

Н. К. З.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

622.33

Г-44

Я. Я. ГЕТМАНОВ

ВОДНЫЕ СВОЙСТВА
ТОРФЯНЫХ ГРУНТОВ



○ Издание Г. И. С.-Х. М.
Москва — 1929

3026

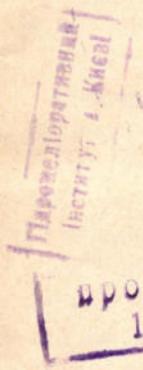
622.33
У 631.4
Г-44

Н. К. З.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

я. я. ГЕТМАНОВ

ВОДНЫЕ СВОЙСТВА
ТОРФЯНЫХ ГРУНТОВ



Издание Г. И. С.-Х. М.
Москва — 1929

ЗОНИАСТЫЙ
АНТОН ЧЕХОВ
ЯСЕНЬ ПОД ЖИЛЫМ ДЕРЕВЬЕМ



Гублит 13395. 1/VI-29 г.

Тираж 500 экз.

Заказ № 2441.

Рязань—Гостинография, Советская площадь.

Я. Я. ГЕТМАНОВ.

Водные свойства торфяных грунтов.

1. Фильтрация воды в торфяных грунтах.

Гидротехнические осушительные работы в широких размерах производятся на торфяных болотах СССР. Для правильного проектирования осушительных сооружений является весьма важным знать процессы движения воды и в особенности фильтрации воды в торфяных почвах; однако, до настоящего времени эти процессы остаются почти неизученными. Каждый специалист представляет по своему торф—как породу. Большинство русских специалистов склонны рассматривать торф как породу водонепроницаемую и из этого положения исходят при проектировании осушительных систем. До некоторой степени это понятие близко к действительности в плотных, хорошо и однородно сложенных и насыщенных водою залежах, но отнюдь не точно. Поэтому в практике случаются неожиданности которые ставят в тупик специалистов и наносят довольно большие убытки государству, делая иногда негодной часть или всю систему сооружений. Работы по гидростатическому давлению воды в торфе на Оршинском болоте Тверской губ. пролили много света на состояние и движение воды в торфяных почвах, но, конечно, о фильтрации воды они не могли дать ясного представления. ГИСХМ в развитие своих общих работ по изучению водных свойств грунтов отвел место и изучению водных свойств торфяных грунтов, предоставив мне широкую возможность этот вопрос осветить с надлежащею полнотою. При выполнении описываемых работ моим техническим помощником был студент ТСХА И. А. Дмитриев, который вложил в эту работу много энергии и труда.

К истории вопроса.

Начиная рассмотрение такого большого и важного вопроса, как фильтрация воды в торфе, нельзя не коснуться его истории.

Специальные работы по движению воды в торфяных почвах стали появляться лишь в последнее время. О взглядах на этот предмет прежних исследователей можно судить по отдельным замечаниям в разных специальных работах. Основные взгляды о движении воды

в торфяных почвах, державшиеся до последнего времени, приведены мною в работе „Гидростатическое давление воды в торфе“ поэтому здесь я начну с тех работ, которые в ту сводку не вошли или дополняют ее.

Из ранних работ заслуживают внимания цитируемые Э. Г. Лоске в обзоре работ по сел.-хоз. метеорологии, стр. 200—205; работы Вольни и Шварца, из которых мы видим, что названные ученые опытным путем убедились в плохой водопроводимости торфа.

Количество просачившейся воды в течение 10 часов в метрах.

При высоте постоянного слоя воды над почвой в см.	При высоте фильтрующего почвенного слоя в см.					
	10	20	30	10	20	30
	Глина (каолин)—величина частиц в 0,0—0,071	Торф—величина частиц в 0,01—0,114 мм.				
10 см.	0,0148	0,0085	0	0,0245	0,0174	0,0119
30 „	0,0232	0,0135	0	0,0345	0,0214	0,0133
50 „	0,0316	0,0185	0	0,0455	0,0254	0,0177
100 „	0,0526	0,0310	0,009	0,0730	0,0354	0,0182

Итак, глина (каолин) и гумус (торф) являются очень мало и даже почти совершенно непроницаемыми для воды.

Там же (стр. 205) приведен опыт Шварца с торфом содержащим 82% органических веществ. Вот результаты: цифры обозначают высоту слоя воды, просачившейся через почвенный слой мощностью в 10 см в течение 24 час. при постоянном давлении воды в 6 см.

Для торфа	0,1 мм.
„ аллювиального песка	576,0 „
„ лессовидного суглинка	167,4 „
„ делювиальной глины	0,07 „

Доктор С. А. Weber говорит: „известно, что в естественном состоянии вода впитывается моховым слоем. Нужно *n*—количество месяцев, чтобы опуститься воде на один метр“. (Стр. 13. Vegetation und Entstehung des Hohmoors von Augstumal).

Профессор Свен Оден „Коллоидно-химические проблемы торфа“ Известия Эксп. Т. Инст. № 3—4, 1923 г. говорит следующее: „так как образовавшийся торф (тресинный) почти непроницаем для просачивающейся сверху воды, то на глубине должен существовать недостаток кислорода и гумификация должна происходить крайне медленно, благодаря чему степени гумификации для глубин в 10 и 120 см. приблизительно совпадают.

Проф. А. Д. Дубах *) торфяные почвы считает вместе с глиной, лесом, непроницаемыми влагоемкими и вот что говорит в своей

*) А. Д. Дубах. Жизнь реки. Изд. Горецкого С.-Х. Института 1925 г., стр. 25.

работе — Жизнь реки: „приведенные выше лабораторные опыты над водопропускной способностью почв в том числе и торфа, а также непосредственные наблюдения на болотах указывают, что водопропускная способность торфа ничтожна. Мы можем наблюдать особенно на глубоких торфяниках, что в нескольких саженях от прорытия канавы грунтовая вода стоит у поверхности болота, несмотря на то, что в канаве вода стоит значительно ниже поверхности болота“. Подобного же мнения о водонепроницаемости торфа были и иностранные авторы, как напр. проф. Кейльгак.

Dr Пухнер *) о торфе и его водопроводности написал целую главу в своей работе, где все его суждения сводятся к следующему: „для водопроводности важно какой торф сухой или сырой? Причина различия лежит в разном содержании воздуха. В сухом торфе, как известно, высокая связанность крепких частичек плотно замыкают воздух и не дают возможности проникнуть воде на их место. Такой торф не водопроводен. Другое дело торф в порошковидном состоянии. Здесь может наблюдаваться подвижность воздуха под напором воды, последний будет во многих местах перемещаться и проводить воду особенно если действуют большие количества воды, направляясь вниз. Таким образом торфяной порошок хорошо проводим для воды.“

Во влажном торфе, когда водяные ходы окружены воздухом, то они затрудняют подвижность воды и поэтому проводимость умеренно влажного торфа для воды также очень малая. Если торф водою полно насытить и снова приливать воду, тогда она быстро проходит вниз.

По мнению Пухнера, осадки, выпадающие на поверхность торфа, проходят волнами разной скорости. Первая волна проходит быстро, она состоит из тех количеств воды, которые проходят вниз через наружные порошкообразные слои, трещины, большие пустоты. Медленнее идет вторая волна. Она должна уже преодолеть насыщенность почвы водою, но которая еще не вытеснила воздух. И, наконец, вода насыщает полностью торф и если предположить что выпадение осадков происходит продолжительное время это и будет третья сильная продолжительная волна просачивающейся вниз массы воды.

Проф. Р. П. Спарро держится таких взглядов, что торфяные почвы являются почти непроницаемыми для воды (см. Осущение болот открытыми канавами, стр. 58). Большинство вышесказанных мнений о проницаемости торфяных почв для воды было основано или на чисто умозрительных соображениях, или же на случайных наблюдениях, но стоило только кому-нибудь из современных специалистов взяться за научное исследование этого вопроса как он должен был изменять свои первоначальные взгляды и считать торфяные почвы, или некоторые виды их, водопроницаемыми; к таким выводам пришел М. М. Юрьев, такое же изменение произошло и у

*) Dr. Puchner Der Torf. Stuttgart 1920.

А. Д. Брудастова, который до своих работ с пьезометром всю систему осушки болот строил лишь на поверхностном улавливании воды каналами.

Лабораторных работ по просачиванию воды в торфе до сего времени было очень мало, а те которые и были, в большинстве случаев, велись на торфе с нарушенной структурой. Торф же в естественном сложении и торф нарушенный, как бы он ни был плотно набит в трубку или сосуд, в котором велась работа, резко отличаются между собою по отношению проводимости воды. Впервые М. М. Юрьев произвел довольно большую работу по просачиванию торфа с ненаруженными образцами, набирая таковые в стеклянные трубки столбиками по 10 см длиною и 5 см диаметром.

Фильтрация у М. М. Юрьева с каждым образцом производилась в течение суток под разным напором $h =$ от 10 см до 50 см. Последняя работа заслуживает серьезного внимания, но она не могла дать надлежащих данных по вопросу о просачивании воды через торф в виду основных недочетов при постановке работы.

В этой работе есть два существенных методических недостатка: 1) торф врезался на месте стеклянными трубками; такой способ, как мы проверили, нарушает структуру торфа, торф уплотняется и при вращении трубки смещаются слои, 2) суточное просачивание не в состоянии отразить истинную картину хода просачивания воды в торфе.

Организация работ по фильтрации.

В работах предпринятых по этому вопросу в Государствен. Инст. Сел.-Хоз. Мелиораций мы старались избежать всех этих ошибок—торф брался в естественном сложении—монолитами, вырезанными на болоте столбами от 2 до 4 м вышиною и диаметром до 16—14 см.

Осенью 1926 г. для работ было доставлено с Оршинского мха Тверской губ. 3 монолита: 1) 2,7 м, 2) 3 м и 3) 2,5 м вышиною и 16—18 см. в поперечнике.

1 Монолит—торф пушицево-сфагновый

2 " сфагново-пушицевый

3 " сфагново-пушицево-шэхцериевый с древесными и гиттиевыми прослойками.

ГИСХМ располагает довольно большим подбором приборов для изучения движения воды в минеральных грунтах; однако, для торфяных грунтов эти приборы не всегда пригодны и потому на первых же порах пришлось обдумать методику производства работы по изучению фильтрации воды в торфах во всю толщу монолита не нарушая их строения.

Обсуждение методики работ происходило при участии А. Н. Костякова, А. Д. Брудастова, С. В. Астапова, которые внесли в это дело свой опыт и знания.

В конце концов был единодушно принят метод заливки монолитов, как они есть, парафином и определения просачивания через естественный торф.

Сначала опыты были начаты на маленьких моделях в 25—50 см высотой и в железных футлярах. В дальнейшем для опытов с фильтрацией с большим монолитом пришлось отказаться от железной формы и был разработан более простой способ заливки монолита в том же деревянном ящике в каком монолит доставлялся с болота. Это значительно ускорило, удешевило и улучшило работы. Нельзя не упомянуть, что сторонником этого метода был А. Н. Костяков; что касается заливки монолитов, то работа показала, что разогретый парафин не смачивает торф и только слегка пристает к торфу в том случае, если торф сухой и смесь выливается при заливке очень горячая.

Указанное свойство парафина особенно сказалось при больших монолитах. Это создавало возможность получения ненадежных выводов и заставило начать поиски другой смеси для заливки монолитов, более удачной чем парафин. Вначале нами делались попытки применить обыкновенный сапожный вар—смолу, но у чистого вара оказался ряд других отрицательных свойств, которые не дают возможности применить этот препарат в чистом виде. Познакомившись со смесями Пигулевского и испытав их комбинации с парафином, канифолью, воском, варом в разных пропорциях, после ряда опытов была принята смесь вполне удовлетворяющая нашу задачу.

1. Парафина 70% или 2. Парафина 70%.

Канифоли 20% Канифоли 30%.

Вара 10%.

Особенно оказалась практической смесь первая—с варом. Эта смесь тем ценна, что она прежде всего хорошо смачивает торф даже насыщенный водою. В этой пропорции смесь в горячем виде впитывается торфом на 3—5 мм и делает совершенно прочным стенки монолита, где не остается никакого сомнения в том, что вода может пройти вдоль стенок *).

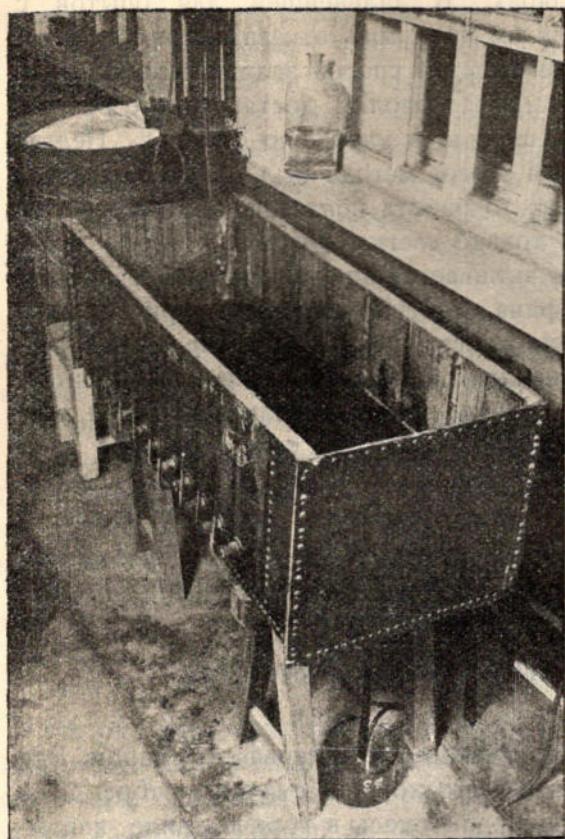
Все предсказания о том, что смесь не выдержит напора воды и от набухания торфа монолиты будут разорваны, не оправдались. Смесь настолько прочна, что фильтрация с большими монолитами в одной заливке из указанной смеси без всяких аварий ведется с апреля 1927 г. до настоящего дня. По всей вероятности, если торф разбухает, то видимо только в пределах того об'ема, который он занимает в пространстве, причем набухают только отдельные частицы, уменьшая общую пористость торфа.

С момента, когда была найдена подходящая смесь для заливки монолитов работа по фильтрации воды в торфе началась нормально.

В высоких монолитах изучалась вертикальная фильтрация воды в торфе.

*) В настоящее время найдена еще лучшая заливка из белой смолки—вар (гудрон)

Естественно, что на ряду с вертикальной фильтрацией важно было изучать и горизонтальную фильтрацию. Для этого остановились на приборе Форхаймера. Но в виду того, что имевшийся прибор не был приспособлен для набивки без нарушения структуры, то в мастерской Г. И. С. Х. М. под руководством А. Д. Брудастова был построен новый прибор для фильтрации (фот. № 1).



Фот. 1

Этот прибор приспособлен для того, чтобы можно было вставлять монолиты торфа 1 м длиною, 50 см шириной и до 50 см высотой. Такие монолиты в естественном виде (сырые с болота) весят до 250 кг.

Для работ с горизонтальною фильтрацией торфа были взяты и доставлены торфянные монолиты с Замошского опорного пункта Ленинградской губ. в числе 8:5 гипнового торфа и 3 мхового торфа с разных горизонтов.

Вновь построенный прибор Форхаймера представляет из себя четырехугольный разборный ящик, в котором воду можно держать на любом уровне с

помощью двух выдвижных трубок во дне прибора на краях его. Фильтрация в приборе производится так: монолит должен быть вложен плотно, чтобы вода проходила только через торф, отнюдь не вдоль стенок.

Когда прибор заряжен трубка в переднем конце выдвигается со дна прибора на уровне высоты монолита. Вода напускается в промежутки между стенкою прибора и монолита и самосливом держится на уровне трубки; на другом конце выдвигается трубка со дна настолько, чтобы сделать нужный бьеф в уровнях воды между одним концом монолита и другим; после того, как вода пройдет через монолит и установится в другом промежутке между стенкою монолита и вторым концом монолита. В передней боковой стороне прибора внизу через каждые 10 см сделаны отверстия, в которых вставляются стеклянные трубки в форме буквы Г для того, чтобы можно было

видеть по какой кривой будет проходить вода через монолит с одного края его до другого. Трубки концами втыкаются в торф на 4—5 см и вода появляется в них по мере насыщения торфа водою.

Работа с просачиванием в этом приборе очень интересна, но требует опять же заливки монолита от стенок, так как уложить монолит так, чтобы он везде плотно прилегал к стенкам невозможно.

Методика работы.

Перед работой торф каждого монолита исследуется на ботанический состав, степень разложения, зольность, удельный вес, порозность, влажность и полную влагоемкость. После работы с монолитом снова определяется его влажность, степень насыщения через каждые 10 см. Затем монолиту дается время для стекания всей свободной воды и когда вода вся стечет, т. е. из него в течение суток стечет не более одной капли, тогда в нем определяется снова влажность через каждые 10 см. Эта влажность и будет считаться капиллярной, так как эта вода в монолите будет держаться только силою мелких капилляров. Для проверки же настоящей капиллярной влажности, посредством капиллярного поднятия, монолит через 10 суток ставится в воду нижним концом на 1,5—2 месяца погружаясь на 5 см и по истечении этого срока снова берутся пробы на влажность через каждые 10 см с тем, чтобы проследить как высоко вода поднимается капиллярными силами торфа.

Степень разложения определяется способом В. В. Кудряшева, путем отмучивания через сито 25 мм. Удельный вес определяется пикнометром, но вместо воды применяется 96° спирт, так как спирт не содержит в себе воздуха в отличие от воды. Техника же самого просачивания воды в монолитах довольно проста, но требует тщательного учета фильтрующейся через торф воды. В маленьких монолитах (метровых) учет производится непосредственно в сосуде, в который стекает вода через воронку и трубку.

В начале измеряется фильтрат через час, а затем, когда просачивание установится, то два раза в сутки. Такой учет, конечно, нельзя считать совершенным потому что не возможно создать механическую точность в сливаниях, измерениях и в др. моментах работы, поскольку все это зависит от человека. В этом случае необходим механический учет самописцами.

Для большего монолита был приспособлен очень удачно омбрафон Рорданца, который в определенное время сам сливает каждые 500 куб. см воды и отмечает на ленте самописца время, откуда видны все колебания за время в которое просачиваются 500 куб. см воды.

В верху каждого монолита заливается стеклянная банка без дна, в которой вода может держаться на уровнях 10 и 20 см. Вода в банку поступает с бутыли и сама поддерживает уровень по закону Мар iotta.

