°С	мб	°С	мб	°С	мб	°С	мб
+ 2	16.0	—	—3.0	—	32.7	—	19.8	—
0	20.1	—	1.8	—	42.2	—	22.7	—
— 5	24.0	22.4	7.0	7.5	26.7	26.3	23.2	21.3
—10	22.8	20.8	11.3	10.0	20.4	18.0	22.8	20.8
—20	19.1	16.6	12.0	10.5	16.7	14.3	19.8	17.3
—30	18.2	15.7	18.5	16.0	18.0	15.5	18.2	15.9

В утренние часы разница температур между глубинами 5 и 30 см достигала 12° при максимуме 18.5° на глубине 30 см. В 13 час. солнечного времени между теми же глубинами выразилась в 9°, а между поверхностью и глубиной 30 см 24°. Поскольку влажность почвы превышала величину максимальной гигроскопичности (почвы были искусственно увлажнены), постольку почвенный воздух можно было считать насыщенным водяным паром, что в свою очередь позволяло определять влажность этого воздуха по температуре почвы. Величины упругости пара падали от поверхности вглубь в дневные часы и имели обратное распределение ночью. Такой характер распределения упругости пара говорит о возможном передвижении влаги в виде пара в дневные часы сверху вниз, а ночью снизу вверх. Так как в нашем опыте имелись площадки с полной изоляцией снизу и с поверхности, то при наличии такого пароуловителя влажность почвы к концу дня должна увеличиваться над изоляцией снизу, а в результате ночных различий в температуре накапливаться непосредственно под изоляцией с поверхности.

Результаты эксперимента приведены в табл. 16. Рассмотрим их. Прежде всего обратим внимание на изменение влажности почвы за те 72 часа, которые протекли от момента закладки почв в ящик до захода солнца 24/IX. Потеря влаги наблюдалась во всех четырех вариантах, причем в варианте 3 (крышка сверху) эта потеря была значительно меньше, чем в остальных вариантах. Это свидетельствует о том, что если не вся потеря полностью, то во всяком случае подавляющая ее часть вызывалась испарением в атмосферу, а отнюдь не перегонкой воды вниз. В вариантах 1, 2 и 4 наиболее сильному иссушению подвергся слой 0—2.5 см, потерявший 70—75% всего исходного запаса влаги. В слое 2.5—5 см потеря значительно меньше — от 30 до 35%, в слое 5—10 см 15—20%, а остальные слои

Таблица 16

Изменение влажности почвы в опыте с испарением 24—25/IX 1943 г. 1) в % от веса сухой почвы и 2) в % от исходной влажности

Вариант опыта	Время наблюдений	Исходная влажность за 72 часа	0—2.5		2.5—5		5—10		10—15		15—20		20—25		25—30	
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
			15.5	100	15.5	100	15.5	100	15.5	100	15.5	100	15.5	100	15.5	100
1. Ширма снизу	Заход солнца, 24/IX		4.0	26	9.8	63	13.2	85	14.1	92	14.6	94	14.8	96	14.5	94
	Восход солнца, 25/IX		7.2	47	10.4	67	12.5	81	13.6	88	13.6	88	13.8	89	14.3	93
	13 час. 25/IX		3.7	24	10.2	66	12.3	79	13.2	85	14.1	92	14.2	92	14.2	92
	Заход солнца, 25/IX		3.7	24	9.8	63	12.1	78	13.1	85	13.8	89	14.1	92	13.6	88
2. Сетка снизу	Заход солнца, 24/IX		4.2	27	11.0	71	13.1	85	14.0	90	14.0	90	14.7	95	14.4	93
	Восход солнца, 25/IX		7.1	46	11.0	71	12.0	77	13.7	88	14.4	93	14.2	92	13.4	86
	13 час. 25/IX		4.0	26	9.9	64	12.6	81	13.5	87	13.9	90	13.5	87	13.7	88
	Заход солнца, 25/IX		5.6	36	10.9	70	12.5	81	12.9	83	13.7	88	14.2	92	14.1	92
3. Крышка сверху	Заход солнца, 24/IX		13.7	88	14.7	95	14.4	93	14.7	95	15.0	97	14.6	94	14.1	92
	Восход солнца, 25/IX		15.9	103	14.0	90	14.0	90	14.3	93	14.4	93	14.0	90	13.9	90
	13 час. 25/IX		12.7	82	13.5	87	14.1	92	14.3	93	14.3	93	14.4	93	13.5	87
	Заход солнца, 25/IX		10.4	67	13.6	88	14.0	90	14.0	90	13.8	89	13.8	89	13.5	87
4. Контроль	Заход солнца, 24/IX		4.6	30	10.3	67	12.5	81	14.0	90	14.4	93	14.2	92	14.3	93
	Восход солнца, 25/IX		7.0	45	10.7	69	12.9	83	13.3	86	14.2	92	14.3	93	14.0	90
	13 час. 25/IX		5.1	33	11.4	74	12.1	78	13.7	88	14.0	90	14.2	92	13.7	88
	Заход солнца, 25/IX		5.0	32	10.1	65	11.5	76	13.7	88	13.9	90	14.0	90	13.3	86

потеряли не более 10%. Таким образом, с самого начала процесса испарения сверху создавался тонкий слой с влажностью, не превышающей максимальную гигроскопичность, непосредственно под которым и происходило испарение поднимающейся влаги из нижних слоев. Начиная со слоя 2.5—5 см и уже во всяком случае со слоя 5—10 см влажность такова, что ее количество допускало возможность передвижения жидкой влаги, вероятно под влиянием капиллярных сил. Величины потерь влаги в вариантах 1, 2 и 4 можно считать одинаковыми. Следовательно, наличие или отсутствие водной связи с нижележащей почвой и возможный характер этой связи (через передвижение жидкой влаги или только парообразной) на скорости испарения не отразились.

Обратимся теперь к рассмотрению суточного цикла влажности. В слое 0—2.5 см во всех четырех вариантах влажность заметно увеличивалась в течение ночи (между заходом и восходом солнца) за счет, очевидно, термической конденсации. Источником влаги мог быть как приземный слой атмосферы, так и нижележащие слои почвы. В слое 2.5—5 см в двух случаях (варианты 1 и 4) наблюдалось небольшое увеличение влажности за ночь, в одном случае (вариант 2) изменений не было и в одном случае было уменьшение (вариант 3). Во всех остальных слоях, до глубины 30 см, в течение ночи наблюдалось уменьшение влажности. Из 20 случаев (4 варианта из 5 слоев) только в трех (вариант 2, слой 15—20 см и вариант 4, слой 5—10 и 20—25 см) наблюдалось некоторое ее увеличение.

Таким образом, в течение ночи мы наблюдаем повышение влажности в самом поверхностном слое (0—2.5 см, иногда 0—5 см) и ее уменьшение во всех остальных слоях до 30 см глубины. Проще всего такое явление могло бы быть объяснено восходящей перегонкой водяного пара в ночные часы, когда распределение температур в почве, а следовательно, и абсолютных упругостей водяного пара в почвенном воздухе может вызывать такое передвижение. Однако, если мы посчитаем баланс, то он ни в одном случае не сходится и указывает на явление более сложное. У нас нет величин объемного веса почвы в этом опыте; поэтому мы сопоставим потери и прибыли влажности за ночь в процентах от веса сухой почвы, в пересчете на слои 5-см мощности, предполагая, что объемный вес во всех слоях одинаков (табл. 17).

Таблица 17

Изменение влажности почвы за ночь
(в % на сухой вес)

Вариант опыта	Суммарный приход влаги в верхних слоях, в которых влажность за ночь увеличилась	Суммарный расход влаги в нижних слоях, в которых влажность за ночь уменьшилась
Шпрма снизу . . .	1.9	3.4
Сетка снизу . . .	1.4	2.5
Крышка сверху . .	1.1	2.9
Контроль	1.6	1.2

Таким образом, только в последнем случае приход был больше расхода, в остальных же вариантах имело место обратное соотношение. Это позволяет утверждать, что и ночью в целом имеет место расход влаги, очевидно на испарение. Следовательно, прибыль влаги в поверхностных горизонтах

действительно вызывается конденсацией снизу, а не из атмосферы, ибо в последнем случае приход влаги должен был бы превышать расход.

Поскольку в наблюдаемой толще при «ширме снизу» и «сетке снизу» расход в течение ночи больше прихода, а в контрольной площадке наоборот, то естественно допустить, что в контроле имело место дополнительное поступление влаги в слой 0—30 см из глубоких слоев, и притом в жидком виде, так как площадка «сетка снизу» дала расход больше прихода.

В промежуток времени между восходом солнца и 13 час. в подавляющем большинстве случаев наблюдалась потеря влаги во всех горизонтах, особенно сильная в слое 0—2.5 см. То же самое наблюдалось и между 13 час. и заходом солнца. Таким образом, в течение круглых суток происходила потеря влаги из всех горизонтов, сопровождаемая временным накоплением влаги в ночные часы в поверхностных слоях за счет поступления ее снизу. Разумеется, эти выводы являются предварительными и для их доказательства требуется гораздо больше экспериментальных данных; кроме того, эти выводы относятся только к тем величинам и распределению влажности, которые имели место в нашем опыте.

Вторая серия опытов была поставлена следующим образом.

На паровом поле выбиралась ровная площадка, на которой выкапывалась траншея в 1.5 м глубины, в 2.0 м длины и 1.0 м ширины. В одной из стенок траншеи на глубине 1 м от поверхности были сделаны две ниши. В одну из них, плотно к потолку, была вставлена рама с натянутой на ней двойной проволочной сеткой, после чего ниша была плотно забита почвой. Рама была квадратная, размером 75×75 см с промежутком между сетками в 1 см. Закладывая сетку, как и в предыдущем опыте, мы ставили целью прервать капиллярную связь верхних почвенных горизонтов с нижними, сохранив при этом возможность циркуляции влаги в парообразном состоянии.

Во вторую нишу, также плотно к ее потолку, вставлялся лист железа площадью в 1 м². Ниша, так же как и в первом случае, плотно забивалась землей. В этом случае мы стремились прервать всякую связь верхних горизонтов почвы с нижними, не нарушая существенно теплового режима почвы. После заделки ниши траншея засыпалась и поверхность почвы на ее месте выравнивалась. Поверхность же почвы над нишами во все время опыта сохранялась в ненарушенном состоянии. Рядом с площадками, под которыми заложены сетка и лист железа, выделялась третья площадка в 1 м², которая закрывалась листом железа с поверхности. Этим мы стремились (как увидим ниже, безуспешно) прекратить испарение с поверхности без существенного нарушения теплового режима почв. Для того чтобы железо не нагревалось непосредственно лучами солнца, оно прикрывалось слоем почвы в 1—2 см. Таким образом, у нас были три наблюдательные площадки: первая имела на глубине 1 м от поверхности сетку (в дальнейшем мы эту площадку называем «сетка»), вторая площадка на той же глубине имела изоляцию в виде листа железа (мы ее называем «ширма») и третья площадка имела изоляцию с поверхности (для краткости мы ее называем «крышка»).

По соседству с площадками с противоположной стороны от траншеи было отведено место для контрольных скважин («контроль»).

Опыт был заложен 9/VI 1943 г. В тот же день были взяты контрольные образцы с десятикратной поверхностью. Образцы с площадок и контрольные были взяты затем через месяц, т. е. 9/VII, и через два месяца после закладки опыта — 11/VIII. Образцы в указанные сроки брались с пятикратной повторностью со всех площадок.

Лист железа, лежащий с поверхности, при взятии образцов снимался. На его нижней поверхности оба раза (особенно 11/VIII) было большое количество влаги в виде крупных капель (образцы брались утром). Сам лист снизу сильно поржавел, тогда как сверху имел совершенно чистую поверхность.

В образцах была определена влажность, средние величины ее приводятся в табл. 18.

Таблица 18

Влажность почв в полевом опыте (в % от веса сухой почвы)

Глубина (см)	Дата наблюдения и название площадки								
	При закладке опыта 9/VI	9/VII				11/VIII			
		Сетка	Ширма	Крышка	Контроль	Сетка	Ширма	Крышка	Контроль
0—5	2.4	1.1	1.4	2.8	1.4	1.4	1.7	3.7	1.5
5—10	12.9	6.4	5.8	7.4	5.8	6.3	8.5	8.6	6.3
10—15	13.9	10.3	9.4	9.5	8.4	—	—	—	—
15—20	13.9	10.5	10.3	11.9	9.5	7.5	9.2	9.8	8.3
20—25	13.7	10.9	10.7	11.9	10.1	—	—	—	—
25—30	13.5	11.2	11.8	11.7	10.6	8.3	9.7	9.4	8.3
30—35	13.3	11.0	12.1	11.5	10.5	—	—	—	—
35—40	13.4	11.0	12.0	11.6	10.5	8.5	9.8	9.7	8.6
40—45	13.5	11.5	12.4	11.7	10.9	—	—	—	—
45—50	14.5	12.0	12.7	11.6	11.1	8.0	10.1	9.3	8.7
50—55	15.3	12.3	14.2	12.0	11.6	—	—	—	—
55—60	16.2	13.3	13.9	12.8	12.3	8.5	10.4	8.9	8.9
60—65	15.5	12.4	14.4	13.2	12.4	—	—	—	—
65—70	14.7	13.1	14.4	14.3	12.1	8.5	11.4	10.0	9.4
70—75	14.4	11.7	14.0	13.9	12.4	—	—	—	—
75—80	14.1	11.4	13.5	13.7	11.8	8.0	9.5	9.2	8.2
80—85	14.3	11.5	13.4	13.7	12.0	—	—	—	—
85—90	14.8	10.3	12.8	14.2	12.4	7.3	9.3	8.9	8.3
90—95	13.9	11.4	13.1	13.8	12.5	—	—	—	—
95—100	13.5	11.9	12.1	12.3	11.6	7.8	8.7	8.6	7.5

Из данных видно, что наибольшую влажность на протяжении опыта сохранили почвы площадки со сплошной изоляцией на глубине 1 м (ширма). Примерно такое же количество влаги содержали почвы площадки, закрытой с поверхности (крышка). Значительно меньше влаги осталось в почвах площадок с сеткой и контрольной. Еще более наглядно это видно из данных пересчета запаса влаги в миллиметры водного слоя (табл. 19).

Общий запас влаги в толще почвы до 1 м при закладке опыта был равен 185 мм, через месяц ширма и крышка имели по 160 мм, сетка 146 мм, а контроль 143 мм. Через два месяца после закладки опыта влаги в почве осталось: на ширме 126 мм, на крышке 122 мм, на сетке 103 мм и на контрольной 109 мм (табл. 19).

Общий расход влаги метровой толщей больше всего у площадок с сеткой и контрольной. Обе площадки израсходовали одинаковое количество влаги. Ширма и крышка также израсходовали одинаковое количество влаги, но их расход был значительно меньшим. Площадки с сеткой и контрольная не были защищены от расхода влаги как в атмосферу, так и в глубокие почвенные горизонты. Лишь площадка с сеткой была изолирована от прямой капиллярной связи с нижними горизонтами почв. Отсюда следует, что как на той, так и на другой площадке происходило свободное движение влаги в двух направлениях. Одинаковое количество расхода говорит о том,

Таблица 19

Запас влаги в почве на площадках полевого опыта (в мм водного столба и в % к первоначальному запасу)

Глубина (см)	В миллиметрах									В % к первоначальному количеству							
		9/VII				11/VIII *					9/VII			11/VIII			
	При закладке опыта 9/VI	Сетка	Ширма	Крышка	Контроль	Сетка	Ширма	Крышка	Контроль	При закладке опыта 9/VI	Сетка	Ширма	Крышка	Контроль	Сетка	Ширма	Крышка	Контроль
0—5	1.4	0.6	0.8	1.6	0.8	0.8	1.0	2.2	0.9	100	46	69	117	69	69	71	154	63
5—10	8.4	4.2	3.8	4.8	3.8	4.1	5.6	5.6	4.1	100	50	45	57	45	49	66	67	49
10—15	9.9	7.3	6.7	6.8	6.0	—	—	—	—	100	74	68	68	60	—	—	—	—
15—20	9.9	7.5	7.8	8.5	6.8	10.7	13.1	13.9	11.8	100	76	78	86	68	44	66	71	60
20—25	9.3	7.0	7.2	8.0	6.9	—	—	—	—	100	80	78	87	74	—	—	—	—
25—30	9.1	7.6	8.0	7.9	7.2	11.2	13.1	12.7	11.2	100	83	87	87	79	62	72	70	62
30—35	8.5	7.0	7.7	7.3	6.7	—	—	—	—	100	83	91	87	79	—	—	—	—
35—40	8.5	7.0	7.6	7.4	6.7	10.8	12.4	12.3	10.9	100	82	90	87	78	63	73	62	64
40—45	8.9	7.5	8.0	7.6	7.1	—	—	—	—	100	85	92	87	81	—	—	—	—
45—50	9.5	7.8	8.3	7.6	7.2	10.4	13.1	12.1	11.3	100	83	88	80	77	55	70	64	60
50—55	10.7	8.6	10.0	8.4	8.1	—	—	—	—	100	80	93	78	76	—	—	—	—
55—60	11.4	9.3	9.8	9.0	8.6	11.9	14.6	12.5	12.5	100	82	86	79	76	53	64	55	55
60—65	11.1	8.9	10.3	9.5	8.8	—	—	—	—	100	80	93	85	80	—	—	—	—
65—70	10.5	9.4	10.3	10.2	8.7	12.2	16.3	14.3	13.4	100	89	98	97	82	58	78	68	64
70—75	9.7	7.9	9.5	9.4	8.4	—	—	—	—	100	81	97	96	86	—	—	—	—
75—80	9.5	7.7	9.1	9.3	8.0	10.8	12.8	12.4	11.1	100	81	96	97	84	57	67	65	58
80—85	9.7	7.8	9.0	9.3	8.1	—	—	—	—	100	80	94	96	84	—	—	—	—
85—90	10.0	7.0	8.7	9.6	8.3	9.9	12.6	12.0	11.2	100	70	87	96	84	49	63	60	56
90—95	9.4	7.7	8.9	9.3	8.5	—	—	—	—	100	82	94	99	90	—	—	—	—
95—100	9.1	8.0	8.2	8.3	7.9	10.5	11.7	11.6	10.1	100	88	90	91	86	58	64	64	56
Сумма (в мм)	184.5	145.8	159.7	159.8	142.6	103.3	126.3	121.6	108.5									

* 11/VIII образцы брались в 10 см, а потому расчет запаса в мм приведен на 10-см слой.

что заметного передвижения влаги вниз в жидком состоянии в этот период времени не было, а движение могло быть лишь в парообразном состоянии, чему не могла препятствовать сетка.

Площадки с изоляцией на глубине 1 м (ширма) и с изоляцией с поверхности (крышка) израсходовали близкие количества влаги. Из этого следует, что расход влаги метровой толщей почвы происходит в двух направлениях. Изоляция снизу препятствовала расходу влаги в такой же степени, как и изоляция с поверхности. Разница между площадками заключалась в том, что у крышки (изоляция с поверхности) влага конденсировалась в самом поверхностном слое почвы и особенно на нижней поверхности металлического листа. При отсутствии изоляции она улетучилась бы в атмосферу. При абсолютной изоляции с поверхности (чего достигнуть в данном опыте было невозможно) понятно, что величина расхода на площадке с изоляцией с поверхности была бы значительно меньше, чем на площадке с нижней изоляцией. Можно предположить, что расход влаги

в атмосферу происходит в значительно больших размерах, чем в нижние горизонты.

Остановимся на изменении влажности по профилю почвы на различных вариантах опыта.

К моменту закладки опыта (9/VI) влажность почв в толще до 1 м была довольно высокой и довольно однородной по профилю. Выделяются лишь верхние слои до глубины 10 см, где сказалось уже иссушение. Особенно просохли первые 5 см от поверхности, влажность которых была ниже максимальной гигроскопичности. С 10 до 50 см от поверхности и с 90 до 100 см влажность была одинаковая с колебаниями в пределах ошибки определения (13.3—13.9%). Несколько выделяются более высокой влажностью горизонты глубин 50—90 см. Но так как влажность горизонтов 50—90 см отличается на протяжении всего опыта и при высыхании почв, то можно предполагать, что это связано с несколько более тяжелым механическим составом. Последнее подтверждается данными механического анализа (табл. 1) и данными определения физических свойств (табл. 7). В том и другом случае довольно отчетливо выделяется образец, взятый с глубины 66—70 см, который занимает среднее положение в упоминаемой более сильно увлажненной толще. Поэтому мы и считаем, что, несмотря на некоторые количественные колебания, качественно влажность по всему профилю, за исключением верхних 10 см, можно считать однородной. В течение первого месяца опыта влажность сильно изменилась. Наиболее сильное иссушение с поверхности наблюдалось на площадках, открытых для испарения (сетка, ширма и контроль), и значительно меньшее иссушение наблюдалось под крышкой, т. е. на площадке, закрытой листом железа. В горизонтах глубже 30 см и до 1 м наибольшее иссушение наблюдалось на площадках с сеткой и контрольной, которые были открыты для свободного движения влаги как к поверхности, так и в нижние почвенные горизонты. На площадках с изоляцией (крышка и ширма) из толщи 30—100 см влага расходовалась тоже по-разному. Из них больше расходовала площадка, имеющая изоляцию с поверхности, у которой, кроме потери в атмосферу, о чем упоминалось ранее, был свободный отток влаги в нижние горизонты, как и у площадок с сеткой и контрольной.

Через 2 месяца (11/VIII) наблюдалось сильное иссушение на всю глубину по всем площадкам. Из них наибольшее иссушение наблюдалось опять-таки на площадках с сеткой и контрольной. У площадок с полной изоляцией (ширма и крышка) иссушение имело разный характер. При изоляции снизу большое иссушение наблюдалось в верхних слоях и меньшее в нижних, а на площадках с верхней изоляцией имело место и обратное явление.

В заключение можно сделать следующий вывод. Увлажненная от атмосферных осадков толща почвы расходует влагу в двух направлениях: на испарение в атмосферу и в нижние горизонты. Расход вниз, видимо, происходит в форме пара, что можно видеть из сохранения большего количества влаги в почвах площадки со сплошной изоляцией снизу — ширма.

Разница между расходом на ширме и на сетке: 126.3—103.3=23 мм приблизительно характеризует величину «испарения вниз», т. е. количество влаги, утерянное метровой толщей вследствие перегонки в глубоколежащие слои.

Для решения вопроса о том, передвигается ли влага в жидком виде, нами были поставлены опыты с внесением в почву солей и с последующим изучением их передвижения. Для этого нужно было взять легко растворимую соль с анионом, отсутствующим в почве и не поглощаемым почвой. Такими солями для данных почв явились хлориды. Качественный анализ

почв, проделанный нами, и данные имеющихся анализов других исследователей показали присутствие лишь весьма малых количеств хлора в почве. Наиболее подходящей солью для опыта был бы хлористый кальций, но в 1942 и 1943 гг. мы не могли иметь его в достаточном для опытов количестве и вынуждены были применять хлористый натрий. Однако применение последнего вызвало ряд затруднений. Дело в том, что внесение солей натрия даже в небольших количествах сильно изменяло физические свойства почв, несмотря на высокое содержание в них карбоната кальция. При высыхании на поверхности почвы образовывалась плотная трещиноватая такырообразная корка толщиною до 5 см. Разрушение ее рыхлением не давало желаемых результатов; после первого дождя она появлялась вновь. Сильно изменилась водопроницаемость почв; вода после дождя застаивалась на поверхности и большая ее часть испарялась. Таким образом, очевидно введение хлористого натрия вызывало пептизацию почвенных коллоидов и другие явления осолонцевания и изменяло и характер движения влаги, резко усилив роль осмотических сил и ослабив роль капиллярных сил, которые нас по преимуществу интересовали. Поэтому опытам первых двух лет мы придаем лишь рекогносцировочное значение, а результаты их считаем предварительными, а потому на них и не останавливаемся.

В 1945 г. нами был повторен опыт в тех же условиях, но уже с хлористым кальцием. Для опыта были выделены две площадки размером в 4 м² каждая, на расстоянии 1 м одна от другой. Площадки окапывались траншеей в 1.5 м глубиной. Таким образом, были получены две четырехгранные призмы с сечением 2×2 м и высотой в 1.5 м. Боковые поверхности призм тщательно выравнивались и обмазывались раствором той же почвы, для заделки трещин и ходов землероев. После этого на боковую поверхность призм во влажном ее состоянии наклеивалась мульчбумага шириной в 1.2 м с выходом на поверхность на 20 см.

Затем траншеи засыпались послойно с утрамбовкой и смачиванием. В результате были получены две площадки с внутренней боковой изоляцией от окружающей почвы на глубину до 1 м.

Поверхность площадок перекапывалась лопатой на глубину пахотного слоя и разбороновывалась, после чего площадки обваловывались валиком высотою в 20 см. При этом валик устраивался так, что выходящий край мульчи заделывался в его середину. Это делалось с той целью, чтобы поступающая с поверхности вода не подходила к мульче и не проникала по случайно оставшимся зазорам между бумагой и стенкой призмы, а фильтровалась бы через почву.

На приготовленных таким образом площадках и был заложен опыт с внесением хлористого кальция в почву вместе с поливной водой. Поливная норма была принята та же, что и в 1942 г., из расчета увлажнения почвы до величины полевой влагоемкости, на глубину не меньше 1 м, т. е. 600 л на 4 м², что составило 150 мм водного столба.

Хлористый кальций был взят в количестве 2.5 кг на площадку с тем расчетом, чтобы в поливной воде получить примерно 0.05-нормальную концентрацию. Соль была растворена в 6 л воды и сливалась в заранее заготовленные бочки с водой, из расчета по 1 л раствора на 100 л воды.

Полив площадок производился вечером с тем, чтобы иметь минимальный расход на испарение.

Площадка первая поливалась 17/VI. Раствор подавался непрерывно и через 3 часа 25 минут весь впитался в почву.

Площадка вторая была залита совершенно так же на следующий день. На этой площадке впитывание раствора продолжалось 3 часа 15 минут.

После полива площадки были покрыты с поверхности мульчбумагой, 20-см слоем соломы и слоем земли в 5 см.

Обе площадки держались в закрытом состоянии в течение двух недель для того, чтобы влага пришла в более или менее равновесное состояние.

2/VII 1945 г. с площадки первой были взяты образцы с десятикратной повторностью на глубину до 150 см, после чего она была открыта для свободного испарения. Поверхность площадок не нарушалась. Весь уход за ними сводился к удалению всходов растений при их появлении. Поэтому мы считаем, что расход влаги из почвы происходил за счет физического испарения и в некоторой части за счет рассасывания вниз, расход же на десукцию был полностью исключен.

За все время опыта с 17/VI по 15/X осадков, а следовательно, и поступления влаги в почву не было.

Площадка вторая оставалась закрытой во все время опыта. Для взятия образцов открывались лишь отверстия в покрышке, которые сразу же в том же порядке закрывались.

В дальнейшем образцы брались с обеих площадок с пятикратной повторностью через месяц и через три месяца. Скважины закладывались по заранее намеченной схеме.

По мере высыхания, на поверхности первой площадки стали появляться выцветы солей. Вначале они были видны лишь при внимательном рас-

Таблица 20

Влажность почв на открытой и закрытой площадках опыта 1945 г. (в % и мм)

Глубина (см)	Исходная влажность 2/VII		Площадка открытая 1-я				Площадка закрытая 2-я			
			31/VII		3/X		31/VII		3/X	
	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм
0—2,5	20.4	5.9	3.6	1.1	2.2	0.8	17.3	5.0	13.5	3.9
2,5—5	19.9	5.8	3.7	1.1	3.7	1.1	16.3	4.7	13.4	3.9
5—10	19.7	12.8	10.7	7.0	8.1	5.3	15.6	10.1	13.9	9.0
10—20	19.8	28.1	13.3	18.9	9.3	13.2	16.9	24.0	13.4	19.0
20—30	19.0	25.7	14.1	19.0	10.3	13.9	17.1	23.1	13.0	17.6
30—40	19.1	24.3	13.9	17.7	11.5	14.6	16.2	20.6	12.8	16.3
40—50	18.9	24.6	14.8	19.2	11.9	15.5	17.0	22.1	12.8	16.6
50—60	18.6	25.0	15.3	21.4	12.7	17.8	17.6	24.6	14.4	20.2
60—70	18.6	26.6	15.9	22.7	12.9	18.5	17.6	25.2	14.3	20.5
70—80	18.6	25.1	16.1	21.7	12.5	16.9	16.4	22.1	12.6	17.0
80—90	18.3	24,7	15.4	20.8	11.2	15.1	16.7	22.6	12.1	16.3
90—100	19.2	25.9	16.4	22.1	11.4	15.3	16.7	22.6	13.0	17.6
100—110	19.6	26.5	16.1	21.7	12.1	16.3	17.0	23.0	13.2	17.8
110—120	19.9	26.9	17.1	23.1	13.4	18.1	15.7	21.2	13.6	18.4
120—130	19.9	26.9	17.4	23.5	13.7	18.5	16.9	22.8	14.1	19.0
130—140	20.0	27.0	17.2	23.2	15.7	21.2	17.4	23.5	14.3	19.3
140—150	18.9	25.5	18.0	24.3	16.2	21.9	17.5	23.6	16.1	21.7
150—160					16.2	21.9			15.5	20.9
160—170					16.8	22.7			15.2	20.5
170—180					16.5	22.3			15.2	20.5
180—190					14.6	19.7			13.7	18.5
190—200					13.8	18.6			11.7	15.8
200—210					13.0	17.6			11.8	15.9
210—220					12.0	16.2			10.2	13.8
220—230					10.9	14.7			9.5	12.8

смотрении и в лупу, а затем мелкокристаллический налет стал заметен в виде белых пятен и простым глазом. В другом опыте на площадках, поливаемых водой без хлористого кальция, выцветов солей не наблюдалось. При рассмотрении профиля влажности видно, что исходная влажность в почве площадок опыта на глубину до 1.5 м достигала величины наименьшей влагоемкости (табл. 20).

