

НЕКОТОРЫЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ И ИХ ИЗМЕНЕНИЕ ПРИ ОСУШЕНИИ БОЛОТ В УСЛОВИЯХ ЭСТОНСКОЙ ССР

У. Х. ТОМБЕРГ

После осушения болот происходит уплотнение торфяной залежи или осадка торфа, которая охватывает все слои залежи торфяника от поверхности болота до минерального дна. Вследствие понижения уровня грунтовых вод и сельскохозяйственного использования осушенных торфяников происходит разложение торфа, особенно интенсивное в верхнем, осушенном слое. Под влиянием этих факторов изменяются первоначальные свойства торфяных почв, в том числе и такие, от которых зависит глубина осушителей и расстояние между ними.

Удельный вес. В связи с осушением и освоением торфяника удельный вес торфа увеличивается, так как в процессе разложения торфа увеличиваются его зольность и коллоидальность [8]. Так, например, удельный вес тростниково-осокового торфа (степень разложения в среднем 25%) в совхозе «Ойдремаа» через 2 года после осушения увеличился с 1,50 до 1,53 г/см³, а на участке, который был осушен 17 лет тому назад, удельный вес теперь равен 1,57 г/см³.

Объемный вес абсолютно сухого торфа при осушении и разложении торфа также увеличивается, причем в первое время после осушения особенно сильно увеличивается объемный вес верхнего, менее плотного в неосушенном состоянии слоя. В табл. 1 приведены данные об объемных весах (средние из трех определений) тростниково-осокового торфа (совхоз «Ойдремаа») в зависимости от давности осушения.

Таблица 1

Объемный вес (в г/см³) торфа в зависимости от давности осушения
 (расстояние между осушителями 55—80 м)

Глубина слоя от поверхности болота, см	Давность осушения				
	неосушен- ное болото	9 месяцев	2 года	5 лет	17 лет
10—20	0,100	0,140	0,163	0,158	0,164
40—50	0,106	0,115	0,111	0,121	0,126
70—80	0,095	0,098	0,107	0,107	0,109
100—110	0,084	0,100	0,104	0,107	0,106
Средние	0,096	0,113	0,121	0,123	0,126

Изменение объемного веса торфа зависит, кроме того, от интенсивности осушения. С увеличением последней увеличивается и объемный вес (табл. 2).

Таблица 2

Объемный вес (в г/см³) торфа в зависимости от интенсивности осушения на 5-й год после осушения в совхозе «Ойдремаа» (средние данные из трех определений)

Глубина слоя от поверхности болота, см	Расстояние между дренами, м		
	30	80	120
10—20	0,158	0,158	0,137
40—50	0,129	0,121	0,124
70—80	0,119	0,107	0,108
100—110	0,114	0,107	0,106
Средние	0,130	0,123	0,119

Скважность торфяных почв зависит от объемного и удельного веса торфа и колеблется около 90% (по объему). Так как объемный вес торфа после осушения и освоения увеличивается больше, чем удельный вес, то скважность торфа при осушении также уменьшается. Общая скважность торфяных почв совхоза «Ойдремаа» (средние данные для подпахотного слоя до глубины 1,1 м) уменьшились следующим образом:

неосушенное болото	93,7%
через 2 года после осушения болота	93,0%
через 17 лет после осушения болота	92,7%.

В подпахотных слоях торфяной залежи уменьшаются как общая, так и некапиллярная скважность, что подтверждается уменьшением водоотдачи торфа.

Влагоемкость. Полная (объемная) влагоемкость почвы равняется ее скважности [4]. Следовательно, в связи с осушением уменьшается и полная влагоемкость торфа. При этом увеличивается максимальная молекулярная влагоемкость [3, 7] и уменьшается некапиллярная влагоемкость.