В 2—3-х метровые монолиты вода подается насосом. Картина просачивания воды в оборудованных таким способом монолитах получается совершенно ясная. Всякие изменения в просачивании отмечаются на ленте, а поэтому легко заметить при каких условиях может происходить нормальное просачивание и как на него влияет температура, несвоевременная подача воды в бутыль, изменение уровня напора воды в банке над монолитом и т. д.

Вода для просачивания берется дистиллированная с тем чтобы иметь возможность проследить химические изменения в торфе под влиянием просачивания и что вымывается водою в первую очередь. Этим же устраняются всякие сомнения на тот счет, что вода может произвести перегруппировку солей в гумифицированных частицах торфа. Отработанная вода, т. е. слитый омбробрафом фильтрат, отводится в свою очередь механически из сосуда с помощью Л-образной трубки. Благодаря такой трубки вода в сливной банке держится только на одном определенном уровне, весь же излишек отсасывается механически.

Работа по изучению просачивания началась с 10 ноября 1926 г., и до 10 ноября 1927 г. просачивание проведено:

в 1 м	25 см	высоты
2 „	по 50	„
3 „	1 метр	„
1 „	2,7	„ с самописцем
1 „	2,25	„

В приборе Форхаймера: 3 монолита гипнового торфа и 1 монолит мохового торфа.

Прежде чем переходить к результатам работ по просачиванию, для полноты освещения вопроса следует указать, что монолиты как с Оршинского болота, так и с Заплюсских болот (с Замошского опорного пункта) были доставлены в Лабораторию Г. И. С. Х. М. замороженными. Мороз не внес никаких внешних изменений: трещин, разрывов и пр., так как монолиты, во-первых, были плотно врезаны в ящике при выемке их и во-вторых, потому, что на Оршинском болоте они брались в октябре и поэтому до морозов не высохли, а замерзли сырьми, а с Заплюсских болот монолиты были взяты зимою в конце декабря. Следовательно внешних изменений мороз не внес никаких.

В начале работы брало сомнение, не внесет ли промораживание торфа каких либо резких изменений в коллоидальных частицах торфа и может быть сильно изменит внутреннюю структуру торфа и его влагоемкость и порозность. В целях освещения этого вопроса был сделан такой опыт. Прозрачный желтый фильтрат (вода прошедшая через торф всегда окрашивается) из нескольких порций воды был налит в 4 стакана и стаканы выставлены на ночь на мороз. Фильтрат замерз, получилось характерное явление: весь желтый пигмент, который окрашивал воду в стакане, собрался в центре стакана и гуще

всего на дне центра стакана, кверху он поднимался конусом, постепенно бледнея. Лед на периферии стаканов оказался совершенно не окрашенный—чистый. Это наблюдалось во всех 4 стаканах. От мороза стаканы лопнули и с содержимым были внесены в лабораторию.

Лед перенесен в новые стаканы и растаял, предполагалось осадок отфильтровать, но произошло интересное явление: когда лед растаял и простоял сутки в стаканах никакого осадка и сгустка пигмента не оказалось. Снова получился тот же желтый светлый прозрачный раствор. Это явление рассеяло наши опасения, показав что особенно резких изменений мороз в торф не вносит, то что выпадает при замерзании снова переходит в растворимое состояние при оттаивании торфа. Фильтрат был взят пущицово-сфагнового торфа, т. е. с торфа мохового болота, с Светлого озера, Оршинского массива. Осадок представлял по всей видимости комплекс коллоидальных гумусовых веществ, которые проф. Е. Ramann называет „ненасыщенными коллоидами“. По цвету осадка можно было предполагать, что это ульматы по В. Р. Вильямсу, так как осадок был желтого цвета.

Результаты работ.

Рассмотрение работ с просачиванием начнем с метровых монолитов. В начале опыта на маленьких монолитах не принималась во внимание температура, впоследствие же около монолитов были подвешены термометры и при обработке данных принималась во внимание и температура.

Скорость просачивания приведена к единице площади, за которую взят кв. см и единице времени—одной секунде. Поправка на температуру, приведенная к $10^{\circ} C$, вычислялась по формуле Hasen'a ($0,7 + 0,03 t$).

Вся формула Hasen'a сведена к измерению расхода воды

$$Q = K F \frac{H}{l} (0,7 + 0,03 t), \text{ откуда}$$

$$K_{10} = \frac{Q}{F \frac{H}{l} (0,7 + 0,03 t)}$$

Начнем с монолита № 5 осоково-гипнового торфа с Замошского опорного пункта.

Монолит взят с глубины 0,70 м, верхний слой срезан, монолит углублен на нормальную толщину в 25 см, длиною монолит 1 м, шириной 0,5 м. После усыхания получилась длина 86 см. С монолитом сначала произведена работа в приборе Форхеймера (см. ниже) и затем из этого монолита вырезан столбик во всю длину сечением $14,6 \times 12 = 175$ кв. см. Данный монолит проанализирован после опытов в приборе Форхеймера; получены такие цифры:

зольность	6,17%	порозность	77%
удельный вес	1,39%	полная влагоемкость	964%
кажущийся уд. вес	0,32%	степень разложения	69%

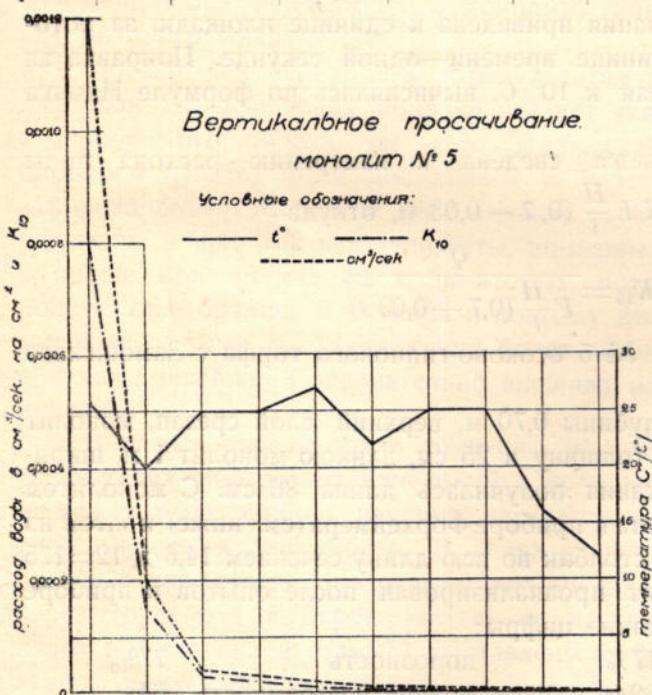
Ботанический состав торфа:
в 10 см от конца монолита: осок 90%, зелен. мхов 5%, шейхцерии и
тростника 2—3%, сфагнума 2—3%; в 45 см—середина монолита: осок
(корневых волокон) 80%, зеленых мхов 10%, шейхцерии 5%.

Монолит залит в деревянном ящике. Опыт начат 7/VI—1927 г.
Результаты видны из таблицы № 1. Для ясности из сводной ведомости
ежедневных наблюдений взяты данные через 10—15 дней, наиболее
характерные для данного монолита и времени работы по просачиванию.

Таблица № 1.

Монолит № 5.

Число и месяц	Количество воды, прошедшей через торф в см ³	Время, за которое прошло это количество воды в сек.	Расход воды в см ³ /сек. на всю площадь монолита	Расход воды в см ³ /сек. на един. поверхн. см ² при одинак. давлении	Поправка на t при приведении к T_{10}	$K_{10} = \frac{Q}{F \cdot T (0,7+0,03t)}$	t^0	H	Примечание
7/VI	2420	10320	0,2345	0,000120	1,48	0,000811	26	10	
18/VI	860	21600	0,0398	0,000204	1,30	0,000157	20	"	
30/VI	220	22980	0,0096	0,000048	1,45	0,000034	25	"	
11/VII	160	23700	0,0068	0,0000348	1,45	0,000024	25	"	
20/VII	110	25800	0,0043	0,0000226	1,51	0,000015	27	"	
30/VII	30	21000	0,0014	0,000068	1,36	0,000005	22	"	
10/VIII	20	22500	0,0009	0,000046	1,45	0,000003	25	"	
26/VII	80	102300	0,0008	0,000004	1,45	0,000003	25	"	
12/IX	100	172200	0,0006	0,000003	1,18	0,000002	16	"	
22/IX	30	86400	0,0003	0,000001	1,07	0,000001	12	"	



Черт. № 1.

Из таблицы № 1 и чертежа № 1 видно, что в течение четырех месяцев скорость просачивания постоянно затухала, сначала довольно быстро и под конец все медленнее и медленнее.

Во все четыре месяца вода беспрерывно подавалась в монолит и стояла 10 см слоем ($h=10$ см). Нельзя не отметить, что скорость в течении суток была не одинакова. В таблице № 1 даны характерные цифры из суточных отсчетов.

Отсчеты производились в начале просачивания днем через час, а спустя 1 месяц два раза в сутки: в 9 час. утра и в 3 час. 30 мин. дня. Днем всегда величина просачивания в единицу времени была больше чем ночью, что зависело видимо от температуры и возможно, что от движения.

Например, расход воды в см³/сек. на единицу поверхности см² при ед. давления

14/VI	за дневной отсчет	— 0,00040
	„ утренний отсчет	— 0,00032
16/VII	за дневной отсчет	— 0,0000251
	„ утренний отсчет	— 0,0000236

Эта разность была замечена и раньше на маленьких монолитах, но уловить ее зависимость от температуры и пр. еще не удалось с достаточной точностью, несомненно здесь играют роль несколько причин: движение людей днем, испарение воды, так как фильтрующаяся вода собирается в кристаллизаторах закрытых бумагой, несовершенство человеческих отсчетов.

Во всяком случае естественный ход просачивания можно хорошо видеть в монолитах разного качества торфа, для сравнения чрезвычайно ценные наблюдения получены на монолите № 3—торф, тоже с Замошского опорного пункта, осоково-гипновый. Этот монолит вырезан ребром, т. е. узкой стороной вглубь, верхний 25 см слой снят и ниже вырезан в глубину 0,5 м, толщиною 0,25 м и длиною 1 м.

Торф осоково-гипновый, заметны на глаз крупные остатки хвоща и кусочки древесины, последние очень редки. По степени разложения монолит делится на два горизонта до 60 см степень разложения 24%, ниже—40—50%.

Ботанический анализ дает то же что и в монолите № 5.

Физические свойства определенные до опытов по просачиванию близки также к тем, что указаны для монолита № 5, кроме зольности.

Монолит № 3. Верх. гор. до 60 см. Нижн. гор. 80—90 см.

Зольность	3,72%	4,62%
Удельный вес истинный .	1,29%	1,38%
Кажущийся	0,16%	0,32%
Порозность	89%	76%
Полная влагоемкость .	1113%	700 %
Степень разложения торфа	24	69

Монолит № 3 в своей верхней части отличается от монолита № 5 степенью разложения, а следовательно и порозностью, он менее разложившийся, это обстоятельство конечно отразилось на скорости фильтрации. Всего интереснее это обстоятельство проявило себя, как увидим ниже, на горизонтальном просачивании в приборе Форхеймера. Вертикальное просачивание в монолите № 3 проведено после горизонтального.

Нижеприводимая таблица № 2 составлена также как и предыдущая. Из полной таблицы взяты по одному дню через каждые 10 дней. Вся таблица полностью приводится в конце работы в качестве приложения. Работа с монолитом № 3 по вертикальному просачиванию начата 19/V.

Таблица № 2.

Монолит № 3.

Число и месяц	Количество воды, прошедшее через торф в см ³	Время, за которое прошло это количество воды в сек.	Расход воды в см ³ /сек. на всю площадь монолита	Поправка при приведении к ед. площасти и ед. давлению	Расход воды на един. площасти см ³ /сек. при единичном давлении	Поправка на t^0	$K_{10} = \frac{H}{F} \frac{t}{t^0} (0,7 + 0,03t)$	t^0	Вычислено по формуле: $\frac{w}{Q}$	$F \frac{H}{\frac{50}{1 - s}} (0,7 + 0,03t)$
19/V	10920	21600	0,50555	161,82	0,003124	1,21	0,002582	17,5	0,000137	
30/V	3100	26040	0,1191	"	0,000725	1,30	0,000558	20,0	0,0001395	
10/VI	1740	23700	0,0738	"	0,000456	1,37	0,000328	22,5	0,0001220	
20/VI	1040	23160	0,0449	"	0,000278	1,33	0,000209	21,0	0,0001571	
30/VI	1070	66180	0,0162	"	0,000100	1,39	0,000072	23,0	0,0000720	
9-11/VII	2190	151260	0,0145	"	0,000088	1,45	0,000061	25,0	0,0000758	
18/VII	490	23700	0,0207	"	0,000127	1,48	0,000086	26,0	0,0001245	

Как видно из таблицы № 2, у монолита № 3 коефициент просачивания больше чем в монолите № 5. В монолите № 5 расход воды за два месяца быстро снизился и затем очень медленно убывал. Начальный расход воды в монолите № 5 был на единицу площади 0,00120, а через месяц снизился до 0,0000348 (11/VII) уменьшился почти в 34 раза.

В монолите № 3 начальный расход 0,003124 почти в три раза больше чем в монолите № 5 и через месяц убыл до 0,0000278, т. е. расход убыл в 11,5 раз.

Дальнейшее убывание в монолите № 5 шло также быстро и к концу следующего месяца пришло почти к пределу, дальше которого убывание почти стало не заметным, уменьшившись в 9 раз.

В монолите № 3(черт. № 2) расход уменьшился на 55%. Но ход замедления был один и тот же, т. е. без особенных скачков, затухание шло с каждым днем. Чрезвычайно характерно для двух монолитов, что в первом случае (монолит № 5) на изменении хода просачивания почти не отражались ни температура, ни прочие изменения: барометрического давления и т. д., тогда как на монолите № 3 повышение температуры в июле месяце сказалось определенно на расходе воды. Если мы 11/VII имели расход воды на ед. площади 0,000088, то дальше расход начал увеличиваться и к концу декады к 18/VII достиг 0,000127 см³.

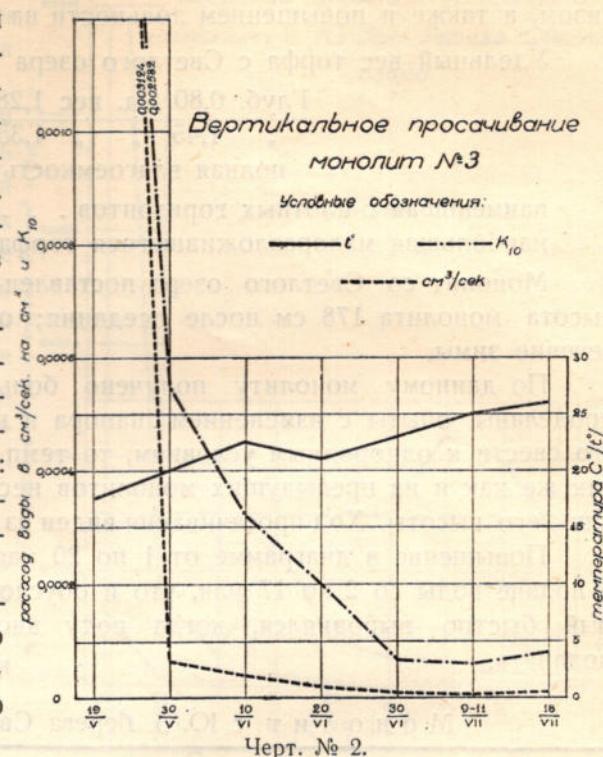
Измерения и записи при изучении хода просачивания в монолите № 3 велись также простыми измерениями 2 раза в сутки, поэтому

все замечания сделанные по этому поводу, при описании работ и выводов с монолитом № 5 относятся и к монолиту № 3.

Механизация записей профильтровавшейся воды через монолит с помощью омбрографа системы Рорданца дает более надежные данные. Закон замедления неизменно повторяется и в данном случае.

В течение года просачивание проведено с самописцем на двух монолитах взятых на Оршинском болоте Тверской г.: с Светлого озера и на магистрали А×Б в районе окнщ.

Монолит с юго-западного берега Светлого озера имеет более плотный разложившийся торф с прослойками гиттии и остатков леса.



Монолит с Юго-Зап. берега Светлого озера.

Глубина в см.	Ботанический состав	Зольность абсолютно сух. вещества	
		Сух.	Влажн.
0-10	Сфагновый	5,31	
20	Сфагновый с пушицей плотн. торф. прослойка	3,18	
30	" " "	2,78	
40	" " " корни березы	4,23	
50	"	3,57	
60	Сфагновый с пушицей и древесными остатками	2,88	
70	Сфагново-пушицевый с древесными остатками	3,97	
80	Древесно-пушицевый со сфагнами	2,67	
90	Пушице-сфагновый	1,75	
100	"	1,51	
110	"	2,21	
120	"	1,76	
130	Сфагново-пушицевый	2,72	
140	"	3,18	
150	Пушице-сфагновый	3,23	
160	"	2,40	
170	Сфагново-пушицевый	2,46	
180	"	2,16	
190	"	2,22	
200	Пушице-сфагновый землистый	2,47	
220	"	2,51	
230	Сфагново-пушицевый	2,52	

Из приведенной таблицы видно во-первых, что торф малозольный, прослойки гиттии видны на глаз, обнаруживаются ботаническим анализом, а также и повышением зольности на глубинах 40, 70, 150 см.

Удельный вес торфа с Светлого озера

Глуб. 0,80 Уд. вес 1,2884

“ 1,45 “ “ 1,3524

полная влагоемкость:

наименьшая с плотных горизонтов	522
наибольшая малоразложившегося торфа	889

Монолит со Светлого озера поставлен—12/IV 1927 г. Рабочая высота монолита 178 см после оседания; осел монолит на 52 см в течение зимы.

По данному монолиту получено большое количество цифр и проделаны опыты с изменением напора и пр., но если всю работу его свести к однородным условиям, то темп просачивания получится так же как и из предыдущих монолитов несмотря на большую величину его высоты. Ход просачивания виден из таблицы № 3 и черт. № 3.

Повышение в диаграмме от 1 по 20 мая обясняется перерывом в подаче воды со 2 по 17 мая, что и обусловило скачек вверх, который быстро выровнялся, когда воду вновь начали систематично подавать.

Таблица № 3.

Монолит с Ю.-З. берега Светлого озера.