Перейдем к рассмотрению движения внесенной в почву соли хлористого кальция, или, точнее говоря, аниона хлора. Хлор с поливной водой проник в почву на глубину до 90 см (табл. 21). Максимальное содержание

Таблица 21

Определение хлора в почвах опыта с солями (в % на вес сухой почвы) 1945 г.

Глубина (см)	В естественных условиях *	Исходное колич. 2/VII**	Площадка открытая		Площадка закрытая	
			31/VII***	3/X***	31/VII***	3/X***
0—2.5	0.002	0.043	0.308	0.287	0.064	0.093
2.5—5	0.002	0.026	0.071	0.056	0.032	0.044
5—10	0.002	0.021	0.010	0.005	0.016	0.016
10—20	0.002	0.024	0.013	0.007	0.016	0.018
20—30	0.002	0.021	0.014	0.008	0.014	0.015
30—40	0.002	0.020	0.012	0.008	0.015	0.012
40—50	0.002	0.017	0.012	0.009	0.012	0.012
50—60	0.002	0.014	0.010	0.008	0.012	0.012
60—70	0.002	0.010	0.007	0.007	0.010	0.012
70—80	0.002	0.008	0.005	0.006	0.009	0.011
80—90	0.003	0.006	0.004	0.006	0.011	0.011
90—100	0.003	0.004	0.003	0.003	0.010	0.011
100—110	0.005	0.004	0.003	0.003	0.003	0.007
110—120	0.008	0.004	0.004	0.004	0.006	0.005
120—130	0.010	0.005	0.006	0.007	0.005	0.005
130—140	0.011	0.008	0.008	0.010	0.005	0.005
140—150	0.012	0.010	0.014	0.010	0.009	0.006
150—160	0.010	—	—	0.012	—	0.009
160—170	0.010	—	—	0.014	—	0.011
170—180	0.011	—	—	0.016	—	0.014
180—190	0.010	—	—	0.016	—	0.014
190—200	0.010	—	—	0.016	—	0.013
200—210	0.010	—	—	0.016	—	0.014
210—220	0.011	—	—	0.016	—	0.012
220—230	0.010	—	—	0.015	—	0.012

* Среднее из трехкратной повторности.
** Среднее из десятикратной повторности.
*** Среднее из пятикратной повторности.

хлора 0.0429% оказалось в поверхностном слое до 2.5 см; книзу содержание хлора постепенно убывало, достигнув на глубине 50—60 см 0.0135%; на 80—90 см 0.0062%. Глубже увеличения хлора не наблюдалось, что видно из сравнения с первоначальным его количеством в почве. Такой же характер распространения хлора наблюдался и в опытах предыдущих лет.

На первый взгляд казалось бы, что хлор вместе с поливной водой должен был проникнуть во всяком случае до 130 см. Заметное же количество хлора проникло до глубины всего лишь 90 см.

Сопоставляя данные профилей влажности и солевых, мы видим, что вносимый в почву солевой раствор проталкивает перед собою имеющуюся

в почве влагу. Вода, вытесненная из верхних горизонтов, передвинулась вниз. Благодаря этому достигнуто увлажнение почвы до величины наименьшей влагоемкости на всю глубину наблюдения до 150 см. Проникновение же поливной воды, а с нею и хлора наблюдалось всего лишь до 90—100 см (табл. 21).

К концу первого месяца в распределении солей в почвах открытой площадки произошли большие изменения. Соли сильно подтянулись к поверхности, концентрируясь в корочке 0—2.5 см, где количество хлора к этому времени достигало 0.308%. Непосредственно под корочкой на глубине 5 см тоже наблюдалось увеличение содержания хлора, но в значительно меньших размерах (до 0.071%). Во всей остальной толще до 90 см произошло уменьшение содержания хлора, особенно сильно выразившееся до глубины 50—60 см.

К концу опыта, т. е. по истечении трех месяцев, наблюдалось дальнейшее уменьшение содержания хлора в нижних горизонтах, но без увеличения их в корочке, как это было в первый месяц. Как мы уже отмечали, по мере высыхания на поверхности площадки появились выцветы солей в виде мелкокристаллического налета. Понятно, что при непрерывно дующих в этих местах сильных ветрах с открытой ровной площадки выцветы сдувались и соли исчезали для почв бесследно. Этим и объясняется отсутствие дальнейшего увеличения содержания солей в корочке.

В почвах площадки, закрытой от испарения, тоже наблюдалось подтягивание солей к поверхности, но оно выражено значительно слабее (табл. 21), что объясняется меньшим испарением с их поверхности.

Описанные опыты были поставлены с целью разрешения вопроса о том, передвигается ли капиллярно-подвешенная влага при испарении в жидком виде. Как известно, строго установленной точки зрения на этот вопрос нет, и разные исследователи решали его диаметрально противоположно.

Наблюдающееся передвижение хлора на открытых площадках, подвергнувшихся действию испарения, могло происходить, очевидно, только с жидкой влагой, передвигающейся капиллярно. Это дает нам право утверждать, что почвенная влага, находящаяся в капиллярно-подвешенном состоянии, при испарении с поверхности почвы передвигается к этой поверхности в жидкой форме. Указанное движение происходит только лишь в определенных пределах влажности. Если влажность ниже этого предела, то передвижение влаги в жидкой форме прекращается. Для исследуемых почв указанный предел влажности равен 10—11% от веса сухой почвы.

Одновременно с этим, для изучения расхода влаги почвой на испарение при различном состоянии поверхности был заложен еще один опыт. Брались две площадки, того же размера, как и в предыдущем опыте, и заливались той же нормой воды. Но эти площадки не имели внутренней изоляции, а лишь обваловывались с поверхности. Соли не вносились и наблюдения велись лишь за влажностью. Опыт проводился так же, как и на предыдущих площадках, с той лишь разницей, что по истечении двух недель обе площадки были открыты для свободного испарения. Одна из них (площадка № 3) после подсыхания поверхности была перекопана на глубину пахотного слоя и разборонована. Другая (площадка № 4) оставалась в ненарушенном состоянии на протяжении всего опыта. Обе площадки поддерживались чистыми от растительности. При высыхании площадка № 4 так же, как и площадка № 1 предыдущего опыта, имела плотную трещиноватую поверхность, площадка № 3 имела рыхлую поверхность.

В ходе изменения влажности на площадках обоих опытов можно заметить довольно большие различия. Прежде всего необходимо отметить, что почва под площадками, имевшими внутреннюю изоляцию (в опыте с внесением солей), при одинаковой поливной норме увлажнилась значительно сильнее, чем под площадками без изоляции. Так, например, увлажнение до величины наименьшей влагоемкости на площадке № 1 наблюдалось до глубины свыше чем 150 см, тогда как на площадках 3 и 4 такое увлажнение наблюдалось всего лишь до глубины 100—110 см (табл. 21 и 22). Общее количество влаги к моменту открытия площадок до глубины 150 см было равно: на площадке № 1 387 мм, на площадке № 3 374 мм и на площадке № 4 352 мм.

Таблица 22

Влажность почв рыхлой и уплотненной площадок опыта 1945 г.

(в % и мм)

Глубина (см)	Площадка рыхлая № 3								Площадка уплотненная № 4							
	Исходн. 6/VII		4/VIII		20/IX		16/X		Исходн. 6/VII		4/VIII		20/IX		16/X	
	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм
0—2.5	19.3	5.6	2.1	0.6	1.5	0.4	1.5	0.4	19.3	5.6	2.3	0.7	1.6	0.5	1.6	0.5
2.5—5	20.0	5.8	2.9	0.8	1.7	0.5	1.8	0.5	18.8	5.5	3.6	1.0	2.5	0.8	2.2	0.6
5—10	18.2	11.8	12.1	7.9	7.8	5.1	7.5	4.9	18.6	12.1	9.5	6.2	6.2	4.0	6.4	4.2
10—20	18.1	25.7	13.8	19.6	8.9	12.6	8.3	11.8	18.6	26.4	11.0	15.8	7.0	10.8	7.3	10.4
20—30	18.0	24.3	14.2	19.2	9.1	12.3	8.9	12.9	18.0	24.3	11.4	15.4	8.2	11.1	7.7	10.4
30—40	17.2	21.8	13.5	17.2	8.9	11.3	8.6	10.9	17.0	21.6	11.1	14.1	8.3	10.5	8.0	10.2
40—50	17.4	22.6	13.2	17.2	8.8	11.4	8.4	10.9	17.4	22.6	12.0	15.6	8.4	10.9	8.0	10.4
50—60	17.4	24.4	12.3	17.2	8.9	12.5	8.5	11.9	17.8	24.9	12.5	17.5	8.2	11.5	8.0	11.2
60—70	17.7	25.3	14.2	20.3	9.1	13.0	8.2	11.7	18.4	26.3	13.8	19.7	8.4	12.0	8.7	12.4
70—80	17.2	23.2	14.0	18.9	9.6	13.0	8.7	11.8	17.7	23.9	13.2	17.8	9.0	12.2	8.8	11.9
80—90	17.3	23.4	14.1	19.0	9.7	13.1	9.1	12.3	18.9	25.5	14.9	20.1	10.5	14.2	8.5	12.0
90—100	16.6	22.4	12.9	17.4	9.1	12.3	8.0	10.8	18.6	25.1	14.4	19.4	10.5	14.2	8.4	11.3
100—110	15.2	20.5	13.4	18.0	9.2	12.4	8.4	11.3	17.1	23.1	13.3	18.0	9.6	13.0	7.9	10.7
110—120	15.1	20.4	13.1	17.7	9.8	13.2	9.4	12.7	15.4	25.8	13.3	18.0	10.2	13.8	7.6	10.3
120—130	15.0	20.3	12.3	16.6	11.5	15.5	10.2	13.8	17.2	23.2	14.7	19.9	10.0	13.5	9.0	12.2
130—140	15.8	21.3	15.0	20.3	13.9	18.8	11.8	15.9	16.0	21.6	13.7	18.5	12.2	16.5	10.9	14.7
140—150	18.5	25.0	18.2	24.6	13.9	18.8	16.8	22.7	14.5	19.6	15.2	20.5	13.4	18.1	12.1	16.3
150—160	—	—	—	—	15.8	21.3	15.5	20.9	—	—	—	—	13.9	18.8	12.1	16.3
160—170	—	—	—	—	15.8	21.3	16.6	22.4	—	—	—	—	14.1	19.0	13.3	17.1
170—180	—	—	—	—	—	—	14.3	19.3	—	—	—	—	13.7	18.5	14.6	19.7
180—190	—	—	—	—	14.5	19.6	14.6	19.7	—	—	—	—	13.9	18.8	13.7	18.5
190—200	—	—	—	—	13.6	18.4	12.7	17.2	—	—	—	—	12.5	16.9	11.5	15.2
200—210	—	—	—	—	11.2	15.1	11.1	15.0	—	—	—	—	11.2	15.1	10.7	14.5
210—220	—	—	—	—	10.9	14.7	10.8	14.3	—	—	—	—	10.3	13.9	10.1	13.6
220—230	—	—	—	—	9.1	12.3	9.5	12.8	—	—	—	—	8.9	12.0	8.5	11.5

Расход влаги на площадках с внутрипочвенной изоляцией и без нее проходил также по-разному. Площадка № 1, уплотненная с поверхности, но имевшая внутрипочвенную изоляцию, израсходовала в течение первого месяца из 150-см толщи 80 мм, а на протяжении всего опыта, т. е. за три месяца, 144 мм. Площадка же № 4, уплотненная, но не имевшая изоляции, в первый месяц израсходовала 94 мм, а к концу опыта 184 мм. Остаток влаги к концу опыта у площадки № 1 в той же толще равнялся 244 мм, а у площадки № 4 всего лишь 170 мм. Приведенные различия показывают,

что примененная внутрипочвенная изоляция, предохранив влагу от растекания в сторону, способствовала более глубокому промачиванию почв. На площадках без изоляции, видимо, воде было легче растекаться в стороны, чем проталкивать вглубь имеющуюся влагу в почве. Больший расход влаги на площадках без изоляции, видимо, происходил в результате дальнейшего горизонтального рассасывания влаги.

Опыт с площадками № 3 и 4 проводился с целью изучения зависимости интенсивности почвенного испарения от характера поверхности почв. Влажность почв в начале опыта (6/VII) на обеих площадках практически была одинакова. Площадка № 3 в толще до 150 см содержала 344 мм влаги, а площадка № 4 352 мм. Площадка № 3, после того как поверхность подсохла, была подвергнута рыхлению, а площадка № 4 оставалась в уплотненном состоянии. Расход влаги на них в течение первого месяца проходил по-разному. Почва площадки № 3 (рыхлой) израсходовала из 150-см толщи 71 мм, а почва площадки № 4 (уплотненной) 94 мм. Площадка с уплотненной поверхностью в течение первого месяца израсходовала, следовательно, на 23 мм больше площадки с рыхлой поверхностью (табл. 23). Разницу в величине испарения можно отнести лишь за счет характера поверхности.

Таблица 23

Изменение запаса влаги в почве площадок опыта (в мм)

Название площадок	Запас влаги (мм)				Расход (мм)	
	6/VII	4/VIII	20/IX	16/X	за 30 дней	за 100 дней
Рыхлая № 3 . .	344	273	198	187	71	157
Уплотненная № 4	352	258	188	182	94	170

В дальнейшем разница в интенсивности испарения между площадками сглаживалась. За 100 дней опыта площадка с рыхлой поверхностью испарила всего лишь на 13 мм меньше, чем площадка с уплотненной поверхностью. Испарение во втором и третьем месяце опыта с площадки рыхлой было даже несколько больше, чем из почвы площадки уплотненной (табл. 23). Такое явление, видимо, объясняется тем, что почва площадки с рыхлением лишь на протяжении первого месяца опыта имела нарушенные капилляры. В это время и наблюдалось меньшее испарение с ее поверхности. С течением времени, вследствие уплотнения почвы, капиллярная связь восстановилась, и площадка, хотя и имела вид рыхлый, но не отличалась от уплотненной почвы, а в конце даже расходовала больше, имея большую общую поверхность, чем уплотненная площадка. Таким образом, для того чтобы рыхлая площадка и в дальнейшем испаряла меньше уплотненной, необходимо было систематическое рыхление поверхности, с целью нарушения восстанавливающейся капиллярной связи, чего мы в данном опыте не делали. Этого нам удалось достигнуть в 1943 г. на апрельском пару, где рыхление поверхности проводилось не реже одного раза в месяц. В таких условиях мы сохранили влагу в почве до осени на незначительной глубине от поверхности (табл. 13 и фиг. 14).

При рассмотрении характера уменьшения влаги по почвенному профилю можно было видеть, что влага расходуется всей толщей почвы на глубину до 150 см. Правда, наибольший расход влаги имел место в толще

до 120—130 см (табл. 22 и фиг. 19). Наблюдается то же явление, которое мы отмечали по опытам и наблюдениям прошлых лет. Испарение шло с глубины 5 см. Влажность верхних 5 см падала до двух процентов, а влага на испарение поступала из толщи почвы в 150 см. Глубже до конца опыта сохраняются большие количества влаги. Видимо, с указанной глубины влага труднее подтягивалась к зоне испарения даже в тех случаях, когда из вышележащей толщи она в значительной части израсходована. Так, например, в почве площадок № 3 и 4 к концу опыта на глубине 150 см влаги содержалось 12—13% и даже больше, а вся вышележащая толща была равномерно иссушена до 8—9%. В почве же площадки № 1, при содержании влаги в 150-см толще выше 10—11%, иссушение до конца опыта ограничивалось лишь самым верхним 10-см слоем, а вся остальная толща почв теряла влагу довольно равномерно.

Исходя из результатов этих опытов, механизм движения влаги можно себе представить в следующем виде.

Влага, находящаяся в капиллярно-подвешенном состоянии, в первый период расходуется на испарение с верхних менисков капилляров. В случае уплотнения почвы испарение идет непосредственно с поверхности. При рыхлом состоянии поверхности почвы оно происходит под рыхлым слоем — в месте разрыва капилляров, причем сам рыхлый горизонт, являясь защитным, может сильно пересыхать. Нижележащая толща, содержащая капиллярную влагу, подает ее вверх, к месту испарения, до тех пор, пока влажность не понизится до определенного предела (в нашем случае до 10—11% влажности), лежащего между величиной влажности завядания (7%) и наименьшей влагоемкостью (17—18%).

Если мощность капиллярно-увлажненной толщи (в наших условиях) превышает 1.5 м, то поступление влаги из глубоких слоев ослабевает, а начиная с некоторой глубины и совсем прекращается, что́ мы и наблюдаем в опытах и в почвах наблюдательных площадок.

Начиная с того момента, когда капиллярно-увлажненная толща или верхняя ее часть израсходует подвижную влагу на испарение, дальнейший расход влаги идет по-иному. Испаряющая поверхность начинает уходить вглубь. Мощность иссушенного слоя нарастает. Влажность нижележащей толщи остается постоянной, но мощность ее постепенно уменьшается. Таким образом расходуется вся усвояемая влага.

Так происходит расход влаги на испарение чистыми почвами — парами. При наличии растительности явление десукции осложняет картину. Корни, перехватывая двигающуюся влагу, не дают ей приближаться к поверхности почвы.

ВЫВОДЫ

Климатические условия районов богарного земледелия Узбекистана с максимумом осадков в зимне-весенний период и отсутствием их летом ставят перед агротехникой особые задачи, при решении которых большой опыт сухого земледелия Европейской части СССР не всегда может быть использован. Для богарного земледелия должна быть разработана своя агротехника. Земледелие же засушливых районов юго-востока и юга Европейской части СССР в борьбе с засухой может почерпнуть много полезного из агротехники богарного земледелия Средней Азии, где в борьбе за урожай в период развития растений не рассчитывают на осадки, а исходят из запасов почвенной влаги, создающихся в зимне-весенний период. В основе всего комплекса агротехнических мероприятий лежит борьба за влагу. Создание запаса влаги в зимне-весенний период, ее сохранение

в паровом клину и рациональное расходование в период вегетации являются важнейшими задачами, успешное разрешение которых гарантирует высокий урожай.

Температурный режим почв и припочвенного слоя воздуха создает благоприятную обстановку для интенсивного испарения с поверхности почвы и перегонки влаги в парообразной форме. Последнее направлено вверх — в атмосферу в ночные часы суточного цикла и в зимнее время годового цикла; и вниз — в глубокие почвенные горизонты в дневные часы суточного и летние месяцы годового цикла.

Наши наблюдения и данные специальных опытов показали, что в общем водном балансе всего почвенного слоя роль этого явления, видимо, невелика, но в балансе верхних почвенных горизонтов, где расположена большая часть корней, оно может иметь весьма существенное значение. Поэтому агротехника не может не считаться с температурным режимом и должна его регулировать путем соответствующих мероприятий, как, например, поддержанием поверхности почвы в постоянно рыхлом состоянии, ее мульчированием и другими способами. Количественная сторона явления перегонки водяного пара требует дальнейших исследований, так как вопрос о поведении и балансе тепла в этом процессе остается пока открытым, и до тех пор, пока он не будет разрешен, общая картина внутрипочвенного передвижения парообразной влаги остается неясной.

Наблюдения над влажностью почв и передвижением внесенного хлорида дают основание утверждать, что влага в почве передвигается (как вниз, так и вверх) в двух формах — в жидкой и парообразной.

Постановкой опытов с внесением в почву солей-свидетелей, с последующим наблюдением за их передвижением, мы стремились решить вопрос о передвижении влаги в жидком виде в условиях капиллярно-подвешенного ее состояния.

Данные опытов дают нам право утверждать, что почвенная влага, находящаяся в капиллярно-подвешенном состоянии, при испарении с поверхности поднимается вверх в жидкой форме. Такое передвижение происходит лишь до определенного предела влажности. В наших опытах (в средних лёссовидных суглинках) таким пределом являлась величина, равная 10—11% влажности, лежавшая между величинами — влажности завядания (7%) и наименьшей влагоемкости (17—18%). При влажности почвы, равной 10—11%, в почве остается некоторое количество капиллярно-разорванной влаги, потерявшей способность к передвижению за счет капиллярных сил.

Наблюдения над водным режимом почв парового поля показали, что чистые пары и в условиях Средней Азии не только сохраняют влагу нижних почвенных горизонтов, но при надлежащей агротехнике могут обеспечить влагой появление всходов озимых культур августовского посева. Этот прием был предложен и успешно разрабатывается на Милютинской и Красноводопадской опытных станциях.

Вместе с тем из тех же наблюдений видно, что пары, даже находящиеся в культурном состоянии, т. е. без растительности и с рыхлой поверхностью, теряют все же большое количество влаги. По данным 1943 г., апрельский пар, за которым был тщательный уход за период с 9/IV по 20/X, из 150-см толщи почвы потерял путем физического испарения 213 мм влаги, в том числе 133 мм из зимнего запаса. Эти данные еще раз говорят о необходимости разработки специальных способов ухода за парами в условиях богарного земледелия.

Годовой режим влажности почв делится на два периода. Первый период (с октября по апрель) характеризуется накоплением в почве влаги, причем почва промачивается на глубину до 120—160 см. В этот период величина испарения значительно меньше количества поступающей влаги, в силу чего и происходит накопление влаги в почве. Второй период (с мая по октябрь) отличается полным отсутствием поступления влаги в почву и весьма интенсивным расходом влаги как на физическое испарение, так и на десукцию растительностью.

Наблюдения над влажностью почв под пшеницей показали, что расход посредством растительности (на десукцию) значительно превышает расход на физическое испарение с поверхности почвы. Расход влаги из почвы под пшеницей на десукцию слагается из продуктивного расхода на развитие культурных растений и непродуктивного расхода на испарение и на развитие многолетних сорняков, появляющихся в конце вегетации пшеницы и быстро возобновляющихся после снятия урожая. Многолетние сорняки расходуют остаток влаги из глубоких горизонтов и тем самым увеличивают дефицит влажности почв. Последующие осадки, вместо того чтобы сразу пополнять запас усвояемой влаги, сначала расходуются на пополнение этого дефицита. Учитывая это, борьбу с сорняками необходимо вести круглый год: на парах, под культурами и после снятия урожая.

Более продуктивно и полно расходует влагу пшеница осеннего сева. Она, имея хорошо развитую корневую систему к началу весенней вегетации и начиная развитие раньше, чем пшеница весеннего сева, использует влагу верхних и глубоких почвенных горизонтов более полно, а потому более успешно конкурирует с сорняками. Кроме того, пшеница осеннего сева, имея хорошо развитую надземную часть, лучше затеняет почву и защищает ее от физического испарения, тем самым способствуя снижению непродуктивного расхода влаги. Этими явлениями и объясняется получение высоких урожаев (до 30 ц/га) озимой пшеницы так называемого «августовского» сева, над разработкой агротехники которого работают Милютинская и Красноводопадская станции.

Полевые исследования и обработка полученных материалов проводились при участии и под руководством А. А. Роде. Им же проведено редактирование настоящей работы. Автор считает своим приятным долгом выразить ему искреннюю благодарность.

ЛИТЕРАТУРА

Большаков А. Ф. О тепловом режиме почв. Пробл. сов. почвовед., Сб. 11, М., 1941.
Вильямс В. Р. Почвоведение. 1946.
Долгов С. И. Исследования подвижной почвенной влаги и ее доступность растениям. Изд. АН СССР, М.—Л., 1948.
Карпов П. В. Агротехника зерновых культур. Полевые культуры на богаре Узбекистана. ГИЗ. Узб. ССР, 1948.
Психрометрические таблицы. ГИМИЗ, 1940.
Роде А. А. Водный режим почв богарной зоны Узбекской ССР. Тр. Почв. инст. им. В. В. Докучаева, т. XXV, 1947.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
1950. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА им. В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXXII

А. Ф. БОЛЬШАКОВ

ВОДНЫЙ РЕЖИМ МОЩНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ В ПЕРИОД ЗАСУХИ 1946—1947 гг.*

Центрально-черноземный заповедник, где проводились работы, находится в 20 км к югу от г. Курска и расположен в пределах юго-западной части Среднерусской возвышенности, на водоразделе рр. Сейма и Псла.

Современный рельеф района исследований представлен сглаженными водораздельными увалами, которые рассечены глубоко взрезанными балками. Формирование рельефа в основных его чертах произошло в дочетвертичный период. Ледниковые отложения до некоторой степени снивелировали древний рельеф, придав ему более сглаженные формы.

Поверхностные отложения представлены лёссовидными суглинками. Скважина, заложенная на ровном пространстве водораздела на первом некосимом участке Стрелецкой степи, вскрыла следующие наносы.

0—2.1 (2.2) м — мощный суглинистый слабовыщелоченный чернозем на тяжелом пылеватом лёссовидном суглинке. Содержит карбонаты с 80—90 см. Первоначальный цвет маскируется гумусом. В нижней части цвет можно определить как серовато-темно-палевый. Ограничен от нижележащего горизонта резко.

2.1—7.7 м — легкий пылеватый лёссовидный суглинок палевого цвета. Встречаются пятна оглеения. Вскипание от кислоты бурное сверху, книзу слабеет и исчезает на 260 см. С 260 до 390 см карбонатов не содержит. В этой части цвет суглинка красноватый.** С 390 см до конца (770 см) залегает бурно вскипающий от кислоты суглинок, отличающийся от вышележащего большой белесоватостью. Переход к нижележащему довольно резкий.

7.7—10.5 м — бурый, тяжелый, однородно окрашенный суглинок (или даже глина), значительно более тяжелый, чем верхний. Вскипает от кислоты лишь в верхней части до глубины 8.4 м. В нижней части обогащен рудяковыми зернами. Этот суглинок является водоупорным. Видимо в прошлом, а возможно, во влажные годы и в настоящее время, на его поверхности скапливаются грунтовые воды.

10.5—17.0 м — тяжелый суглинок серо-пепельного цвета с ржавыми пятнами. Вода в скважине установилась на глубине 9.6 м.

Вторая скважина была заложена в степном блюдце на расстоянии 18 м от первой. Она вскрыла те же суглинки, несколько отличающиеся по мощности, цвету и механическому составу, вследствие постоянного избыточного увлажнения. Глубина блюдца 70—80 см, диаметр 18—20 м.

Почва в блюдце — деградированный мощный чернозем. Вскипание от кислоты начинается лишь с глубины 6.5 м. Верхние два члена лёссовидной толщи заметно оглинены. Нижний тяжелый суглинок, начинающийся с

* Из работ Почвенной станции Почвенного института Академии Наук СССР и Центрально-черноземного государственного заповедника.

** В скважине, заложенной в 1948 г. на том же элементе рельефа, в этой толще суглинков перерыва вскипания от кислоты не было.

глубины 7.1 м, вскипает от кислоты до глубины 7.6 м. На глубине 9.2 м встречаются мелкие конкреции карбонатов, а сам суглинок от кислоты не вскипает. С 9.3 м начинается усиливающееся книзу оглеение.

Разрез № 41, заложенный в лесу «Дубрашина», на верхней части склона глубокого лога, показал, что там с поверхности залегает тот же тяжелый лёссовидный суглинок, той же мощности (2.1—2.2 м). Подстилается он так же, как и на водоразделе, более легким по механическому составу суглинком, мощностью в 2.5—2.6 м, т. е. до глубины 4.7 м. Ниже залегает сильно опесчаненный легкий суглинок, переходящий в песок красного цвета. Мощность последнего нами не установлена.* Оба верхних суглинка сильно вскипают от кислоты на всю глубину.

Согласно исследованиям З. Барановский и Н. Дик (1934), обнаруженные на склонах к логам пески относятся к третичным отложениям. Мощность отложений песка по их исследованиям доходит до 60 м, но во многих местах значительная часть их смыта.

Сопоставление наших данных по скважинам на водоразделе и по шурфу на склоне к логу дает возможность предполагать, что сильное развитие эрозии имело место и в четвертичное время. Нижний лёссовидный суглинок (легкого механического состава) на склонах к балкам в значительной части смыт. В настоящее время на водоразделе мощность толщи легкого суглинка равна 5.6 м, а на верхней части склонов она достигает всего лишь 2.5 м. Только верхний тяжелый лёссовидный суглинок в обеих точках имеет одинаковую мощность. Это позволяет предполагать, что после их отложения процессы смыва активно не проявлялись, а балки были законсервированы, оживая лишь местами в результате деятельности человека.

Водораздельные пространства целинных степей имеют хорошо выраженный микрорельеф, слагающийся из элементов — степных блюдец и повышенных участков. Последние в свою очередь характеризуются более мелким микрорельефом, который мы условимся называть вторичным.