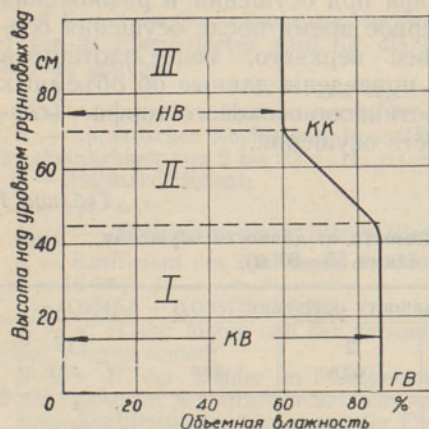


Рис. 1. Распределение влаги в торфянике: ГВ — уровень грунтовых вод; КВ — капиллярная влагоемкость; НВ — наименьшая влагоемкость; КК — верхняя граница капиллярной каймы.

С точки зрения мелиоративной практики особый интерес представляет распределение влаги в залежи над уровнем грунтовых вод. На рис. 1 изображено типичное распределение влаги в торфянике. В торфяных почвах влажность почвы от уровня грунтовых вод до некоторой высоты практически не уменьшается и равна капиллярной влагоемкости (зона I). Поэтому эту зону можно назвать зоной капиллярной влагоемкости. Выше зоны капиллярной влагоемкости влажность снизу вверх постепенно убывает от капиллярной влагоемкости до наименьшей или полевой влагоемкости (зона II). В зоне III влажность почвы зависит не от глубины уровня грунтовых

вод, а только от климатических условий: под влиянием испарения и транспирации влажность здесь меньше (рис. 2), а после осадков в условиях просачивающейся гравитационной влаги больше наименьшей влагоемкости. Зона III называется зоной полевой или подвешенной влажности [4].

Для мало- и среднеразложившихся низинных торфяников Эстонской ССР капиллярная влагоемкость составляет в среднем 85—90%, а наименьшая влагоемкость — в среднем 60% от объема почвы.

Высота зоны капиллярной влагоемкости (I) и высота капиллярного поднятия (I+II) зависят и от степени разложения и давности осушения торфяника: с увеличением степени разложения и давности осушения торфяника эти высоты увеличиваются. На рис. 2 приведены кривые распределения влаги для двух болот в Йыгеваском районе.*

В первом случае (тростниково-осоковое болото Тоомаской опытной базы Эстонского научно-исследовательского института земледелия и мелиорации со степенью разложения 30%, осушено 7 лет тому назад) высота зоны капиллярной влагоемкости оказалась равной 20 см, а высота капиллярного поднятия — 45 см. Во втором случае (тростниково-осоковое болото колхоза «Большевик» со степенью разложения 45%, осушено более 20 лет тому назад) высоты этих зон составили соответственно 80 и 100 см. Для осушенного 2—5 лет тому назад тростниково-осокового торфяника со степенью разложения 25—30% в

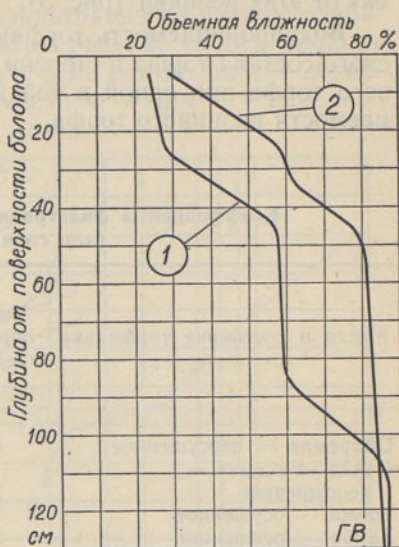


Рис. 2. Распределение влаги в торфяниках летом 1955 г. 1 — болото Тоомаской опытной базы со степенью разложения 30%; 2 — болото колхоза «Большевик» со степенью разложения 45%; ГВ — уровень грунтовых вод.