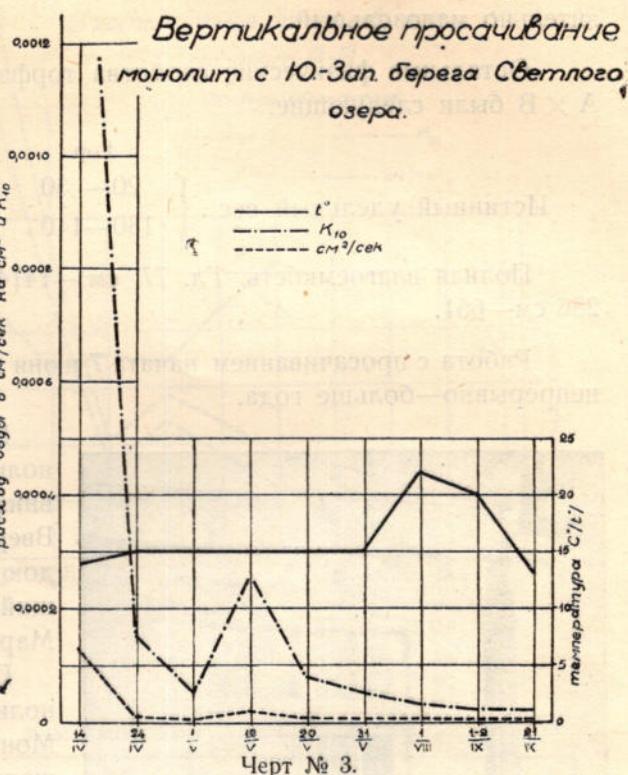
Число и месяц	Количество воды прошедшей торф в см ³	Время за которое это количество просочилось в сек.	Расход воды в см ³ /сек. на всю поверхность сечения монолита (264 см ²)	Расход воды в см ³ /сек. на единицу поверхности при единичном давлении	Поправка $\frac{H}{T}$ на $\frac{Q}{T}$	$K_{10} = \frac{Q}{H}$	$F \frac{H}{T} (0,7 + 0,03t)$	H
14/IV	7500	20400	0,3681	0,0013200	1,056	0,001180	14	10
24/IV	3500	73440	0,0490	0,0001760	"	0,000155	15	10
1/V	500	30540	0,0163	0,0000582	"	0,000051	15	10
С 2-го по 12-е был перерыв в работе и подаче воды вследствие порчи часовного механизма в омбраграфе								
12/V	3000	36000	0,0833	0,0002990	1,056	0,000262	15	—
20/V	1000	42780	0,0257	0,0000922	"	0,000081	15	—
31/V	500	29880	0,0167	0,0000599	"	0,000053	15	—
В течение месяца изучалось влияние увеличенного напора (20 см)								
1/VIII	310	24600	0,0126	0,0000452	1,056	0,000034	22	—
1—2/IX	720	68700	0,0105	0,0000376	"	0,000029	20	—
21/IX	520	64800	0,0082	0,0000294	"	0,000027	13	—

Торф со Светлого озера значительно грубее осоково-гипнного торфа с Замошского опорного пункта, но просачивание замедлялось неуклонно по мере фильтрации. Над этим монолитом проделан ряд манипуляций, чтобы установить причины постоянного замедления в

просачивании, об этом будет сказано ниже. В конце концов расход воды дошел до минимального предела, близкого к 0 и работа закончена в июне 1928 г.

Монолит с магистралью А×Б западная часть Оршинского массива район старых глубоких оконщ поставлен с еще более грубым торфом. Ход просачивания в самом большом монолите тот же, разница лишь в том, что замедление здесь происходит медленнее, чем в монолите со Светлого озера.

Торф в монолите А×Б пушицево-сфагновый, что видно из анализа на ботанический состав и зольность.



Глу- бина в см.	Ботанический состав	Зольность абсолютно сух. вещества	
		1	2
10	Сфагново-пушицевый с шейхцерией	2,62	
20	Пушице-сфагновый	1,65	
30	" "	2,20	
40	" "	2,10	
50	Сфагново-пушицевый	2,75	
60	" "	1,89	
70	" "	2,01	
80	" "	2,67	
90	Сфагновый с пушицей	2,36	
100	Пушице-сфагновый	3,19	
110	" "	2,53	
120	Сфагновый с пушицей	1,99	
130	" "	1,82	
140	Пушице-сфагновый	1,53	
150	" "	1,41	
160	" "	1,85	
170	" "	1,93	
180	Шейхцериево-пушицево-сфагновый	2,35	
190	Пушице-сфагновый	1,76	
200	Сфагновый с пушицей	1,77	
210	Пушицево-сфагновый	2,27	
220	Сфагновый с пушицей	4,42	
230	Пушице-сфагновый	2,17	
240	Сфагново-пушицевый	3,56	
250	Пушице-сфагновый	2,46	
260	Сфагново-пушицевый с шейхцерией	7,34	
270	Пушице-сфагновый	6,42	

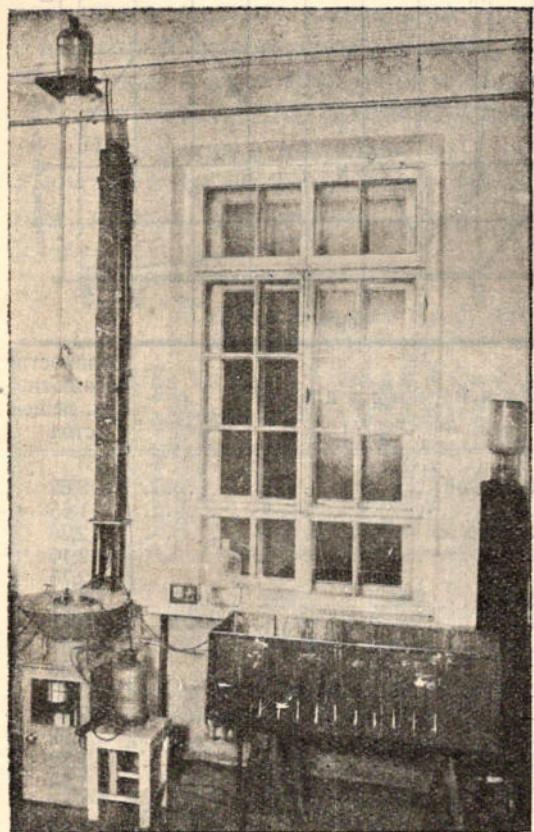
Из приведенной таблицы видно, что торф монолита А×Б поразительно малозольный.

Остальные физические свойства торфа в монолите с магистралью А×В были следующие:

	Гор.	Уд. в.	Гор.	Уд. в.
Истинный удельный вес .	20—30	1,21	170—180	1,17
	130—140	1,20	220—230	1,21

Полная влагоемкость. Гл. 77 см.—1414, гл. 156 см.—651, 3, гл. 236 см—651.

Работа с просачиванием начата 7 июня 1927 года и продолжается непрерывно—больше года.



Фот. № 2.

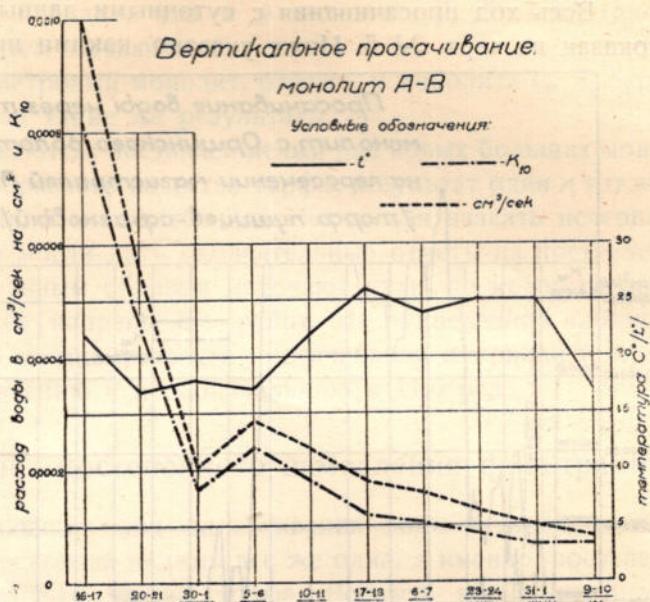
На фот. № 2 показан монолит А×Б с аппаратурой: внизу омброграф Рорданца. Вверху на полке сосуд с водой, постоянно поддерживающий уровень воды по закону Мариотта.

Первоначальная длина монолита 2,7 м, в работе 2,34 м. Монолит осел на 36 см. Площадь сечения $15 \times 19,5 = 292$ кв. см. Благодаря тому, что торф осел, плотность его несколько увеличилась, но все же это был довольно пористый торф благодаря плохой степени разложения 25—40%.

Для характеристики просачивания воды через большой монолит я взял те дни, которые наиболее полно выявляют картину хода затухания скорости просачивания воды через торф. В течение 12 месяцев (см. табл. № 4 и черт. № 4) с этим монолитом ведется работа по просачиванию, которое неизменно следует одному

закону. При всех одинаковых условиях, т. е. напоре воды, беспрерывной подачи воды идет замедление сначала быстрое, а к концу чем большего затухания достигает скорость просачивания, тем медленнее идет само затухание, и наконец скорость доходит до того, что начинает колебаться около одной величины, если какаянибудь физиче-

ская причина или условия погоды не нарушают спокойного состояния монолита. Например, постукивание по монолиту, сильное сотрясение действуют ускоряющим стимулом на движение воды. Есть основание предполагать, что слишком сырья погода, т. е. высокая влажность воздуха как будто способствует увеличению скорости просачивания.



Черт. № 4.

Таблица № 4.

Монолит с магистралью А × Б.

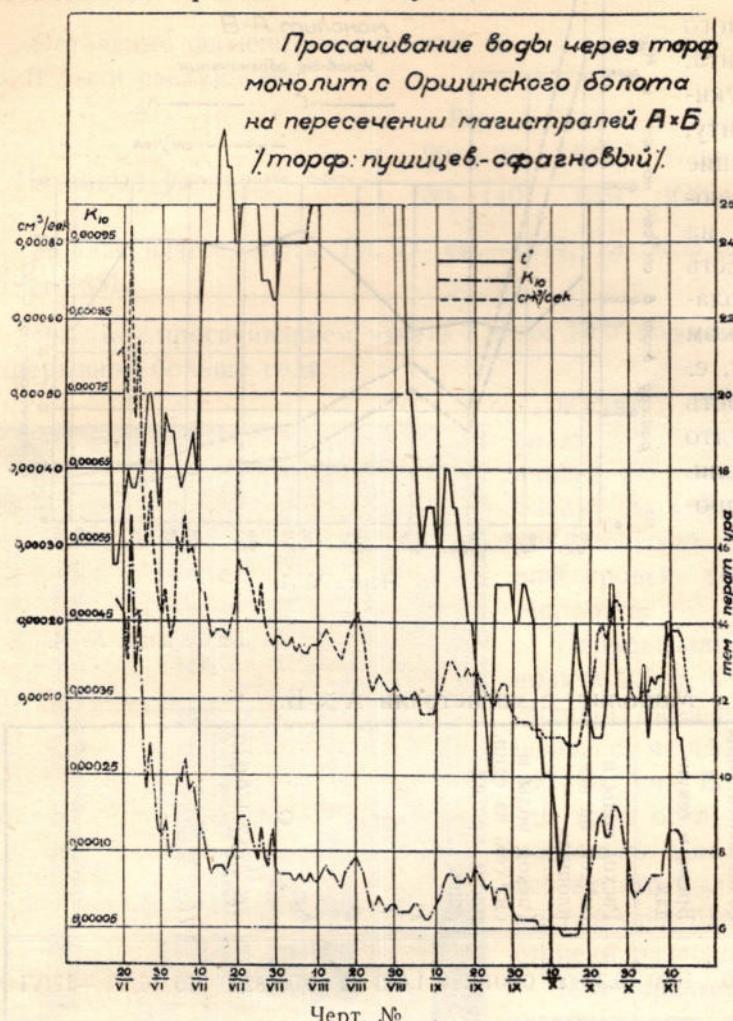
Днем	Ночью	Среднее	Количество просочившейся воды	Время в секундах	Расход воды в $\text{см}^3/\text{сек}$, на всю площадь		Расход воды в $\text{см}^3/\text{сек}$, на един. площац. при ед. давл.	H	t	Q	$K_{10} = \frac{Q}{F \cdot t \cdot (0,7 + 0,03t)}$	H
					расход	воды						
27	—	—	500	1620	0,30800	0,0010110	1,043	22	0,0008200	10	16/VI — 17/VI	
47	50	48,5	500	2910	0,17200	0,0005640	“	17	0,0004660	“	20/VI — 21/VI	
128	130	129,0	500	7740	0,06460	0,0002120	“	18	0,0001710	“	30/VI — 1/VII	

С 3-го на 4-ое во время не дана вода и поэтому произошло в последующие дни некоторое ускорение в просачивании

91	94	92,5	500	5550	0,09100	0,0002990	“	17,5	0,0002450	“	5/VII — 6/VII
109	110	110	500	6600	0,07580	0,0002490	“	22	0,0001830	“	10/VII — 11/VII
144	148	146	500	8760	0,05710	0,0001870	“	26	0,0001260	“	17/VII — 18/VII
—	—	162,5	500	9950	0,05130	0,0001680	“	24	0,0001180	“	6/VIII — 7/VIII
—	—	207,5	500	12450	0,04017	0,0001310	“	25	0,0000910	“	23/VIII — 24/VIII
—	—	250	500	1500	0,03899	0,0001060	“	25	0,0000730	“	31/VIII — 1/IX
—	—	320	500	19200	0,02604	0,0000854	“	17	0,0000706	“	9/IX — 10/IX

Весь ход просачивания с суточными данными в монолите А×Б показан на черт. № 5. Ниже указано какими причинами вызывались под'емы и падения в ходе фильтрации.

Если сравнить ход просачивания у монолита со Светлого озера и у монолита А×Б, у которых обратная зависимость по длине и по качеству торфа, то из приводимой таблички видно, что в начале просачивания в первый день вода пошла быстрее в монолите со Светлого озера, где коеффициент $K = 0,001180$, а для монолита А×Б тоже в первый день коеффициент $= 0,000820$.



Промежуток времени	Монолит А×Б. K_{10}	Промежуток времени	Монолит Светлого озера K_{10}
Первый день	0,000820	Первый день	0,001180
Через 10 дн.	0,000234	Через 10 дн.	0,000155
“ 30 дн.	0,000126	“ 36 дн.	0,000081
“ 3 мес.	0,0000706	“ 3,5 м.	0,000034

В монолите со Светлого озера, как видим, замедление идет более энергично, чем в монолите А×Б, несмотря на его большую длину; в формуле Hasen'a длина не играет большой роли, а все сводится к разности в напоре, так как $Q = KE \frac{H}{l}$.

Из таблицы № 4 видно, что и в монолите А~~×~~Б вода днем фильтруется скорее чем ночью.

Железный полуметровый монолит, отрезок у монолита С. З. берега Светлого озера, дал такие же результаты.

Работы продолжаются; поставлен целый ряд новых больших монолитов самого разнообразного качества торфа; результат один и тот же.

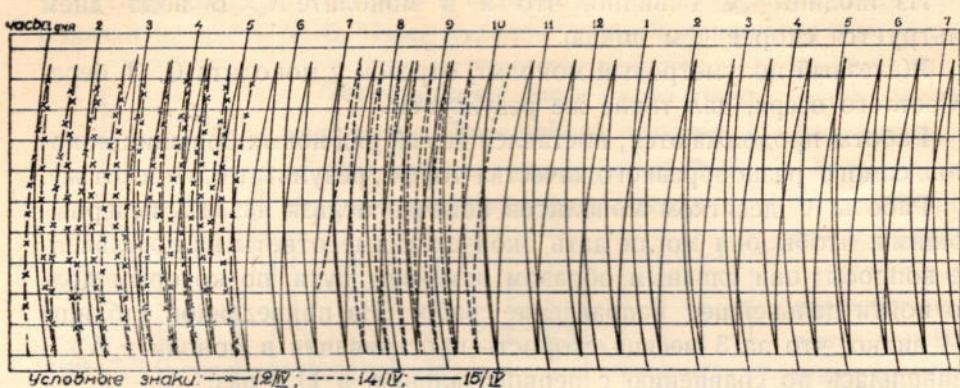
Работы с десятком монолитов конечно нельзя назвать исчерпывающими, чтобы они могли дать окончательные ответы на поставленные вопросы; они главным образом намечают пути, по которым должно пойти дальнейшее направление работ. Из приведенной таблицы № 4 видно, что за 3 месяца скорость просачивания в монолите А~~×~~Б уменьшилась по сравнению с первоначальною в 11,6 раз.

Выяснение причин постепенного замедления фильтрации.

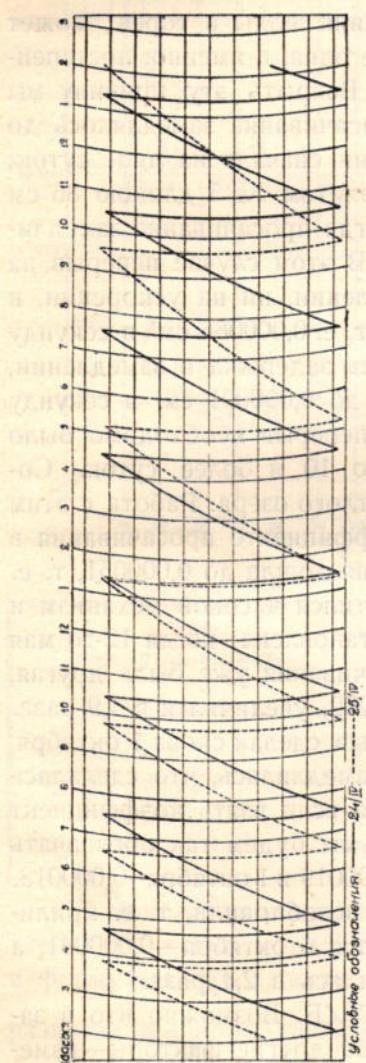
Причин, замедляющих ход просачивания воды в торфе, может быть несколько, но основная видимо все же одна, а именно: постепенное набухание отдельных частиц торфа. Вскрыть эту причину мы пробовали следующим образом: когда просачивание замедлялось до минимума мы делали перерыв в просачивании сначала на двое суток; потом на несколько суток. В случае с монолитом № 5 длиною 86 см с гипновым торфом перерыв был сделан когда просачивание замедлилось до 0,000066 см³ на кв. см в секунду. В этом случае перерыв на двое суток совсем не сказался ни на замедлении, ни на ускорении, и после перерыва просачивалось столько же, т. е. 0,000066 см³ в секунду на кв. см. В этом случае произошла лишь задержка в замедлении, которое потом еще продолжалось и дошло до 0,000001 см³ в секунду на единицу площади. Для монолита № 5 перерыв необходимо было сделать на больший промежуток времени—до 10 и более суток. Совсем другое произошло с монолитом со Светлого озера. Работа с этим монолитом начата была 12 апреля при коэффициенте просачивания в 0,000800 (см. черт. №№ 6 и 7 и 8) и к 11 мая дошла до 0,000051, т. е. уменьшилась до 16 раз. В это время испортился часовой механизм и работа, т. е. приливание воды, была приостановлена; когда 12-го мая работу возобновили, тогда скорость просачивания уже была другая, коэффициент просачивания получился 0,000262, увеличился в 4,9 раза.