Замкнутые степные блюдца глубиной до 1 м с диаметром в 20—30 м часто расположены цепочками. Происхождение этих блюдец различными исследователями объясняется по-разному. Заложенные нами пока еще единичные глубокие скважины на дне блюдец и по соседству на ровных поверхностях показали, что тяжелый водоупорный суглинок, залегающий в блюдце на глубине 7.1 м, а на повышении на 7.7—7.8 м, имеет горизонтальную верхнюю поверхность. Углубление блюдца повторяется лишь верхней поверхностью отложений легкого лёссовидного суглинка, которая находится под блюдцем на глубине 2.4 м, а под повышенными участками на глубине 2.1 м.

Верхний, более тяжелый суглинок под блюдцем имеет бо́льшую мощность, чем под соседними участками, видимо за счет намыва в блюдце почвы с окружающего пространства.

По этим данным можно предполагать, что степные блюдца образовались вследствие суффозии, охватывающей оба члена лёссовидной толщи. Произошел вынос растворимых в воде солей, главным образом карбонатов, и оседание грунтовой толщи. Все это имело место в условиях преобладания нисходящего тока воды. На поверхности нижнего тяжелого суглинка, являющегося водоупорным, скопляется грунтовая вода, которая стекает по уклону его поверхности. Образование цепочек степных блюдец, видимо, и происходит по направлению этого потока. Очагом образования

* В скважине 1948 г., примерно в 200 м от скважины, описанной до глубины 17 м, песок не обнаружен. На этой глубине залегали тяжелые темнобурые суглинки.

степного блюдца могло быть какое-либо незначительное углубление на поверхности суглинка, трещина в нем и т. п.

В блюдца в период снеготаяния стекает вода, и в некоторые годы они заполняются до краев, причем избыток воды стекает по направлению к балкам (логам). В 1947 г. вода в блюдцах держалась в течение 7—10 дней.

Второй элемент микрорельефа — повышенные участки занимают большую площадь водораздельных пространств. Они не являются вполне ровными, а имеют, как мы уже указывали, хорошо выраженный вторичный микрорельеф, представляющий очень сложную систему мелких понижений, протоков и повышений, с разностью относительных высот до 20—30, редко до 50 см. Протоки имеют причудливую форму и общий уклон к блюдцам или непосредственно к балкам.

Образование такого микрорельефа является, вероятно, результатом деятельности большого числа землероев, обитавших здесь в прошлом и живущих в настоящее время.

Вторичный микрорельеф перераспределяет влагу, попадающую на поверхность степи при снеготаянии и при выпадении дождей. Поэтому естественно, что микрорельеф влияет и на распределение растений и на пестроту почвенного покрова.

Водораздельные территории покрыты разнотравно-злаковой растительностью со значительным преобладанием разнотравья. Правда, в 1947 г., оказавшемся вторым подряд засушливым годом, характер растительности в степи заметно изменился вследствие усиленного развития злаков, особенно ковыля, чего, по рассказам местных жителей, не наблюдалось на протяжении последних 3—4 десятилетий.

Имеющиеся на территории Заповедника дубовые леса, в том числе и Дубрашина, где велись наши наблюдения, приурочены к склонам логов и лишь местами выходят на водоразделы. Леса состоят преимущественно из дуба, со вторым ярусом из яблони и груши и с подлеском из бересклета, терна и вишни. В травяном покрове преобладают сныть, некоторые злаки, иногда папоротники и другие травы.

Лучшие лесные участки хищнически вырублены немецкими оккупантами. В настоящее время остались лишь участки молодого леса 25—35-летнего возраста. На большей части вырубок происходит порослевое возобновление.

Сохранившийся лес, судя по характеру и расположению стволов, в большинстве случаев является также порослевым. Семенное возобновление выражено крайне слабо.*

Почвы Заповедника представлены мощными тяжелосуглинистыми черноземами различной степени выщелоченности. Больших различий между почвами степных и лесных участков нет. В верхних горизонтах черноземов под лесом лучше выражена зернисто-комковатая структура, тогда как в почвах под степной растительностью она выражена слабее. По этому признаку, а также и по общему характеру гумусового горизонта степные черноземы напоминают луговые почвы.

В отношении глубины верхней границы карбонатного горизонта почвы под степной растительностью и под лесом больших различий не имеют.

Наблюдения над водным режимом ведутся на целинной степи на верхней части водораздела, покрытой слабовыщелоченными мощными черноземами, — в лесу Дубрашина и на поляне в том же лесу. Последние две

* Растительность Центрально-черноземного заповедника описана проф. В. В. Алехиным и его сотрудниками (1940).

точки расположены в верхней части пологого склона к логу и имеют тот же характер почвенного покрова, как и почвы степи.

Прежде чем перейти к ознакомлению с водным режимом почв, остановимся на рассмотрении их физических свойств и обратимся для этого к табл. 1.

Таблица 1

Физические свойства мощных черноземов

Глубина (см)	Степь				Лес			
	Объемный вес	Наименьшая влагоемкость	Влажность завядания	Максим. гигроскопичность	Объемный вес	Наименьшая влагоемкость	Влажность завядания	Максим. гигроскопичность
0—5	0.97	54.3	14.2	10.6	1.04	54.0	15.9	11.4
5—10		41.4				36.0		
10—20	1.16	35.5	13.1	9.8	1.16	27.1	14.2	10.0
20—30	1.11	32.6	11.6	9.3	1.26	25.7	13.4	10.0
30—40	1.18	31.4	12.2	9.3	1.24	26.0	14.0	9.5
40—50	1.16	29.5	12.3	9.2	1.30	25.9	12.7	9.8
50—60	1.21	29.3	11.7	8.9	1.28	25.9	13.4	9.0
60—70	1.21	27.7	11.1	7.9	1.24	25.7	12.1	8.6
70—80	1.24	26.3	10.7	8.0	1.25	25.1	12.3	8.6
80—90	1.22	26.0	10.2	7.9	1.31	25.8	12.1	8.5
90—100	1.25	25.6	10.4	7.5	1.26	25.8	12.3	8.6
100—110	1.26	25.6	9.5	7.4	1.23	25.1	10.0	8.3
110—120	1.26	23.9	—	8.3	1.26	24.9	10.5	—
120—130	1.26	23.3	9.6	8.8	1.28	23.6	10.5	8.7
130—140	1.37	22.1	10.7	9.4	1.33	23.0	10.1	8.5
140—150	1.46	22.5	9.4	9.1	1.37	21.3	8.2	6.7
150—160	1.53	20.3	9.2	7.7	1.55	21.3	7.3	5.5
160—170	1.54	19.9	6.3	5.1	1.56	18.2	6.3	5.1
170—180	1.56	16.1	5.0	—	1.60	16.5	6.4	4.7
180—190	1.67	15.3	5.2	—	1.58	16.9	6.4	4.7
190—200	1.65	15.5	4.3	—	1.61	17.1	5.7	5.0
200—210	1.64	15.3	4.9	—	1.62	17.5	5.8	4.9
210—220	1.66	14.5	—	—	—	18.6	5.8	5.3
220—230	—	18.1	—	—	—	17.9	6.4	5.0
230—240	—	17.0	—	—	—	19.0	7.6	5.4
240—250	—	16.9	—	—	—	19.8	—	—
250—260	—	17.0	—	—	—	21.4	—	—
260—270	—	17.3	—	—	—	22.0	—	—
270—280	—	18.1	—	—	—	22.8	—	—

Примечание. Влажность завядания и максимальную гигроскопичность определили В. В. Герцык и А. Г. Кременецкая.

Объемный вес почвы определялся буром Качинского. Определение наименьшей влагоемкости проводилось способом залива площадок со снятием толщи, промоченной до наименьшей влагоемкости, и последующим заливом нижележащих горизонтов. Влажность завядания определялась посредством наблюдения за проростками яровой пшеницы. Пшеница проращивалась в обычных алюминиевых стаканчиках. Максимальная гигроскопичность почв определялась по методу Николаева над насыщенным раствором сернокислого калия.

Величины объемного веса подчеркивают различия в механическом составе верхнего и нижнего слоев лёссовидного суглинка, сменяющих

друг друга на глубине 190—210 см. Эти различия в отложениях сказываются и на величинах наименьшей влагоемкости, влажности завядания и максимальной гигроскопичности. Изменение определяемых констант с глубиной связано с изменением содержания количества гумуса в почве и с уменьшением количества живых корней растений.

Мы не останавливаемся подробно на различиях физических свойств между почвами леса и степи, а также на соотношениях этих свойств между собой, так как все это достаточно отчетливо отражено непосредственно в таблице. Остановимся лишь на причинах возрастания величины наименьшей влагоемкости в почве под лесом с глубины 350—360 см. Это увеличение вызвано тем, что в этом месте под лесом на глубине 4.7—4.8 м лёссовидный суглинок сменяется песчаными отложениями. Благодаря этому над границей раздела накапливается капиллярно-подвешенная влага, содержание которой может превышать величину наименьшей влагоемкости лёссовидного суглинка.

Аналогичное увеличение влажности на этой глубине наблюдается под лесом и в естественных условиях (табл. 2).

Перейдем теперь к рассмотрению влажности в глубоких скважинах и обратимся к табл. 2.

Скв. 3 заложена на степном блюдце. Гидрологическое значение блюдец было выяснено еще Г. Н. Высоцким. Он установил, что через блюдца происходит питание грунтовых вод влагой атмосферных осадков. Нами отмечалось, что при снеготаянии в блюдца стекает вода и в некоторые годы они бывают заполнены водой. Величины влажности, приведенные в таблице, относятся к 3/IX 1947 г. Они говорят о том, что большая часть толщи лёссовидных суглинков увлажнена до величины, превышающей наименьшую влагоемкость. Однако последняя была определена не для почвы блюдца, а для почвы повышенного участка. Поскольку же лёссовидная толща под блюдцем оглинена, постольку можно думать, что ее наименьшая влагоемкость выше, чем на повышенных участках, и оставшаяся влажность лёссовидной толщи под блюдцем как раз и характеризует собою наименьшую влагоемкость этой толщи. Исключение составляют верхние почвенные слои, увлажненные только с поверхности прошедшими дождями, и нижняя часть толщи (примерно шестой метр от поверхности). Из образцов нижнего слоя легкого суглинка сочилась вода, что говорит о насыщении их до полной водовместимости. Верхняя часть нижележащего тяжелого суглинка до глубины 8.5 м была также переувлажнена. Глубже влажность тяжелого суглинка заметно уменьшалась, т. е. этот суглинок, являясь водоупорным, сильно увлажнен лишь в верхней части. В скважине собралась вода, уровень которой установился на глубине 9.15 м от поверхности.

Высокая увлажненность верхних слоев почвы в скв. 3 объясняется, как мы уже говорили, дождями, выпавшими перед бурением. В летнее время верхние гумусовые горизонты иссушаются, хотя и далеко не до того состояния, которое наблюдается на повышенных участках.

Совершенно иной профиль влажности мы находим под мощным черноземом повышенного участка (скв. 1 и 2).

Скв. 1 заложена 27/VIII 1946 г. на слабом вдавлении повышенного участка. Скв. 2 заложена через год—4/IX 1947 г. в тех же условиях. При сравнении этих двух скважин больших различий между ними не наблюдалось. Заметна разница в увлажнении лишь самых верхних почвенных горизонтов (до глубины 30 см), что объясняется осадками, выпавшими перед бурением скв. 2.

Профиль влажности в скв. 1 и 2 сильно отличался от такового под блюдцем. При первом взгляде на распределение влаги по профилю

Таблица 2

Влажность почв в глубоких скважинах в степи, на пашне и в лесу
(в % от веса сухой почвы)

Глубина (см)	Степь			Пашня (озимая рожь)	Лес		Глубина (см)	Степь			Пашня (озимая рожь)
	Повышенный участок		Блюдце					Повышенный участок		Блюдце	
	Скв. 1 27/VIII 1946	Скв. 2 4/IX 1947	Скв. 3 3/IX 1947	10/X 1946	12/VII 1946	31/VIII 1946		Скв. 1 27/VIII 1946	Скв. 2 4/IX 1947	Скв. 3 3/IX 1947	10/X 1946
0—5	17.5	—	38.5	33.5	45.1	37.7	500—510	16.2	18.4	21.1	22.6
5—10	16.7	32.4	38.6	31.9	26.9	27.8	510—520	16.1	16.6	21.4	18.9
10—20	14.6	29.2	36.9	27.7	20.2	22.3	520—530	17.2	17.3	21.5	23.3
20—30	13.9	25.4	24.9	21.5	18.6	17.6	530—540	17.5	17.2	19.9	23.6
30—40	13.7	14.0	18.3	20.9	19.5	17.0	540—550	17.8	17.3	23.3	23.4
40—50	13.3	13.3	20.4	19.2	17.8	15.5	550—560	18.1	17.9	23.7	23.6
50—60	13.9	14.1	19.4	—	17.0	14.6	560—570	18.3	16.7	—	23.3
60—70	14.5	14.2	22.6	20.5	15.6	14.4	570—580	20.5	19.3	26.8	23.0
70—80	14.7	15.3	20.1	21.3	15.9	14.1	580—590	19.5	19.9	24.6	22.8
80—90	14.6	15.5	21.4	22.5	—	14.6	590—600	19.6	19.4	27.4	23.3
90—100	14.9	16.4	22.4	22.2	18.0	15.4	600—610	20.0	19.5	27.1	23.3
100—110	13.7	17.3	23.2	21.6	16.8	15.3	610—620	21.8	19.6	25.8	23.3
110—120	14.1	17.2	23.8	21.4	17.4	15.4	620—630	21.4	22.0	26.2	23.6
120—130	15.6	16.6	22.7	22.5	17.8	15.4	630—640	21.6	20.9	27.4	23.4
130—140	15.7	16.3	24.6	20.9	18.4	14.6	640—650	23.3	20.4	24.0	22.4
140—150	17.4	17.3	25.6	20.6	18.2	15.4	650—660	22.5	21.1	26.1	21.3
150—160	18.9	17.6	25.4	20.6	18.9	15.8	660—670	20.9	23.9	28.2	20.2
160—170	18.8	18.5	26.0	20.3	20.0	16.4	670—680	20.7	23.4	29.4	20.1
170—180	18.7	17.8	26.0	21.0	19.8	16.5	680—690	23.6	23.8	29.3	20.8
180—190	18.8	18.4	27.5	20.6	20.4	15.1	690—700	23.0	24.8	27.3	—
190—200	17.2	18.0	26.4	19.9	17.8	12.5	700—710	23.8	24.4	27.9	—
200—210	13.8	16.7	27.1	18.0	16.5	11.3	710—720	25.6	24.3	27.6	—
210—220	11.9	14.6	24.6	16.1	15.2	10.7	720—730	24.2	25.7	27.1	—
220—230	11.4	15.4	23.4	15.1	15.2	11.0	730—740	23.9	25.4	27.8	—
230—240	11.9	13.1	22.1	15.1	—	10.2	740—750	24.3	25.4	27.3	—
240—250	11.5	13.0	21.5	14.6	14.5	9.9	750—760	24.6	24.5	27.0	—
250—260	11.3	13.4	21.5	14.4	14.3	10.2	760—770	23.9	26.4	27.0	—
260—270	10.9	12.2	22.0	14.6	13.6	11.0	770—780	24.0	26.3	22.9	—
270—280	11.5	8.9	22.0	15.0	15.2	11.3	780—790	—	26.0	26.4	—
280—290	11.8	9.5	21.8	15.2	15.6	11.2	790—800	—	24.7	25.6	—
290—300	12.5	9.4	21.8	14.1	15.8	12.3	800—810	—	25.2	25.7	—
300—310	12.4	11.7	22.4	15.4	14.9	12.0	810—820	—	25.2	—	—
310—320	12.0	8.4	23.0	14.9	15.6	13.2	820—830	—	25.5	24.7	—
320—330	12.6	11.7	23.3	15.7	16.2	12.5	830—840	—	24.8	25.4	—
330—340	14.3	11.6	22.6	15.8	16.8	12.2	840—850	—	25.6	27.6	—
340—350	13.2	12.2	22.6	16.0	17.4	13.3	850—860	—	25.2	23.3	—
350—360	13.1	12.4	22.7	18.4	16.5	—	860—870	—	23.2	23.5	—
360—370	12.8	12.0	18.6	18.2	17.3	—	870—880	—	22.2	23.8	—
370—380	14.4	11.9	22.2	16.6	20.0	—	880—890	—	22.1	23.4	—
380—390	13.9	13.8	23.2	17.7	19.4	—	890—900	—	21.4	23.0	—
390—400	13.4	13.6	22.9	18.5	21.1	—	900—910	—	21.1	—	—
400—410	14.4	14.0	21.5	18.7	22.3	—	910—920	—	22.4	Вода	—
410—420	15.2	13.9	23.0	22.2	22.7	—	920—930	—	22.8	23.0	—
420—430	14.5	14.9	22.4	23.2	22.5	—	930—940	—	21.6	21.6	—
430—440	15.4	13.9	21.7	21.1	23.1	—	940—950	—	21.5	21.7	—
440—450	15.9	14.9	21.8	20.8	23.7	—	950—960	—	21.4	21.4	—
450—460	17.1	14.9	21.4	20.7	—	—	960—970	—	21.5	22.2	—
460—470	16.3	16.4	19.6	21.8	—	—	970—980	—	21.7	21.4	—
470—480	16.2	15.5	20.9	22.6	—	—	980—990	—	22.1	23.0	—
480—490	16.3	16.5	22.5	24.4	—	—	990—1000	—	21.7	21.4	—
490—500	16.3	15.1	21.5	22.6	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 3

Наименьшая влагоемкость и влажность почв в разные сроки. Целинная степь

Глубина (см)	Наименьшая влагоемкость в % от веса сух. почвы	Влажность 11|IX 1946		Влажность 6|XII 1946		Влажность 1|IV 1947		Влажность 1|VII 1947	
		в % от веса сух. почвы	в % от наименьшей влагоемкости	в % от веса сух. почвы	в % от наименьшей влагоемкости	в % от веса сух. почвы	в % от наименьшей влагоемкости	в % от веса сух. почвы	в % от наименьшей влагоемкости
0—5	54.3	21.1	39	141.0	259	54.3	100	17.2	32
5—10	41.4	19.7	48	41.4	100	41.4	100	15.2	37
10—20	35.5	15.9	48	29.4	83	36.8	104	14.5	41
20—30	32.6	14.1	43	26.9	82	29.6	91	14.8	45
30—40	31.4	14.0	44	18.9	60	27.3	87	15.1	48
40—50	29.5	13.6	46	14.1	48	19.7	67	14.1	48
50—60	29.3	14.0	48	14.2	48	16.3	56	14.6	50
60—70	27.7	13.7	49	14.3	52	16.0	58	14.4	52
70—80	26.3	13.8	52	13.8	52	16.2	62	15.1	57
80—90	26.0	14.1	54	14.5	56	15.1	58	15.4	59
90—100	25.6	14.4	56	14.7	57	15.1	59	15.8	62
100—110	25.6	14.9	58	15.1	59	15.8	62	15.9	62
110—120	25.8	15.4	60	15.0	58	16.0	66	15.6	60
120—130	23.9	15.7	66	15.1	63	16.0	67	15.0	63
130—140	23.4	16.1	69	15.8	68	16.4	70	15.0	64
140—150	23.3	16.0	69	16.0	69	16.0	69	14.6	63
150—160	23.4	15.4	66	15.5	66	16.8	72	15.3	65
160—170	22.1	15.4	70	15.5	70	17.2	78	16.4	74
170—180	22.7	15.7	69	15.4	68	17.5	77	16.0	70
180—190	22.5	15.5	69	15.6	69	17.8	79	15.9	71
190—200	20.0	15.6	78	14.4	72	17.7	88	14.7	74
200—210	20.3	15.3	75	15.0	74	17.4	86	—	—
210—220	20.4	15.4	75	13.2	65	14.9	73	14.9	73
220—230	19.9	13.9	70	13.2	66	12.8	64	13.2	66
230—240	17.7	12.4	70	11.9	67	12.5	71	11.6	66
240—250	16.1	11.4	71	12.4	77	12.2	76	11.3	70
250—260	15.9	12.1	76	12.0	75	11.5	72	12.1	76
260—270	15.3	11.1	73	12.4	81	11.4	74	10.9	71
270—280	16.0	11.8	74	11.1	69	12.3	77	11.1	69
280—290	15.5	11.8	77	10.7	69	12.3	79	11.4	74
290—300	16.2	11.6	72	10.8	67	12.5	77	10.5	65

создавалось впечатление, что на глубине ниже 2 м имеется пересушенный горизонт, присущий степным почвам, — «мертвый горизонт», по Г. Н. Высоцкому. Но это представление совершенно меняется при учете различий в механическом составе. Мы уже указывали, что с глубины 1.9—2.1 м залегает более легкий суглинок, что подтверждается и механическим составом, приведенным в работе Е. А. Афанасьевой (1947, стр. 135, табл. 1). Выражение влажности почвы в процентах от величины наименьшей влагоемкости (табл. 3) показывает, что влажность как верхнего, так и нижнего суглинка относится к одной и той же категории. Уменьшение абсолютных количеств влаги, выраженных в процентах от веса сухой почвы, с глубины 2 м объясняется лишь изменением свойств породы. Правда, в самой нижней части тяжелого суглинка наблюдалась несколько более высокая влажность, что можно объяснить резким переходом от более тяжелого суглинка к более легкому. Над границей, видимо, накапливалось некоторое количество влаги в капиллярно-подвешенном состоянии. Наблюдалось

постепенное увеличение влажности и в нижних 2 м легкого суглинка. Тяжелый суглинок (водоупорный) в этом случае промочен на несколько меньшую глубину, чем под степным блюдцем.

К какой же категории влажности можно отнести влагу, имеющуюся в почвах и грунтах на всю глубину до водоупора? Приведенные в табл. 1 данные определения наименьшей влагоемкости показывают, что ко времени взятия образцов в скв. 2 в верхней части почвенного профиля (до 30 см от поверхности) влажность близка к величине наименьшей влагоемкости (вследствие выпадавших дождей).

В верхних горизонтах почвы до 120 см в скв. 1 и до 70 см в скв. 2 влажность мало превышает величину влажности завядания. Закончившая вегетацию степная растительность использовала почти полностью усвояемую влагу этих горизонтов. В скв. 2 в толще 0—30 см влажность увеличилась от осенних дождей. Начиная с глубины 120 см в скв. 1 и 70 см в скв. 2, влажность возрастала. Здесь ее величина значительно превышала влажность завядания, но была ниже величины наименьшей влагоемкости. В этой толще до глубины 5.5 м почва содержит довольно большие количества усвояемой влаги. Глубже 5.5 м содержание влаги возрастало, приближаясь к величине наименьшей влагоемкости, а ниже в толще, непосредственно над тяжелым суглинком, значительно превышало ее.

Таким образом, по профилю влажности толща мощного чернозема целинной степи в период засухи может быть подразделена на следующие зоны.

Первая зона охватывает основную часть корнеобитаемого слоя. Эта зона включает не только весь гумусовый горизонт, но заходит глубже, достигая 1—1.5 м от поверхности. Ее влажность несколько превышает влажность завядания, т. е. в ней содержится некоторое количество усвояемой влаги. Самая верхняя часть этой зоны даже в засушливые годы периодически бывает увлажнена до величины наименьшей влагоемкости (после снеготаяния или выпадения дождей, см. табл. 4), но глубина, до которой доходит такое увлажнение, может быть весьма различной. Вместе с тем эта часть зоны может иссушаться сильнее, чем остальная часть последней, до величины влажности завядания и даже ниже. Нами за весь период наблюдений такое состояние было зарегистрировано дважды (табл. 4).

Таблица 4

Минимальное количество влаги в верхнем горизонте почвы (в % на сухой вес)

Дата наблюдений	Глубина (см)					
	0—5	5—10	10—20	20—30	30—40	40—50
21/VIII 1946	13.3	13.9	14.1	14.0	13.8	14.2
10/VII 1947	15.2	13.5	13.2	13.5	13.8	13.3
Влажность завядания	14.2		13.1	11.8	12.2	12.3

Интересно отметить, что как раз с периодами такого иссушения совпадает полное пожелтение степи и прекращение жизнедеятельности большинства растений. Этот факт становится понятным, если мы учтем, что, по данным Е. А. Афанасьевой (1947, стр. 196, табл. 44), 81% всех корней, находящихся в 2-метровой толще, содержится в слое 0—20 см.

Вторая зона, мощностью до 5,5 м, характеризуется влажностью, не достигающей величины наименьшей влагоемкости, но значительно превышающей величину влажности завядания. Часть влаги здесь находится в капиллярной форме, но она не передвигается вверх, вероятно, вследствие того, что «сосущая сила» верхних испаряющих влагу слоев почвы недостаточна. Находящаяся на такой глубине влага для большинства степных растений недоступна. В пределах этой зоны в нижних слоях верхнего (тяжелого) лёссовидного суглинка влажность иногда приближается к величине наименьшей влагоемкости и значительно превышает влажность остальной части зоны (фиг. 1).



Фиг. 1. Стрелецкая степь в 1947 г. Фото А. А. Роде.

Третья зона, доходящая до водоупорного суглинка, характеризуется увлажнением до величины наименьшей влагоемкости, а в нижней части даже выше последней. Мощность ее равна 2.3—2.5 м. Влага этой зоны способна к передвижению под совокупным влиянием капиллярных сил и силы тяжести.

Скважина на пашне заложена на том же водоразделе, на расстоянии 150—200 м от скв. 1 и 2 на целинной степи. Во время бурения поле было занято всходами озимой ржи, посеянной по пару.

Сравнивая профили влажности пахотной почвы и степной почвы, можно констатировать, во-первых, что нахождение под паром повлекло за собой накопление влаги в верхних горизонтах почвы, хотя пар и не был вполне чистым. Во-вторых, во всей почвенно-грунтовой толще под пашней наблюдается повышенное содержание влаги по сравнению с почвами целинной степи.

Так как скважины заложены в одинаковых условиях рельефа, а почвы, почвообразующие и подстилающие породы являются идентичными как в степи, так и на пашне, то можно утверждать, что влага атмосферных осадков, поступающая в пахотную почву, расходуется в меньших размерах, чем влага, поступившая в почву целинной степи. Поэтому в нижних горизонтах пахотной почвы наблюдается накопление влаги и мощность третьей зоны влажности увеличивается. Иначе говоря, пахотные почвы обладают положительным балансом влаги, что отмечалось некоторыми исследователями и ранее (В. Г. Ротмистров, 1911, А. А. Роде, 1947).

Для леса мы приводим два определения: 12/VII 1946 г.— среднее из трех скважин на всю толщу лёссовидных суглинков, и 31/VIII 1946 г.— среднее из пяти скважин. Определения произведены на верхней части пологого склона к балке под дубовым лесом в возрасте 30—35 лет, с подлеском из бересклета, боярышника, рябины и терна, с травяным покровом из спыти и злаков. Лес порослевого возобновления. Почва — тот же мощный тяжелосуглинистый слабовыщелоченный чернозем.

Из сопоставления величин влажности, относящихся к этим двум срокам, видно, что иссушение в лесу происходит на всю глубину почвенного профиля. В почве под лесом, в отличие от почвы целинной степи, влажность верхней части почвенного профиля летом значительно выше, а в нижней части, до глубины 3 м, значительно ниже, чем под степной растительностью. Это явление было отмечено еще Г. Н. Высоцким (1904). Профиль влажности мощного чернозема под лесом для периода засухи можно разделить на две зоны: 1) верхняя более увлажненная зона и 2) нижняя зона иссушения.

Верхняя увлажненная зона охватывает гумусовый горизонт до глубины 60—100 см. Количество влаги в этой зоне пополняется за счет выпадающих атмосферных осадков. Ее влажность всегда выше влажности нижележащей зоны и первой зоны почв целинной степи. В засушливый период они ниже величины наименьшей влагоемкости, но значительно выше влажности завядания.

Вторая зона иссушения охватывает почвенную толщу до глубины 2.9—3.0 м. Оставшаяся влага в этой зоне относится к остаточно капиллярной влажности, т. е. к категории неподвижной влаги. Как видно из сравнения с данными наименьшей влагоемкости и влажности завядания (табл. 1), она занимает среднее положение между этими константами влажности, являясь сама константной величиной, имеющей очень существенное значение.

Бросается в глаза изменение ее влажности с глубиной (около 15% до глубины 2 м и 10—11% на глубине 2—3 м). Такие различия подразделяют ее на две подзоны, соответствующие двум слоям лёссовидного суглинка. Они разделены друг от друга слоем с более высокой влажностью, в котором, как мы отмечали выше, накапливается некоторый избыток капиллярно-подвешенной влаги над границей раздела между тяжелым лёссовидным суглинком и легким.

С глубины 2.9—3.0 м влажность начинает увеличиваться, доходя до 13—14%. С этой глубины, видимо, начинается зона, содержащая капиллярно-подвешенную влагу и располагающуюся непосредственно над подстилающими песчаными отложениями. За отсутствием достаточных наблюдений над влажностью на этих глубинах мы воздержались от выделения этой зоны, хотя величины влажности, относящиеся к 12/VII (табл. 2), отчетливо указывают на ее существование. Влажность этой зоны превышает величину наименьшей влагоемкости. Лесная растительность, видимо, черпает влагу из этой зоны, но довольно большие количества усвояемой влаги остаются в ней до самой осени.