Для проверки этого же явления перерыв сделан снова 1 октября, когда скорость просачивания настолько замедлилась, что сделалась почти постоянной, в чем можно убедиться если взять коэффициент просачивания K_{10} (вперед для упрощения мы будем так обозначать коэффициент просачивания) 24 сентября—0,000019 и 1 октября--0,000018. Перерыв сделан на 5 дней и когда работу возобновили, т. е. приливание воды, то коэффициент K_{10} получился 6 октября—0,000041, а 8 сентября—0,000044, т. е. скорость увеличилась в 2,4 раза.

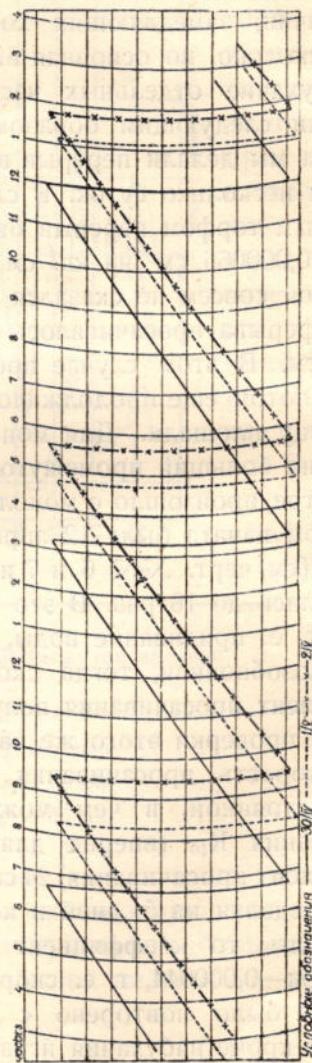
Тоже было повторено с монолитом А~~×~~Б. Возможно что в замедлении кроме набухания играют какие либо другие факторы—изме-



Черт. № 6.



Черт. № 7.



Черт. № 8.

нения в структуре торфа и структуре самой воды, наконец беспрерывное просачивание ведет к постоянному вымыванию коллоидно-абсорбируемых частиц, которые попутно книзу могут перегруппировываться и вновь абсорбироваться, превращаясь в защитные коллоиды и так далее. Наконец, возможно что пленки воды могут увеличиваться с течением временно и замедлять просачивание. В конце концов механически вымываемые мельчайшие частицы могут оседать в порах нижележащих слоев торфа и уменьшать просачивание.

Еще в начале постановки опытов во время работ с маленьким монолитом было замечено одно обстоятельство: что-то тяжелое упало на пол, произошло сильное сотрясение и скорость появления капель моментально увеличилась. Я привожу этот пример, как интересный в том отношении, что это первый день работы с фильтрацией в который мы ощущали, догадками подходили к той постановке работы какой сейчас достигли. Монолит вышинаю в 12 см, площадь $12 \times 11,5 = 138$ см, был залит в деревянном наскоро сколоченном ящике. Скорость просачивания измерялась отсчетом 100 капель по секундомеру. Выделение первых капель началось в 1 час дня 7 января 1927 года. В дальнейшем скорость просачивания каждого 100 капель выражалась так: в 55 сек., в 54 с., в 62 с., в 67 с. (стол стряхнут в 1 ч. 55 м.), и скорость снова увеличилась в 57 с., в 59 с., в 3 ч. 54 м. замедление достигло 100 капель в 75 сек.

И в этом случае в течение одного дня мы наблюдаем таким образом постепенное замедление просачивания случайно нарушенное сотрясением, которое снова пришло в норму. Поэтому и в опытах М. М. Юрьева в течение суток могли быть всякие случайные причины которые за краткостью срока об'яснены быть не могли, а главное если бы торф был естественно-сохранивший структуру, то возможно, что и в его опытах результаты были бы последовательнее. Повторяем, что ни в каком случае врезанием, даже тонкими стальными трубками, нельзя получить ненарушенные торфяные столбики, они обязательно будут уплотнены и смешены. Мы делали опыт врезания торфа в трубы по 5 см длиною не только стеклянные, но и в тонкие острые стальные,—результат один и тот же: торф в трубках уплотняется сильно и если в нормально залитом торфе прилитая вода появляется через 10—20 сек., то во врезанном столбике через 10—20 часов.

Итак на маленьком опыте сотрясение ускорило фильтрацию; думать, что при сотрясении произошел какой-нибудь разрыв в заливке монолита невозможно, потому что монолит очень маленький, легкое сотрясение не могло иметь никакого значения на взаимодействия торфа и заливки. Да и скорость затем установилась быстро до прежней нормы и начала убывать. В дальнейшем на больших монолитах случалось, что без каких-либо видимых причин скорость просачивания быстро увеличивалась, мы это относим к тому, что в Гос. Институте Сел.-Хоз. Мелиораций все лето 1927 г. велись строительные работы (ставились леса, настипался пол вверху, одним словом сотрясения

могли быть). Для проверки с монолитом со Светлого озера, 20 июля был искусственно проделан опыт постукиванием по стенкам и оказалось, что скорость действительно увеличилась, так, например, 19 июля коэффициент K_{10} в данном монолите за сутки был 0,000058 после же постукивания 21 июля коэффициент K_{10} увеличился до 0,000090

22	июля	коэффициент	K_{10}	"	0,000085
23	"	"	"	"	0,000069
25	"	"	"	"	0,000068
26	"	"	"	"	0,000054

Явление, как видим, определенное, основанное не на простом физическом постулате, что лишь простое сотрясение ускорило движение воды, затухание происходило несколько дней. Если бы образовался разрыв, то в установившемся крайне набухшем торфе, он бы не мог вновь уменьшить скорость фильтрации, фильтрация осталась бы увеличенной, следовательно нарушение от постукивания произошло в самой структуре частиц торфа и воды, выравнивать которую потребовалось несколько дней. Ниже на микроскопическом анализе мы увидим, что это обяснение допустимо.

Что касается самого коэффициента K_{10} по формуле Hasen'a, то анализируя кривые фильтрации воды в торфе мы видим, что коэффициент K_{10} в сущности мало отличается по ходу кривой от величины просачивания в единицу времени, тогда как он должен давать по своему заданию прямую линию.

В формуле Hasen'a предусматривается d — диаметр почвенных частиц и t^0 температура, но в торфе, как оказалось, большую роль играет время, в течение которого происходит фильтрация. Чем дольше идет просачивание, тем больше замедляется скорость просачивания.

Нами сделана попытка применить другие формулы расхода воды при просачивании в грунтах — Крюгера, Шлихтера, но и они не дали лучших результатов, так как ни одна формула не принимает в расчет время, в течение которого продолжается просачивание. Вводя W — порозность торфа, полученную аналитически и время в формуле Hasen'a мы сделали первую попытку найти путь к получению действительного коэффициента K — просачивания воды в торфяных грунтах.

Наша попытка имела успех только в случае применения указанной поправки к монолиту № 3, где принятая поправка дала хорошие результаты.

Формула Hasen'a расхода воды выражается

$$Q = F \frac{H}{l} K_{10} d (0.7 + 0.03t), \text{ а } K_{10} = \frac{Q}{F \frac{H}{l} d (0.7 + 0.03t)}$$

где Q — расходы воды; K_{10} — коэффициент фильтрации; F — площадь сечения монолита; $\frac{H}{l}$ — разность напора; d — диаметр частиц; t — температура.

Если в означенной формуле мы W — обозначим полученную аналитически порозность торфа и разделим ее на 50, т. е. возьмем $\frac{W}{50}$, и эту величину в свою очередь разделим на $\frac{S}{2}$, т. е. на время продолжительности просачивания выраженное в сутках, то формула примет вид:

$$Q = F \frac{H}{l} K_{10} \frac{\frac{W}{50}}{\frac{S}{2}} (0,7 + 0,03t) = F \frac{H}{l} K_{10} \frac{W}{25S} (0,7 + 0,03t)$$

так например в монолите № 3 порозность равняется 89%. Следова-

$$\text{тельно } \frac{W}{50} = \frac{89}{50} = 1,8$$

Время — S можно взять в любой момент, например через 30 суток от начала работы и тогда $\frac{S}{2} = \frac{30}{2} = 15$ и формула получит вид

$$Q = K_{10} F \frac{H}{l} \frac{1,8}{15} (0,7 + 0,03t)$$

$$\text{откуда коеффициент } K_{10} = \frac{Q}{F \frac{H}{l} \frac{1,8}{15} (0,7 + 0,03t)}$$

Если проделаем опыт вычисления K_{10} — на примерах с монолитом № 3, то мы увидим, что вне зависимости от срока, в течение которого производится просачивание, мы для каждого дня получим близкий коеффициент, например в первые сутки, в начале постановки опыта, мы имеем расход воды в одну секунду на единицу площади (кв. см) 0,003124 см³, подставляя в формулу цифровые величины получим

$$K_{10} = \frac{Q}{F \frac{H}{l} \frac{1,8}{15} (0,7 + 0,03t)} = \frac{0,003124}{100 \cdot 0,02 \cdot 1,21} = 1,1$$

если $S = 1$, $t^0 = 17^\circ$, $Q = 0,003124$, $H = 100$, $l = 90$, то следовательно числовое выражение сводится

$$\frac{0,003124}{100 \cdot 0,02 \cdot 1,21} = \frac{0,003124}{2,42} = 0,000137.$$

Проделав этот же расчет для всех сроков указанных в таблице, мы получим новый K_{10} близкий к постоянному.

Например, вычисленный непосредственно по формуле Hasen'a K_{10} неизменно убывает, тогда как вычисленные по исправленной формуле цифры колеблются около одной величины, вот для примера те и другие цифры:

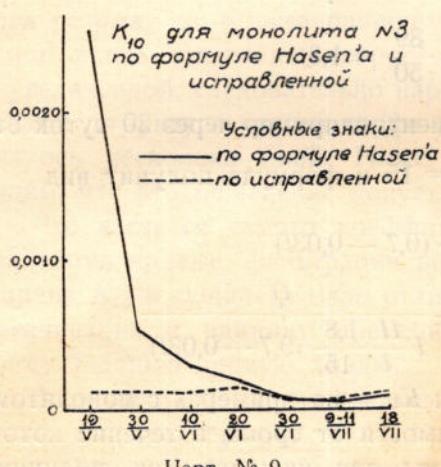
K_{10} по формуле Hasen'a.

0,002582
0,000558
0,000328
0,000209
0,000072
0,000061
0,000086

K_{10} по исправленной формуле.

0,0001370
0,0001395
0,0001220
0,0001571
0,0000720
0,0000758
0,0001245

Мы видим, что только в случаях резкого замедления просачивания [30/VI и 9/VII—11/VII] K_{10} отклоняется сравнительно далеко от своей величины. На графике же (черт. № 9) получается почти прямая линия K_{10} .



Черт. № 9.

Мы надеемся, что в результате работ с большим количеством материала действительно удастся получить коэффициент K_{10} просачивания и для торфяных грунтов, тогда как сейчас имеется K_{10} только для песка и отчасти для глины.

Для монолита № 5 приведенная формула не подходит совершенно, так как в данном монолите просачивание быстро изменяет скорость фильтрации и доходя почти до нулевого расхода держится с такой скоростью очень долгое время.

Кривая расхода воды монолита № 5

очень близка к кривой функции $\frac{X^2 - 1}{X^2 + 1}$. По всей вероятности при разной порозности торфа придется менять соответственно знаменатель у W — порозности. Для монолита № 3 мы взяли его 50, чем меньше возьмем знаменатель для порозности, тем быстрее будет падать кривая по ординате — y и наоборот.

Детальному анализу кривой фильтрации и изменению коэффициента « K » во времени будет посвящена вторая часть работы.

Влияние переменного напора на расход воды в торфе.

Установив законный ход просачивания воды в торфе можно было ожидать, что изменение напора будет изменять скорость фильтрации соответственно качеству торфа, т. е. чем пористее торф, тем ускорение будет получаться большее, чем в торфе плотном, т. е. на плотном торфе будет слабее отражаться высота столба воды над торфом.

В наших опытах высота столба воды изменялась в конце работ, когда скорость замедлялась до постоянной величины и вот какие получались результаты.

В монолите со Светлого озера 6/VI коэффициент K_{10} установился 0,000050.

После этого напор был поднят с 10 см до 20 см и коэффициент K_{10} изменился через 3 суток—9 июня до 0,000065 и такая скорость держалась до 23/VI, затем снова началось замедление (см. таблицу) хотя очень медленное, колеблясь в пределах 0,000045—0,000036. С 13-го июля с повышением температуры скорость просачивания начала увеличиваться, коэффициент доходил до 0,000081 и к 28/VII, когда температура начала убывать, замедление остановилось при коэффициенте K_{10} 0,000053. В это время напор был снова уменьшен до 10 см и скорость немедленно замедлилась, напр. 2 августа $K_{10} = 0,000026$ и т. д.

Изменения скоростей просачивания лучше всего видно на суточной таблице № 5 и на черт. № 10.

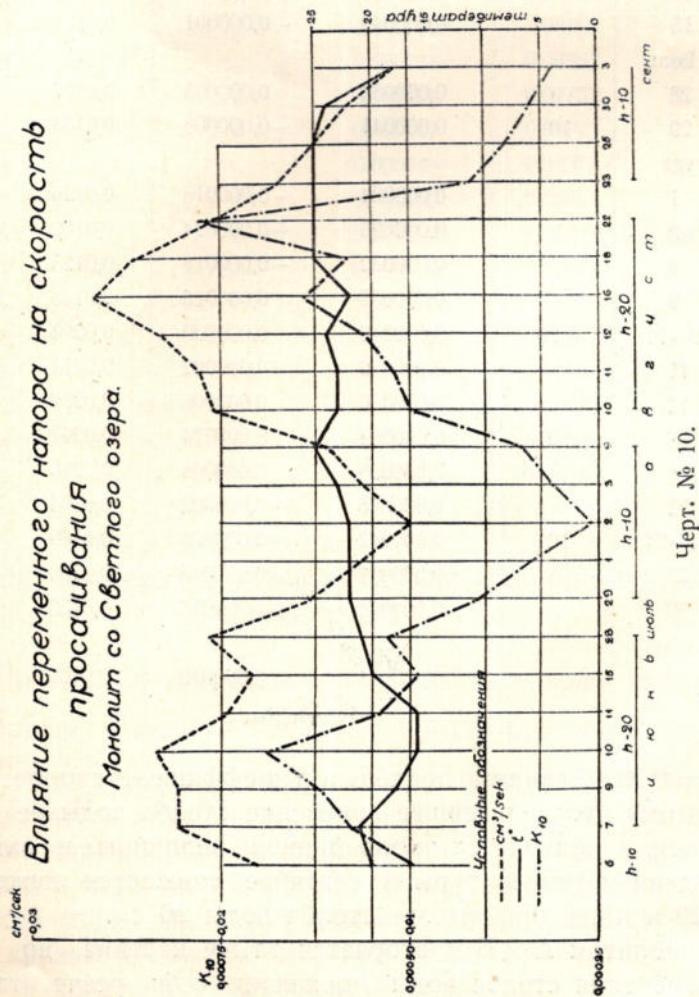


Таблица № 5.

Монолит с ю.-з. берега Светлого озера.

Высота монолита 178 см.; площ. сечения 262 см.²

Месяц и число.	H стояние воды.	$K_{10} = \frac{Q}{F \frac{H}{l} (0,7 + 0,03t)}$	+ разница.	Расход на всю пло- щадь сечен. в см ³ /сек.	t^0
Июнь					
6	10	0,000050		0,0180	20
7	20	0,000058	0,000008	0,0223	21
9	*	0,000062	0,000012	0,0223	18
10	"	0,000069	0,000019	0,0235	16
11		0,000054	0,000004	0,0197	16
15		0,000049	-0,000001	0,0183	20
Июль					
28		0,000053	0,000003	0,0207	21
29	10	0,000041	-0,000009	0,0153	22
Август					
1	"	0,000034	-0,000016	0,0126	22
2	"	0,000026	-0,000024	0,0100	22
3		0,000032	--0,000018	0,0125	23
9		0,000035	0,000015	0,0143	25
10—11	20	0,000050	0,000000	0,0203	23
11	"	0,000052	0,000002	0,0211	23
12	"	0,000056	0,000006	0,0232	24
16	"	0,000064	0,000014	0,0267	22
18		0,000058	0,000008	0,0246	25
22		0,000048	-0,000002	0,0204	25
23—24	10	0,000042	-0,000008	0,0169	25
25		0,000037	-0,000013	0,0150	25
30		0,000034	-0,000016	0,0133	24
Сентябрь					
3		0,000031	0,000019	0,0107	18

$K_{10} = 0,000026$ видимо предельный коеффициент скорости просачивания, потому что дальнейшее изменение столба воды не дает резких скачков, а колеблется около данной величины и затем с быстрым падением температуры в сентябре снижается даже до $K_{10} = 0,000020$ и ниже при высоте столба воды 20 см.

С монолитом А×Б повторяется та же картина, но там реакция на изменения столба воды проявляет себя резче, так как мы имеем дело с более грубым торфом (табл. № 6).

Т а б л и ц а №

М о н о л и т А × Б

Месяц и число.	Высота мо- нолита в см	<i>F</i>	<i>H</i>	$K_{10} = \frac{Q}{F \frac{H}{l} (0,7 + 0,03t)}$	Расход на всю площ. в см ³ /сек.	Темпера- тура.
Июль	234	292	10	0,000137	0,05960	26,5
				0,000132	0,06081	27,0
			„	0,000126	0,05710	26
			„	0,000141	0,06360	26
				0,000155	0,06690	24
			20	0,000199	0,08960	24
			„	0,000192	0,08833	25
			„	0,000190	0,08765	25
			„	0,000185	0,08532	25
			„	0,000168	0,07751	25
			„	0,000147	0,06743	25
			„	0,000149	0,06571	23
			10	0,000135	0,05694	23
Август			„	0,000130	0,05442	22,5
			„	0,000129	0,05547	24
				0,000119	0,05262	25
			20	0,000126	0,05767	25
				0,000131	0,06020	25
				0,000120	0,05509	25
				0,000091	0,04017	25

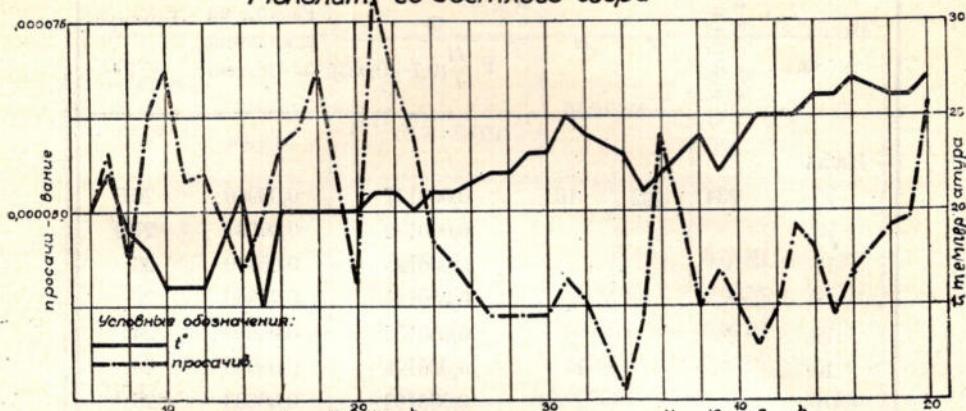
Значение температуры воздуха для расхода воды при фильтрации.

При вычислении коэффициента K_{10} расхода воды при фильтрации по формуле Hasenà $Q = F \frac{H}{l} (0,7 + 0,03t)$ как видим предусматривается температура и разность напора. По этой формуле K_{10} должен бы получаться один и тот же при установленвшейся скорости просачивания для постоянной температуры и высоте столба воды над поверхностью торфа. Целый ряд примеров позволяет высказаться в пользу этой формулы, только в известных пределах. Из основной таблицы и кривой мы видим, что при изменениях столба воды от 10—20 см и колебания температуры в пределах 16 и 25° С, коэффициент скорости просачивания дает близкие величины; например,

если возьмем расход воды в монолите со Светлого озера (см. черт. № 11) от 7 июня по 15 июня, то он довольно высоко отличается от

Влияние температуры на скорость просачивания

Монолит со Светлого озера



Черт. № 11.

расхода воды на всю площадь монолита при той же высоте столба воды от 10 августа по 22 августа. Например, 15 июля расход в секунду 183 куб. см, а 22 августа 204 куб. см, но коэффициент скорости просачивания в обоих случаях одинаковый: 15 июля—0,000049 и 22 августа—0,000048. Разница в расходе зависела, главным образом от температуры: в июне просачивание происходило при 20°, а в августе—при 25°; то же мы видим и при столбе воды в 10 см от 29 июля по 9 августа и от 23 августа по 3 сентября, например, 29 июля при температуре 22° расход воды 0,0153 кб. см. $K_{10}=0,000041$; 23 августа при температуре 25° расход воды 0,0169 кб. см, $K_{10}=0,000042$. Очень маленькая разница в коэффициенте и довольно значительная в расходе воды. От K_{10} мы этого и должны ожидать, но это условие в K_{10} Hasen'a выдерживается только при установившейся скорости фильтрации, в том же случае, когда скорость замедляется или ускоряется вследствие каких то скрытых причин в грунте без изменения напора воды и t^o , тогда K_{10} Hasen'a и других формул ничего не дает.

Температура, как видно, имеет большое значение в скорости просачивания воды.

С изменением температуры изменяется удельная вязкость воды и капиллярная константа, напр. по Митчерлиху. ¹⁾

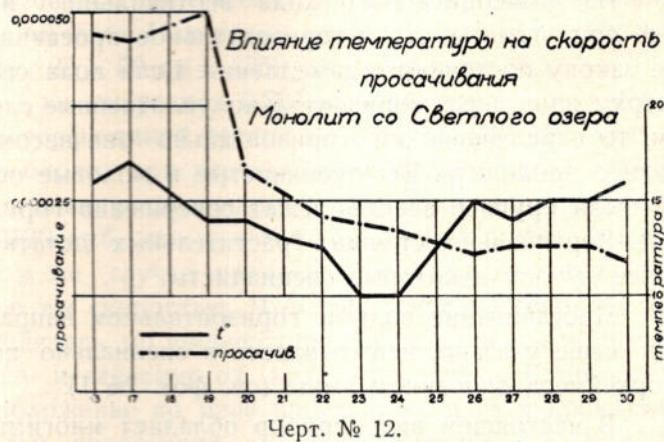
Температура	Удельная вязкость	Капиллярная константа
0°C	100,0	15,41
5°C	84,6	15,26
10°C	73,3	15,13

¹⁾ Mitscherlich. Bodenkunde. 3 Auflage. Berlin. 1920.

Температура	Удельная вязкость	Капиллярная константа
15°C	63,6	14,98
29°C	56,2	14,84
20°C	49,9	14,70
30°C	44,9	14,56

Из приведенного видно, что вода при высокой t^0 должна проходить через торф много быстрее вследствие быстрого падения удельной вязкости ее, капиллярная константа наоборот поднимается с температурою, и уменьшает скорость фильтрации но не столь резко.

К сожалению путем грубых отсчетов на простых термометрах это не удается отчетливо в суточном ходе установить. В ходе же изменения температуры за недельный и месячный периоды это ясно видно на только что приведенных примерах и затем на дальнейшем убывании скорости просачивания с падением температуры в течении сентября. Ход изменения скорости просачивания с падением температуры в этом случае лучше всего будет виден на кривых июня, июля (черт. № 11) и сентября в монолите со Светлого озера.



Зависимость скорости просачивания от температуры всего лучше выражена на кривой сентября, так как в это время помещение где стоят монолиты было закрыто и температура держалась более или менее ровно. (черт. № 12).

На обеих кривых особенно хорошо заметно как просачивание стремится замедлиться; оно особенно ясно падает вслед за понижением температуры и с трудом поднимается когда температура повышается, например 26, 27, 28 сентября.

Кривая июня несколько иная. Общий ход и на этой кривой тот же, но в ней мы видим у просачивания резкие подъемы и падения. Это видимо обусловливается тем, что температура в июне и в течение суток и суточные резко колебались. В это время, окна в помещении лаборатории были открыты днем и ночью. Температура же записывалась два раза в сутки: в 10 час. утра и в течение дня до 3,5 час., а что дальше было неизвестно. Поэтому кривая температуры за июнь идет более или менее плавно, а просачивание резко колеблется, но все же мы видим, как общее поднятие температуры к концу

июня вызывает и общее ускорение просачивания. Пока мы не учтываем влияния барометрического давления, а это несомненно должно играть известную роль в скорости просачивания. В природе при измерениях уровня воды в скважинах на болоте, например на Замошском опорном пункте, очень часто можно было наблюдать повышение или понижение уровня воды в скважинах за которыми следовали изменения погоды.

Очень часто под'ем воды в скважинах зимою предупреждал оттепель, видимо барометрическое давление раньше падало, чем изменилась погода. Во всяком случае на июньской кривой отчетливо видно, что просачивание не идет ровно, а подвержено целому ряду влияний, в которых и предстоит в дальнейшем разобраться.

Горизонтальное просачивание воды в торфе.

Из вышеописанного хода вертикального просачивания можно уже предугадать, что и горизонтальное просачивание пойдет по тому же закону постоянного замедления. Если вода свободно фильтруется сверху вниз через горизонтально уплотненные слои, перпендикулярно им, то параллельно им горизонтально она несомненно должна свободнее проходить. Все травянистые и моховые остатки, как бы они ни были крупны, всегда лежат совершенно горизонтально сплющенные. Вертикально стоящих [растительных остатков в торфе нет, как ранее думали некоторые специалисты.

Просачивание воды в горизонтальном направлении через торф, как выше указано, испытывалось в специально построенном приборе Форхаймера описанном выше (см. фот. № 1).

В настоящем виде прибор обладает многими недостатками, особенно при заряжении его, но все же работа в нем производилась и в конце концов давала удовлетворительные результаты.

Первый опыт в этом приборе был произведен с монолитом № 5 с Заплюсского болота Замошского опорного пункта. Торф осоково-гипновый. (Описан выше).

Длина монолита 86 см, площадь 1250 см^2 ($50 \times 25 \text{ см.}$) Ботанический состав торфа и физические свойства описаны выше (см. монолит № 5). В этом монолите, ход горизонтального просачивания, надо сказать, проведен неудовлетворительно и поэтому на нем мы останавливаться не будем, а проследим лишь изменении воды в вертикальных пьезометрических трубках с изменением напора H и h в обоих концах прибора.

Прежде чем перейти к цифровым данным по монолиту № 5, сделаем несколько замечаний о причинах неудовлетворительности хода горизонтального просачивания.

Торф для опыта взят в замороженном состоянии. Между прочим это чрезвычайно облегчает все манипуляции с большими торфяными

монолитами при установке их в приборы. Такой торф можно правильно опиливать обыкновенною двухручною пилою по любому шаблону, вставлять, поднимать как дерево.

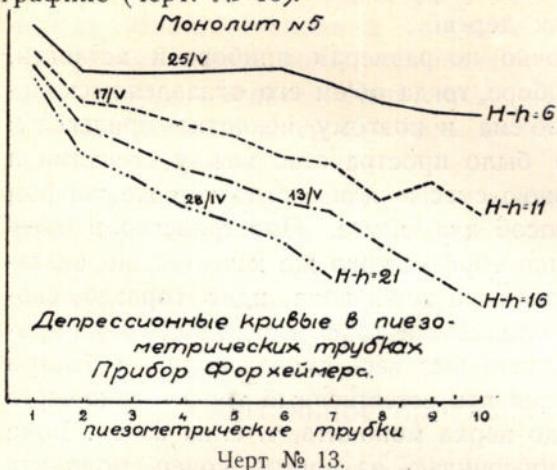
Монолит был опилен точно по размерам прибора и вставлен, 25 апреля торф растаял в приборе, тогда об'ем его оказался несколько меньше первоначального об'ема и поэтому неплотно прилегал к стенкам прибора. Необходимо было пространство между стенками и торфом или залить парафиновою смесью или забить тем же торфом. Предпочтен был последний способ для опыта. Пространство в 0,5—1 см. было забито очень крепко торфом того же качества, но оказалось, что через искусственно забитый торф вода идет гораздо свободнее, чем через естественно сложенный торф. Когда вода была прита эта слой торфа моментально был весь смочен водою и быстро набух снизу до верха в то время как естественный торф только через несколько дней поднял воду до верха монолита, т. е. на 25 см. Вода после напуска очень быстро просочилась на другой конец монолита и именно по набитому слою. Измерения показали, что вода просачивалась: на площадь $25 \times 50 \text{ см} = 1250 \text{ кв. см}$ расход 5 см^3 в 1 секунду; на площадь 1 кв. см расход 0,004 куб. см в одну секунду.

Для гипнового торфа такой расход не естественен. Мы уже видели, что этот же монолит при вертикальном просачивании, залитый парафиновою смесью, давал расход воды на единицу площади в 1 кв. см. в первый день 0,00120 куб. см и затем с каждым днем замедлял просачивание, в этом же случае просачивание происходило с 12 по 19 апреля все с тою же скоростью. Что касается депрессионной кривой, которая определялась по уровню стояния воды в пьезометрических трубках, то она независимо от хода просачивания принимала свое естественное положение по мере набухания торфа и проводимости им воды по всей поперечной площади монолита, а именно: в таблице указаны непосредственные отсчеты уровня воды в трубках при $H - h$, т. е. разница горизонтов напора. Монолит № 5. Высота воды от дна прибора в нижн. конце 26 см., в заднем — 5 см. $H - h = 26 - 5 = 21 \text{ см.}$

Понижение уровня воды в пьезометрических трубках.

Число, месяц.												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	T	$H - h$
28/IV	21,5	17,8	16,5	15,0	14,2	13,2	11,3					21
3/V	21,7	18,0	16,5	15,1	14,2	13,2	11,6					21
13/V	22,1	19,0	17,9	16,8	16,2	15,2	14,7	13,0		10,0	11,8	16
17/V	22,8	20,1	19,8	19,1	18,5	17,5	17,1	15,2	16,1	14,5	11,5	11
25/V	24,2	21,7	21,6	21,7	21,7	21,8	21,1	20,2	19,7	19,5	12,0	6

Лучше всего направления сбега депрессионной кривой видно на графике (черт. № 13).



Но монолита, депрессионная кривая повышается по всей линии от начала до конца. Это чрезвычайно показательно для практических целей, т. е. для понимания значения уровня воды на окраине болота по отношению к суходолу и болоту. Уровень воды в одной точке изменяет уровень воды на все расстояние 1—поля действия воды, в зависимости от физико-химических свойств данного грунта. Конечно работа в приборе чрезвычайно мелкого масштаба, надо принять во внимание, что здесь мы имеем дело с изменениями вертикального поднятия воды на 5 см., тогда как в природе колебания бывают гораздо резче и например весною и осенью на 50—100 см больше.

После окончания опыта с монолитом № 5 был поставлен опыт на горизонтальное просачивание с монолитом № 3. О вертикальном просачивании через который было говорено выше, хотя вертикальное просачивание проводилось после того, как было окончено горизонтальное. Торф монолита № 3 также осоково-гипновый (см. опис.) разница лишь в том, что монолит № 5 взят в глубину, а монолит № 3 горизонтально.

Монолит № 3 был заряжен и началось просачивание 28/V. Вода в пьезометрических трубках данного монолита почему-то долго не устанавливалась. Ход появления воды в пьезометрических трубках можно проследить по таблице № 7.

Первоначальная длина монолита 100 см, ширина 50 см, высота 25 см.

Таблица № 7 приведена целиком и с теми записями какие получены в процессе работы. Благодаря своей неоднородности торф данного монолита дает возможность наблюдать, как маленькие разности в плотности и строении торфа отражаются на высоте воды в отдельных трубках. В депрессионной кривой данного монолита от начала опыта и до конца остались выраженным два скачка на 3 и 6 трубке. Необходимо заметить, что и в данном случае вода в первой трубке все время держалась на высоте 23,5 см при толщине всего монолита в 25 см.

На черт. № 13 отчетливо видно, как линия расхода и K_{10} падает довольно быстро между 10—20 см., а потом все медленнее и медленнее и только на 6—7 трубке снова падение увеличивается; в 8, 9, 10 трубках вода не показалась, так как она стояла на уровне 0 в конце монолита.

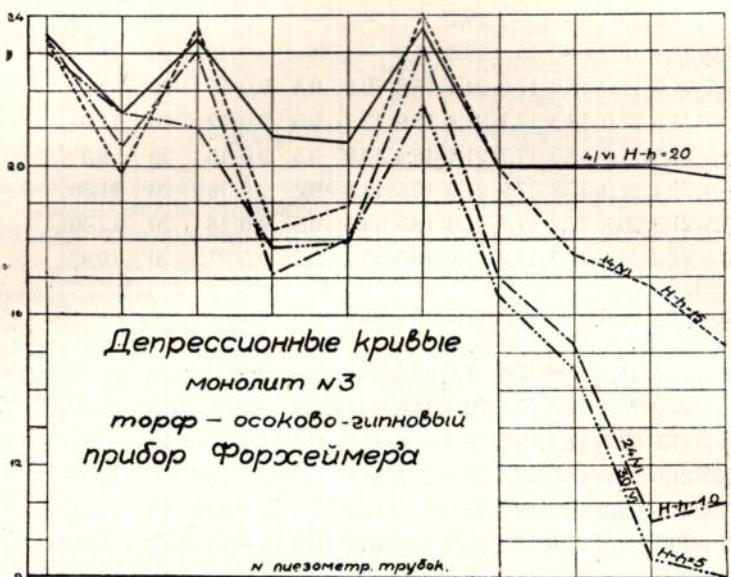
С уменьшением разности $H - h$, т. е. с поднятием воды во втором конце монолита,

Таблица № 7.

Монолит № 3.