Режим влажности почв. Наблюдения за влажностью почв велись на двух площадках целинной степи (косимой и некосимой), расположенных на ровной водораздельной поверхности, в лесу и на лесной

поляне. Они были начаты в июле 1946 г. Большую часть года определения влажности производились ежедекадно и только в зимнее время (под снегом) один раз в месяц. Повторность взятия проб принята пятикратная до 1.5 м от поверхности, трехкратная с 1.5 до 3 м и однократная от 3 до 3.5 м. Здесь мы ограничимся рассмотрением результатов наблюдений на двух площадках — на некосимой степи и в лесу.

1946 г. был засушливым, на протяжении всего лета не было ни одного дождя, вызвавшего хоть сколько-нибудь заметное пополнение запаса влаги в почве. Десукция и испарение происходили исключительно за счет запаса влаги, имевшегося в почве. В этом году в Курской области, как и в ряде южных областей СССР, урожай был низким. Период вегетации степной растительности был укороченный, вследствие чего нормальная смена растительных аспектов была нарушена и одни аспекты перекрывались другими. Степь рано пожелтела и дала пониженный укос сена.

Под снег почвы пошли с очень малым запасом влаги. Снеготаяние, как увидим ниже, дало лишь незначительное увеличение этого запаса, и только дожди, выпавшие в конце апреля и начале мая (табл. 5), несколько увеличили его и обеспечили, хотя и невысокий, урожай зерновых культур.

1947 г. был также засушливым, хотя и не столь сильно, как предыдущий. Растительность степи и в 1947 г. имела угнетенный вид; как и в 1946 г., рано закончила вегетацию. Мы уже отмечали, что в ее составе в 1947 г. наблюдалось значительное увеличение количества злаков, особенно ковылей, по сравнению с предыдущими годами. Благодаря этому степь имела более южный вид.

С января 1947 г. возобновила, прерванные в годы войны, наблюдения метеорологическая станция при Заповеднике. Данные осадков за 1947 г. приводятся в табл. 5. Количество выпавших осадков за год равно 470 мм при 591 мм, по многолетним данным для гор. Курска. При этом большая часть осадков в 1947 г. (318 мм) относится ко второй половине года, начиная с июля.

Таблица 5

Осадки за 1947 г. (в мм). по данным наблюдений метстанции Центрально-черноземного заповедника

Декады	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
I	0.6	2.3	14.9	16.8	21.2	0.8	1.0	14.2	12.1	4.1	7.1	14.5	109.6
II	2.3	7.0	4.4	6.6	2.0	22.5	37.9	34.2	21.1	2.2	39.2	41.0	220.4
III	2.0	4.4	1.2	24.0	4.2	14.5	10.1	41.9	15.6	9.1	2.3	10.8	140.1
Месяц	4.9	13.7	20.5	47.4	27.4	37.8	49.0	90.3	48.8	15.4	48.6	66.3	470.1

Средние месячные суммы осадков (в мм) по многолетним данным, гор. Курск *

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Осадки .	38.5	29.9	33.0	41.9	55.2	74.9	77.7	58.3	42.2	47.9	44.6	47.3	591.4

* Н. Н. Каден. Очерк растительности Казацкой степи. Тр. Центр.-черноз. гос. запов. в. 1, М., 1940.

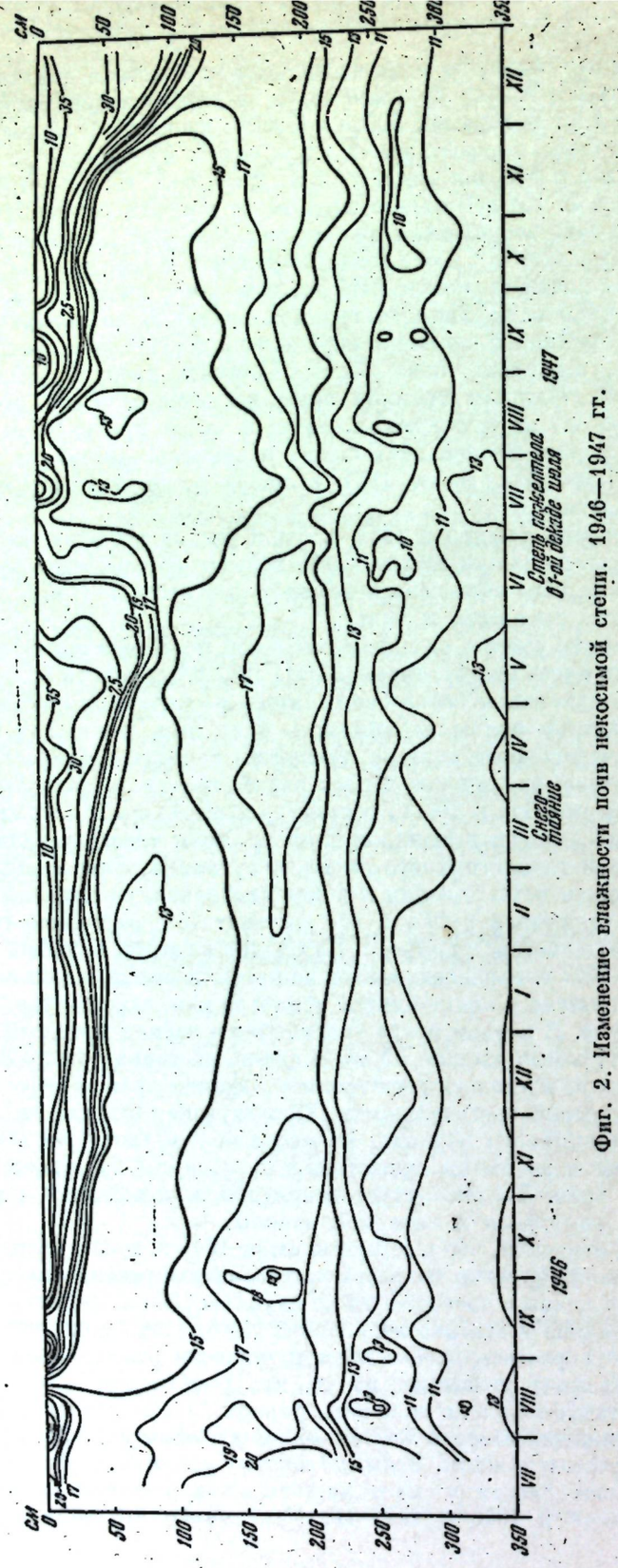
Изменение влажности почв во времени изображено в форме гидроизоплет на фиг. 2 и 3. Для большей части почвенной толщи изоплеты проведены через 1%. В верхних 50 см провести изоплеты с таким интервалом технически было невозможно, и мы провели их через 5%.

Изменение влажности почвы в степи представлено на фиг. 2. На небольшой глубине от поверхности изоплетой в 15% оконтурена зона иссушения с влажностью, близкой к величине влажности завядания (меньше 15%). Эта зона, появившись в середине августа 1946 г., сохранялась почти до конца 1947 г., изменяясь лишь в своей мощности. В августе 1946 г. верхняя ее граница доходила до поверхности. С сентября эта граница постепенно опускалась, достигнув к маю 1947 г. глубины 90 см, а с июня снова резко поднялась кверху, достигнув вновь поверхности. Нижняя граница зоны иссушения, резко опустившись в августе 1946 г., на протяжении осени и зимы практически оставалась на одном уровне. Весной 1947 г. она поднялась, достигнув наивысшего уровня в мае, а к осени 1947 г. вновь резко ушла вглубь до 190 см от поверхности.

Условия снеготаяния в 1947 г. были весьма неблагоприятны. Значительная часть воды при снеготаянии, вследствие глубокого (до 50—60 см) промерзания, была сброшена поверхностным стоком и лишь незначительная ее часть проникла в почву.

Снегомерная съемка на наблюдательной площадке показала, что запас воды в снеге перед снеготаянием (22/III 1947 г.) равнялся 82 мм. Видимое на-глаз промачивание после снеготаяния достигало 40—50 см, но увеличение влажности почвы наблюдалось и глубже, что могло происходить за счет проникновения воды по трещинам и ходам землероев. В верхней метровой толще увеличение запаса влаги, считая по разности между его определениями 5/III и 10/IV, составило всего лишь 21 мм, что равняется 27% от запаса влаги в снежном покрове. Если учесть увеличение запаса влаги во всей толще верхнего тяжелого суглинка, к которому приурочена преобладающая часть трещин и ходов землероев, до глубины 2 м, то оно выразится величиной в 38 мм, что составит 46% от количества воды, содержащейся в снеговом покрове. Как видно из этого, большая часть талых вод весной 1947 г. израсходовалась на поверхностный сток и на испарение. Дожди, выпавшие в конце апреля и начале мая, заметно увеличили запас влаги в почве. В первом метре увеличение в период между наблюдениями 22/IV и 6/V, когда выпало 45 мм осадков, составило около 30 мм влаги. Это пополнение и явилось решающим в создании урожая как естественной, так и культурной растительности. Последующие осадки, выпавшие в течение вегетационного периода, не вызвали заметного увеличения влажности почвы и не имели существенного влияния на урожай зерновых культур и трав. Только августовские дожди отразились положительно на урожае картофеля и сахарной свеклы.

Мы уже отмечали, что в середине июня 1947 г. зона иссушения с влажностью ниже 15% резко возрастала в своей мощности, охватив к началу июля толщу почвы с поверхности до глубины 190 см. В первых же числах июля, буквально в течение нескольких дней, степь пожелтела. Преобладающая часть растительности катастрофически быстро прекратила вегетацию. Этот факт указывает на то, что уменьшение влажности почвы в корнеобитаемом слое до величины равной 15% соответствует прекращению передвижения влаги в жидком виде, что ведет к сокращению периода вегетации растительности. Этим, по нашему мнению, и объясняется нарушение закономерности в смене растительных аспектов целинной степи, наблюдавшееся в 1946 и 1947 гг. Как только эта зона охватила всю



Фиг. 2. Изменение влажности почв некосимой степи. 1946—1947 гг.

верхнюю часть почвенной толщи, а влажность самого верхнего горизонта сравнялась с величиной влажности завядания, началось завядание растительности, что и имело место в Стрелецкой степи в первых числах июля 1947 г.

Во второй половине августа 1947 г. мощность зоны иссушения начала уменьшаться: верхняя и нижняя гидроизоплеты «15%» начали сближаться.

Под зоной иссушения в нижней части тяжелого суглинка и в верхней части легкого в течение всего периода наблюдений имелось некоторое количество подвижной влаги, которое уменьшилось к осени 1947 г. Разница в абсолютных величинах влажности между тяжелыми и легкими суглинками объясняется различием их механического состава. Как видно из данных табл. 3, она относится к одной и той же категории.

Увеличение содержания влаги в нижней части тяжелого суглинка (в слое 150—200 см) в конце марта 1947 г., видимо, связано с образованием временного горизонта капиллярно-подвешенной влаги за счет проникновения воды по ходам землероев и трещинам.

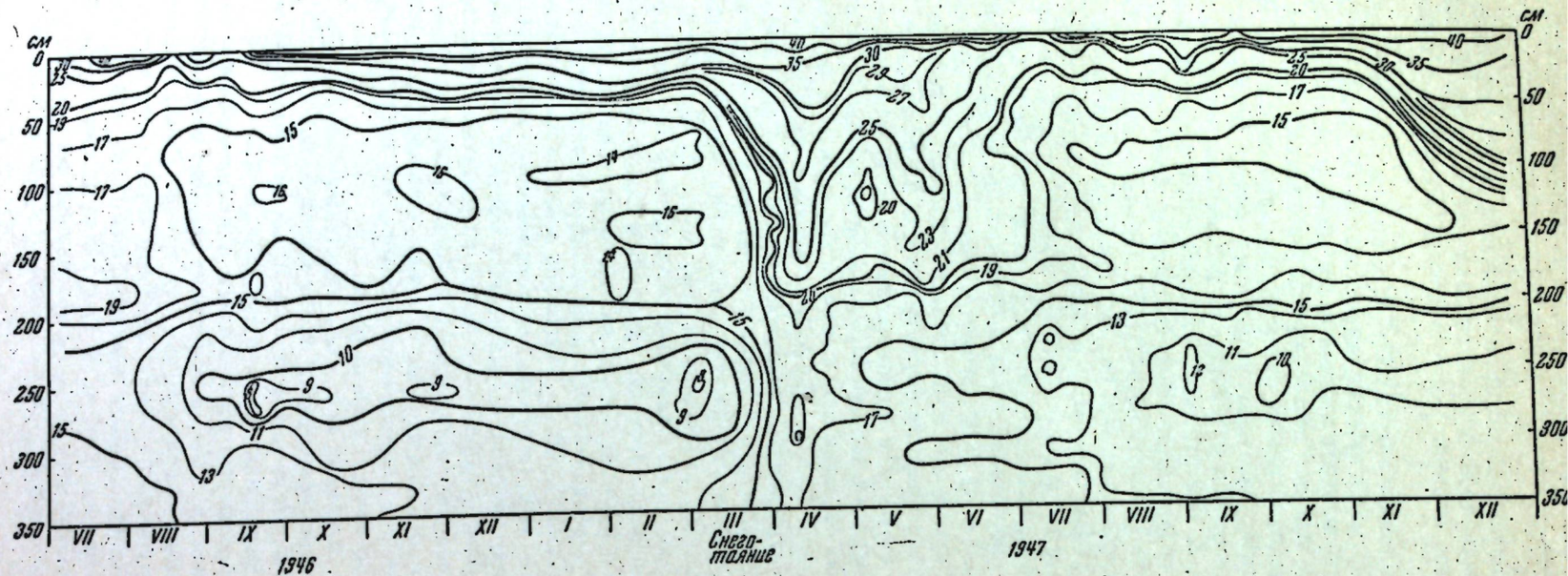
Сезонные изменения влажности почвы в лесу представлены графически на фиг. 3. В почве под лесом так же, как и в почвах степи, наблюдалась зона иссушения, но более мощная, достигающая глубины 2.9 м. В этом случае она распадалась на две подзоны, соответствующие двум слоям лёссовидного суглинка. В верхнем (тяжелом) суглинке подзона иссушения ограничивалась изоплетой в 15% так же, как и в почвах степи, а в подстилающем легком суглинке — изоплетой в 10%. Образовавшись в августе 1946 г., но не приближаясь к поверхности ближе, чем на 50 см, зона иссушения сохранялась до периода снеготаяния — конца марта 1947 г. Переход от верхней подзоны, ограниченной изоплетой в 15%, к нижней, с влажностью ниже 10%, довольно быстрый, так как переход от тяжелых суглинков к легким довольно резко выражен.

После снеготаяния увлажнение всей толщи почвы приближалось к величине наименьшей влагоемкости (см. табл. 6). Бросается в глаза то обстоятельство, что почва получила значительно больше влаги, чем ее содержалось в снеговом покрове. По данным нашей снегомерной съемки, 22/III в снеговом покрове на лесной наблюдательной площадке содержалось 110 мм влаги. Увеличение запаса влаги после снеготаяния в толще до 3.5 м выразилось величиной в 386 мм. Почва под лесом получила дополнительно 280 мм влаги за счет, очевидно, поверхностного и внутрипочвенного стока. В последнем явлении большую роль могли сыграть пески, подстилающие лёссовидный суглинок под лесной площадкой. Кроме того, могло иметь значение меньшее промерзание и более раннее оттаивание почвы в лесу. Вопрос о поглощении лесом влаги, стекающей с вышележащих площадей, требует дополнительного изучения, что и предусмотрено нами в программе дальнейших исследований.

Летом 1947 г. в почвах под лесом такого иссушения, как в 1946 г., не наблюдалось. Зона иссушения, ограниченная изоплетой в 15%, появилась в конце июля, но ее мощность и к осени не превышала 40—50 см. Вторая нижняя подзона иссушения не появилась.

Сопоставим абсолютные запасы влаги и их изменения в почвах под степью и под лесом. В табл. 6 приведены средние месячные количества влаги, выраженные в миллиметрах для каждого полуметрового слоя.

В верхнем полуметре (0—50 см) на протяжении всего периода наблюдения, за исключением зимних месяцев, под лесом влаги содержалось значительно больше, чем в степи. В следующем полуметровом слое почвы (50—100 см) влажность под лесом на протяжении всего периода наблюдения была так же выше, чем в степи. Особенно большие различия



Фиг. 3. Изменение влажности почв в лесу. 1946—1947 гг.

Таблица 6

Изменение запаса влаги в почве под целинной степью и под лесом за 1946 и 1947 гг. (в мм)

Глубина (см)	Время наблюд.	1946 г.						1947 г.												1948 г.	Запас при насыщении до наименьшей влагоемкости
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1	
	Число наблюд.	3	3	3	2	2	1	1	1	1	3	3	2	3	3	3	3	1	1	1	
0—50	Степь	96	88	87	113	147	191	191	158	167	168	161	112	94	90	133	127	137	191	195	195
	Лес	135	120	122	125	149	167	156	188	180	195	180	160	126	142	154	140	150	216	230	176
50—100	Степь	106	97	89	89	88	88	88	90	85	93	117	102	89	85	88	87	89	135	170	165
	Лес	103	97	94	98	95	97	90	92	95	159	152	133	108	101	97	95	96	140	171	163
100—150	Степь	121	113	104	106	104	99	—	93	97	102	102	103	96	95	100	99	98	101	113	156
	Лес	110	100	96	96	95	98	95	97	98	141	140	127	118	103	99	98	95	97	118	154
150—200	Степь	141	134	127	130	125	112	—	118	117	127	127	128	114	117	120	124	128	129	133	165
	Лес	123	109	102	102	95	97	99	96	105	141	135	122	121	115	120	112	112	115	118	152
200—250	Степь	120	109	109	109	104	103	—	108	102	105	114	106	109	103	108	106	114	101	111	149
	Лес	115	96	89	83	85	81	—	90	93	134	124	114	109	94	93	94	98	97	97	146
250—300	Степь	107	97	95	100	94	95	94	100	93	98	95	96	92	92	90	88	89	90	90	127
	Лес	114	101	86	84	86	84	—	84	74	144	127	121	114	93	92	88	88	93	91	136
300—350	Степь	—	103	103	105	100	98	—	96	99	102	102	97	106	104	100	98	—	—	—	127
	Лес	—	115	113	105	106	97	—	92	97	136	117	120	115	106	101	98	—	—	—	136
0—350	Степь	—	741	714	752	762	786	—	763	760	795	818	744	700	686	739	727	—	—	—	1084
	Лес	—	738	702	693	711	721	—	739	742	1050	975	897	811	754	756	724	—	—	—	1063

наблюдались после снеготаяния и летом 1947 г.: это связано с более высоким увлажнением лесных почв при снеготаянии за счет стока с вышележащих площадей.

С глубины 100 см картина резко изменилась. В слое почвы 100—150 см в степи летом и осенью 1946 г. влаги содержалось больше, чем под лесом. В зимнее время запасы влаги выравнялись. После снеготаяния и в течение лета 1947 г. этот слой в лесу содержал воды больше, чем в степи, а к осени запасы вновь выравнялись.

Особенно большие превышения запаса влаги в степи имели место в следующем полуметре (150—200 см) с весны 1946 г. и до снеготаяния в 1947 г. В весеннее время на указанной глубине запас влаги в лесу больше. В течение лета 1947 г. и в этом слое запасы влаги в лесу и степи выравнялись.

Такая же картина, но не столь резко выраженная, наблюдалась в следующих двух полуметровых слоях (200—250 и 250—300 см).

В слое 300—350 см запасы влаги в лесу и в степи очень близки друг к другу и очень мало изменялись во времени, колеблясь около величины, равной 100 мм. Исключением явились весенние месяцы 1947 г., когда в лесу наблюдалось отчетливое увеличение запаса, в то время как в степи он оставался неизменным. Нужно, впрочем, отметить, что повторность определения влажности в этом слое была однократной. Возможно, что бóльшая повторность позволила бы установить некоторые отклонения от этого явления.

Из анализа данных табл. 6 видно, что степная растительность расходует влагу главным образом из верхних горизонтов почвы и особенно из первого полуметра. Древесная и кустарниковая растительность, обладающая глубоко уходящей корневой системой, берет влагу из более глубоких горизонтов. Объективным доказательством этого положения является распределение корней по горизонтам почвы, о котором мы уже упоминали и которое охарактеризовано в работе Е. А. Афанасьевой (1947, стр. 196, табл. 44). Из этих данных мы видим, что в степи в слое 0—20 см сосредоточено 80% от общего количества корней и 70% от количества деятельных корней. В лесу же в этом слое содержится лишь 10% от общего количества и 30% от количества деятельных корней.

Весною и летом 1947 г. (по июль включительно) — в лесу и в более глубоких горизонтах содержится больше воды, чем в степи. Это явление объясняется тем, что почва под лесом при снеготаянии получила влаги значительно больше, чем почва в степи. Как мы уже говорили, в лесу, начиная с апреля, на всю глубину наблюдения (3.5 м) в большинстве скважин увлажнение достигало величины наименьшей влагоемкости. К осени

Таблица 7

Уменьшение запаса влаги в почве с апреля по август 1947 г. (мм)

		Толща почвы (в см)							
		0—50	50—100	100—150	150—200	200—250	250—300	300—350	0—350
Убыль	в степи	78	8(32) *	7	10	2	6	0	110
	в лесу	53	58	38	26	40	51	30	300

* В скобках приведена убыль запаса с мая по август. В степи от майских дождей наблюдалось увеличение в толще 50—100 см, и максимум для этой толщи приходится на май, а не на апрель, как для других глубин.

распределение влаги по профилю почвы приближается к тому, которое наблюдалось в течение всего 1946 г.

Сопоставим изменение запаса влаги по полуметровым слоям с апреля 1947 г. (месяца максимального увлажнения почв) по август 1947 г. (месяц с наименьшей величиной общего запаса влаги в толще 3.5 м).

Из данных в табл. 7 видно, что и в 1947 г. почва степи расходовала влагу главным образом из верхнего метрового слоя и лишь незначительное количество — из второго метрового слоя. Из остальных слоев почвы до глубины 3.5 м расхода практически не происходило. В почве под лесом имелось уменьшение запаса влаги на всю глубину наблюдения и притом довольно равномерное. Несколько меньшая убыль в лесу наблюдается в нижней части тяжелого суглинка (150—200 см) и в легком суглинке на глубине 300—350 см.

Мы уже отмечали, что в обоих этих слоях имеются условия, благоприятствующие накоплению подвешенной влаги. Пониженный расход влаги с указанной глубины (150—200 и 300—350 см), видимо, объясняется тем, что эти слои получают пополнение влагой и в течение лета.

Общая убыль почвенной влаги в лесу значительно выше, чем в степи. В течение лета 1947 г. запас влаги в почве под лесом за время от снеготаяния (с апреля) по август уменьшился на 300 мм, в то время как в степи всего лишь на 110 мм, т. е. почти в три раза меньше.*

При определении убыли влаги по полуметровым слоям и во всей толще почв выпавшие за это время осадки не учтены, а потому приведенные в табл. 6 данные не являются абсолютными величинами расхода влаги.

Для получения последних необходимо к ним прибавить количество влаги, поступившее в почву от выпавших осадков.

Значительное превышение расхода влаги из почвы под лесом, по сравнению с расходом из почвы под целинной степью, достигающее 190 мм, заслуживает того, чтобы на нем остановиться.

Прежде всего отметим тот факт, что влажность почвы в лесу, в пределах 3.5 м толщи, все время остается ниже величины наименьшей влагоемкости. Это отчетливо видно из сопоставления запасов влаги в почве под лесом с величинами запасов, соответствующих наименьшей влагоемкости, которое сделано в табл. 6. Мы видим, что только в апреле, т. е. лишь немедленно после снеготаяния, наблюдается приближение к величине наименьшей влагоемкости. Во все остальные месяцы запас влаги ниже величины наименьшей влагоемкости. Следовательно, никакого сколько-нибудь заметного стекания влаги в нижележащие слои происходить не могло. Поэтому все превышение расхода влаги лесом, по сравнению со степью, мы вправе отнести за счет десукции древесным и травянистым покровами.

Большая величина этого превышения, достигающая, как мы уже говорили, 190 мм, вполне естественна. Древесная растительность в лесу вегетирует, а следовательно, и десугирует влагу до осени. В то же время основная масса степной растительности отмирает в середине лета, именно после того как большая часть запаса усвояемой влаги в верхнем метровом слое оказывается израсходованной. В этот момент резко снижается и десукция влаги в степи.

* За тот же срок более влажного 1948 г. разница в расходе влаги почвами была меньше, но тем не менее расход под лесом (390 мм) больше, чем в два раза, превышал расход под степной растительностью (173 мм).

Чтобы не быть неправильно понятыми, подчеркнем, что сказанное относится к массивному древесному насаждению и ни в какой мере не может быть распространено на поля, несущие на себе полезащитные лесные полосы. В последнем случае полосы, занимающие небольшую часть общей площади, расходуют соответственно незначительную часть той влаги, которая с их помощью сберегается на полях.

Поэтому создание полезащитных лесных полос и положено историческим постановлением Совета министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 г. в основу травопольной системы земледелия, т. е. в основу системы мероприятий по борьбе с засухой и по повышению производительности социалистического сельского хозяйства засушливых областей Советского Союза.

ЛИТЕРАТУРА

Абрамова М. М. Опыты по изучению передвижения капиллярно-подвешенной влаги при испарении. Почвоведение, № 1, 1948.

Алехин В. В. Труды Центр.-черноз. заповедника, в. 1, 1940.

Афанасьева Е. А. Происхождение, состав и свойства черноземов. Тр. Почв. инст. им. Докучаева АН СССР, т. XXV, 1947.

Барановская З. и Дик Н. Геоморфологический очерк левобережья р. Сейма к югу от г. Курска. Землеведение, т. XXXVI, в. 2, 1934.

Большаков А. Ф. О формах движения влаги в почвах степного типа. Почвоведение, № 7, 1946.

Высоцкий Г. Н. О взаимных соотношениях между лесной растительностью и влагою, ч. I, СПб., 1904.

Роде А. А. Водный режим почв богарной зоны Узб. ССР. Тр. Почв. инст. им. Докучаева, АН СССР, т. XXV, 1947.

Ротмистров В. Г. Сущность засухи по данным Одесского опытного поля. Одесса, 1911.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
1950. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА им. В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXXII

А. Ф. БОЛЬШАКОВ

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ КОМПЛЕКСНОЙ СТЕПИ КАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Изучение водного режима почв Каспийской низменности являлось одним из разделов работ Джаныбекского стационара Почвенного института АН СССР.

Стационар находился в северо-западной части Каспийской низменности на междуречном пространстве Аще-Узюк (Горькая речка) — Волга. Территория исследования административно относится к Джаныбекскому району Западно-Казахстанской области.

Каспийская низменность имеет характер слабо расчлененной равнины с отметками над уровнем моря около 25—26 м в районе расположения стационара, около 50 м на севере в районе, прилегающем к сыртам, и около 7 м ниже уровня моря в 40 км на юго-восток от стационара.

«Толща верхнекаспийских, а также и более древних отложений представляет собой, в основном, дельтовые наносы рр. Волги, Урала, Терека и других более мелких рек, стекавших в Древне-Каспийское море и перекрывавших своими осадками всю мелководную прилегающую к суше шельфовую часть Хвалынского моря» (И. П. Герасимов, 1936).

Территория стационарного участка с поверхности сложена желто-бурыми, пылеватыми (лёссовидного облика) суглинками. Мощность их, по данным буровых скважин, достигает 17 м. Подстилаются они суглинками более тяжелого механического состава. В верхней части суглинков встречаются мелкие линзы и прослойки хорошо сортированного песка. С поверхности и в самой толще попадается большое количество каспийских раковин.

Все поверхностные отложения низменности засолены, что связано главным образом с аккумуляцией солей, выносимых поверхностными и грунтовыми водами с повышенных окружающих пространств.

В настоящее время в Каспийской низменности происходит перераспределение солей по ее территории. Идет процесс засоления ее центральных понижений частей за счет рассоления периферии и внутренних повышенных участков.

Местом современной аккумуляции солей являются крупные впадины, принимающие потоки грунтовых и поверхностных вод, как то: Чижинские разливы, Камыш-Самарские лиманы — в низовьях Узеней, Хаки около сел. Урда, озеро Эльтон и целый ряд других впадин.

Каспийская низменность в описываемом районе представляет собой равнину, нарушенную отдельными возвышенностями и сопровождающими

их понижениями тектонического происхождения, и впадинами, образованными деятельностью вод при отступании и после отступания моря. Большая же часть поверхности занята межпадинными, незначительно приподнятыми, пространствами (водоразделами), испещренными сильно развитым микрорельефом.

К первой группе впадин, образованных в результате тектонических нарушений, относятся озера: Эльтон, Баскунчак, Индерское, сопровождаемые соответствующими им поднятиями, как гора Улаган у озера Эльтон и гора Богдо у озера Баскунчак.

Второй группой впадин, нарушающих поверхность низменности, являются впадины, образованные деятельностью водных потоков. Эта группа представлена более широко и включает различные по размерам углубления. Часто такого рода впадины не имеют хорошо выраженных берегов, а постепенно переходят в окружающие их повышенные пространства. Среди впадин, образованных деятельностью вод, встречаются самые разнообразные как по степени засоления, так и по характеру почвенного покрова. Их можно подразделить на следующие группы: 1) понижения, занятые солончаками; 2) лиманы с комплексным почвенным покровом, состоящим из солончаков и солонцов; 3) лиманы, занятые солодями, рассоленными на всю глубину почвенного профиля, и 4) большие падины с луговыми темноцветными почвами.

Различия по степени засоления и по характеру почвообразовательного процесса связаны с размером впадин и с их положением. Впадины более мелкие раньше вышли из-под влияния засолявших их грунтовых вод. Засоление от поверхностных потоков, стекавших с повышенных пространств, происходило, видимо, только на первой стадии почвообразования, когда большая часть окружающей поверхности была занята солончаками. При развитии на повышенных участках солонцового процесса, принос солей поверхностным стоком уменьшался. Последнему препятствует водонепроницаемый солонцовый горизонт. При таких условиях более мелкие депрессии (типа больших падин) раньше других вступают в фазу рассоления с развитием почвообразования лугового типа.

Первой группой являются более глубокие впадины, особенно расположенные ближе к центру низменности, часто залегающие ниже уровня моря и до сего времени находящиеся под влиянием изливающихся на их поверхность сильно засоленных грунтовых вод (Хаки).

На этого типа впадинах мы не будем останавливаться, так как их верхние наносы часто не могут быть отнесены к почвенным образованиям, а являются отложениями с незаконченным геологическим формированием.

Широко распространенной группой впадин, образованных водными потоками, являются лиманы. Площадь каждого из них колеблется от десятков до нескольких сотен гектаров. Все они имеют округлую или овальную форму, часто располагаются цепочками, но встречаются и единично. По своей форме лиманы напоминают круглые и овальные озерки, часто встречающиеся в широких поймах больших рек. Но здесь они имеют значительно бо́льшие размеры. Все лиманы имеют водосборную площадь и весной в годы с обильными паводками заливаются водой.

Среди лиманов можно встретить целый ряд переходов, по степени засоления поверхности, от солончаково-солонцового комплекса до занятых солодями или сильно осолоделыми почвами.

Лиманы последнего типа представляют собой богатые сенокосные угодья, дающие хорошие укосы прекрасного пырейного сена. Их окраины могут быть использованы для разведения фруктовых садов. Местами

сохранились остатки небольших садов, заложенных около бывших хуторов. Под земледелие почвы лиманов, за исключением их периферийных частей, не используются.

Третью группу депрессий такого же происхождения, наиболее часто встречающихся в северо-западной части низменности, составляют так называемые большие падины, занятые луговыми темноцветными почвами.

Эти падины углублены относительно окружающих участков всего лишь на 1—2 м. Они имеют разнообразную форму, то округлую, то вытянутую, с многочисленными «заливами», вдающимися в водораздельные пространства. «Заливы» отдельных падин, смыкаясь между собою, образуют извилистые цепи. Площади падин колеблются от долей гектара до десятков и сотен гектаров.

Наиболее глубокие большие падины в центральных частях заняты темноцветными осолоделыми почвами. По периферии они окружены темноцветными почвами без признаков осолодения. От водораздельных участков с комплексным почвенным покровом большие падины отделяются полосой тоже комплексных почв, но в комплексе которых на долю солонцов приходится не более 10% площади, в то время как остальная часть занята темноцветными почвами. На водоразделах же площадь солончаковатых солонцов достигает 50 и более процентов.

Большинство падин распахивается. Их почвы являются лучшими в районе исследования.

В прошлом все хутора русских крестьян, арендовавших земли, принадлежавшие богатым казахам (баям), располагались исключительно по окраинам больших падин. Земледелие этого района называлось «падинным». Академик Б. А. Келлер образно назвал его лоскутным земледелием.

В настоящее время ранее кочевыми казахами на описываемой территории организованы колхозы, которые, основываясь на падинном земледелии, начинают осваивать комплексные почвы межпадинных повышений.

На небольших и редко встречающихся участках целины растительный покров больших падин представлен типчаково-ковыльной ассоциацией. На залежных участках, как это установлено геоботаником А. М. Швыряевой, работавшей на стационаре, состав растительности зависит всецело от возраста залежи. Наиболее молодые из них заняты однолетниками, которые постепенно с годами уступают место белой полыни. Последняя, в свою очередь, вытесняется пыреем и типчаком.

Падины сложены теми же желто-бурыми суглинками, что и водораздельные пространства, но в отличие от последних суглинки в падинах в своей верхней части рассолены и не содержат вовсе, или содержат мало гипса, имея вместо него конкреции карбонатов.

В годы с многоводными весенними паводками падины заполняются водой. В 1936 г. на Бирской падине, расположенной на территории стационара, в апреле, во время таяния снега, образовалось озерко глубиною 25—30 см, продержавшееся четыре дня. В другие годы работы стационара зимы были малоснежные и скопления воды в падинах не наблюдалось.

Почвы больших падин характеризуются полной выщелоченностью от водорастворимых солей, высоким содержанием гумуса (от 5 до 7%), значительным преобладанием кальция и почти полным отсутствием иона натрия в составе поглощенных оснований (табл. 1).

По морфологическим признакам и по данным химических анализов мы относим эти почвы к темноцветным луговым почвам.

В табл. 1 приведены данные анализа почвы из разреза № 158, заложенного в центральной части большой падины. Почвы в данном случае не

Таблица 1

Содержание гумуса и поглощенных оснований в луговых темноцветных почвах большой падины.
Разрез № 158 (в % и м-экв.)
Аналитик Г. М. Кадер

Глубина (см)	Гигроскоп. вода	Гумус по Тюрину	В %			В м-экв.		
			$Ca^{..}$	$Mg^{..}$	$Na^{.}$	$Ca^{..}$	$Mg^{..}$	$Na^{.}$
0—5	3.27	5.19	0.54	0.08	Следы	27.00	6.57	Следы
25—30	2.89	1.30	0.28	0.07	»	14.00	5.75	»
55—60	2.12	0.66	0.25	0.05	»	13.00	4.11	»
75—80	1.55	0.26	0.23	0.04	»	11.50	3.30	»

имеют морфологических признаков осолодения. Вскипание от кислоты начинается со 110 см.

Большая часть района исследования (около 60—80% его площади) представлена слабо повышенными водораздельными пространствами, которые едва заметно (1—2 м) приподняты над уровнем больших падин. Их формы весьма разнообразны. Они то разделяют большие падины узкими перемычками в несколько десятков метров, то расширяются до обширных пространств.

Поверхность межпадинных повышений неровная. Она испещрена, как оспой, по выражению В. В. Докучаева, — микрорельефными понижениями (западинами) до 30 см глубины. Они имеют округлую форму, замкнуты или соединены между собою в извилистые цепочки. Диаметр западин колеблется от 1—2 до 20 м и более.

Положительные формы микрорельефа (микроповышения) имеют неправильные очертания. Поверхность их обычно нарушена холмиками, сложенными выбросами землероев, главным образом сусликов.

На территории стационара западины занимают в среднем 30—35% площади межпадинных повышений. В некоторых местах, как, например, на землях колхоза имени тов. Кирова Джаныбекского района, площадь западин увеличивается до 50—60%. Микроповышения сохранились лишь в виде мелких островков и старых сусликовин.

По мере удаления от стационара на восток и юго-восток, общая площадь микропонижений (западин) постепенно уменьшается. Вначале исчезают цепочки западин, а остаются изолированные замкнутые понижения, а затем уменьшается и их число и площадь. В 30—40 км на восток от стационара микрорельеф на-глаз уже совершенно незаметен, и о комплексности почв можно судить лишь по пятнистости растительности.

По вопросу о происхождении микрорельефа существует много разноречивых объяснений. Барбот де Марни (1868), Докучаев (1883), Тутковский (1909), Танфильев (1922), Мушкетов (1895), Димо (1907), Неуструев (1909), Виленский (1924), Иозефович (1929), Богдан (1900) и др. дают различные объяснения образованию микрорельефа. Большинство из них микрорельеф считают древним образованием. Наши наблюдения говорят о том, что образование существующего микрорельефа нельзя объяснить исключительно факторами, действовавшими в прошлые геологические времена. Конечно, поверхность Каспийской низменности, освободившись от моря, имела неровности, но развитие микрорельефа происходит и в настоящее время. Было бы неверно, как это делает Иозефович (1929), сводить образование микрорельефа к деятельности землероев, но правы Богдан (1900) и Иозефович (1929), когда говорят о различии увлажнения поверхности, как о причине, вызывающей изменение почв, сопровождающееся образованием микрорельефа.

Мы рассматриваем (1937) это явление несколько шире, связывая образование микрорельефа с современным почвообразовательным процессом,— с развитием почвенного покрова, сопровождаемым сменой растительности.

Хорошо выраженный микрорельеф, естественно, сопровождается и характерной для полупустыни пестротой (комплексностью) почвенного покрова.

Почвы, развивающиеся на микроповышениях, представляют собою солонцы. С поверхности имеется листоватая пористая корочка (2—5 см). Ниже располагается уплотненный солонцовый горизонт. Наряду с этим, профиль почв имеет ясно выраженную солончаковатость. Хлориды часто присутствуют уже с поверхности, причем максимум их содержания падает на подсолонцовый горизонт на глубине 30—75 см. Преобладающими солями в профиле почв, с таким же характером распределения, являются сульфаты. Карбонаты содержатся во всем профиле, начиная с поверхности. Грунтовые воды залегают на глубине 5.5—6 м. Величина сухого остатка в воде колеблется от 6 до 23 г на литр. В составе их солей преобладают сульфаты.

По совокупности всех признаков почвы микроповышений мы относим к хлоридно-сульфатным солончаковатым солонцам.

Растительность солончаковатых солонцов микроповышений отличается бедностью своего состава. Их ассоциации насчитывают 4—6 видов. Покрытость поверхности почвы всего лишь на 35—40%. В центральных частях микроповышений растительность состоит из двух-трех видов.

Как надземная, так и подземная части растений являются двухъярусными. Изучение корневой системы, проведенное А. М. Швыряевой (1939), показало, что она в противовес надземной части сомкнута плотно. Наиболее глубокий ярус до 3.5 м и глубже составляют корни *Kochia prostrata*. Верхний ярус образуют корни остальных растений (*Artemisia pauciflora*, *Ceratocarpus arenarius* и *Camphorosma*), сосредоточенные преимущественно в уплотненном солонцовом горизонте на глубине 5—30 см.

Почвы микропонижений (западин) характеризуются выщелоченностью от легкорастворимых солей. До глубины 2 м содержание хлоридов и сульфатов не превышает тысячных долей процента. Карбонаты обнаруживаются с 40—50 см от поверхности. Гумусовый горизонт темного цвета хорошо выражен и распространяется до глубины 30—40 см.* Грунтовые воды, залегающие на глубине 5—5.5 м, отличаются большим разнообразием по степени засоления, с колебанием от 4 до 17 г на литр и так же, как под солонцами, отличаются значительным преобладанием сульфатов над хлоридами. Весной под микропонижениями иногда образуются купола (линзы) пресной воды.

Темноцветные почвы микропонижений покрыты злаково-разнотравной растительностью. В наиболее хорошо выраженных западинах растительные комплексы располагаются концентрически. Небезынтересно отметить, что видовой состав растительности центральных участков микрозападин наиболее богат. Его разнотравье слагается 40 видами. При этом, вместо господства маревых и сложноцветных, наблюдающегося на солонцах,

* Подробное описание почв по членам комплекса имеется в наших опубликованных работах (1937).

здесь на первое место выдвигаются злаки, а в разнотравии участвуют различные семейства.

Корневая система растительности центра западины состоит из трех ярусов. Нижний ярус, наиболее глубоко идущих корней (до грунтовой воды), дают кустарники (*Spirea*, *Amygdalis nana*) и некоторые травы (*Galium verum*, *Medicago folcata* и *Statice sareptana*).

Средний ярус образуют корни *Stipa capillata* и *Festuca sulcata*, доходящие до 3 м с массовым распространением с поверхности и образованием дернины.

Верхний ярус составляют однолетники и эфемеры, корни которых сосредоточены в пределах 25—30 см.

В западинках, менее выраженных по глубине и по размерам, число членов растительного комплекса (концентрических колец) уменьшается. Первыми выпадают члены комплекса, занимающие центральную часть западин (ковыльно-разнотравная ассоциация). При слабо выраженном микрорельефе растительный комплекс повышенных пространств в целом слагается двумя членами: черно-полынной ассоциацией на микроповышениях и типчаково-полынной в микропонижениях (западинах).

Отсюда видно, что распределение растительности связано с изменением почвенного покрова и как то, так и другое находятся в зависимости от микрорельефа.

Ровные площади солончаковатых солонцов заняты черно-полынной ассоциацией, а при появлении малейших углублений, измеряемых всего лишь несколькими сантиметрами, в составе растительности появляется типчак. Почвы в таких случаях проявляют признаки рассоления. В больших по размерам углублениях злаки занимают первое место.

Нетрудно видеть, что в конечном счете изменение почв и растительности вызывается изменением условий увлажнения.

Для изучения изменения почвенного покрова по микрорельефу были заложены траншеи до 2 м глубины с продолжением их буром до грунтовой воды. Длина траншей устанавливалась в зависимости от размера элементов микрорельефа и во всех случаях соединяла центры микропонижения (западинки) и микроповышения (бугорки). Описание траншей, сопровождающееся данными анализа почв и грунтовых вод, приведено в наших работах (1937). С помощью траншей было прослежено постепенное изменение почв по мере перехода от повышения к западине.

Различия между крайними точками велики, но при тщательном изучении перехода можно установить некоторые общие черты.

Верхний горизонт по всей длине профиля сохраняет слоистость и ясно выраженную обособленность от нижележащего горизонта. Второй горизонт, несмотря на различия в окраске и структуре, имеет ряд общих черт (уплотнение, резкая отграниченность от соседних горизонтов), свидетельствующих от общности его генезиса. Но по мере перехода к микропонижению появляется новый признак — увеличение мощности и выраженности гумусового горизонта.

Сравнение солевых профилей по траншеям указывает на то, что с переходом от микроповышения к микропонижению засоление почв постепенно уменьшается. Совокупность всех признаков показывает смену солончаково-солонцового процесса процессом образования луговых почв.

Для полноты картины остановимся на изменении по микрорельефу состава грунтовых вод, уровень которых повышается по мере приближения к центру западины.

При переходе от солончаковатого солонца повышения к темноцветной почве западины в грунтовой воде наблюдается уменьшение концентрации

солей. Наряду с общим уменьшением содержания солей, изменяется соотношение отдельных компонентов. Совершенно отчетливо наблюдается абсолютное и относительное увеличение содержания кальция и магния. Одновременно с этим уменьшается относительное содержание SO_4'' и увеличиваются содержание хлора и щелочность. Естественно предположить, что происходит увеличение содержания $CaCl_2$ и $MgCl_2$.

Такое явление становится понятным, если мы учтем передвижение хлористого натрия через грунт, обогащенный карбонатами и сульфатами кальция и магния, какими являются суглинки Каспийской низменности до их рассоления. При этом неизбежно происходит накопление в грунтовой воде карбонатов и сульфатов натрия, хлоридов кальция и магния. Появившаяся сода вступает в обменную реакцию с солями кальция, и в результате происходит образование вторичных карбонатов, что мы и наблюдаем в почвах и грунтах микропонижений и больших падин.

Рассмотрение изменений растительности, почвы и грунтовых вод по микрорельефу показывает, что все эти компоненты соответствующих биогеоценозов развиваются в тесной взаимосвязи.

Развитие микрорельефа происходит параллельно и во взаимосвязи с изменением растительного покрова и развитием почвообразовательного процесса. Верхний горизонт грунтовой воды, в свою очередь, отражает процессы, протекающие в почве, являясь приемником солей при рассолении и источником их при засолении.

Круглогодовые наблюдения за температурой почвы с поверхности до глубины 5 м показывают на большие различия в тепловом режиме солончаковатого солонца и темноцветной почвы (см. нашу работу «О тепловом режиме почв», 1940), т. е. свидетельствуют о влиянии микрорельефа и на микроклимат.

Климат района исследований отличается резко выраженной континентальностью и характеризуется жарким и сухим летом и холодной малоснежной зимой, с резким переходом от первого ко второй и обратно, и короткими весной и осенью.

Годовая амплитуда температуры воздуха достигает 74,6° при минимальной в —34.1° и максимальной +40.5° по С. Средняя годовая температура, по 12-летним данным станции Эльтон, равна +7.1°, средняя июля +22.5° и средняя января —11.1°.

Выпадение осадков отличается большой неравномерностью по годам и неблагоприятным распределением их в течение года. По данным той же Эльтонской станции, наибольшее количество годовых осадков достигало 466.1 мм (1925 г.), а наименьшее 144.0 мм (1934 г.). Среднее количество осадков по 12-летним наблюдениям равно 254.1 мм (см. табл. 2).

Таблица 2

Количество осадков за период с 1924 по 1934 г. по ст. Эльтон

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Наименьшее . .	2.6	1.2	1.8	6.4	2.5	1.2	6.7	0.2	3.4	8.9	2.1	5.9	144.0
Наибольшее . .	50.2	39.2	40.6	57.8	56.0	71.7	115.4	61.5	55.7	45.7	31.0	62.6	466.1
Среднее .	14.6	10.6	14.2	22.0	20.7	32.7	37.7	25.9	21.2	20.7	17.1	20.0	254.1

Из табл. 2 видно неблагоприятное для сельскохозяйственных культур распределение осадков. Наибольшее их количество приурочено к июню и июлю, а наименьшее выпадает в январе, феврале и марте. Общее количество зимних осадков невелико. За период с ноября по март выпадает 75—80 мм, тогда как за два летних месяца (июнь — июль) выпадает 70 мм. Летние дожди, как правило, бывают в виде кратковременных ливней; бо́льшая часть воды от них, попадая на нагретую поверхность почвы, быстро испаряется, либо стекает в понижения.

В мае, когда растительность больше всего нуждается в воде, осадков выпадает очень мало. В случаях отсутствия зимних запасов влаги в почве, растения страдают от засухи.

Наблюдения за мощностью снегового покрова показали, что наибольшее накопление снега (до 40—50 см) наблюдается в микропонижениях, где на зиму сохраняются стебли ковыля и типчака. На больших падинах, большая часть которых занята пашнями или сенокосами, снега удерживается мало (до 20—30 см).

Микроповышения с редкой и низкой растительностью часто остаются совершенно оголенными. Снег, в большей своей части, совершенно бесполезно уносится со степи.

Неблагоприятным климатическим условием этого района являются также сильные ветры, летом часто переходящие в суховеи, имеющие преимущественно юго-восточное направление.

В о д н ы й р е ж и м п о ч в. Наблюдения за водным режимом велись с весны до осени в течение трех лет (1934, 1935 и 1936 гг.), по основным элементам микрорельефа, которым соответствуют и основные члены почвенного комплекса — солончаковатый солонец микроповышения, темноцветная почва микропонижения (западины) и темноцветная почва большой падины. Первые две площадки были заложены на целине, а последняя на 10—12-летней залежи.

Работа состояла из двух разделов: 1) одновременные наблюдения по элементам почвенного комплекса, с целью выяснения влияния микрорельефа на водный режим почвы, и 2) систематические наблюдения за изменением влажности почвы на протяжении летнего периода.

Образцы на влажность брались из скважин до 2 м, заложенных буром Измаильского. Глубокие скважины (до грунтовой воды) бурились геологическим двухдюймовым буром.

Прежде чем перейти к рассмотрению влажности почвы, остановимся кратко на характеристике некоторых физических свойств почвы.

В табл. 3 приведены данные определения удельного веса, объемного веса, общей скважности, гигроскопической влажности и наименьшей влагоемкости. По всем этим свойствам заметны различия между изучаемыми почвами. Солончаковатый солонец микроповышения отличается от той и другой темноцветной почвы. Его солонцовый горизонт выделяется сильным уплотнением. Под ним с глубины 30—35 см залегает пористый, рыхлый засоленный горизонт, сильно отличающийся по физическим свойствам от вышележащего (солонцового) горизонта и от встречающихся на этой же глубине горизонтов других почв.

Темноцветные почвы микрозападин и особенно больших падин отличаются значительно большей плотностью сложения по всему профилю. Если солончаковатые солонцы, за исключением солонцового горизонта, легко поддаются лопате при рытье, то темноцветные, ниже гумусового горизонта, отличаются сильным уплотнением. Их с большим трудом берет лопата, а при рытье в сухом состоянии приходится прибегать к помощи лома и кирки. В нижних горизонтах темноцветных почв не наблюдается той пористости, которая присуща горизонтам солончаковатого солонца. Здесь выражено оглинение породы, которым, видимо, сопровождается их выщелачивание. Однако данные, приведенные в табл. 3, это не подтверждают, что может быть связано с тем, что определение объемного веса буром Качинского в сильно уплотненных горизонтах темноцветных почв и солонцовом горизонте солончаковатого солонца сопряжено с большими трудностями. С этим могут быть связаны ошибки в определении указанной величины.

Таблица 3

Физические свойства почв

Глубина (см)	Солончаковатый солонец					Темноцветная почва микропонижения					Темноцветная почва большой падины				
	Удельный вес	Объемный вес	Общая скважность	Гигроскоп. влажность	Наименьшая влагоемкость	Удельный вес	Объемный вес	Общая скважность	Гигроскоп. влажность	Наименьшая влагоемкость	Глубина (см)	Удельный вес	Гигроскоп. влажность	Наименьшая влагоемкость
0—5	2.65	1.34	50.6	1.97	26.0	2.70	0.90	33.0	3.31	44.8	0—5	2.45	2.73	25.2
10—15	2.67	1.47	55.9	1.77	25.0	3.05	1.12	36.7	2.46	31.2	10—25	2.53	2.61	27.3
20—25	2.62	1.32	49.8	3.37	24.5	3.31	1.16	35.0	3.13	28.9	45—50	2.63	2.97	21.0
30—35	2.67	1.22	45.5	3.66	—	2.97	1.28	43.1	2.77	26.3	75—80	2.63	2.91	20.9
40—45	2.66	1.22	45.5	—	24.6	3.04	1.25	41.1	—	23.6	105—110	2.57	2.96	20.3
50—55	2.65	1.31	49.8	3.07	20.8	3.13	—	—	2.83	22.8	140—150	—	3.00	19.4
65—70	—	1.30	—	2.80	18.5	2.67	1.24	46.4	2.51	21.1	190—200	—	—	19.1
75—80	2.65	1.30	49.6	2.74	18.3	2.76	1.39	50.4	2.23	21.8	240—250	—	—	17.9
100—105	—	1.27	—	—	—	2.56	1.27	49.6	—	21.1	340—350	—	—	18.4
125—130	2.54	1.21	48.4	3.65	18.1	2.56	—	—	2.55	22.4	—	—	—	—
155—160	2.63	1.47	56.8	4.07	18.2	2.56	—	—	2.76	20.3	—	—	—	—
175—180	2.61	1.57	60.6	3.11	18.4	2.57	—	—	2.69	17.8	—	—	—	—
195—200	2.63	1.56	59.3	3.22	18.1	2.60	—	—	3.28	18.8	—	—	—	—
245—250	2.62	1.60	61.5	2.54	18.0	2.63	—	—	2.81	17.3	—	—	—	—
295—300	2.61	1.63	62.7	2.74	17.9	2.96	—	—	2.86	19.0	—	—	—	—
345—350	2.79	1.61	59.9	2.59	17.7	2.67	—	—	2.18	18.5	—	—	—	—
395—400	2.75	1.62	58.9	2.21	17.8	2,66	—	—	1.87	19.1	—	—	—	—
495—500	2.82	1.62	57.0	2.12	19.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Для изучения изменения почвенного покрова от солончаковатого солонца микроповышения к темноцветной почве микропонижения закладывались траншеи глубиной до 2 м. При рытье траншей из точек, расположенных на расстоянии примерно 2 м одна от другой, брались образцы для определения влажности. Данные определения приведены в табл. 4.

Траншея № 2, заложенная 19/VI 1934 г., имела длину 8.2 м, причем отметки конечных точек траншеи отличались на 26 см. Траншея № 3, заложенная 30/VI 1934 г., была 8.3 м длины и имела разницу в высоте поверхности крайних точек 22 см.

Траншеи отличались тем, что первая (траншея № 2) пересекала микропонижение, входящее звеном в цепочку аналогичных понижений, а микропонижение траншеи № 3 являлось изолированным. В обоих случаях первая точка находилась в центре микроповышения, а последняя в центре микропонижения (западины).

Из приведенных данных видны большие различия во влажности почвы в крайних точках. Солончаковатый солонец имел низкую влажность лишь в верхнем горизонте (А) и в солонцовом горизонте (В). С глубиной влажность значительно увеличивается.

Точка, расположенная в центре микропонижения, показывает глубокое иссушение почвы. Ко времени взятия образцов растительность западин заканчивала свою вегетацию и подвижная жидкая влага верхнего метра была полностью израсходована на десукцию и испарение. По промежуточным точкам можно проследить изменение влажности по мере перехода от солончаковатого солонца к темноцветной почве. Оно выражено довольно резко.

Таблица 4

Изменение влажности почвы по микрорельефу

(в % на сухую почву)

Траншея № 2, 19/VI 1934 г.						Траншея № 3, 30/VI 1934 г.				
Глубина (см)	Точки					Глубина (см)	Точки			
	1	2	3	4	5		1	2	3	4
0—5	8.5	6.8	9.4	8.1	12.4	0—5	4.0	6.6	7.9	10.0
15—20	11.1	8.9	11.4	9.3	8.9	10—15	11.0	11.5	12.6	12.4
25—30	12.4	13.7	11.6	10.4	8.9	25—30	12.1	13.5	12.3	10.3
40—45	10.6	12.1	—	9.9	—	40—45	12.0	—	11.6	—
55—60	10.5	11.5	11.5	—	8.2	55—60	13.0	11.5	—	9.7
70—75	12.6	12.8	11.3	8.5	8.8	70—75	13.7	10.8	—	9.1
85—90	14.5	13.1	11.6	11.1	10.2	85—90	13.8	12.1	11.0	9.9
95—100	16.6	17.0	13.9	13.9	8.8	100—105	15.1	15.8	11.2	10.4
110—115	18.7	16.4	—	14.7	11.2	115—120	16.9	16.1	12.0	11.2
125—130	19.9	—	(12.6)	15.8	—	130—135	17.2	17.0	12.5	10.8
140—145	—	17.4	15.2	16.5	14.5	145—150	16.2	—	13.7	10.4
155—160	19.0	—	17.0	—	16.0	160—165	18.9	16.9	17.8	13.6
170—175	18.5	17.5	17.5	17.2	17.0	175—180	18.3	(14.4)	18.0	15.2
180—185	—	16.9	—	17.1	16.6	195—200	18.2	15.9	—	14.2

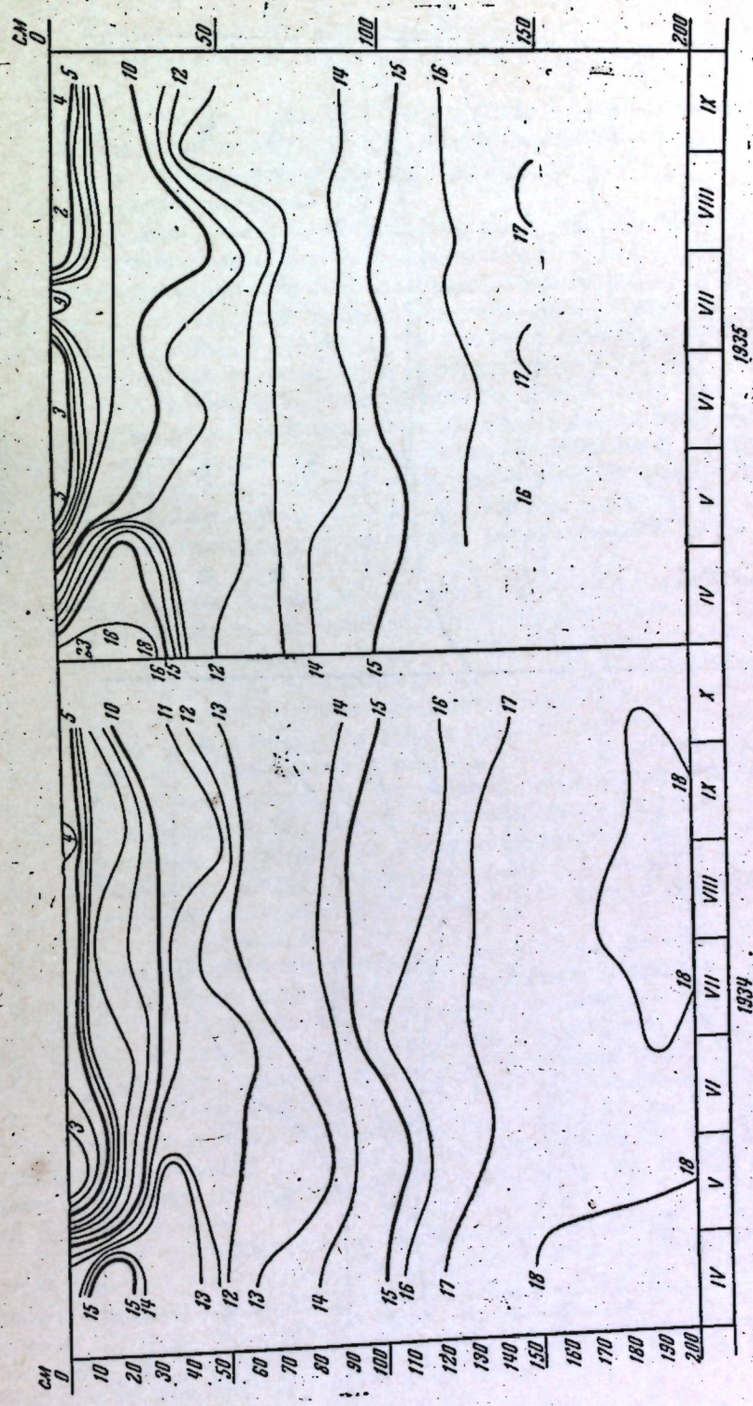
Более высокая влажность в верхних горизонтах темноцветных почв объясняется поступлением влаги в почву от выпавших осадков. Вода, стекая по поверхности и просачиваясь в больших количествах в понижения, сохраняется здесь дольше, благодаря наличию войлока из отмерших растений.