Месяц, число	Пьезометрические трубы.										Темпера- тура. $H-h$.	Часы от- счета.		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
28/V	13,8	13,0	13,5	—	—	19,2	—	—	—	—	—	—	12	
30/V	23,3	18,9	19,3	—	15	23,8	14,8	—	—	—	10	20	11,55	
31/V	23,5	21,6	21,0	18,6	17,0	24,4	15,8	10,5	9,5	9,0	15	20	4	
1/VI	23,5	21,6	21,0	18,3	17,1	21,4	15,9	13	9,5	9,0	12	20	11,04	
3/VI	23,5	21,5	21,0	18,3	17,7	21,4	16,4	13,9	9,5	9,0	15	20	9,3	
4/VI	23,0	21,4	21,0	17,8	17,9	21,6	16,5	14,5	9,5	9,0	18	20	11,30	
6/VI	23,3	21,3	20,8	17,2	17,7	21,6	16,5	14,5	9,5	9,0	18	20	12,40	
7/VI	23,8	21,2	21,1	17,7	17,8	21,6	16,4	13,7	9,5	9,5	21,5	20	10,42	
Среднее	23,4	21,4	21,0	18,0	17,5	21,5	16,2	13,3	9,5	9,1	—	—	—	
7/VI	22,2	21,3	21,1	17,8	17,9	21,6	10,4	13,6	9,5	9,5	23	15	3,00	7/VI в 12 ч. после отче- та вода под- нята на 5 см.
8/VI	23,5	22,0	23,8	18,3	18,7	23,5	17,8	14,1	9,5	9,5	19	15	10,30	
9/VI	23,5	21,8	23,7	17,9	18,5	23,5	17,6	14,6	9,5	11	18	15	—	
10/VI	23,5	21,6	23,6	17,7	18,5	23,4	17,4	14,8	9,5	11	16	15	10,50	
11/VI	23,3	21,0	23,1	17,1	18,0	23,1	17,2	14,7	9,5	11	15	15	—	
13/VI	23,4	20,9	23,3	17,5	18,4	23,2	17,2	15,3	10,5	11,0	16	15	1,00	
14/VI	23,4	20,5	23,0	17,1	18,0	23,1	17,0	15,2	10,5	11,0	17	15	10,45	
15/VI	23,3	20,4	17,3*	16,8	18,0	23,0	17,0	15,1	11,0	11,0	20	15	10,30	
16/VI	23,3	20,0	21,0	17,0	18,7	23,6	17,8	15,3	11,5	11,5	21	15	11,15	
17/VI	23,2	18,2	20,8	16,4	18,1	23,4	17,2	15,1	11,5	11,5	14	15	11,00	
18/VI	23,5	18,3	20,7	16,5	18,3	23,4	17,5	15,3	13,7	12	14	15	11,30	18/VI 5 ч. 35 м. вода поднята на 5 см.
Среднее	23,4	20,5	22,5	17,2	18,3	23,3	17,4	15,0	10,7	11,0	—	—	—	
20/VI	23,5	20,0	24,1	18,7	19,0	24,1	20,0	18,0	17,0	15,2	17,0	10	11,20	
21/VI	23,5	20,0	24,0	18,4	19,1	24,0	20,0	17,8	16,8	15,1	18	10	11,15	
22/VI	23,4	19,8	23,7	18,5	19,0	24,0	20,0	17,7	16,6	15,1	18	10	11,10	
23/VI	23,4	19,6	23,6	18,4	18,9	24,0	20,0	17,7	16,8	15,2	17,0	10	12,35	
24/VI	23,4	19,8	23,7	18,3	18,9	24,0	19,9	17,6	16,8	15,2	17,0	10	11,10	
25/VI	23,4	19,6	23,7	18,4	19,0	24,0	19,9	17,7	16,8	15,2	18	10	11,30	
27/VI	23,4	19,6	23,5	18,5	18,9	23,8	19,7	17,6	16,6	15,1	21°	10	11,10	
28/VI	23,4	19,8	23,3	18,6	18,6	23,7	19,8	17,5	16,7	15,0	19°	10	10,50	28/VI в 1 ч. поднято на 5 с.
Среднее	23,4	19,8	23,5	18,5	18,8	23,9	19,9	17,6	16,7	15,1	—	—	—	
29/VI	23,4	21,2	23,4	20,7	20,0	23,7	19,8	19,1	19,0	19,5	21,0	5	11,15	
30/V	23,5	21,4	23,4	20,8	20,6	23,7	19,9	19,9	19,9	19,6	20	5	10,50	
1/VII	23,5	21,4	23,4	20,8	20,6	23,6	19,9	20,0	20,0	19,8	—	5	11,10	
Среднее	23,5	21,3	23,4	20,8	20,4	23,7	19,9	19,7	19,6	19,6	—	—	—	

Скачки воды в 3 и 6 трубке (черт. № 14) в начале вызвали большое недоумение, предполагалось, что они получились вследствие несовершенства постановки монолита, но когда вода появилась во всех трубках и явление продолжало оставаться неизменным законность явления стала очевидной.



Черт. № 14.

Выше указывалось, что монолит № 3 до 60 см имел более грубый—пористый торф, чем остальные 35 см. Наибольшая плотность приходилась перед трубкой № 7, которая и образовала подпор выразившийся в том, что вода в 6-й трубке сделала скачок на 6 см выше чем в трубке № 7, также, но меньше подпор образовался перед трубкой № 4.

Подпоры образовались вследствие разности скоростей движения воды до плотного торфа и в плотном торфе. Явление вполне законное и лишний раз подчеркивает, что вода в торфяных почвах движется по тем же основным законам, что и в минеральных грунтах.

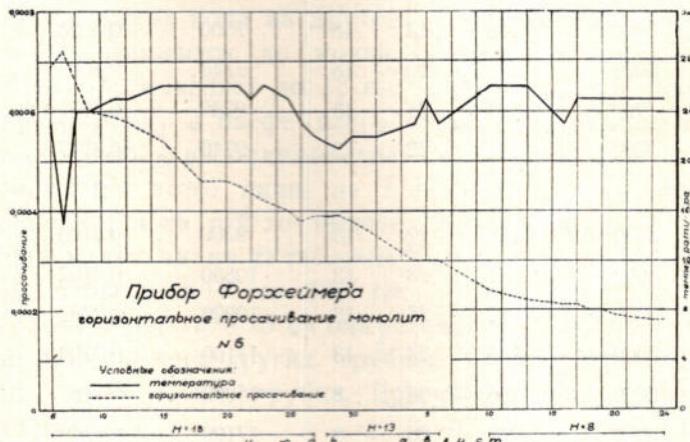
Что касается закона постоянного замедления скорости фильтрации, то он оказался один и тот же что в вертикальных, то и в горизонтальных монолитах и прослежен был на монолите № 6 пущицово-сфагнового торфа с Заплюсского болота, близ поля Лазуха. Этот монолит удалось хорошо поставить и фильтрация проведена нормально. Длина монолита 106 см, ширина 50 см, высота 24 см и $F = 1185 \text{ см}^2$.

Монолит № 6 взят в начале января на несколько дней позднее монолитов 3 и 5. Доставлен в замороженном состоянии. Вырезан продольно (не в глубину болота) с глубины 0,25 м и глубже на 25 см.

Состав торфа: пушицы	10—25%
сфагнумов	70—85%
древесных остатков и зеленых мхов	2—5%
степень разложения верхней части	10%
" "	нижней части 50%
зольность	6,10—6,76
удельный вес истинный	1,18—1,36
" "	кажущийся 0,10—0,14
порозность	89—91%
полная влагоемкость	837—1224%

Работа с монолитом начата 6/VII-1927 г. Судя по степени разложения торф в верхней части монолита почти не разложившийся. Такое впечатление он производил и на глаз. С виду грубый, волокнистый, светло-бурый торф—как войлок; казалось, что вода через данный торф пойдет без всякой задержки и никакого замедления не даст.

Результаты опрокинули все предположения. В виду большого интереса какой представляет данный монолит, я позволю себе все записи наблюдений привести целиком, (см. таблицу 8 и черт. № 15).



Расход воды на единицу площади и скорость фильтрации в сфагновом торфе, значительно выше, чем в торфах травяно-гипновых низинных и замедление протекает дольше и равномернее.

Расход правильно замедляется с течением времени при беспрерывной подаче воды. И именно в грубом пористом сфагновом торфе замедление происходит более равномерно.

О пыт № 3. Монолит № 6.

Месяц и число.	Количество воды в см ³	Время в минутах	t°	$H-h$	Время в се- кундах	Расход в см ³ /сек. на всю пло- щадь моно- лита	Расход во- ды на ед. пл. в см ³
Июль							
6	3000	70	23	18	4200	0,7142	0,000697
"	3000	60	15	18	3600	0,8361	0,000815
7	3000	67	23	18	4020	0,7462	0,000728
"	3000	70	23	18	4200	0,7142	0,000697
8	3000	73	24	18	4380	0,6849	0,000669
9	3000	83	24	18	4980	0,6024	0,000608
11	3000	82	25	18	4920	0,6097	0,000595
12	3000	84	25	18	5040	0,5952	0,000580
15	3000	92	26	18	5520	0,5436	0,000543
18	3000	105	26	18	6300	0,4762	0,000464
20	3000	106	26	18	6360	0,4717	0,000460
21	3000	110	26	18	6600	0,4697	0,000458
22	3000	102	25	18	6120	0,4902	0,000478
23	3000	114	26	18	6840	0,4401	0,000428
25	3000	122	25	18	7320	0,4098	0,000400
26	3000	126	23	18	7560	0,3968	0,000387
27	3000	129	22	18	7740	0,4005	0,000392
29	3000	154	21	13	9240	0,3247	0,000393
30	3000	154	22	13	9240	0,3247	0,000383
Август							
1	3000	156	22	13	9360	0,3205	0,000356
4	3000	181	23	13	10860	0,2762	0,000307
5	3000	182	25	13	10920	0,2747	0,000305
6	3000	185	23	13	11100	0,2702	0,000300
10	3000	265	26	8	15900	0,1887	0,000243
13	3000	285	26	8	17100	0,1760	0,000227
16	3000	303	23	8	18180	0,1650	0,000216
17	3000	304	25	8	18240	0,1650	0,000216
18	3000	310	25	8	18600	0,1613	0,000208
19	3000	323	25	8	19380	0,1548	0,000201
20	3000	330	25	8	19800	0,1515	0,000195
23	3000	345	25	8	20700	0,1449	0,000187
24	3000	345	25	8	20700	0,1449	0,000187

Выше приведённая таблица показывает в какой постепенности происходило просачивание за каждый день. С 6/VII по 27/VII разность $H-h = 18$ см оставалась неизменною и в течение этого промежутка времени будет лучше всего виден ход замедления. В дальнейшем, когда менялась разница между $H-h$, т. е. вода в заднем конце подымалась, фильтрация естественно должна была уменьшаться. При расчете расхода воды на единицу площади см^2 мы это принимали во внимание и в формулу Хазена вводили уже не FH , а $F \frac{H+h}{2}$ где FH площадь сечения переднего конца монолита, а Fh —заднего конца монолита. Во всяком случае в эти промежутки, в течение которых изучалась горизонтальная фильтрация воды, в монолите № 6, при уменьшенных бьефах, замедление шло неизменно:

	Начало	Конец
	расход воды на единицу см^2 сек	
При $H-h = 18$ см. 7/VII	—0,000697	27/VII —0,000392
При $H-h = 13$ см. 30/VII	—0,000383	10/VIII—0,000300
При $H-h = 8$ см. 10/VIII	—0,000243	24/VIII—0,000187

Появление и состояние воды в пьезометрических трубках (табл. № 9) за время опыта показывает, что вода в монолите стремится двигаться по прямой линии довольно высоким слоем. Сначала, т. е. с первой трубки, мы видим, что она наполняет трубку почти на той же высоте, на которой свободно стоит в резервуаре между стенками прибора и монолитом и доходит до конца монолита не на уровне 5 см, как установлена вода на другом конце монолита, а на высоте 12,5 см и так держится до конца опытов с данною разностью $H-h = 18$ см увеличиваясь до 13 см. С 28/VII мы увеличиваем подпор создаем разницу в бьефе всего 13 см, т. е. поднимаем воду на 5 см, но вода отнюдь не поднимается на втором конце на столько же, а поднимается всего лишь на 1 см и то только через 10 дней а вначале держится на той же высоте 12,5—13 см.

В среднем, как видим из таблицы № 9 в 10-й трубке вода стояла при разнице в бьефе в 18 см—12,7 см.

При разнице $H-h$ в 13 см она установилась в среднем на высоте 13,2 см, но зато на всех других трубках подпор отразился гораздо заметнее и дошел до 3-й трубки. Другими словами разница в трубках получилась:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средн. при $H-h = 18 \dots$	22,6	23,3	20,3	19,3	18,4	17,2	16,0	14,5	13,9	12,7
Средн. при $H-h = 13 \dots$	22,6	22,3	21,2	20,5	19,8	18,7	17,5	16,1	16,3	13,2
	0	—1,0	+0,9	+1,2	+1,4	+1,5	+1,5	+1,6	+2,4	+0,5

Таблица № 9.

МЕСЯЦ И ЧИСЛО	ЧАСЫ	ПОКАЗАНИЯ ТРУБОК										ПРИМЕЧАНИЕ	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	t°	$H \cdot q$
Июль													
6	...	21,5	13	20	13	—	—	16,6	13	—	—	18	
7	...	22,0	12,5	16,4	13,5	—	—	13,8	13	—	—	18	
8	...	22,3	18,1	18,2	13,6	13	—	15,4	14,1	—	—	18	
9	...	22,4	21,6	17,4	17,3	17,4	16,6	15,6	14,2	14,1	—	24	
10	...	22,5	26,3	20,9	20,4	17,9	16,9	16,9	15,1	15,0	12	25	
12	...	22,6	26,0	20,5	19,7	18,0	17,0	16,1	14,7	14,2	12,5	25	
13	...	—	22,5	26,0	19,8	18,8	17,8	16,6	15,5	14,3	13,8	25	
14	...	9-10	22,4	25,8	20,1	19,1	18,3	17,0	16,2	15,0	14,2	12,7	
15	...	12-30	22,7	25,6	19,8	18,6	18,4	17,2	14,8	13,8	13,4	12,5	
16	...	3-34	22,5	25,5	22,1	13,9	18,6	17,5	16,1	14,5	14,3	12,5	
16	...	4-30	22,5	18,4	17,3	16,4	17,8	18,0	16,0	14,8	14,4	12,5	
18	...	4	22,6	22,3	20,0	18,8	18,1	16,8	14,7	13	13	26	
19	...	2-15	22,7	22,1	20,3	19,2	18,3	16,9	15,9	14,6	12,9	13	
20	...	1-20	22,7	22,1	20,3	19,4	18,4	17,0	16,0	14,6	12,3	13	
21	...	2-45	22,7	22,1	20,5	19,6	18,5	17,1	16,0	14,5	13,5	13	
22	...	1-30	22,6	22,3	20,5	19,6	18,4	16,8	16,0	14,5	13,5	13	
23	...	2-05	22,6	22,3	20,7	19,8	18,6	17,0	16,0	14,2	13,7	13	
25	...	1-05	22,6	22,3	20,8	19,8	18,8	17,3	16,1	14,5	13,8	13	
26	...	1	22,6	22,2	20,9	20,1	19,0	17,4	16,5	14,6	14,0	13	
27	...	1-05	22,6	22,2	20,9	20,1	19,0	17,4	16,4	14,5	14,0	13	
28	...	1-15	22,6	22,2	20,9	20,0	19,1	17,5	16,3	14,7	14,1	13	
29	...	4-15	22,6	23,3	20,3	19,3	18,4	17,2	16,0	14,5	13,9	12,7	
30	...	1-50	22,6	22,2	21,0	20,2	19,5	18,2	17,0	15,5	14,5	13	
Август													
1	...	3	22,6	22,2	21,1	20,5	19,6	18,4	17,3	15,7	14,9	12,5	
2	...	6	22,6	22,2	21,1	20,5	20,0	18,6	17,3	16,0	14,8	12,5	
3	...	6-30	22,6	22,4	21,3	20,5	19,9	18,6	17,3	16,0	14,8	12,5	
4													

Вода в передн. конце
упала.

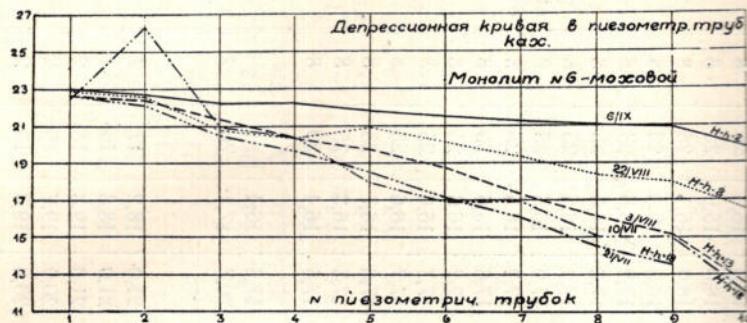
После отсасыв. воздуха.

3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
4—30	22,6	22,4	21,3	20,3	19,3	18,3	17,3	16,3	15,3	14,3	13,3	12,3	11,3	10,3	9,3	8,3	7,3	6,3	5,3
4—40	22,6	22,5	21,5	20,8	20,1	18,8	17,8	16,5	15,8	13,5	25	13							
3—10	22,6	22,5	21,5	20,8	20,1	19,0	18,0	16,6	16,0	14	23	13							
2—35	22,6	22,3	21,2	20,5	19,8	18,0	17,9	16,5	15,8	14,0	23	13							
2—45	22,7	22,3	20,7	20,5	20,0	19,0	17,9	16,5	16,0	14,0	25	13							
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
2—45	23,0	22,7	21,8	21,6	20,4	20,3	20,0	18,5	18,3	15,4	26	8							
2—50	22,8	22,7	21,8	21,5	21,0	20,2	19,7	18,4	18,0	15,9	25	8							
3	22,7	22,6	22,0	21,5	21,0	20,2	19,4	18,4	18,0	16,1	25	8							
2—10	22,6	22,6	22,0	21,7	21,1	20,2	19,5	18,4	18,0	16,3	26	8							
2—10	22,8	22,6	21,7	21,4	20,9	20,0	19,3	18,3	17,9	16,5	23	8							
3	23,0	22,7	22,0	21,5	21,0	20,1	19,4	18,3	17,8	16,5	25	8							
2—50	22,0	22,8	22,0	21,5	21,0	20,1	19,4	18,3	17,9	16,5	25	8							
2—50	22,9	22,7	22,0	21,5	21,0	20,1	19,4	18,3	17,9	16,5	25	8							
2—50	22,9	22,6	21,7	21,4	20,9	20,0	19,3	18,3	17,9	16,5	25	8							
3—45	22,9	22,6	21,8	21,4	20,9	20,1	19,3	18,3	17,9	16,5	25	8							
2—40	22,8	22,6	21,7	21,3	20,9	20,1	19,2	18,3	17,8	16,6	25	8							
3—30	22,8	22,6	21,7	—	20,8	19,9	19,1	18,1	17,7	16,6	25	8							
3	22,8	22,6	21,6	—	20,8	19,9	19,1	18,1	17,7	16,6	25	8							
6—05	22,8	22,6	21,6	—	20,7	19,8	19,1	18,1	17,7	16,6	25	8							
3	22,8	22,6	21,5	—	20,6	19,8	19,1	18,0	17,6	16,7	25	8							
3	22,7	22,5	21,4	20,9	20,5	19,7	18,7	17,8	17,5	16,3	25	8							
2—50	22,7	22,6	21,5	21,1	20,5	19,7	18,8	17,9	17,5	16,4	20	8							
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	
3—05	22,8	22,6	21,7	21,4	20,8	19,9	19,3	18,2	17,8	16,4	—	2							
3—20	23,0	22,8	22,1	22,0	21,9	21,7	21,0	21,0	18,2	17,7	21	2							
3—20	23,0	22,8	22,2	22,2	22,0	21,7	21,2	21,0	18,8	17,6	21	2							
3—10	23,0	22,8	22,2	22,2	22,0	21,8	21,4	21,1	19,3	18,6	21	2							
4	23,0	22,8	22,2	22,2	22,0	21,6	21,4	21,4	20,9	19,7	21	2							
3	23,0	22,7	22,2	22,2	21,8	21,5	21,2	21,0	20,9	19,8	21	2							
Сентябрь																			
1	2	3	4	5	6														

23/VIII трубка была
вынута с целью уда-
ления сора.