Перейдем к рассмотрению изменений влажности почвы за летний период. Систематические наблюдения велись на солончаковатом солонце микроповышения (площадки 1 и 3), на темноцветной почве микропонижения (площадки 2 и 4) и на темноцветной почве большой падины (площадка 9).

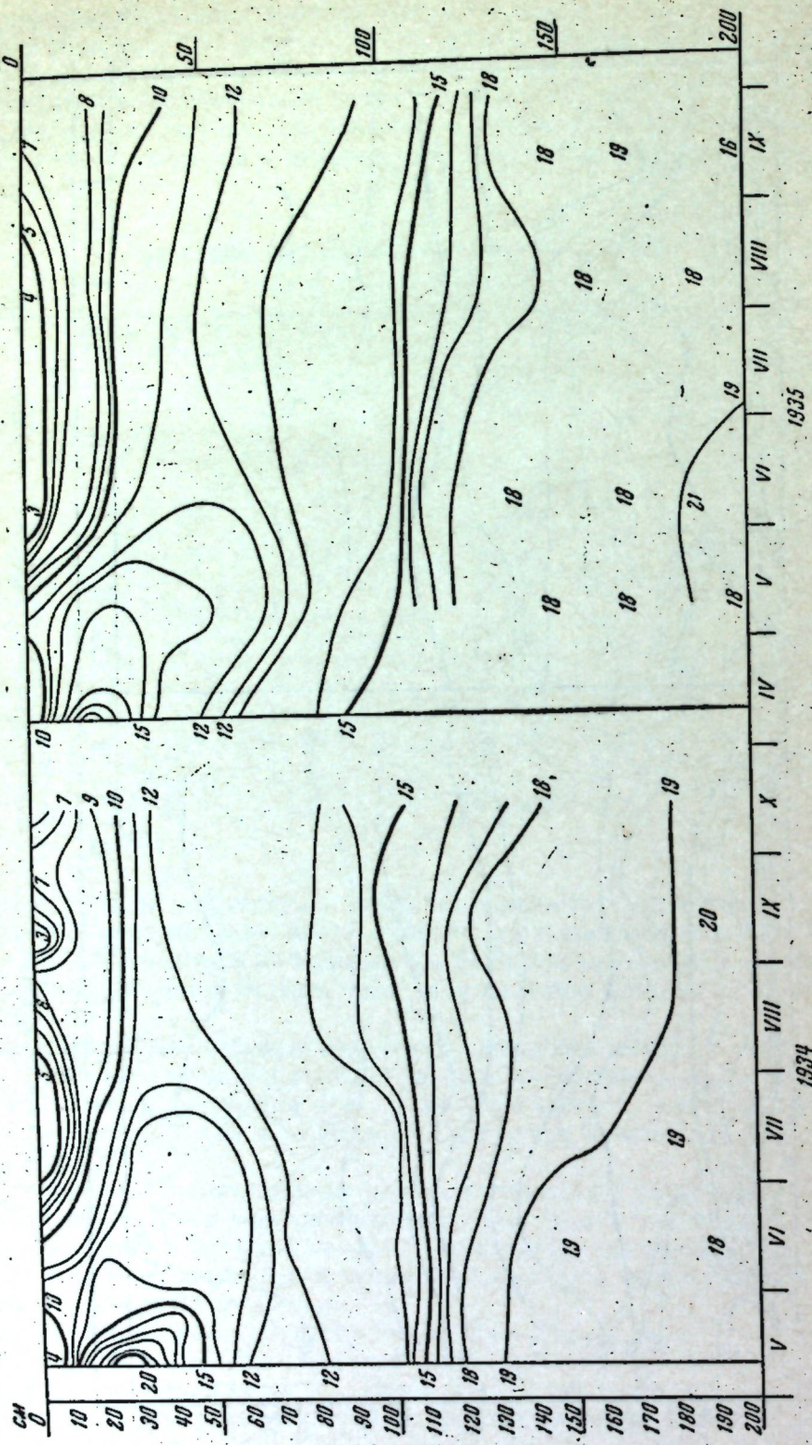
Площадки 1 и 2 расположены рядом на площади с резко выраженным микрорельефом. Здесь микропонижения соединены в цепочки, имеющие общее понижение к большой падине. Поверхность, где расположены площадки 3 и 4, имеет менее выраженный микрорельеф и представлена изолированными микропонижениями.

Данные изменения влажности почвы приведены в табл. 6—10 и изображены графически. На графиках гидроизоплеты (линии одинаковой влажности) проведены через 1%. Лишь для верхней части профиля почвы в период весеннего промачивания изоплеты проведены через 5%.

Солончаковатые солонцы микроповышения (фиг. 1 и 2) с весны увлажняются лишь до нижней границы солонцового горизонта, т. е. до 30—50 см. Промачиванием охвачены верхний маломощный почвенный горизонт (А) и уплотненный горизонт (В). При этом последний не



Фиг. 1. Изменение влажности солончаковатого солонца микроповышения. Площадка № 1.



Фиг. 2. Изменение влажности солончаковатого солонца микроповышения. Площадка № 3.

всегда промачивался на всю свою мощность. Набухая, он препятствовал проникновению воды в более глубокие горизонты. Вода, поступающая на поверхность солонцов при снеготаянии и летом от дождей (часто выпадающих в виде ливней), в большей своей части стекала в понижения и испарялась.

Дальше, начиная с апреля — мая, наблюдался интенсивный расход влаги на испарение и десукцию. В этих условиях большая часть влаги расходовалась на испарение, так как большая часть поверхности не была покрыта растительностью.

Произрастающая здесь растительность имела два основных яруса корней: корни кохии *(Kochia prostrata)* проникали до 3,5 м и глубже. Верхний ярус образовали корни остальных растений с преимущественным распространением в уплотненном солонцовом горизонте на глубине 5—30 см. Растительность, которой принадлежал этот ярус корней, довольствовалась влагой атмосферных осадков, проникающих на эту глубину, и в мае — в начале июня заканчивала свою вегетацию, использовав всю усвояемую влагу. Позднее, на протяжении лета, влажность почвы оставалась почти постоянной, на что указывает горизонтальное направление гидроизоплет. Почвы с поверхности иссушались до гигроскопической влажности; иногда верхний горизонт несколько увлажнялся летними дождями. В солонцовом горизонте, после прекращения вегетации растительности, влаги осталось 8—9%.

В подсолонцовом горизонте, начиная с 30—50 см, иногда несколько глубже, в зависимости от мощности солонцового горизонта влажность от весны до осени и, видимо, на протяжении всего года оставалась почти постоянной — 10—12%. Поступления влаги сверху на эту глубину не наблюдалось. Некоторая убыль летом происходила вследствие десукции ее растительностью и перегонки в виде пара в глубокие горизонты, где температура летом значительно ниже (см. тепловой режим почв; 1940). Расход ее компенсировался за счет подъема пленочно-капиллярной влаги из нижних горизонтов. Осенью, когда расход влаги прекращался, наблюдалась тенденция к увеличению количества влаги в подсолонцовом горизонте. Последнее может происходить лишь в результате ее поднятия снизу. Колебания величины влажности в этой зоне в течение периода наблюдения не превышали 2%.

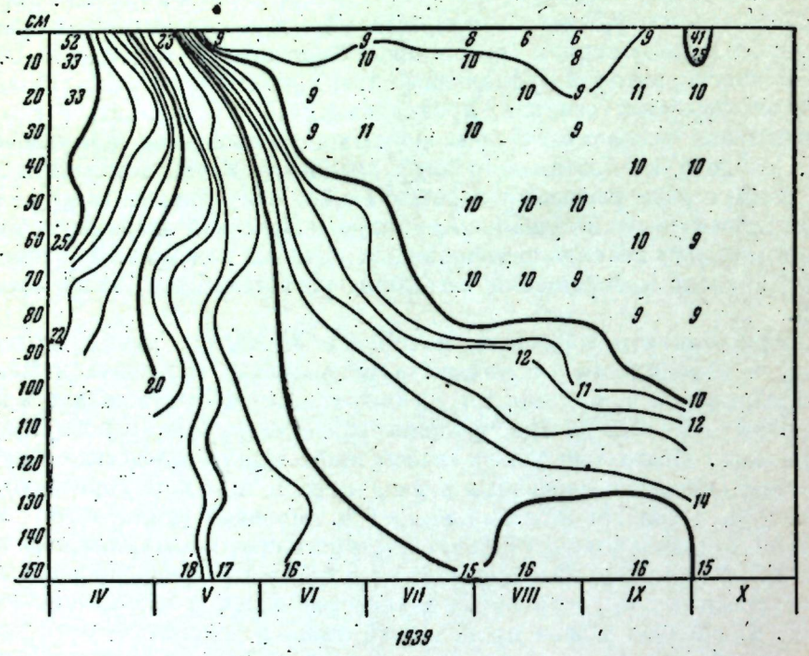
Вследствие такой особенности водного режима, на этой глубине наблюдалось явление подсолонцового засоления — впервые отмеченное В. А. Ковда и подтвержденное нашими исследованиями солевого режима почв (1937). Увеличение содержания солей в этой толще, в частности хлоридов, может быть констатировано уже в течение одного лета.

Глубже, начиная примерно со 100—130 см от поверхности, влажность в течение всего периода наблюдений оставалась постоянной, будучи равна величине наименьшей (полевой) влагоемкости. Через эту толщу происходило восходящее передвижение влаги от грунтовой воды, залегающей на глубине 5—6 м.

Такой установившийся, мало изменяющийся во времени профиль влажности являлся следствием особого характера почвенного профиля. Солонцовый горизонт, верхняя граница которого находится на глубине 4—5 см от поверхности, защищал влагу нижележащих горизонтов от испарения и вместе с тем препятствовал проникновению вниз влаги атмосферных осадков. Расход влаги главной массы растений на десукцию происходил за счет грунтовой воды.

Водный режим темноцветных почв микропонижений (западин) сильно отличался от описанного режима

солончаковатых солонцов (фиг. 3 и 4). Благодаря приуроченности этих почв к микропонижениям, обильному степному войлоку и сохранившимся стеблям растений, в них за зиму накапливается довольно большое количество снега. Кроме того, при снеготаянии сюда стекает вода с окружающих повышенных участков, занятых солончаковатыми солонцами. Весеннее промачивание до величины наименьшей влагоемкости распространяется на всю глубину наблюдения — до 2 м от поверхности. Влага, поступающая в почву с поверхности, проникая вглубь, смыкается с влагой капиллярной каймы грунтовых вод; таким образом, имеет место временное сплошное промачивание почв до грунтовой воды. В годы с обильными



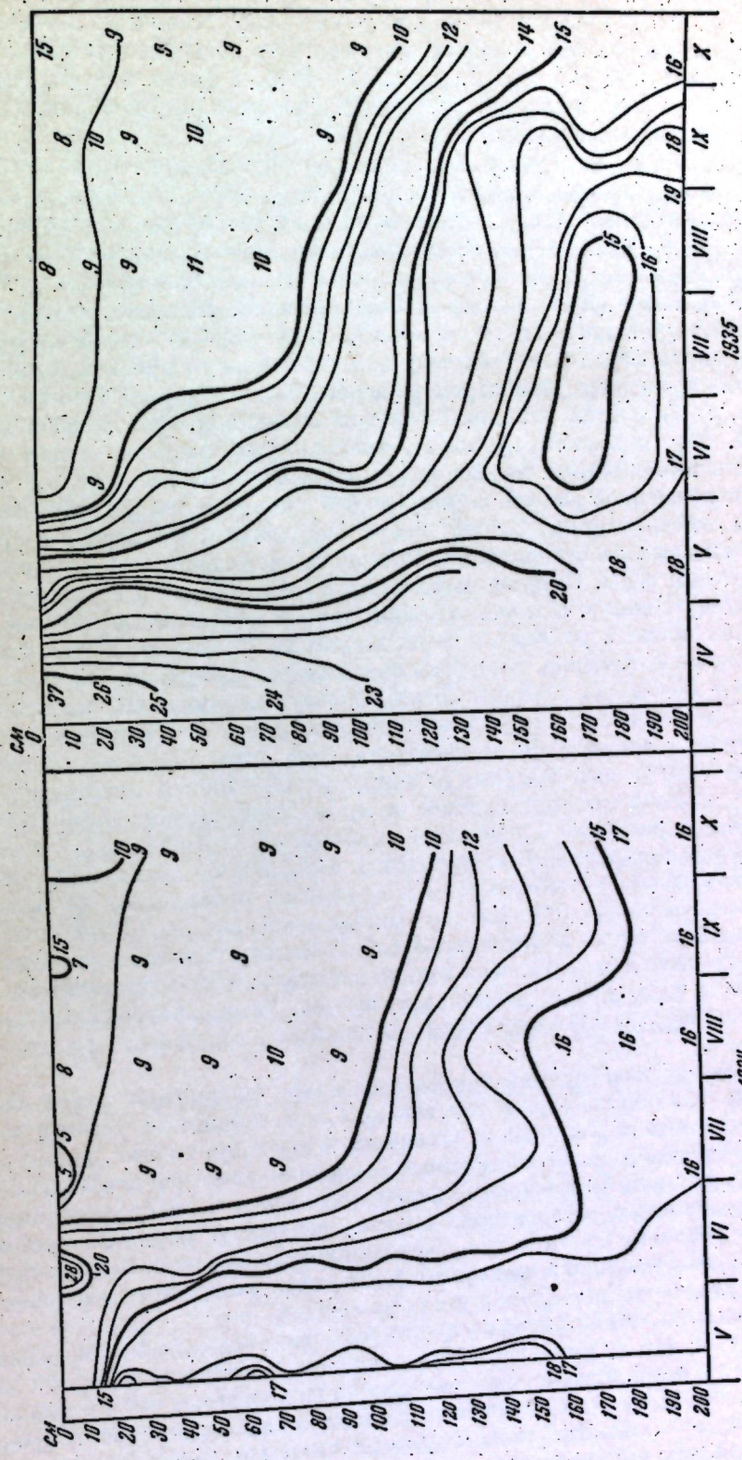
Фиг. 3. Изменение влажности темноцветной почвы микропонижения. Площадка № 2. 1935 г.

паводками вода с поверхности, проникая вглубь, пополняет грунтовые воды, вызывая их поднятие в виде куполов. Как показали наши гидрогеологические исследования, зеркало грунтовых вод описываемого района имеет форму, обратную форме поверхности почвы, образуя под понижениями микрорельефа и рельефа купола.

Микропонижения покрыты разнотравно-злаковой растительностью, особенно хорошо развивающейся в центральных участках. С самого начала ее вегетации (конец апреля — начало мая) возникает усиленный расход влаги на десукцию. Расход на испарение в этих условиях может быть незначительным, так как поверхность почвы покрыта сплошным войлоком из отмерших растений.

В течение мая и июня наблюдалось уменьшение содержания влаги до глубины 80—100 см. Гидроизоплеты для этого периода шли почти вертикально вниз и параллельно одна другой. На глубине около 100 см они поворачивали под прямым углом, принимая горизонтальное положение (фиг. 3 и 4).

При иссушении до определенного предела расход влаги прекращается и на всю глубину указанной толщи устанавливается влажность, равная



Фиг. 4. Изменение влажности темноцветной почвы микропонижения. Площадка № 4.

9—10%, которая и сохраняется до осени. Мы не знаем величины влажности завядания для этих почв, но по аналогии с другими почвами она значительно ниже установившейся влажности. Это дает нам основание предполагать, что при влажности, равной 9—10%, в почве еще сохраняется некоторое количество влаги, усвояемой для растений, которая, однако, утеряла свою подвижность.

В годы наших исследований особенности описываемого водного режима не были должным образом объяснены. Только после изучения форм движения влаги в полевых условиях нами и М. М. Абрамовой в условиях лабораторного опыта — эти особенности становятся понятными. Выше, в статье «Водный режим богарных почв» и в опубликованных работах М. М. Абрамовой (1948) и автора (1946) показано, что влага, находящаяся в капиллярно-подвешенном состоянии, при расходе ее на испарение с поверхности передвигается вверх до определенного предела влажности. Величина последнего зависит исключительно от свойств почвы и является, видимо, характерной для данной почвы величиной. Этот предел назван был М. М. Абрамовой, условно, «влажностью разрыва капилляров». Однако в темноцветных почвах микропонижений мы имеем дело с капиллярно-подвешенной влагой, сомкнувшейся с капиллярно-поднятой влагой. Как мы отмечали выше, весной, после снеготаяния, наблюдалось временное увлажнение до величины капиллярного насыщения всей толщи почвы до грунтовой воды. Нижняя часть капилляров находится в условиях подпитывания их снизу. В таких условиях весной начинается испарение с поверхности почвы и расход влаги на десукцию. Корневая система злаков, разнотравья и эфемеров, в главной своей массе, распределяется в верхнем горизонте почвы (до глубины 30 см), образуя дернину. Поглощение ими влаги и испарение с поверхности создают подсос влаги к поверхности. Но величина сосущей силы достаточна для того, чтобы воздействовать лишь на влагу, находящуюся в толще до 80—100 см от поверхности. Поэтому именно на этой глубине и происходит разрыв капилляров, и дальнейшее движение влаги идет аналогично движению в условиях капиллярно-подвешенного ее состояния. Пополнение влаги от грунтовых вод в этой толще с глубины 4.5—5 м, видимо, происходить не может.

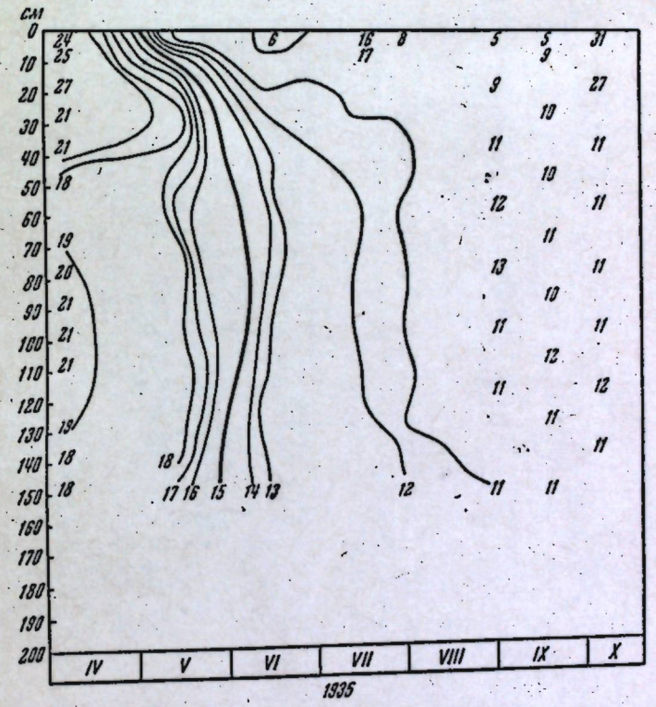
Указанная толща (80—100 см) одновременно вся расходует влагу, на что указывает почти вертикальное расположение гидроизоплет в период вегетации растительности. Как только влажность в ней достигает величины 9—10%, расход влаги резко уменьшается. Установившаяся влажность в этом случае представляет собой, повидимому, «влажность разрыва капилляров».

К моменту наступления такого состояния увлажнения почвы растительность заканчивает свою вегетацию. Степь принимает унылый серый вид. Единичные корни злаков, заходящие в эту зону, видимо, не в состоянии обеспечить влагой дальнейшее существование растений. Позднее здесь продолжают вегетировать лишь кустарники, как, например, миндаль горький и спирея, обладающие глубоко уходящей корневой системой. Верхний горизонт почвы к этому времени иссушался до величины 4—6%, которая, видимо, ниже величины влажности завядания (см. таблицы влажности почвы).

Расход влаги имел место и глубже зоны с установившейся постоянной влажностью, но он выражался значительно меньшими величинами и затухал с глубиной. Иссушение здесь далеко не достигало указанного выше предела. Влага из этих горизонтов расходовалась, видимо, на десукцию, вызываемую заходящей сюда корневой системой отдельных растений, и пополнялась снизу за счет грунтовой воды.

Изменение влажности в темноцветных почвах больших падин, в общих чертах, имело тот же характер, что и в темноцветных почвах понижений (фиг. 5). Но мы отмечали выше, что почвы больших падин в некоторые годы в течение зимы накапливают снега меньше, чем микропонижения. Объясняется это тем, что благодаря распашке и скашиванию трав на поверхности этих почв задерживается меньше снега.

При небольшом стоке воды с окружающих пространств, как это имело место, например, весной 1934 г., промачивание почв происходит на небольшую глубину. В такие годы между зоной увлажнения с поверхности и влагой, поднимающейся от грунтовой воды, остается непромоченная толща, и влага верхней части почвенного профиля остается в форме капиллярно-подвешенной.



Фиг. 5. Изменение влажности темноцветной почвы большой падины

В годы более многоводных паводков и здесь профиль влажности имеет тот же характер, что и в темноцветных почвах микропонижений. Весной происходит сплошное промачивание от поверхности до грунтовой воды (см. фиг. 5 и таблицы влажности почвы).

Различие в расходе влаги в течение лета между темноцветными почвами заключается в том, что в больших падинах постоянная влажность устанавливается на более высоком уровне, достигая 10—11% от веса сухой почвы, тогда как в темноцветных почвах микропонижений, как мы видели, предел иссушения равен 9—10%. Кроме того, такое иссушение в больших падинах достигает большей глубины, захватывая почти всю толщу наблюдения до глубины 2 м. Такое явление может быть связано с различиями в механическом и агрегатном составе и другим характером растительности. По этим данным можно предполагать, что почвы больших падин отличаются

Таблица 5

Влажность солончаковатого солонца микроповышения, темноцветной почвы микропонижения и темноцветной почвы большой падины

(в % на сухую почву)

Глубина (см)	Солонец микроповышения	Темноцветная почва микропонижения	Солонец микроповышения	Темноцветная почва микропонижения	Глубина (см)	Темноцветная почва большой падины	
	Разр. № 1, 3/VII 1934	Разр. № 2, 4/VII 1934	Разр. № 122, 19/VII 1935	Разр. № 123, 19/VII 1935		Разр. № 6, 25/VI 1934	Разр. № 126, 8/IX 1935
0—5	9.8	20.2	4.9	21.7	0—5	7.3	24.8
5—10	7.8	19.9	12.5	19.0	10—20	15.1	—
10—20	8.1	9.7	8.4	11.0	30—40	14.6	9.8
20—30	10.5	9.0	8.3	10.0	40—50	14.5	—
30—40	11.7	9.8	11.6	10.5	60—70	14.2	8.5
40—50	11.6	9.1	10.6	9.5	80—90	12.4	9.9
50—60	12.1	9.0	11.0	8.9	100—110	11.0	12.9
60—70	13.7	8.0	12.6	11.5	120—130	12.6	13.4
70—80	12.4	9.6	12.8	11.1	140—150	13.6	15.8
80—90	14.5	9.8	12.2	12.8	160—170	13.4	—
90—100	15.3	12.4	12.9	14.0	180—190	13.2	14.5
100—110	16.8	12.9	13.8	14.5	200—210	14.8	15.5
110—120	—	13.7	16.4	15.0	220—230	14.8	17.3
120—130	17.3	15.4	15.5	15.7	240—250	16.4	17.4
130—140	16.7	17.1	17.4	15.9	260—270	18.3	17.1
140—150	16.9	16.5	15.9	17.2	280—290	19.8	—
150—160	16.8	16.4	16.1	16.8	300—310	18.4	18.3
160—170	16.9	16.5	16.3	16.9	320—330	19.2	20.7
170—180	—	—	17.1	16.3	340—350	21.5	20.0
180—190	18.3	15.0	18.4	17.1	360—370	19.9	22.4
190—200	17.0	16.2	19.1	17.9	380—390	22.6	20.7
200—210	16.7	17.2	17.1	18.1	400—410	21.8	—
210—220	18.0	17.2	17.8	18.7	420—430	20.6	—
220—230	17.4	16.9	18.7	18.2	440—450	21.3	19.5
240—250	17.9	17.3	17.0	17.1	460—470	21.3	19.5
280—290	17.8	—	18.3	18.6	480—490	22.1	22.5
330—340	16.0	16.7	18.7	18.2	490—500	26.3	22.5
390—400	16.9	17.4	17.8	19.1	—	—	—
440—450	16.8	17.9	19.5	22.5	—	—	—
480—490	18.8	22.9	21.1	24.4	—	—	—
530—540	19.9	21.2	23.4	23.1	—	—	—
550—560	—	24.7	—	25.3	—	—	—
590—600	23.0	—	—	—	—	—	—
Вода	5.80 м	5.65 м	5.20 м	4.80 м	—	5.00 м	4.80 м

более тяжелым механическим составом. Это было нами констатировано при полевом исследовании почв. Однако данными механического анализа мы, к сожалению, не располагаем.

С поверхности до 5 см почвы большой падины в течение лета иссушаются до 4—6%, а в слое 5—10 см до величины 8—9%.

Перейдем к рассмотрению профиля влажности почвы до грунтовой воды. В табл. 5 приведена влажность двух разрезов солончаковатого солонца (№ 1 и 122) и двух разрезов темноцветной почвы (№ 2 и 123). Разрезы № 1 и 2, 122 и 123 расположены парами на соседних элементах микрорельефа. Одновременное взятие образцов из сопряженных разрезов позволило сравнивать их влажность между собою.

В солончаковатых солонцах так же, как и по данным, приведенным выше, летнее иссушение ограничивалось солонцовым горизонтом. Под ним содержалось уже большее количество влаги, которое, как можно было видеть из систематических наблюдений, на протяжении лета оставалось довольно постоянным.

С глубины 110—130 см и до грунтовой воды влажность равнялась величине наименьшей влагоемкости.

Таким образом, профиль влажности солончаковатого солонца делится на три основные зоны: первая зона распространяется с поверхности до нижней границы солонцового горизонта, до глубины 30—50 см. Она отличается большими колебаниями влажности. При снеготаянии, благодаря плохой водопроницаемости солонцового горизонта, она увлажняется до величины, превышающей наименьшую влагоемкость, а в течение лета подвергается сильному иссушению. В верхней части этой зоны влажность периодически падает до гигроскопической влажности. Промачивание от снеготаяния ограничивается этой зоной.

Вторая зона, начинаясь в подсолонцовом горизонте, доходила до глубины 120—140 см. Она характеризовалась довольно постоянной влажностью 10—12% в верхней части и 12—14% в нижней.

Здесь поступление влаги из нижних горизонтов как бы уравновешивалось ее расходом. Содержание влаги в этой зоне, увеличиваясь книзу, достигало величины наименьшей влагоемкости, причем во всей зоне содержалось некоторое количество усвояемой подвижной влаги. Она расходовалась на десукцию, вызываемую проходящими через эту зону корнями, и на внутрипочвенное испарение. Общий расход, видимо, выражался в малых количествах, так как растительность здесь бедная, а испарению с поверхности в больших размерах препятствовал залегающий выше солонцовый уплотненный горизонт. Здесь, по нашему мнению, имеет место расход вследствие перегонки пара воды в глубокие горизонты. Условия для этого в летний период имеются (см. тепловой режим почв; 1940). Наличие такого процесса может подтверждаться скоплением водорастворимых солей в этой зоне — явление так называемого подсолонцового засоления (по В. А. Ковда).

Третья зона — зона транзитного передвижения влаги. Она была довольно мощной и распространялась со 120—140 см от поверхности до грунтовой воды, находящейся во время наблюдения в разрезе № 1 на глубине 5.8 м, а в разрезе № 122 на 5.2 м. Влажность всей этой толщи была равна величине наименьшей влагоемкости и на протяжении лета не меняется. Влага отсюда расходовалась на питание второй зоны и путем десукции заходящими сюда корнями *Kochia prostrata*. Питается эта зона грунтовыми водами.

Из сказанного нетрудно видеть, что вся почвенная толща ниже солонцового горизонта увлажняется влагой, поднимающейся от грунтовой воды. Лишь незначительная часть почвенной толщи (первая зона) питается за счет атмосферных осадков.

Совершенно иной профиль влажности имеют темноцветные почвы микропонижений (западин). В них, как видно из графиков, весной поступает большое количество влаги. Весь профиль почвы до грунтовой воды увлажняется до величины наименьшей влагоемкости. Но такое состояние увлажнения является кратковременным. Уже в июне увлажнение почвы принимает тот характер, который можно видеть по данным табл. 4. Верхняя часть почвенного профиля в пределах первого метра довольно быстро расходует влагу. Ниже влажность возрастает и достигает величины наименьшей влагоемкости.

Таблица 6

Влажность солончаковатого солонца микроповышения (в % на сухую почву). Площадка 1

Глубина (см)	1934 г.						1935 г.										
	27/IV	28/V	3/VII	3/VIII	4/IX	10/X	6/IV	4/V	15/V	15/VI	30/VI	17/VII	30/VII	15/VIII	30/VIII	17/IX	20/X
0—5	12.4	2.6	4.7	4.8	3.5	4.8	15.6	4.8	3.4	2.8	4.3	8.7	2.9	1.7	5.3	3.7	24.0
5—10	18.0	—	8.3	8.7	6.7	8.3	20.7	16.8	9.1	6.7	7.7	13.5	5.7	13.1	6.5	6.9	20.9
10—20	16.7	9.4	8.3	8.8	8.1	10.6	18.4	14.6	10.3	8.5	9.4	9.2	8.6	12.0	—	9.1	7.8
20—30	12.2	12.6	10.3	10.3	10.4	8.4	16.0	14.3	11.0	9.2	11.0	9.6	8.3	8.9	10.1	11.2	8.9
30—40	12.5	11.1	11.5	13.4	10.3	11.5	12.1	12.3	10.7	9.3	11.7	10.4	9.2	—	12.6	11.7	9.4
40—50	12.2	—	11.4	13.7	11.2	12.6	11.8	12.3	11.2	11.3	11.8	10.9	10.0	—	12.2	12.5	10.3
50—60	12.9	10.9	12.0	13.9	13.7	12.6	12.5	12.4	12.0	11.9	12.4	—	10.8	11.7	12.5	11.6	11.3
60—70	12.9	12.4	13.5	14.5	13.5	12.2	13.6	13.3	12.7	12.5	13.0	13.7	12.1	13.2	13.8	11.6	12.2
70—80	13.6	12.0	12.1	14.3	13.2	—	14.0	13.6	13.4	13.4	14.9	13.0	12.8	13.1	14.5	12.7	12.9
80—90	13.1	13.6	14.7	15.5	15.1	13.7	14.7	13.4	14.0	13.4	14.1	14.2	14.4	15.5	14.3	13.8	14.2
90—100	14.9	14.5	15.5	15.1	14.9	16.1	15.0	14.4	14.7	14.9	14.1	14.5	15.0	14.4	14.4	14.3	14.0
100—110	16.7	15.4	16.9	15.6	15.3	14.2	—	15.1	15.6	15.7	14.9	15.8	16.2	16.7	14.3	14.7	14.7
110—120	16.8	14.4	—	15.2	(14.0)	15.7	—	14.7	15.0	14.9	—	16.1	16.1	16.4	16.0	15.5	16.6
120—130	17.7	16.0	17.1	17.5	16.9	15.0	—	15.8	16.2	14.3	16.0	61.7	16.2	16.6	16.6	14.8	15.2
130—140	—	15.4	16.5	16.3	16.4	15.7	—	16.6	16.4	—	—	16.1	15.7	15.8	15.7	15.4	15.9
140—150	17.5	(14.9)	16.8	16.6	17.3	15.2	—	15.8	16.3	15.8	17.0	16.3	16.1	16.5	16.2	15.0	15.8
150—160	17.5	15.6	16.5	17.4	17.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160—170	—	16.7	16.8	18.4	17.3	17.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
170—180	18.3	16.1	—	18.2	17.6	18.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180—190	18.8	16.3	18.2	18.4	18.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
190—200	17.6	17.2	17.0	18.5	18.0	17.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 7

Влажность темноцветной почвы микропонижения (в % на сухую почву). Площадка 2

Глубина (см)	1934 г.						1935 г.										
	27/IV	28/V	3/VII	3/VIII	4/IX	10/X	6/IV	4/V	15/V	15/VI	30/VI	17/VII	30/VII	15/VIII	30/VIII	17/IX	2/X
0—5	32.3	9.4	9.1	10.5	5.6	18.1	51.7	23.0	7.3	4.7	9.1	30.6	7.7	5.7	5.8	9.2	40.8
5—10	25.6	9.1	12.3	11.2	7.6	11.8	33.3	18.0	15.7	8.8	10.4	18.7	9.8	9.0	7.9	11.0	25.3
10—20	23.7	11.5	13.2	11.6	8.9	9.0	32.5	23.0	17.2	9.4	10.1	10.6	9.8	9.8	9.2	10.8	9.8
20—30	20.8	11.7	11.1	10.4	9.6	9.4	26.3	23.5	17.4	8.8	10.6	11.1	9.6	9.9	9.2	10.0	9.4
30—40	21.4	12.7	—	12.5	9.7	9.4	24.9	21.0	21.1	9.7	—	10.2	10.4	9.7	9.5	10.4	9.6
40—50	18.4	—	12.9	12.1	9.9	10.3	24.4	19.5	18.6	11.6	11.3	11.2	9.9	—	9.5	10.2	10.5
50—60	18.4	11.0	11.3	—	9.8	9.5	25.4	19.3	18.1	12.2	11.7	(12.5)	9.4	9.6	9.5	9.5	(8.5)
60—70	17.5	11.5	11.1	11.7	9.0	10.1	22.1	18.1	17.7	12.8	10.8	(12.0)	10.2	10.4	9.4	9.8	9.4
70—80	16.2	11.1	10.6	(13.7)	9.3	(8.3)	22.0	18.1	16.4	(16.5)	12.7	(12.2)	9.9	10.3	10.0	9.2	9.2
80—90	16.2	—	11.8	(13.6)	10.0	9.0	24.4	19.2	17.3	13.8	13.6	13.2	12.8	12.3	10.6	9.4	8.7
90—100	15.2	12.9	—	(13.3)	10.7	—	24.7	20.4	17.9	14.0	14.1	14.2	12.7	13.1	11.2	11.1	9.0
100—110	15.4	12.3	12.4	(15.0)	12.2	9.7	—	17.2	17.3	14.4	—	14.7	13.6	13.4	12.7	12.7	12.2
110—120	15.4	13.3	12.7	(15.6)	11.8	8.9	—	18.0	—	14.5	—	14.5	13.8	14.1	14.4	—	13.2
120—130	15.0	13.8	13.1	(15.8)	12.9	12.0	—	17.7	18.2	15.8	—	14.4	14.4	14.8	14.9	15.5	13.6
130—140	15.5	—	—	(16.4)	12.6	12.5	—	16.4	16.1	15.2	—	15.6	14.3	15.8	15.2	16.0	15.2
140—150	15.5	15.3	15.9	15.8	13.5	12.7	—	17.8	17.5	14.8	—	15.4	14.9	16.4	15.3	15.5	14.7
150—160	14.5	14.8	—	15.5	13.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160—170	14.3	—	15.9	15.7	14.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
170—180	14.0	15.3	15.5	14.9	14.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180—190	—	15.4	15.2	16.0	15.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
190—200	14.1	15.5	15.8	16.3	16.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 8

Влажность солончаковатого солонца микроповышения (в % на сухую почву). Площадка 3

Глубина (см)	1934 г.						1935 г.					
	11/V	12/VI	12/VII	12/VIII	12/IX	13/X	10/IV	10/V	9/VI	9/VIII	14/IX	8/X
0—5	7.0	10.7	2.3	6.1	9.1	10.5	7.8	11.4	3.3	3.9	6.5	14.1
5—10	11.5	11.2	7.3	8.1	7.4	6.7	13.5	12.9	6.7	5.7	6.0	12.8
10—20	19.6	13.8	10.7	7.8	8.0	9.0	16.7	14.1	7.5	7.8	7.3	12.9
20—30	20.1	12.5	13.9	11.5	11.0	10.8	14.5	14.1	10.6	10.5	10.2	9.9
30—40	15.6	12.6	13.1	—	12.2	12.7	11.9	13.4	—	10.9	10.4	11.6
40—50	13.6	12.9	13.0	12.1	12.0	11.0	11.5	12.9	12.0	11.9	11.0	11.2
50—60	11.8	13.2	—	11.6	11.5	11.6	13.3	13.2	11.7	13.5	11.7	11.1
60—70	11.3	12.4	12.4	12.0	—	12.1	11.2	12.2	—	12.7	12.4	11.0
70—80	11.9	12.4	12.3	12.6	12.7	12.8	13.8	13.0	11.8	—	11.5	11.4
80—90	12.0	—	12.5	13.7	12.6	13.5	12.6	13.7	11.7	11.5	12.6	11.3
90—100	12.4	13.2	12.4	12.8	(16.3)	—	13.2	—	11.6	11.2	11.3	—
100—110	15.7	—	16.0	16.0	16.1	(13.7)	—	16.0	16.5	16.4	13.9	13.7
110—120	19.0	18.1	16.3	16.9	18.2	16.3	—	17.8	—	15.7	16.3	(14.5)
120—130	19.3	19.3	17.9	17.3	19.4	16.4	—	19.3	19.0	17.2	17.6	(14.2)
130—140	18.7	19.5	18.2	(16.4)	19.0	—	—	17.8	18.2	—	18.1	(14.9)
140—150	17.6	19.2	—	18.3	17.5	18.2	—	18.4	18.0	17.4	18.1	(15.4)
150—160	17.3	17.3	18.6	16.6	—	18.0	—	(16.9)	—	16.2	17.9	16.2
160—170	18.0	18.1	18.8	17.0	18.0	(16.8)	—	18.2	18.4	17.4	18.5	16.0
170—180	18.2	18.3	18.6	—	19.2	18.9	—	16.7	—	—	—	18.3
180—190	17.6	18.2	17.0	18.3	19.6	—	—	20.2	21.2	17.5	18.3	—
190—200	16.7	18.3	—	18.1	17.6	17.0	—	17.8	—	18.3	18.0	19.0

Профиль влажности темноцветной почвы делится, таким образом, на две основные зоны. Первая зона переменного увлажнения распространяется до глубины 80—100 см и характеризуется увлажнением в весенний период до величины наименьшей влагоемкости и летним иссушением до влажности, равной 9—10% от веса сухой почвы. Толща почвы, отвечающая этой зоне, вмещает основную массу корней растений, и влага из нее расходуется преимущественно путем десукции.

Величина влажности верхней части этой зоны (до 10 см от поверхности) летом, периодически, падает до 4—5%, что лишь ненамного превышает величины гигроскопической влажности. Книзу от нижней границы первой зоны влажность постепенно увеличивается и на глубине 150—200 см достигает величины наименьшей влагоемкости. С этой глубины начинается зона капиллярного увлажнения от грунтовой воды, имеющая мощность около 2.5—3.0 м. В глубоких почвенных разрезах верхняя граница этой зоны отчетливо прослеживается визуально. В нижней ее части влажность выше, чем во всей зоне, и достигает величины 21—22% (см. табл. 5).

Профиль влажности темноцветной почвы большой падины в основных чертах аналогичен профилю почв микропонижений. Разница заключается в большей неравномерности увлажнения этих почв по годам. В некоторые годы количество поступающей в них влаги недостаточно для сплошного промачивания почвенно-грунтовой толщи.

В многоводные же годы на поверхности больших падин образуются временные скопления воды, что имело место, например, в 1936 г., когда образовавшееся озерко просуществовало несколько дней. В исключительно многоводные весны, по рассказам местного населения, центральные

Таблица 9

Влажность темноцветной почвы микропонижения (в % на сухую почву). Площадка 4

Глубина (см)	1934 г.						1935 г.					
	11/V	12/VI	12/VII	12/VIII	12/IX	13/X	10/IV	10/V	9/VI	9/VIII	14/IX	8/X
0—5	7.7	27.6	5.0	7.7	15.9	—	36.9	17.3	—	7.8	11.4	15.1
5—10	—	20.4	10.4	12.7	7.0	11.7	28.8	18.5	9.4	11.9	8.0	22.1
10—20	17.5	13.2	8.7	—	8.5	12.0	26.3	19.5	9.0	9.3	10.1	17.3
20—30	17.2	13.4	9.1	9.0	9.2	9.1	26.4	19.7	11.9	9.4	9.4	9.9
30—40	17.3	12.1	10.1	9.5	8.6	8.6	24.4	18.6	12.9	10.1	9.9	8.6
40—50	17.5	14.8	9.2	8.8	8.7	10.2	23.8	18.2	12.2	10.6	10.0	8.0
50—60	18.7	13.8	8.4	9.9	9.2	9.8	23.5	17.0	13.1	—	8.2	8.6
60—70	17.0	14.6	8.9	9.6	9.3	9.2	23.6	17.1	14.8	9.5	—	7.6
70—80	—	15.1	8.7	—	8.1	8.1	(19.6)	17.9	16.2	9.9	8.8	—
80—90	19·9	13.1	9.6	8.6	9.1	8.6	24.3	18.6	15.4	12.2	8.9	8.3
90—100	17.0	14.6	10.5	10.2	9.9	—	23:2	18.9	14.3	13.5	11.2	8.9
100—110	16.9	14.3	12.2	11.8	10.0	10.2	—	20.0	16.4	14.3	13.6	9.6
110—120	17.7	15.1	13.1	12.7	11.4	—	—	21.6	—	16.9	13.7	10.7
120—130	—	14.7	12.6	14.6	10.2	11.8	—	21.5	17.7	17.1	16.7	—
130—140	18.2	15.3	13.8	15.4	12.9	13.2	—	20.0	16.2	16.8	(19.0)	14.3
140—150	18.0	15.9	13.9	15.5	13.4	14.7	—	19.9	16.4	18.2	18.3	13.8
150—160	15.7	15.1	15.3	16.2	14.4	14.4	—	19.7	15.1	18.7	18.9	14.8
160—170	16.1	15.4	14.4	16.9	14.4	14.6	—	18.0	14.6	14.6	16.4	—
170—180	15.7	16.4	14.1	16.3	15.3	16.8	—	17.8	—	15.2	—	13.4
180—190	15.1	16.4	14.9	16.2	—	17.4	—	17.5	16.3	15.9	18.5	13.7
190—200	16.3	16.9	15.4	15.7	15.9	16.3	—	18.2	16.6	16.3	18.1	12.4

участки больших падин оставались под водой до середины лета, что чаще имело место в лиманах с большой водосборной площадью. В годы средние по величине весеннего увлажнения профиль влажности имеет тот же характер, что и в почвах микропонижений, с той лишь разницей, что летнее иссушение распространяется на большую глубину и первая зона имеет более высокую влажность в период иссушения, что показано нами при рассмотрении сезонного изменения влажности почвы.

Из сказанного можно видеть, что как темноцветные почвы микропонижений, так и темноцветные почвы больших падин, периодически увлажняющиеся сплошь до величины наименьшей влагоемкости, имеют тот же механизм движения влаги, что и почвы, имеющие капиллярно-подвешенное увлажнение; этот механизм описан нами выше, при рассмотрении водного режима почв других районов. Передвижение капиллярной влаги в верхней части профиля, вызываемое испарением с поверхности и расходом влаги на десукцию и в условиях временно сплошного капиллярного увлажнения, происходит также лишь до определенного предела влажности и ограничивается определенной глубиной.

Образующийся в этих почвах с поверхности иссушенный слой, после прекращения движения влаги в верхней зоне, увеличивается в своей мощности. В нем, как мы уже говорили, иссушение достигает величины меньшей влажности завядания. К этому же времени (прекращения движения влаги) приурочивается и окончание вегетации большей части растительности.

Таблица 10

Влажность темноцветной почвы Большой падины

(в % на сухую почву)

Глубина (см)	1934 г.					1935 г.							
	27/VI	27/VII	26/VIII	26/IX	18/X	6/IV	16/V	15/VI	17/VII	30/VII	30/VIII	18/IX	3/X
0—5	36.8	4.5	3.5	3.9	9.4	24.1	6.5	5.9	18.4	7.8	5.2	4.7	30.6
5—10	16.3	9.3	9.9	8.5	10.2	24.6	15.4	12.3	16.6	12.1	10.2	9.2	27.4
10—20	17.1	11.9	9.7	10.1	10.3	27.3	17.8	10.9	11.5	10.3	8.7	9.5	27.2
20—30	11.6	11.7	11.4	10.2	10.8	21.2	19.8	11.6	11.3	11.2	8.6	9.9	13.9
30—40	13.4	11.6	12.0	12.7	11.3	21.0	18.2	12.8	10.1	12.8	10.7	10.2	10.5
40—50	14.1	11.8	10.0	11.5	11.6	18.1	16.7	13.0	11.0	11.6	10.6	10.0	10.2
50—60	13.0	12.4	11.7	(9.1)	—	18.1	16.1	14.1	11.7	10.2	11.5	10.0	10.8
60—70	15.0	(15.6)	11.9	10.4	(9.2)	18.7	17.8	14.1	11.6	11.0	12.8	10.9	11.8
70—80	15.1	—	10.9	10.9	10.4	20.0	18.3	15.0	(10.5)	(12.6)	12.8	11.9	11.2
80—90	14.8	11.3	—	(9.4)	—	20.9	17.9	13.1	11.0	10.8	10.9	10.3	10.4
90—100	14.9	11.8	10.0	10.2	—	20.5	17.5	13.4	—	10.8	10.5	—	11.3
100—110	17.5	12.8	11.6	11.7	11.8	20.6	19.8	13.4	12.1	12.8	12.3	11.5	12.0
110—120	17.8	12.6	11.4	11.3	(12.5)	—	(16.9)	11.9	11.5	—	10.8	—	12.2
120—130	18.2	12.0	11.0	10.3	11.7	18.7	18.1	12.1	11.0	10.9	—	11.3	11.2
130—140	18.7	11.1	10.4	11.1	11.6	18.4	17.8	12.8	10.0	11.9	10.3	11.4	10.8
140—150	18.1	12.7	10.8	11.4	11.3	18.0	15.7	13.2	10.6	12.3	11.2	10.9	11.6
150—160	17.4	11.2	10.3	11.3	11.5	—	—	—	—	—	—	—	—
160—170	17.5	11.7	10.7	11.1	11.1	—	—	—	—	—	—	—	—
170—180	—	11.6	11.3	13.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180—190	16.4	11.2	11.5	13.7	12.5	—	—	—	—	—	—	—	—
190—200	16.4	14.1	12.8	13.7	12.9	—	—	—	—	—	—	—	—

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги сказанному, мы видим, что водный режим описанных почв относится к двум типам: промывному (пермацидному) в отрицательных элементах рельефа и микрорельефа с луговыми темноцветными почвами и выпотному (эксудационному) на положительных элементах микрорельефа, занятых солончаковатыми солонцами.

Первый — промывной тип характеризуется тем, что количество воды, поступающей в почву, превышает количество воды, возвращающейся обратно в атмосферу через испарение и десукцию растительностью, и тем, что между влагой, находящейся в поверхностных слоях почвы, и грунтовой водой устанавливается временная или постоянная капиллярная связь. В данном случае мы имеем дело с периодическим (после снеготаяния) капиллярным увлажнением всей толщи почвы от поверхности до грунтовой воды.

Выпотной тип характеризуется близким залеганием грунтовых вод от поверхности и преобладанием расхода влаги на испарение и десукцию над количеством влаги, поступающей в почву от атмосферных осадков. Разница между приходом и расходом пополняется за счет влаги, поступающей в почву из грунтовой воды.

Специфической особенностью водного режима описываемых солончаковатых солонцов является то, что влага, поднимающаяся с глубины 5—6 м от поверхности, не доходит до поверхности почвы, а расходуется на некоторой глубине от поверхности — под солонцовым горизонтом. Последний препятствует даже периодическому ее поднятию выше. Таким образом, в этих условиях мы имеем совмещение двух типов водного режима в одной почве. Верхняя часть профиля почвы обладает импермацидным режимом, а нижняя, большая часть,— эксудационным.

Перейдем к рассмотрению механизма движения влаги в почве при каждом типе водного режима отдельно.

При промывном типе в условиях Каспийской низменности, весной, благодаря смыканию капиллярно-подпертой влаги с капиллярно-подвешенной, происходит сквозное промачивание всей толщи почв до грунтовой воды. В этих условиях, при наступлении периода вегетации растительности и при усиленном испарении с поверхности почвы, создается градиент влажности, вызывающий восходящее движение влаги. Как известно, высота капиллярного поднятия в условиях подпитывания влагой снизу зависит, главным образом, от механического и агрегатного состава почвы. В описываемых темноцветных почвах Каспийской низменности указанная высота, т. е. мощность капиллярной каймы, достигает 2.5—3.0 м. А так как грунтовые воды залегают на глубине 5—6 м, то сплошное капиллярное увлажнение всего профиля почв — явление временное. Как только верхняя часть профиля начнет терять влагу вследствие испарения и десукции, так сейчас же в почвенной толще создается градиент влажности, который вызывает восходящее передвижение влаги. Последнее будет происходить до тех пор, пока влажность почвы не упадет до величины влажности разрыва капилляров, после чего начнется энергичное высыхание почвы сверху.

Понятно, что совершенно по-другому будет происходить расход влаги при более высоком положении уровня грунтовых вод, где их капиллярное поднятие достигает поверхности. В этом случае создается выпотной (эксудационный) тип водного режима.

Этот тип в своем «чистом», так сказать, виде имеет место при более высоком уровне грунтовых вод, чем в описываемых солончаковатых солонцах. В таких случаях верхняя граница капиллярной каймы подходит периодически к самой поверхности почвы. В этом случае происходит засоление почв, что мы наблюдали в Каспийской низменности в сорах, в прибрежной части соленых озер (оз. Эльтон) и на днищах высохших озер, о которых мы говорили выше.

На наших наблюдательных площадках происходит образование солончаковатых солонцов, в которых, как мы говорили выше, имеет место совмещение импермацидного и эксудационного режимов.

Образовавшийся в этих почвах солонцовый горизонт защищает нижележащие слои почвы от испарения так же, как и от поступления влаги с поверхности. Испарение влаги, поднимающейся от грунтовой воды, происходит на некоторой глубине от поверхности под солонцовым горизонтом, где и наблюдается так называемое подсолонцовое засоление.

Верхняя часть почвенного профиля, включающая солонцовый горизонт, находится в условиях непромывного водного режима с соответствующим ему механизмом движения влаги. Сквозь солонцовый горизонт влага атмосферных осадков если и проникает, то в небольших количествах. Проникновение ее может происходить по быстро смыкающимся при увлажнении солонцового горизонта трещинам. Практически можно считать, что поступление влаги в толщу, находящуюся под солонцовым горизонтом, происходит лишь за счет поднятия ее снизу. Высота последнего в данном случае достигает величины 4.5—5 м от зеркала грунтовой воды. В верхней части этой толщи наблюдается постепенное увеличение влажности с глубиной. На глубине 120—140 см от поверхности влажность достигает

величины наименьшей влагоемкости. Увлажнение всей толщи идет за счет пленочного и капиллярного поднятия воды. Расход из нее, видимо, происходит за счет передвижения влаги вниз в парообразном состоянии. Такое движение может иметь место благодаря различию упругости паров, при имеющемся здесь в течение лета довольно высоком температурном градиенте, исчезающем осенью и принимающем в зимнее время несравненно меньшую величину обратного значения.

Движение влаги в почве в парообразной форме в солончаковатых солонцах выражено слабо, но все же, видимо, имеет большее значение, чем испарение в атмосферу. Последнему препятствует солонцовый горизонт.

При распашке, вследствие вовлечения в пахотный слой солонцового горизонта и благодаря наличию на небольшой глубине карбонатов и сульфатов кальция, происходит самомелиорация (самогипсование) с изменением водного режима и процесса почвообразования в целом.

Вторым элементом расхода из этой толщи почвы является десукция. Но бедная ксерофитная растительность солонцов при незначительной густоте (покрытость 30—40% поверхности почвы) расходует сравнительно мало влаги. Кроме того, влага этой толщи отличается высокой концентрацией солей. Корни большей части произрастающих здесь растений проходят значительно глубже, до грунтовой воды, где концентрация солей благодаря отсутствию испарения меньше.

Вторая часть описываемой толщи (зона транзита влаги) имеет постоянную увлажненность, равную величине наименьшей влагоемкости. Питание ее происходит из грунтовых вод.

Так нам представляется механизм расхода влаги в описываемых условиях, при выпотном (эксудационном) типе водного режима.

Характер водного режима почв тесно связан с условиями вегетации растительности. Уменьшение влажности почвы до величины влажности разрыва капилляров как при непромывном, так и при промывном типе водного режима действует на растительность угнетающе, сокращает срок ее вегетации и уменьшает прирост растительной массы. Такое явление становится понятным при учете того, что подвижная влага способна приближаться к сосущей ее корневой системе. Неподвижная же влага может быть усвоена лишь на месте проникающими к ней корнями. В последнем случае растения, с большим трудом усваивая влагу, не могут удовлетворить свою потребность в ней.

При прекращении движения влаги снизу, в верхней части почвенной толщи начинает быстро создаваться горизонт иссушения с влажностью, равной влажности завядания или даже меньше ее. Когда такое иссушение захватит горизонт максимального распространения корней (20—30 см), наступает завядание растений с быстрым их пожелтением, что нами и наблюдалось как для растительности целинных степей на мощных черноземах, так и для растительности понижений Каспийской низменности.

В этом отношении наши выводы находят подтверждение в работах других исследователей. Так, например, С. Н. Рыжов в своей диссертационной работе «Орошение хлопчатника в Ферганской долине» (1948), независимо от наших исследований, пришел к заключению, что установление сроков и норм полива по величине влажности завядания (что делается до настоящего времени) сопровождается угнетением растений (хлопка) в предполивной период, что впоследствии сильно отражается на величине урожая. Его наблюдения за развитием хлопчатника, специальные полевые исследования и данные определения сосущей силы (по Секера) привели к тому, что за исходную величину определения сроков и норм

полива необходимо брать величину большую, чем влажность завядания. Он экспериментально подошел к величине, занимающей среднее положение между влажностью завядания и величиной наименьшей влагоемкости, равной примерно 70% от величины последней.

Нетрудно видеть, что эта величина близка к той величине влажности разрыва капилляров, при которой прекращается движение влаги по капиллярам. Мы отмечали, что наступление такого состояния влажности почвы сопровождается понижением жизнедеятельности растений, прогрессирующим по мере приближения влажности верхних почвенных горизонтов к влажности завядания.

Выражение наших данных влажности почвы в процентах от величины наименьшей влагоемкости (частично приведенное в предыдущей работе) показывает, что потеря способности передвижения влаги в жидком виде посредством капилляров происходит при 60—70% от величины наименьшей влагоемкости. Эту самую величину нашел в результате своих исследований и С. Н. Рыжов.

Исходя из этого, становится понятным, что при установлении сроков и норм полива по этой величине хлопчатник развивается лучше и дает значительно более высокий урожай.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что полив необходимо производить в тот момент, когда влажность почвы упадет до величины влажности разрыва капилляров. В противном случае рост растений будет замедлен. Исходя из этого и следует рассчитывать сроки и нормы поливов.

На основе данных изучения водного режима почв описываемого района Каспийской низменности можно наметить основные пути освоения, в большей части неиспользованной территории.

Лучшими почвами в районе, как можно было видеть, являются луговые темноцветные почвы больших падин. Они представляют основной фонд пахотных земель.

Введение травопольной системы земледелия с применением комплекса мероприятий, предусмотренных в постановлении Совета министров СССР и ЦК ВКП(б) о полезащитном лесоразведении, поставит сельское хозяйство на путь непрерывного повышения плодородия почв. При проведении в жизнь сталинского плана преобразования природы необходимо учитывать некоторые особенности физико-географических условий данного района. В частности, при создании лесных полос необходимо не забывать, что большие падины пользуются дополнительным увлажнением за счет стока с окружающих пространств, главным образом, при снеготаянии. Окольцевание падин лесными полосами даст отрицательный результат. Полосы, задерживая поверхностный сток, лишат почвы дополнительного увлажнения, что при малом количестве осадков сильно отразится на их плодородии.

Лесные полосы должны располагаться лишь в направлении, преграждающем суховеи, дующие с юго-востока и с востока. При больших размерах падин, кроме полосы, окаймляющей с восточной четверти, применимы полосы такого же направления, пересекающие падины.

Большая часть земельной площади с комплексным почвенным покровом, состоящим из темноцветных почв микропонижений и солончаковатых солонцов микроповышений, не обрабатывается, а используется под выпас и лишь частично под сенокошение. Тем не менее могут быть разработаны пути освоения большей части и этих территорий под пашню.

Темноцветные почвы микропонижений по своим условиям близки к почвам больших падин, но не могут быть использованы по причине

малых размеров их пятен. Солончаковатые же солонцы при освоении требуют применения коренной мелиорации, сущность которой должна сводиться к улучшению физических свойств почвы путем разрушения солонцового горизонта, препятствующего проникновению в почву влаги и тем самым тормозящего и процесс рассоления.

Нейтрализация влияния уплотненного солонцового горизонта может быть проведена путем использования залегающего на небольшой глубине (30—35 см) от поверхности почвенного гипса (самогипсование). Мероприятие коренной мелиорации должно сводиться к следующему: 1) распашка почв под зябь специальным плугом с предплужником на глубину 35—40 см; 2) искусственное снегозадержание; 3) высев многолетних трав (люцерны) и 4) закладка древесно-кустарниковых полос, вначале из солевыносливых пород типа тамариксов на солонцах, клена ясенелистного, яблони, лоха, акаций и ив на темноцветных почвах с последующей заменой долговечными древесными породами.

Через 4—5 лет мелиорируемые площади могут быть включены в общий травопольный севооборот хозяйства.

В некоторых случаях, где почвенный гипс залегает глубоко от поверхности, потребуется дополнительное его внесение (гипсование).

ЛИТЕРАТУРА

Барбот де Марни. Калмыцкая степь Астраханской губ. 1868.

Бессонов А. И. и Неуструев С. С. Мат. оценки земель Самарской губ., т. III. Новоузенский уезд. 1909.