Как видим особенно сильно подпор отразился на 9-й трубке в 2,4 см, тогда как из всех остальных разность колебалась в пределах 0,9—1,5 см. Чрезвычайно интересно, что в разницах получились два полюса: 9-я трубка—вторая от конца подняла воду на + 2,4 см, а вторая от переднего конца трубки опустила воду на — 1,0 см.

Если отложить все разности на диаграмме (черт. № 16), то получится интересная ломаная линия с слабым уменьшением подпора



Черт. № 16.

3-й трубки. Следующий подъем воды до $H-h = 8$ см уже заметно отразился на 10-й трубке и образовалась снова впадина, но уже в конце на 9-й трубке, где был при первом поднятии воды подъем. В общем разницы получились

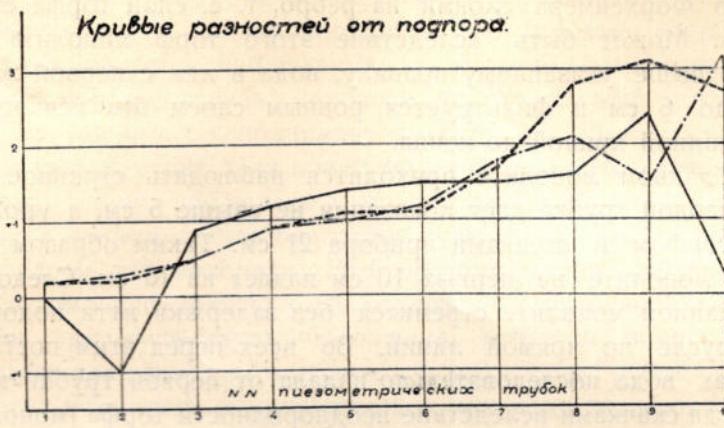
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средн. при $H-h = 18 \dots$	22,6	22,3	21,2	20,5	19,8	18,7	17,5	16,1	16,3	13,2
Средн. при $H-h = 8 \dots$	22,8	22,6	21,7	21,4	20,8	19,9	19,3	18,2	17,8	16,4
	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,5	+ 0,9	+ 1,0	+ 1,2	+ 1,8	+ 2,1	+ 1,5	+ 3,2

Последний подъем воды и разница в $H-h = 3$ см отразилась на всех трубках и особенно сильно на последних трех. Все же в данном случае подъем воды в заднем конце на 5 см поднял воду в 10-й и последней трубке не на 5 см а на 2,7 см.

По всем трубкам разница выразилась:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средн. при $H-h = 8 \dots$	22,8	22,6	21,7	21,4	20,8	19,9	19,3	18,2	17,8	16,4
Средн. при $H-h = 2 \dots$	23,0	22,8	22,2	22,2	21,9	21,0	21,0	21,0	20,9	19,1
	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,5	+ 0,8	+ 1,1	+ 1,1	+ 1,7	+ 2,8	+ 3,1	+ 2,7

Разницы перенесенные на диаграмму дают волнистую убывающую к переднему концу кривую (см. черт. № 17).



Опыт показывает, что с торфом нужно долго работать (с каждым образцом), чтобы понять его свойства и чтобы выводы не получались случайными. В настоящее время наша работа так и поставлена. Когда чувствуешь надежность данных их можно сравнивать и делать выводы. В этом отношении совершенно прав К. Терцаги,¹⁾ что в работах подобного рода важно не количество работы, а качество.

Если мы сопоставим уровни воды в пьезометрических трубках всех трех торфяных монолитов № 5, 3, 6, то увидим одно очень интересное свойство, что, до известного предела, по мере изменения торфа в сторону большой порозности, вода будет подыматься выше в пьезометрических трубках, хотя в то же время мы знаем, что чем порознее торф, тем он больше проводит воды.

Это явление необходимо детальнее изучить, так как оно проливает свет на состояние воды в природе в моховых болотах.

В монолите № 5, более плотном, вода в заднем конце монолита уже на 8 трубке опустилась до 5 см и в пьезометрических трубках не показалась. В монолите № 3, более пористом, вода проходила слоем в 4,1 см над уровнем воды в заднем конце прибора. В монолите № 6, сфагновом очень пористом, вода проходящая образовала слой в 7,7 см в конце монолита.

	<i>H</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>H-h</i>	<i>h</i>
Мон. № 5 3/V (осоково гипновый)	26	21,7	18,0	16,5	15,1	14,2	13,2	11,6	—	—	—	21	5
Ср. по мон. № 3 (осоково-гипновый)	25	23,4	21,0	21,0	18,0	17,5	21,5	16,2	13,3	9,5	9,1	20	5
Мон. № 6 средн. (сфагновый)	23	22,6	23,3	21,0	19,3	18,4	17,2	16,0	14,5	13,9	12,7	18	5

¹⁾ К. Терцаги. Основание механики грунтов Н. К. П. С. Транспечать. Москва.

Подобная же работа проделана с монолитом № 7. Монолит № 7 сфагновый с верхнего горизонта очень грубый и пористый поставлен в прибор Форхаймера слоями на ребро, т. е. слои торфа стоят вертикально. Может быть вследствие этого торф монолита № 8 не следовал выше указанному правилу, вода в нем с первой же трубки падает до 6 см и фильтруется ровным слоем без всякого уклона депрессионной кривой до конца.

На данном монолите приходится наблюдать странное явление: вода в первой трубке дает показания не свыше 5 см, а уровень воды между торфом и стенками прибора 21 см. Таким образом горизонт воды в монолите на первых 10 см падает на 16 см. Следовательно вода в данном монолите стремится без задержки итти подобно тому как в русле по прямой линии. Во всех перед этим поставленных монолитах вода последовательно падала от первой трубки к последней, иногда скачками вследствие неоднородности торфа (монолит № 6).

Объяснить такой случай единственно повидимому правильно можно тем, что настоящий торфложен ребром, т. е. слои поставлены вертикально и сам по себе он очень порист. Впоследствии, когда воду поднимали во втором конце выше и выше до $H-h=8$ см, то поднималась вода и в верхнем конце монолита, (см таб. № 10), но сравнительно слабо.

Монолит № 7 с Заплюскных болот (польце Лазуха)
Моховой (ребровой) с глубиной 25 + 50 см.

Таблица № 10.

Мес. число.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0	t°	$H-h$
Начало 9/X	21,0	3,3	7,5	6,7	0	—	—	7,5	0	—	0	3		18
14/X	21,0	5,0	5,6	4,8	2,5	2,9	2,9	2,0	1,2	—	0	3	14	18
22/X	21,0	5,3	5,3	4,3	3,7	3,0	2,5	1,8	1,5	1	0	3	14	18
1—19/III	среднее													
	21,0	5,9	5,9	5,1	4,3	3,6	3,2	2,8	2,6	0,9	0	3	14—17	18
20/III—4/IV	сред. 21,0	5,8	5,7	4,8	4,1	3,4	3,1	2,4	2,4	0,5	0	3	15—16	18
5/VI	21	6,5	5,6	5,6	5,0	4,8	4,6	4,0	3,9	3,0	1	8	15	13
15/VI	21	7,0	6,1	6,2	5,5	5,4	5,2	4,4	4,3	3,2	1	8	17	13
30/VI	21	8,6	7,8	8,1	7,5	7,4	7,2	6,9	7,1	6,5	5,9	13	16	8
5/VII	21	8,8	8,1	7,8	7,5	7,2	7,0	6,7	6,3	5,7	5,0	13	18	8

Как видим, несмотря на то, что вода в заднем конце прибора 5 июля была поднята вверх на 10 см против первоначального положения, в переднем конце она поднялась всего на 3 см, таким образом получилась впадина в средине монолита, свободная вода в обоих концах прибора стояла выше, чем в средине монолита. К этому примеру придется вернуться позднее, пока же его отметим как случай и только.

Из последних примеров со сфагновым торфом вытекает еще одно интересное обстоятельство, которое многих опытнейших специалистов ставило в тупик и заставляло сфагновые грубые торфа считать менее всего водопроводящими. Эти понятия удерживались на основании полевых наблюдений за уровнем воды в скважинах, начиная от канавы вглубь мохового болота. В этих случаях, как известно, кривая быстро поднимается вверх и в 40—60 м от канавы вода в скважинах стоит близ поверхности болота. Это явление аналогичное тому, что мы наблюдаем с монолитом № 6 в приборе Форхеймера. Вода в данном случае благодаря лучшей порозности идет более высоким слоем по монолиту. Это обстоятельство наблюдалось в природе несомненно должно быть отнесено к особенностям торфяных почв, где существует положение, что чем пористее торф, (менее разложившийся) тем влагоемкость его выше. Грубые сфагновые торфа могут поднимать и удерживать в них воду, видимо, выше чем травяно-лесные виды торфа. Сфагновые торфа наиболее влагоемки до 1200—1800% и поэтому при заложении скважин вода быстро заполняет их, если торф насыщен водою до верха. Это же впечатление дает и ходьба по канализированному моховому болоту в первое время. Бывают случаи, что несколько лет у канала проведенного на моховом болоте берега, чаще один какой либо берег, остаются сырьими и вода в скважинах в 20—30 м от берега стоит у поверхности. Но если хорошо присмотреться, то легко вскрыть причину. Это обыкновенно бывает в тех случаях, если к каналу есть напор воды с массива. Тогда сфагновый рыхлый слой торфа так водою насыщается, что создается впечатление, как будто болото каналом не осушается, а на самом деле это только потому и происходит, что сфагновый торф верхним слоем лучше отводит воду в канаву, чем через нижние плотные слои, но воды так много, что убыль ее незаметна. Такие примеры чрезвычайно хорошо можно наблюдать на Заплюсских болотах, например, на канале № 8 близь поля Замост, № 7 окружной около поля Подвысоко, где напор ярко выражен со одной стороны от болота, а другая примыкает с суходолу, хотя состоит из такого же мохового торфа. В этих случаях одна сторона пересыщена водою и через 20 лет после осушки, а другая сделалась совсем сухая. Не многим специалистам удается продолжительное время следить за изменением осушенного болота. В большинстве случаев наблюдения бывают спорадические чаще одновременные. В этом отношении я счастливее многих и мог делать наблюдения на Заплюсских болотах после осушки их с 1906 г. и по сие время. И вот, например, что произошло хотя бы с одним очень топким болотцем „Лучинник“ между полями деревни Замошья. До осушки это было самое топкое болото шириной от 200 до 500 м., а длиною около 1,5 км, глубина торфа от 1—2,5 м. Весною скот если тонул, то в первую очередь в Лучиннике. По своему типу, болото это, березово-ивняковая осоковая топь. По центру болота в 1908 г. прошла канава глубиною

до 1 метра. Из года в год болото начало делаться все суще-
В первые годы действие канав заметно было от берегов на 40-50 м.
Сейчас спустя 20 лет после проведения канала, канал на болоте на
75% испорчен, зарос, загрязнен, болото осело. Но тем не менее по
болоту можно летом возить сено, хлеб и пр. Болото равномерно
уплотнилось, торф сильно разложился и даже в самой широкой
части теперь стало сухо. Если канал не погибнет совершенно, а
будет отводить хотя весенние и ливневые воды, то видимо болото
„Лучинник“ никогда болотом первобытным не будет. Сейчас это
болото приобрело характер сырватого суходола и едва ли кто
догадается, судя по растительности, что здесь когда то была непро-
ходимая топь. Можно много привести подобных примеров на Заплюс-
ских болотах. Очень жаль, что там не производится систематических
наблюдений для разных видов торфов. Эта сторона могла бы дать
много интересного материала.

Структура торфа при разных степенях влажности.

В подтверждение того, что было сказано о причинах замедле-
ния фильтрации не лишне привести замечание, как меняется торф
под влиянием безпрестанного смачивания по внешним признакам в
монолите. Высохший до половины полного насыщения торф данного
монолита представлял из себя довольно рыхлый войлок с заметной
на глаз большою пористостью. Но когда просачивание проведено
было в течении $1\frac{1}{2}$ месяца, тогда насыщенный водою торф уже не
казался совершенно пористым. Весь он уплотнился, все слилось и
монолит представлял сплошную компактную массу; лучше всего, ко-
нечно, об изменении строения торфа при насыщении его водою
говорят микроскопические анализы срезов на образцах разной степени
насыщения водою.

10 апреля 1928 г. мною взяты три образца однородного осо-
кового гипнового торфа (см. монолит №5) кубиками $3 \times 2 \times 2$ см, один
насыщен водою до предела, находясь в погруженном состоянии в
воде в течение 2 суток; другой насыщен капиллярно и третий взят
воздушно-сухой. В одно время все три образца запарафинены (спе-
циальной смесью 50% канифоли+50% парафина), в горячем растворе
кубики кипятились 15 минут. Прежде всего, что же из себя стали
представлять образцы после заливки:

1) Сухой образец казался весь насыщенный раствором и после
застывания при сжимании руками не деформировался, под бритвою
давал пластические срезы в об'еме не изменился (рис. № 1).

2) Капиллярно-насыщенный, сравнительно упругий, но пальцами
его можно сжимать, в об'еме увеличился против первоначального на
10—15%. Срезы трудно делать, масса заливки не прошла в середину
по мелким капиллярам, но встречается крупинками, червячками—про-
шла видимо по крупным капиллярам, но не сплошь, а отдельностями
(рис. № 2)

3) Насыщенный водой до предела торф при полной влагоемкости только сверху на 1 мм воспринял массу заливки, слабо ею облицо-вался, в средине никаких признаков заливки не было. Под руками торф мнется как обыкновенный торф. В размерах сильно увеличился до 20%. Срезы делать очень трудно (рис. № 3).

Что же представляют из себя срезы всех трех образцов под микроскопом или лупою. Оказывается под микроскопом сухой образец и образец при полном насыщении водою стали представлять из себя два совершиенно разных видов торфа,

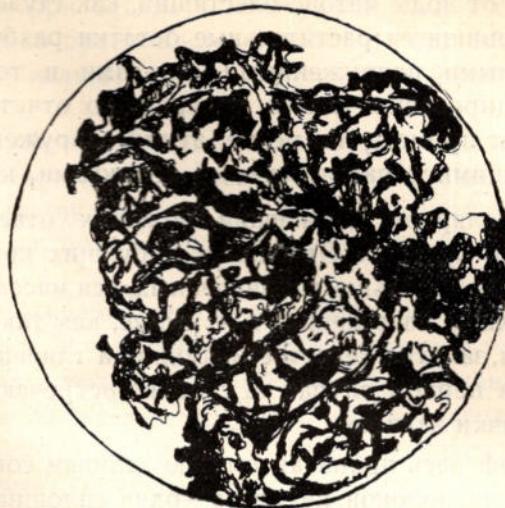


Рис. 1. Осоково-гипновый торф сухой.

а именно: надо оговориться, что всякий торф оказывается имеет два рода отверстий-пор: а) крупные отверстия в виде воронок-кратеров, результат ли это их сгнивших стеблей крупных травянистых растений или их корней, но факт повторяется



Рис. 2. Осоково-гипновый торф при капиллярном насыщении водою.



Рис. 3. Осоково-гипновый торф при полном насыщении водою.

для всех видов торфов. В каждом образце можно увидеть целую сеть кратерообразных, просто округлых и плоских отверстий, можно сделать даже сравнительно толстые срезы и отверстия все же будут хорошо видны; б) сплошная сеть мелких отверстий (см. на рис.). Для нас интересно что дают тонкие срезы указанных образцов торфа. Прежде всего в образце при полном насыщении водою крупных от-

верстий меньше и сами они меньше и некоторые из них засорены отдельными, перекрещивающимися растительными остатками. Вся масса представляет из себя сплошное, связанное водою, целое. Водяной глянец (пленка) обволакивает все частицы, свободной воды не видно, но видно, как вода в виде студенистой массы покрывает и все связывает. Весь торф от воды матово-блестящий, как студень, капилляров не видно. Сохранившиеся растительные остатки разбухли, выпрямились кажутся белыми напруженными стволами и торчат в разные стороны. Гумифицированная масса совершенно отчетливо видна отдельно и заполняет промежутки между этими напруженными роговидными неразложившимися растительными волокнами, корешками и пр.

2) При капиллярном насыщении больших отверстий кажется больше и сами они крупнее. Отдельных набухших корешков меньше и они не так прямые, а больше искривленных, вся масса не так расчленена, как при полном насыщении, т. е. гумус, как таковой, не отделяется от волокон, заметна сетчатость. Водяной глянец на всем торфе такой же, как и в первом случае. В средине встречаются отдельные крупинки и червячки заливки.

3) Сухой торф весь пронизан смесью заливки совершенно однороден: ни гумуса, ни волокон нет; весь—одна сплошная сетка мелких капилляров, все переплетено, раз'единено, отверстий, как указано выше, два вида: а) крупные отверстия в виде воронок и щелей и б) мелкая сетчатость всего торфа (искусно связанная сетка или вернее представляет под лупой ворсованное сукно).

На тонком срезе сухой образец торфа имеет до 60% пустот на-полненных парафиновой смесью. Торф при полной влагоемкости и сухой совершенно не похож друг на друга под лупою или микроскопом.

Из указанного примера картина набухания торфа под влиянием гидростатического давления, делается довольно ясной и можно считать, что видимо набухание и является главной причиной замедления просачивания воды. Об'яснить механику этого явления пока мы воздерживаемся, оставляем его как факт. Во всяком случае только увеличением оболочек пленочной воды этого явления об'яснить невозможно.

Еще одно различие между указанными образцами торфа: как указывалось выше, в сухом образце масса заливки пронизала весь образец и получился пластический относительно твердый сплошной кусок; масса прошла во все крупные и мелкие капилляры. При полном же насыщении водою масса совсем не прошла в образец. Он наполнен был только водою и вода держалась видимо прочно, если при кипячении в смеси в течение 15 минут кубик $3 \times 2 \times 2$ см не отдал воду. При капиллярном насыщении во весь образец прошла масса по крупным капиллярам и находилась внутри в виде отдельных червяков зерен. При срезывании бритвою торф больше всего крошился.

Этот последний признак как будто указывает, что помимо набухания замедление просачивания воды происходит еще потому, что при полном насыщении вода прочно конституируется в крупных капиллярах, в которых она может держаться только при беспрестанном увлажнении, т. е. происходит как бы разбухание самой воды (увеличение оболочек) при беспрерывном увеличении гидравлического напора и как только произойдет задержка в подаче воды, напор и трение ослабевают, излишки воды уходят и открывают дорогу следующей воде.