Богдан В. С. Отчет Валуйской с.-х. опытной станции. 1900.

Большаков А. Ф. и Боровский В. М. Почвы и микрорельеф Каспийской низменности. Сб. «Солонцы Заволжья», 1937.

Большаков А. Ф. О режиме хлоридов и сульфатов почв Каспийской низменности. Тр. Комисс. по ирриг. АН СССР, сб. 10, 1937.

Большаков А. Ф. О тепловом режиме почв. Пробл. сов. почвовед., сб. 10, 1940.

Большаков А. Ф. О формах движения влаги в почвах. Почвоведение, № 7, 1946.

Виленский Д. Г. Засоленные почвы, их происхождение, состав и способы улучшения. 1924.

Герасимов Ин. П. и Иванова Е. Н. О географических типах солевого баланса и формах солеобмена в коре выветривания. Пробл. физич. геогр., в. III, 1936.

Димо Н. А. и Келлер Б. А. В области полупустынь. 1907.

Докучаев В. В. Русский чернозем. 1883.

Иозефович Л. Н. К вопросу о происхождении микрорельефа и комплексности сухих степей. 1929.

Ковда В. А. Солончаки и солонцы. 1937.

Ковда В. А. О мелиорации солонцов Каспийской низменности методом плантажа. Пробл. сов. почвовед., сб. 6, 1938.

Мушкетов И. Геологическое исследование в Калмыцкой степи. Тр. Геол. ком., 1895.

Рыжов С. Н. Орошение хлопчатника в Ферганской долине. Ташкент, 1948.

Танфильев Г. И. География России, Украины и примыкающей к ним с запада территории, ч. II, в. 1, 1922.

Тутковский П. Ископаемые пустыни северного полушария. Прилож. к журн. «Земледелие», 1909.

Шварцева А. М. Эволюция растительного покрова темноцветных западин в двухчленном комплексе. Сов. бот., № 2, 1939.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
1950. ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА им. В. В. ДОКУЧАЕВА. Том XXXII

А. А. РОДЕ

К ВОПРОСУ О ПРИРОДЕ СИЛ, УДЕРЖИВАЮЩИХ В ПОЧВЕ «КАПИЛЛЯРНО-ПОДВЕШЕННУЮ» ВЛАГУ

Накопление и сбережение влаги в почвах степных областей происходит по преимуществу в форме так называемой «капиллярно-подвешенной» влаги. Успешное и рациональное использование этой влаги для сельскохозяйственных растений и для полезащитных лесных полос должно быть основано на правильном представлении о природе этой влаги и удерживающих ее сил. Между тем по этому вопросу существуют весьма различные точки зрения. А. Ф. Лебедев в своих последних трудах (1936) считал, что в степных почвах и грунтах влага более или менее длительно может удерживаться лишь в пленочной форме. Другие авторы, как, например, С. И. Долгов (1943) считают, что главную роль в этом случае играют капиллярные силы.

При этом следует отметить, что вопрос обычно решается в общей форме, безотносительно к механическому составу почвы или породы, что, как нам кажется, нельзя считать правильным.

Настоящая статья имеет свой целью установить основные явления, объединяемые под термином «капиллярно-подвешенная» влага, и, по мере возможности, объяснить природу удержания влаги в этих основных случаях.

Самый термин «капиллярно-подвешенная» влага ведет свое начало, видимо, от Лебедева, который еще в 1911 г., говоря о водном режиме южных почв и грунтов, указывал, что «в условиях же нашего юга, где имеется так наз. мертвый горизонт, вода верхних горизонтов почвы также висит в капиллярах, так как не имеет связи с грунтовой водой...» (1912).

Позднее Лебедев применил термин «подвешенная вода» к тому случаю, когда капиллярная вода удерживается на границе раздела грунт — воздух (1936, стр. 131).

Н. А. Качинский (1934), рассматривая условия равновесия капиллярной воды в почве, различает влагу капиллярно-подпертую, «...когда она подается в почву по капиллярам от водоема снизу...», и влагу капиллярно-подвешенную, при подаче влаги сверху. При этом Качинский поясняет, что «в полном смысле слова мы будем иметь капиллярно-подвешенную воду, когда насыщается водою почва с укрупняющимся книзу механическим составом» (1934, стр. 10).

Не останавливаясь на других работах, укажем, что можно различать, повидимому, следующие случаи равновесного состояния влаги в мелко-

частичных средах, к которым применялся термин «капиллярно-подвешенная влага».

1. Удержание влаги над нижней поверхностью промоченного насквозь грунта (независимо от его механического состава) на границе раздела грунт — воздух. Влажность имеет наибольшую величину в нижней части промоченной толщи, а кверху уменьшается. Этот случай иллюстрируется опытами Лебедева № 47, 48, 49 и след. (1936, стр. 126 и след.). В природе этот случай осуществляется при наличии в грунте пустот, крупных трещин более или менее горизонтального направления и т. д.

2. Удержание влаги над нижней границей промоченного насквозь тонкозернистого грунта при подстилании его крупнозернистым. Влажность в пределах слоя мелкозернистого грунта имеет наибольшую величину тоже в нижней его части, а кверху уменьшается. Этот случай иллюстрируется опытами Лебедева № 62, 63 и 64 (1936, стр. 149 и след.). В природе этот случай осуществляется, когда порода, более тяжелая по механическому составу, подстилается породой более легкой.

3. Удержание влаги в верхнем слое однородного, относительно крупнозернистого (песчаного) грунта при условии отсутствия сквозного промачивания и при воздушно-сухом исходном состоянии грунта. Влажность является более или менее одинаковой во всей промоченной толще и при этом близкой к величине полной водовместимости. Этот случай иллюстрируется опытами А. И. Иванова (1930, стр. 21 и 22) и Васильева (1949, стр. 187—188). Характерной чертой этого случая является тот факт, что и толщина промоченного слоя и общее количество удержанной воды имеют определенный предел, при превышении которого почти вся удерживавшаяся ранее влага быстро стекает в нижние слои грунта. В природе этот случай может осуществляться в песчаных грунтах при увлажнении их не слишком сильным дождем, после более или менее длительного сухого периода.

4. Удержание влаги в толще относительно крупнозернистого (песчаного) грунта, после стекания избытка влаги. Влажность является одинаковой во всей промоченной толще и при этом низкой, порядка 2—4%. Этот случай иллюстрируется опытами Лебедева № 49, 50 и др. (1936, стр. 128, 129; табл. 67, 68).

5. Удержание влаги в верхнем слое однородного мелкозернистого (суглинистого или глинистого) грунта, при условии отсутствия сквозного (до грунтовой воды) промачивания и невысокой (меньшей, чем «полевая» или «наименьшая» влагоемкость) влажности слоев грунта, подстилающих промоченный слой. Влажность является более или менее однородной и равной «полевой» или «наименьшей» влагоемкости в пределах промоченного слоя, быстро уменьшаясь до первоначальной величины на его нижней границе. Этот случай иллюстрируется опытами многих авторов, например опытами Иванова (1930, стр. 9 и след.).

6. Удержание влаги в почве суглинистого или глинистого механического состава, обладающей хорошо выраженной макроструктурой (зернистой или комковатой). Влажность в такой почве, равная полевой влагоемкости, обычно равномерно уменьшается сверху вниз в пределах гумусового горизонта, с укрупнением структуры и увеличением объемного веса и уменьшением рыхлости. Этот случай иллюстрируется многочисленными определениями «полевой» влагоемкости в черноземах.

Переходим к вопросу о природе сил, удерживающих влагу в этих шести случаях. Можно утверждать, повидимому, с полной уверенностью, что в первых трех случаях механизм удержания является чисто капиллярным, т. е., что влага во всех этих случаях удерживается разностью поверхностных давлений, создаваемой теми менисками, из которых состоят нижняя и верхняя поверхности соответствующих капиллярно-подвешенных водных тел. Это не исключает того, что некоторая доля влаги во всех трех случаях является связанной, т. е. удерживается силами молекулярного притяжения. Разница между первыми тремя случаями заключается лишь в том, что в первом случае нижняя граница водного тела совпадает с нижней границей грунта, во втором же и третьем она проходит внутри грунта, неоднородного во втором и однородного в третьем. Никаких принципиальных различий между этими тремя случаями нет, и капиллярный механизм действует так, как это было разъяснено Лебедевым (1936, стр. 130 и след.). Равновесие влаги во всех этих случаях определяется равенством между гидростатическим давлением, присущим капиллярно-подвешенному водному телу, с одной стороны, и разностью поверхностных давлений нижних и верхних менисков — с другой.

Беря в качестве модели жаменовский капилляр, мы можем схематически представить удержание влаги в третьем случае так, как это изображено на фиг. 1,*а*.

В четвертом случае влага удерживается также капиллярными силами. Но если в первых трех случаях образуется сплошь связанное водное тело, то в четвертом случае влага содержится в почве в форме водяных колец («манжет»), образующихся вокруг точек контакта почвенных частиц между собой. Эти отдельные кольца между собой капиллярно не связаны. Такую влагу принято называть стыковой.

Механизм удержания влаги в пятом случае нам представляется несколько иным. На первый взгляд этот случай может показаться аналогичным случаю третьему. Однако между ними имеется существенная разница. Она заключается в том, что в песчаном грунте, как уже сказано, капиллярно-подвешенная влага может удерживаться лишь при условии сухости (примерно воздушно-сухого состояния) нижних слоев грунта. Кроме того, малейшее превышение предельной величины водоудерживающей способности ведет к немедленному сбросу почти всего удерживавшегося количества воды.

В суглинистых и глинистых почвах и грунтах таких явлений не наблюдается. Исходная сухость грунтовой толщи не является условием, необходимым для создания в ней слоя подвешенной воды; толщина промоченного и доведенного до «полевой» влагоемкости слоя грунта является, повидимому, неограниченной. Любое количество влаги, поступившей на поверхность грунта, в этих случаях лишь увеличивает мощность промоченного слоя, в то время как содержание удержанной воды во всех его частях (при условии однородности грунта) остается постоянным.

Можно ли и в этом случае считать, что вода удерживается вследствие того, что давление водного тела уравновешивается разностью поверхностных давлений нижних и верхних менисков? Нам кажется, что нет.

Эта разность должна была бы иметь конечную величину, которой определилось бы предельное количество воды, способное удержаться в капиллярно-подвешенном состоянии.

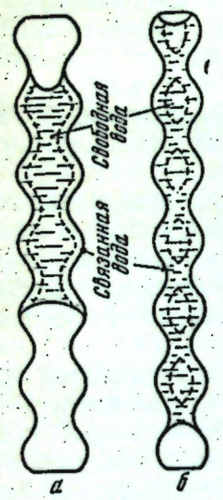
Поясним, что говоря о «предельном количестве» воды, мы имеем в виду не процентное ее содержание, а развиваемое ею гидростатическое давление, т. е. вес столба воды, приходящегося на единицу площади.

А так как такой «предельности», как мы только что указывали, в природе не наблюдается, то из этого можно сделать вывод, что механизм удержания в этом случае имеет иную природу.

Для выяснения этой природы можно применить некоторые представления, впервые высказанные, повидимому, Франциссоном (1947), хотя он

сам относил эти представления к состоянию влаги в почве при влажности завядания.

В той пространственной сетке водяных «нитей», из которых состоит водное тело, имеются участки (соответствующие наиболее узким местам почвенных пор), в которых вся влага находится под влиянием сил молекулярного притяжения, исходящих от почвенных частиц, т. е. является пленочной или связанной влагой. Иными словами, в этих водяных нитях имеются как бы «пленочные пробки». Если в качестве модели взять жаменовский капилляр (фиг. 1, *б*), то можно себе представить, что в сужениях такого капилляра имеется только пленочная влага, в то время как в расширенных участках та или иная часть влаги находится вне влияния сил молекулярного притяжения. Очевидно, что при этом каждая «пленочная пробка», находящаяся в суженной части капилляра, должна удержать от стекания лишь то сравнительно небольшое количество влаги, которое находится в ближайшем вышележащем расширении капилляра. Сила, требующаяся на это, весьма невелика и может обеспечиваться даже «рыхло-связанной» водой.



Фиг. 1.

Если такое представление является правильным, то такую влагу уже нельзя называть «капиллярно-подвешенной». Для нее можно предложить термин «пленочно-подвешенная».

Эта гипотеза, таким образом, устанавливает качественное отличие между собственно-«капиллярно-подвешенной» влагой, которая может возникать в грунтах крупнозернистых, и «пленочно-подвешенной» влагой, которая может возникать в грунтах тонкозернистых. Одновременно устанавливается качественное различие и между этими двумя категориями грунтов.

Граница размера зерен, из которых должны состоять грунты этих двух категорий, при условии их монодисперсности, лежит по некоторым данным между 0.01 и 0.001 мм, ближе, вероятно, к первой величине.

В подкрепление нашей гипотезы рассмотрим некоторые факты, относящиеся преимущественно к лёссам и лёссовидным наносам юга и юго-востока Европейской части СССР. Обратимся прежде всего к величине наименьшей («полевой») влагоемкости лёссов и лёссовидных наносов, каковые для краткости будем называть просто лёссовидными наносами.

Прямых экспериментальных определений этой величины имеется не так много, поэтому для ее установления мы использовали также данные наблюдений над водным режимом, из которых можно установить эту величину, как наиболее часто повторяющуюся максимальную величину влажности, как это, например, делалось А. П. Федосеевым.

В табл. 1 приводятся эти величины наименьшей влагоемкости.

Последние две величины в таблице относятся уже к нечерноземной полосе, но к лёссовидной же породе — покровному суглинку, который оказался обладающим той же величиной наименьшей влагоемкости.

Таким образом, наименьшая влагоемкость интересующих нас наносов чаще всего равнялась 22—23%, иногда опускаясь до 21%, иногда поднимаясь до 24%.

Таблица 1

Наименьшая влагоемкость лёссовидных наносов (на глубине 100—300 см) юга и юго-востока Европейской части СССР

№ п/п	Наименование географического пункта	Величина наименьшей влагоемкости (%)	Источник, способ определения и автор
1	Центральный черноземный заповедник Курской обл.	22—23	Прямое экспериментальное определение. А. Ф. Большаков
2	Краснодар	21—23	Из определений влажности. С. И. Тюремнов
3	Велико-Анадоль	22—23	Из определений влажности на опушках и полянах. Г. Н. Высоцкий
4	Тростянец Сумской обл.	22—23	Из определений влажности Красно-Тростянецкой лесной оп. станции
5	Синельниково Харьковской обл.	22—23	Прямое определение. А. П. Федосеев
6	Кирилловка	22—23	То же
7	Полтава	23—24	»
8	Каменная степь	21—23	Из определений влажности на черных парах. Н. П. Адамов
9	Полтавская обл., хут. Баляное	22—23	Прямое экспериментальное определение. А. А. Измаильский
10	Московская обл. Подушкинское лесничество	21—23	Прямое экспериментальное определение. И. С. Васильев
11	Московская обл., Истринский лесхоз	21—23	Прямое экспериментальное определение. Н. Ф. Созыкин

Примечание. Данные Г. Н. Высоцкого и А. А. Измаильского в подлинниках приведены в % от веса сырой почвы. Пересчет в % от веса сухой почвы сделан нами

Теперь обратимся к другому факту. В книге А. Ф. Лебедева и Е. Е. Бауковой (1930) мы находим определения максимальной молекулярной влагоемкости для большого числа почвенных профилей. Просматривая данные, относящиеся к южнорусским лёссовидным наносам, нетрудно убедиться в том, что максимальная молекулярная влагоемкость этих наносов в большинстве случаев равняется также 22—23%.

Соответствующие данные приводим в табл. 2.

Для трех точек — Каменной степи, Краснодара и Тростянца мы имеем возможность непосредственно сопоставить величины в обеих таблицах и убедиться в том, что для первых двух точек они полностью совпадают и только для Тростянца величина максимальной молекулярной влагоемкости оказывается несколько ниже величины наименьшей влагоемкости.

Таким образом, величины наименьшей влагоемкости и величины максимальной молекулярной влагоемкости для лёссовидных наносов юга и юго-востока Европейской части СССР практически совпадают, в большинстве случаев равняясь 22—23%.

Прежде чем перейти к обсуждению этого вывода, укажем еще на один факт. Как известно, Лебедев (6) предложил три метода определения макси-

Таблица 2

Максимальная молекулярная влагоемкость южнорусских лёссовидных наносов по определениям Лебедева и Бауковой (1930)

№ разреза по книге Лебедева и Бауковой	Географический пункт	Название почвы	Глубина образца (см)	Максим. молекулярная влагоемкость (%)
16	Каменная степь . . .	Обыкновенный чернозем	100—200	21.1—22.9
17	Хреновская степь . .	То же	50—100	22.3—23.4
19	Краснодар	Западный предкавказский чернозем	200—300	21.4—23.1
22	Безенчук	Средний кротовинный чернозем	50—100	20.2—22.0
41	Ейск	Приазовский карбонатный чернозем	100—200	23.1—25.1
43	Ейск	Слитой выщелоченный чернозем	100—200	23.5—23.8
47	Старожилово Рязанской обл.	Серый лесной суглинок	50—100	21.2—22.9
49	Тростянец	То же	100—500	18.7—21.5
55	Воронеж	Выщелоченный чернозем	50—100	22.0—23.0
60	Шатиловская станция	Слабо деградированный чернозем	100—200	19.1—21.0

мальной молекулярной влагоемкости: метод центрофуги, метод «пленочного равновесия» (отсасывание воды с помощью фильтровальной бумаги) и метод высоких колонн. Последний метод был применен им для песков, что же касается пород более тяжелых по механическому составу, то сам Лебедев считал, что 300-сантиметровые колонны—предельные по высоте из числа применявшихся им—недостаточны для того, «... чтобы получить зону с постоянной влажностью...» (1936, стр. 139).

Однако внимательный анализ данных Лебедева показывает, что это не совсем так. В табл. 78 (1936, стр. 138) в опыте № 57 с лёссом мы находим 300 см трубку «К». Вода была прилита в трубку сверху и после полного стекания избыточной влаги в трубке было найдено следующее распределение влажности (табл. 3).

Внимательный анализ уже этих данных показывает, что, начиная с глубины 170 см и выше, влажность оказывается практически постоянной. Для того чтобы сделать это более наглядным, мы вычислили скользящие средние из каждых четырех соседних определений влажности, исключив поверхностный образец, где, как и всегда при таких опытах, влажность бывает резко повышенной и образец на глубине 190 см с явно ошибочным определением влажности (25.32%). Для последнего образца мы приняли среднюю величину влажности из соседних (180 и 200 см) определений. Скользящие средние величины приведены в той же таблице.

Анализируя эти величины, мы видим, что сверху и до глубины около 180 см влажность является практически постоянной и лишь с этой глубины книзу она начинает закономерно возрастать.

Таким образом, мы можем считать, что от 0 до 180 см в колонне имеется капиллярная кайма, а от 180 см и выше— зона постоянной влажности. Стоит отметить, что мощность капиллярной каймы в этом опыте Лебедева

Таблица 3

Послойное распределение влажности в 300-см лёссовой колонне по данным Лебедева (1936)

Глубина (см)	Влажность	Скользящие средние из 4 соседних определений	Глубина (см)	Влажность	Скользящие средние из 4 соседних определений
300	26.5	—	140	24.3	
					25.0
290	21.4	—	130	25.2	
					25.0
280	20.9	21.7	120	26.0	
					25.1
270	21.1	22.0	110	26.2	
					27.3
260	23.4	22.3	100	28.3	
					28.0
250	22.4	22.2	90	28.6	
					28.7
240	22.2	21.8	80	29.1	
					28.8
230	21.0	22.1	70	28.6	
					30.0
220	21.6	22.2	60	29.3	
					31.0
210	23.5	22.7	50	33.1	
					32.5
200	22.9	23.0	40	33.0	
					33.1
190	(25.3)	22.9	30	34.7	
					33.2
180	22.8	23.2	20	31.7	
					33.6
170	23.0	23.5	10	33.3	
160	24.0	23.9	1	34.5	
150	24.4	24.5			

Примечание. Величины влажности округлены до десятых и скользящие средние вычислены нами.

того же порядка, что и наблюдаемая в лёссовидных породах в природе. Так, нам лично приходилось наблюдать следующие величины мощности капиллярной каймы в лёссовидных наносах:

Ст. Убинская (Бараба)	170 см
2-я терраса р. Сейм, Курская обл.	174 »
Хутор Петровского (Днепропетровская обл.) . . .	215 »
Сел. Орлянск (Херсонская обл.)	260 »

В зоне постоянной влажности в только что рассмотренном опыте Лебедева мы находим влажность, равную 21—23%, т. е. опять-таки уже знакомую нам величину. Таким образом, утверждение Лебедева о том, что величина максимальной молекулярной влагоемкости, определенная методом центрофуги (см. табл. 2), и влажность в зоне постоянной влажности совпадают,—для лёссовидных пород вполне оправдывается. К этому мы со своей стороны можем присоединить указание на то, что для этих

пород с упомянутыми только что величинами совпадает и величина наименьшей влагоемкости, определенная в условиях заведомого отсутствия смыкания влаги верхних горизонтов с влагой капиллярной каймы.

Какой вывод можно сделать из этих фактов в отношении природы сил, удерживающих влагу при влажности почвы, равной наименьшей влагоемкости?

Природа этих сил может быть двоякой. Лебедев считал, что вся влага, соответствующая влажности более низкой, чем максимальная молекулярная влагоемкость, удерживается силами молекулярного притяжения. Другие авторы считают, что по крайней мере часть влаги в интервале от наименьшей влагоемкости (которая в рассматриваемом нами случае равна максимальной молекулярной влагоемкости) до максимальной гигроскопичности удерживается капиллярными (менисковыми) силами. На этой последней точке зрения особенно настаивает С. И. Долгов (1943).

Максимальная молекулярная влагоемкость, как известно, определяется с помощью центрофуги при ускорении, в 18 000 раз превосходящем нормальное ускорение силы тяжести. Следовательно, в интересующих нас наносах влага, соответствующая влажности, равной 22—23%, удерживается с соответствующей силой. При определении наименьшей влагоемкости, при отсутствии сквозного промачивания, т. е. смыкания с капиллярной каймой, влага должна была бы удерживаться против силы тяжести, каковая равна весу водного столба, т. е. не превышает примерно 100 г/см² на каждый погонный метр почвенной толщи.

Если бы в этом последнем случае хотя бы часть влаги удерживалась капиллярными силами, находящимися в равновесии с давлением соответствующего водного столба, то увеличение этой последней величины, тем более такое значительное, какое наблюдается в центрофуге Лебедева, должно было бы вызвать вытекание этой капиллярно удерживаемой части влаги.

И если этого не наблюдается, то отсюда мы вправе сделать вывод, что в рассматриваемых нами наносах капиллярные силы в удержании всей влаги, начиная от влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости, и ниже, участия не принимают и что она удерживается более значительными силами, каковыми являются силы молекулярного притяжения.

Но значит ли это, что вся эта влага находится под непосредственным действием этих сил? Для того чтобы ответить на этот вопрос, воспользуемся некоторыми данными Долгова.

Этот исследователь (1943) определил, с одной стороны, содержание в почве связанной влаги по методу Думанского при определенном осмотическом давлении сахарного раствора. С другой стороны, он определил в образцах тех же почв влажность при определенном давлении иссушения, достигавшемся с помощью центрофуги или с помощью известной упругости водяного пара над растворами различных солей. Сопоставив между собой полученные величины, Долгов обнаружил, что при одном и том же давлении содержание связанной воды всегда меньше, чем содержание воды, удерживаемой почвой против центробежной силы, или против иссушения в атмосфере ненасыщенной парами воды. Те количества воды, которые равны разности между вторым и первым рядами величин, Долгов считает удерживаемыми капиллярными силами. Эти количества получились довольно большими, как правило, значительно превышающими содержание связанной воды.

По поводу данных Долгова можно сделать два замечания. Во-первых, даже наинизшее применявшееся им осмотическое давление (1.6 атм.) значительно выше тех гидростатических давлений, которые обычно испытывает влага в пределах до величины наименьшей влагоемкости, так как эти давления во всяком случае не превышают 0.1 n атм., где n — мощность промоченной толщи в метрах.

Во-вторых, во всех незасоленных почвах осмотическое давление почвенного раствора ниже, чем наименьшее, применявшееся Долговым; и, следовательно, количество связанной воды в почвах больше (может быть даже значительно больше), чем максимальное, найденное Долговым.

При всем этом мы не оспариваем его вывода о том, что все же часть воды в пределах влажности до наименьшей влагоемкости может и не относиться к категории связанной, т. е. может и не находиться под непосредственным влиянием сил молекулярного притяжения.

Используя представления Франциссона, о которых мы говорили выше, мы полагаем, что эта свободная вода может находиться внутри относительно более крупных пор, суженные выходы из которых настолько малы по своим размерам, что их просвет целиком заполнен связанной водой. Иными словами, эти более крупные поры (или четки пор) закрыты как бы пробками, состоящими из связанной воды. Именно такими «пленочными пробками», а отнюдь не менисками, и ограничивается по нашим представлениям водное тело снизу.

Важной чертой такого распределения влаги является с п л о ш н о с т ь соответствующих водяных нитей. На эту сплошность указывают наблюдения М. М. Абрамовой (1948), установившей, что при испарении сверху часть влаги, находящейся в таком состоянии, передвигается в восходящем направлении в пределах всей промоченной толщи, что может иметь место только при сплошной связанности водного тела.

Возвращаясь в заключение к шестому случаю удержания влаги, выделенному нами в начале заметки, мы можем указать, что решающим явлением в удержании влаги в почве, обладающей хорошо выраженной структурой, является слабая связанность скоплений влаги в отдельных комочках, что и является, согласно воззрениям академика Вильямса, важнейшей причиной хороших водных свойств структурной почвы. Природа же удержания влаги в пределах самих комочков может быть различная: здесь могут играть существенную роль и капиллярные силы и пленочные явления — последние как в обычном Лебедевском их понимании, так и в том понимании, которое было изложено выше.

Заканчивая на этом настоящую статью, укажем, что в то время как в лёссовидных породах юга и юго-востока Европейской части СССР влага в пределах до наименьшей влагоемкости целиком удерживается описанным выше путем, в других, более легких, суглинистых грунтах некоторая часть влаги в тех же пределах может удерживаться и чисто капиллярным путем. Само собою разумеется, что во всех случаях некоторая часть влаги относится к категории связанной.

ВЫВОДЫ

1. Под термином «влага капиллярно-подвешенная» объединяются явления не вполне одинаковые по своей природе.

2. В почвах и грунтах песчаного механического состава, а также на границах раздела грунт—воздух и мелкозернистый грунт — крупнозернистый грунт влага удерживается преимущественно капиллярными силами и должна называться «капиллярно-подвешенной».

3. В почвах и грунтах суглинистого и глинистого механического состава влага удерживается благодаря образованию «пленочных пробок» и должна называться «пленочно-подвешенной».

4. Во всех случаях часть влаги удерживается непосредственно молекулярными силами, представляя собою связанную влагу.

ЛИТЕРАТУРА

Абрамова М. М. Опыты по изучению передвижения капиллярно-подвешенной влаги при испарении. Почвоведение, № 1, 1948.

Васильев И. С. Несколько данных о водоудерживающей способности песков. Сб. «Вопросы географии», № 13, стр. 181—190, 1949.

Долгов С. И. О связанной и капиллярной воде в почве. Почвоведение, № 1, 1943.

Иванов А. И. Материалы по изучению поливных норм. М., 1930.

Качинский Н. А. Опыт агромелиоративной характеристики почв. М., 1934.

Лебедев А. Ф. Роль парообразной воды в режиме почвенных и грунтовых вод. Одесса, 1912.

Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. Изд. 4-е. М.—Л., 1936.

Лебедев А. Ф. и Баукова Е. Е. Физическая характеристика почвенного профиля. М., 1930.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
А. А. Роде. Режим почвенно-грунтовых вод подзолистых, подзолисто-болотных и болотных почв	5
И. С. Васильев. Водный режим подзолистых почв	74
А. Ф. Большаков. Водный режим богарных почв Узбекистана	297
А. Ф. Большаков. Водный режим мощных черноземов в период засухи 1946—1947 гг.	350
А. Ф. Большаков. Водный режим почв комплексной степи Каспийской низменности	369
А. А. Роде. К вопросу о природе сил, удерживающих в почве «капиллярно-подвешенную» влагу	397

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии Наук СССР

*

Редактор издательства *В. Л. Марков*
Технический редактор *И. А. Неврасва*

*

РИСО АН СССР № 3838. Т—03932. Издат. № 2465.
Тип. заказ № 79. Подп. к печ. 25/V 1950 г.
Формат бум. 70×108¹/₁₆. Печ. л. 25,5 + 3 вкл.
Уч.-издат. 35.75. Тираж 2000.

2-я тип. Издательства Академии Наук СССР
Москва, Шубинский пер., д. 10

ИСПРАВЛЕНИЯ И ОПЕЧАТКИ

Стр.	*Строка*	*Напечатано*	*Должно быть*
69	17 св.	табл. 3	табл. 9
76	На карте, масштаб	200 км	200 м
131	15 св.	меньшем	меньше
191	Табл. 53, 2-я гр.	(мм)	(м)
329	8 св.	(112.5 кг)	(122,5 кг)
351	13 св.	З. Барановский	З. Барановской
386	3 св.	сланца	солонца
396	24 св.	сб. 10,	сб. 11,