По теории А. Ф. Лебедева пленочная вода держится в почве прочно и не отдается ею, отдается так называемая гравитационная вода. В торфе мы видим, что чем дальше оставляем торф без приливания новой воды, тем больше увеличивается его способность отдавать воду.

Поэтому можно подумать, что в торфе под влиянием беспрерывной подачи воды, вследствие гидростатического напора и влагоемкости гумусовых остатков, происходит их набухание. Сеть капилляров заполняется также массою гумуса за счет увеличения об'ема набухших частиц. Вода не только облекает частицы, но входит в них в разложившемся гумусе в виде абсорбтивной и коллоидной воды, в неразложившиеся травянистые остатки по капиллярам и доводит их до первоначального об'ема.

После прекращения подачи воды—изменяется гидростатический напор воды и те же частицы гумуса и травянистые остатки переходят в первоначальное состояние. Помощью своих статистических сил выделяют излишнюю воспринятую воду, которая переходит в крупные капилляры первого порядка и потом удаляется из торфа. Чтобы убедиться в правильности высказанного положения, необходимо найти способ проверки наличности гидростатического давления воды внутри монолита под влиянием беспрерывной подачи воды. Мы надеемся, что при помощи несложного прибора нам это удастся проделать.

К. Терцаги считает, что насыщенная до предела глина выделяет воду именно вследствие гидростатического давления, поэтому поводу он высказывает следующие соображения: „непосредственными измерениями установлено, что влажность слоя глины, медленно уменьшающаяся в об'еме, при нормальной температуре остается почти одинаковой по всей толщине слоя, если толщина эта не превышает несколько сантиметров. Это показывает, что существует непрерывное движение воды изнутри слоя к поверхности. Факт движения воды указывает на наличие разницы гидростатических давлений между внутренними частями и поверхностью глины“.

Разбухание глины. Если свободную поверхность слоя пластичной или полутвердой глины покрыть водой, поверхностное натяжение тотчас становится равным нулю и начинается разбухание глины. Это разбухание тождественно с расширением глины, происходящем по удалении внешней нагрузки и представляет собой упругое

расширение глины, обусловливаемое стремлением поверхностного напряжения капиллярной воды. Так как увеличение об'ема происходит за счет увеличения содержания в глине воды, то очевидно, что вода проникает через свободную поверхность и движется во внутрь под действием разницы в гидростатических давлениях на поверхности (где давление равно нулю, так как поверхность покрыта водою) и внутри глины (где существует отрицательное гидростатическое давление).

Несомненно, что отрицательное гидростатическое давление воды при безпрерывном насыщении водою той же глины или торфа, если вода подается при определенном напоре, может перейти в положительное и, тогда, вследствие уменьшения разности поверхностного гидростатического давления воды частиц около пустот и внутреннего давления воды, излишек ее должен все медленнее и медленнее удаляться, кроме того при постоянном насыщении торфа водою, в конце концов, его можно довести до такого состояния, что и после прекращения подачи воды он будет несколько дней фильтровать с одинаковой скоростью и лишь затем начнется замедление. Такой опыт мы проделали с монолитом А×Б (см. описание).

Таблица № 10.

Монолит А×Б. Запись после прекращения подачи воды.

	Время отчетов	Кол. воды см ³ .	Мин.	Сек.	H	t ⁰	см ³ /сек. на всю площадь.	
13/VIII—14/VIII . .	6 ¹⁸	5 ⁴⁴	500	1416	84960	10	18	—.
14/VIII—15/VIII . .	5 ⁴⁴	5 ³⁰	—	1426	85560	13	18	0,0005844
15/VIII—16/VIII . .	5 ³⁰	4 ⁴⁰	—	1390	83400	10	20	0,0006000
16 VIII—17/VIII . .	4 ⁴⁰	3 ⁴⁰	—	1380	82800	10	20	0,0006039
17/VIII—18/VIII . .	3 ⁴⁰	1 ⁴⁰	—	1320	79200	10	20	0,0006313
18/VIII—19/VIII . .	1 ⁴⁰	24 ²⁰	—	1360	81600	10	19	0,0006127
19/VIII—20/VIII . .	24 ²⁰	1 ¹²	—	1472	88320	10	19	0,0005661
20/VIII—21/VIII . .	1 ¹²	18 ⁰⁰	—	2448	146880	10	19	0,0003404
21/VIII—25/VIII . .	18 ⁰⁰	16 ¹⁵	—	5655	339300	10	19	0,0001468
25/VIII—4/IX . . .	16 ¹⁵	17 ⁴⁰	—	10 суток	1 ч. 25 м.	—	—	—
4/IX—12/X . . .	17 ⁴⁰	14 ²⁰	—	37 суток	20 ч. 40 м.	—	—	—

С 14 августа был сделан перерыв подачи воды до 30 октября 1928 г. и вот что получилось на лентах самописца омбографа Рорданца.

Из приведенной таблицы и диаграммы видно, что свободная или т. н. гравитационная вода, отдается торфом быстро и почти с равномерной скоростью в течение 7 суток и только после того происходит заметное замедление, и дальше резко возрастающее.

12 октября, через 38 суток, слилось 500 куб. воды и конец стекания видимо не наступил еще вполне. Но для практических целей это можно считать концом стекания.

Спрашивается, какая же вода остается в монолите. По общепринятой терминологии—конечно капиллярная. На самом же деле априори можно сказать, что в таком большом монолите, из которого вода стекает месяц, вода осталась не только капиллярная, но и свободная (гравитационная), т. е. вода в более крупных сосудах, особенно в нижнем конце монолита.

Если стать на точку зрения Терцаги, что вода отдается торфом вследствие разности гидростатического напора внутри монолита и на границе крупных отверстий в монолите, то это вполне обясняет механику замедления просачивания при постоянной подаче воды и ускорения фильтрации после перерыва. Таким образом, чем больше мы даем воды, т. е. чем больше будет напор извне, тем меньше будет разница между внешним положительным и внутренним давлением, которое из отрицательного переходит в положительное, для каждой частицы торфа, промежутки же между частицами уменьшаются вследствие разбухания частиц.

В сущности это закон наверно общий для всех почв, способных набухать, но он ярче выражен в торфе, т. к. торф легко поддается физическим изменениям набухания и сжатия. Без этого закона, т. е. указанного нами отношения торфа к воде, не могли бы существовать и развиваться болота. Вода, как таковая, имеет свои физические аномалии, обусловливающие жизнь и вековой ход, торф видимо имеет свои специфические аномалии, которые обусловливают усвоение и задержку воды внутри и на поверхности торфяников, и на этом основано развитие болот. Свойство торфа заключается главным образом в большом сродстве свежих растительных остатков к воде, поглощение ее, это свойство повышается от травянистых и деревянистых растений к сфагновым мхам. Растительным остаткам свойственно менять свой об'ем под влиянием воды и это происходит в пределах того пространства, которое оно занимает, не нарушая общего строения торфника.

Эти свойства медленно изменяются и только после координальных нарушений в водном режиме болот (после осушки или продолжительного массового заливания водою) вместе с разложением и уплотнением торфа. Раз изменившийся сухой торф уже труднее воспринимает воду и это обусловливает его прогрессивное самоосушение при наличии отвода излишков воды. Чем суще торф, тем большее количество капилляров и отверстий свободно для прохода воды. Чем больше капилляров и отверстий, тем быстрее идет просачивание.

Заключение.

Из всех положений, которые вытекают из работы по фильтрации воды в торфяных почвах, особенного внимания заслуживают два положения:

1) можно считать установленным, что просачивание воды в торфе непрерывно замедляется при постоянной подаче воды и

2) после того как произойдет перерыв подачи воды, т. е. частично уменьшится насыщенно водой торфа, немедленно происходит увеличение скорости фильтрации, и чем перерыв был дольше, тем больше расход воды за единицу времени.

Из этого второго положения вытекает неожиданное чрезвычайно большое фактическое следствие, которое делает понятным те невидимые процессы в торфяниках, которые изменяют их коренным образом в случае канализации болот, как бы канализация ни была несовершенна. Для осушения важно, чтобы хотя весенние или ливневые воды постоянно отводились. Очень ярким примером указанного изменения болота в сторону постепенного осушения и оседания могут служить несколько крупных болот давно осущенных магистральными каналами, несмотря на то, что к настоящему времени каналы сильно испорчены, заросли лесом, например, Оршинский массив. Типичный сфагновый верховой торфяник осушен в 1892-1897 г. магистральными каналами. В настоящее время на всей территории, где проведены магистральные каналы, поверхность торфяника резко изменилась. На этом болоте в западной его части, охваченной магистральными каналами, почти прекращается рост сфагнов. Пространство зарастает пушицей (*Eriophorum vaginatum L.*), а там, где прошел беглый огонь в 1914 г. огромные площади покрыты кукушкиным льном *Politrichum commune*).

Представляя себе процесс хода осушения болот, после всего сказанного он нам рисуется так: когда на болотах проведут магистральные боковые каналы через 200 метров друг от друга, то происходит следующее в строении торфяника при постоянном расходе воды: через 5-6 лет после проведения каналов заметное действие их от берегов вглубь болота простирается на 80 метров, дальше уровень грунтовой воды стоит на поверхности; к этому времени частично каналы заплывают и зарастают травою на 30-40%, но действие их продолжает сказываться несмотря на их порчу. Полоса их влияния от берегов все делается шире, что сказывается на изменении растительности: леса, трав и кустарников. Водный режим изменяется на болотах в сторону осушения и при всяких магистральных каналах на моховых и торфяных болотах, если нет явно выраженного большого напора со стороны основного массива.

Западная часть Оршинского массива резко отличается от восточной части Петровско-Оршинских болот, где канализации нет. На Заплюсских болотах также эта разница еще реже выражена на переходном болоте на осушенней и неосушенней частях. Вместо клюквенного болота, между деревнями Замошье и Дуброва под влиянием осушки, образовалось болото, годное для экстенсивного сенокошения и пастбищ. Вместо карликовой сосны хорошо растет сосновый и бересковый лес и травы (*Calamagrostis epigeios* Host и др.).

Это показывает, что в природе происходит тоже, что и в монолитах. Вследствие уменьшения воды в болоте, благодаря полному весеннему отводу по каналам и беспрестанной, хотя бы слабой, фильтрации воды через каналы, нарастает постепенное усыхание во всем болоте, что ведет за собою изменение самого торфа (уплотнение, сильнейшее разложение, обогащение кислородом и заражение организмами, уменьшение влагоемкости), а это ведет к увеличению скорости фильтрации воды.

Следовательно канализация болот должна оцениваться гораздо выше, чем ей придавалось значение до сего времени и особенно в том случае, если она проведена несколько лет, ибо в первые годы фильтрация торфа в несколько раз слабее, чем после продолжительного времени. Отсюда следует и другой, не менее важный, практический вывод: с какою же тщательностью должны поддерживаться в чистоте раз проведенные каналы на болоте если значение их и ценность возрастают с течением времени. Это обстоятельство, я полагаю, никогда и никем не оценивалось хотя факт неизменного высыхания болот под влиянием канализации и расширение зоны деятельности каналов с течением времени был замечен многими.

Из всего сказанного следует тот вывод, что для ухода за старыми каналами должна быть выработана определенная система и никаком случае в этом вопросе не должно быть неразумной экономии.

Как ни малы еще наши работы по указанным вопросам, но я полагаю все они же дают достаточно материала для освещения поставленных основных положений. В дальнейшем нам предстоит изучить механику этих явлений, что, конечно, будет более трудно сделать.

Труды Опытно-Мелиоративной Части.

Выпуски 1, 2, 3, 4, 6, 8, 16, 19, 22, 23, 24—разошлись.

Выпуск 5. А. Н. Костяков. Гидромодульная Часть; предмет, задачи и значение ее работ. 1915. Стр. 39.

- » 7. Отчет Гидромодульной Части за 1914 г. Гидромодульные исследования в Европейской России в 1914 г. Стр. 150.
- » 9. Материалы по изучению оптимального модуля орошения в Туркестане в 1914 г. 1916. Стр. VII+230.
- » 11. А. Н. Костяков. Диаграммы водопользования (метод построения их) 1918. Стр. 20.
- » 12. Общий отчет Гидромодульной Части за 1915 г. 1918. Стр. 55.
- » 14. С. К. Кондрашев. Водопользование Ширабадской и Сурханской долин Бухарского Ханства. 1918. Стр. 49.
- » 15. А. Н. Костяков. Основные элементы расчета оросительных систем и их изучение. 1918. Стр. 435+XII.
- » 17. А. Т. Кирсанов. Культура болот. 1918. Стр. 135.
- » 18. И. И. Касаткин. Усиление влагооборота, как очередная задача народного хозяйства в России. 1921. Стр. 39.
- » 20. С. К. Кондрашев. Вода в орошаемом хозяйстве. 1922 г. Стр. 166.
- » 21. В. В. Заорская-Александрова и И. Г. Александров. Перспективы развития орошения в Фергане. 1922 г. Стр. 63.
- » 25. И. Г. Александров. Регулирование стока р. Сыр-Дары и перспективы орошения в ее бассейне. 1923 г. Стр. 82.
- » 26. Е. В. Оппоков. К вопросу о нормах стока для осушительных каналов. 1923 г. Стр. 40.
- » 27. А. И. Шаров. Увлажнение и сток. 1923 г. Стр. 36.
- » 28. А. И. Шаров. Орошаемое хозяйство Закаспийской области 1923 г. Стр. 48.
- » 29. А. И. Шаров. Опыт выяснения мелиоративных задач уезда. 1923 г. Стр. 80.
- » 30. Н. Е. Жуковский. I. О снежных заносах. II. О снежных заносах и залавливении рек. III. Просачивание воды через плотины. 1923 г. Стр. 52.
- » 31. Общий отчет Центр. Областной Мелиоративной Организ. по гидромодульным работам в Центрально-промышленной области Р. С. Ф. С. Р. за 1922—23 г. 1924 г. Стр. 76+3.

Труды Гос. Института Сел.-Хоз. Мелиораций.

Из результатов работ по опытной мелиорации. 1925 г. Стр. 77+1.

Труды Гос. Института Сел.-Хоз. Мелиораций. 1925. Стр. 271.

Б. А. Шумаков. Лиманное орошение и его значение в засушливом степном хозяйстве. 1925 г. Стр. 64.

Е. Е. Скорняков и М. М. Железнов. Анализ статистических данных по искусственноому орошению и осушительные работы в Сев.-Америк. Соедин. Штатах. 1925 г. Стр. 48.

И. И. Касаткин. О нормах притока ливневой воды к искусственным сооружениям малых отверстий. 1925 г. Стр. 14.

Д. С. Иванов. Мелиоративные товарищества, их возникновение, развитие и работы. 1925 г. Стр. 55.

А. Д. Брудастов. К вопросу о движении грунтовых вод в торфе. 1925 г. Стр. 19.

Цена 75 к.

- В. Г. Корнев. Всасывающая сила почвы и принципы системы автоматического орошения почвы. 1925 г. Стр. 28.
- В. Р. Ридигер. К вопросу об орошении болот. 1925 г. Стр. 45.
- И. И. Касаткин. Увлажнительные работы и их значение в сельско-хозяйственном и климатическом отношении. 1925 г. Стр. 98.
- А. Н. Костяков. Мелиоративная Лаборатория. 1926. Стр. 46.
- Материалы по опытно-мелиоративному делу Т. I. 1928. Стр. VII+403.
- С. В. Астапов. Очерки по изучению физических свойств почвы. Ч. I. 1928 Стр. 93.
- СЕЗОМО. Влияние осушения на возобновление и рост лесных насаждений в С.-З. Области. 1928. Стр. 92.
- В. В. Трофимов. Материалы по изучению водопользования в Крыму. 1928 Стр. 71.
- В. И. Юферев. К вопросу о погашении затрат на орошение. 1928. Стр. 46
- А. Д. Брудастов. Об устойчивости русла открытых каналов осушительной сети. 1928. Стр. 21.
- С. Л. Миркин. К вопросу о величине угла депрессии. 1928. Стр. 36.
- С. И. Небольсин. Элементарный поверхностный сток. 1928. Стр. 41.
- В. В. Долинино-Иванский. Опыт определения условий стока весенних вод с малых водосборов в Тульской губ. 1928. Стр. 14.
- А. С. Козменко. Борьба с оврагами и увлажнение полей в Тульской губ. 1928. Стр. 16.
- Материалы по опытно-мелиоративному делу. Т. II. 1928 г. Стр. V+372.
- Р. И. Аболин. К вопросу о классификации болот Сев.-Зап. области. 1928 г. Стр. 53.
- С. И. Мурашев. 1) Весенний сток в долине р. Яхромы. 2) К вопросу водного режима на осушаемых пойменных болотах. 1928 г. Стр. 52.
- М. М. Железнов. Метод определения экономической оросительной нормы. 1928 г. Стр. 10.
- Л. П. Розов. Материалы к характеристике солонцеватости почв орошаемых районов. 1928 г. Стр. 41.
- А. Я. Калабугин. Некоторые данные об эффекте мелиораций в Центрально-промышленной области. 1928 г. Стр. 18.
- Б. А. Шумаков. Методы и способы измерения воды на ирригационных системах С.А.С.Ш. 1928 г. Стр. 31.
- Т. Н. Преображенский. К вопросу о выборе расчетных норм стока при использовании для орошения водных ресурсов Сев.-Вост. части Приуральского района. 1928 г. Стр. 30.
- И. Н. Чертоусов. К изучению лиманных мелиораций в Заволжских степях Ставропольской губ. 1928 г. Стр. 64.
- Я. Я. Гетманов. Гидростатическое давление воды в торфе. 1928 г. Стр. 41.
- К. С. Еремеева. Объекты водно-земельных мелиораций. 1928 г. Стр. 5
- Материалы по опытно-мелиоративному делу. Т. III. 1929. Стр. IV+336.
- Ф. Е. Чугунов и Т. Н. Преображенский. Из результатов работ Валуйской мелиоративной станции. 1929. Стр. 77.
- В. Р. Ридигер. Изучение вопросов использования речного ила в связи с орошением болот и лугов. 1929. Стр. 33.
- Б. А. Шумаков. Нормы и сроки поливов главнейших орошаемых культур на Сев. Кавказе. 1929. Стр. 90.
- Я. Я. Гетманов. Водные свойства торфяных грунтов. 1929. Стр. 51.
- С.Е.З.О.М.О. Результаты гидромодульных работ Приладожской мелиоративной станции за период 1922—26 г. 1929. Стр. 85.