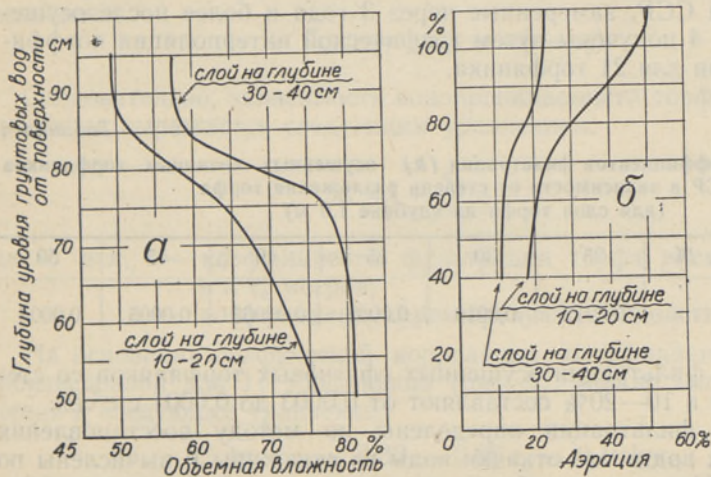


Рис. 3. Водно-воздушный режим пахотного слоя торфяника в зависимости от глубины уровня грунтовых вод: а — болото Тоомаской опытной базы (по данным И. Эйзена); б — болото совхоза «Ойдремаа».

* Определения влажности произведены И. Эйзенем (см. J. Eisen, Optimaalse vee- ja õhurežiimi selgitamine turvasmuldadel. Teadusliku aruande käsikiri. Tooma, 1955).

Ойдремаа высота зоны капиллярной влажности составляет 30—60 см, а высота капиллярного поднятия доходит до 1,0 м.

При определении проектной глубины уровня грунтовых вод следует учитывать величину высоты зоны капиллярной влагоемкости, так как водно-воздушный режим пахотного слоя (корнеобитаемого горизонта) зависит от этих величин (рис. 3).

Водопроницаемость торфяных почв зависит прежде всего от ботанического состава торфа и степени его разложения. Водопроницаемость верхового торфа при одной и той же степени разложения меньше водопроницаемости низинного торфа.

Таблица 3

Коэффициенты фильтрации (k) верховых и низинных торфяников
(для слоя торфа на глубине 1,0 м)

Место и состояние торфяника	Число определений	Низинное болото		Верховое болото	
		k , см/сек	степень разложения, %	k , см/сек	степень разложения, %
Ойдремаа — неосушенное	4	0,01	20	0,0025	10
Сайда—Рехемяэ — неосушенное	3	0,0025	30	0,00065	20
Тоома — осушенное	3	0,0013	25	0,0001	20
Хайба — осушенное	5	0,0008	35	0,0001	20
Костивере — осушенное	3	0,0006	40	0,00025	10

В условиях Эстонской ССР, где основными торфообразователями низинных болот являются тростники и осоки, водопроницаемость низинных торфяников зависит главным образом от степени разложения торфа. На неосушенных болотах водопроницаемость тростниковых торфов больше, чем у других видов низинных торфов. Однако после осушения такого явления не наблюдается.

С разложением торфа уменьшаются размеры пор и частиц, что приводит к уменьшению водопроницаемости. В табл. 4 приведены средние величины коэффициентов фильтрации низинных торфяников в разных районах Эстонской ССР, замеренные через 3 года и более после осушения. Данные табл. 4 получены путем графической интерполяции коэффициентов фильтрации для 21 торфяника.

Таблица 4

Средние величины коэффициентов фильтрации (k) осушенных низинных торфяников ЭССР в зависимости от степени разложения торфа
(для слоя торфа на глубине 1,0 м)

Степень разложения, %	25	30	35	40	45	50
$k_{1,0}$, см/сек	0,0012	0,0010	0,0008	0,00065	0,0005	0,0003

Коэффициенты фильтрации осушенных сфагновых торфяников со степенью разложения в 10—20% составляют от 0,0003 до 0,0001 см/сек.

Коэффициенты фильтрации определены по методу восстановления уровней грунтовых вод после откачки воды из скважины и вычислены по формуле Эркина. Пределы колебания отдельных значений k при повторностях не превышают $\pm 50\%$.

В торфяных залежах Эстонии степень разложения торфа обычно увеличивается с увеличением глубины. Увеличивается и давление на ниже-

лежащие слои. В связи с этим водопроницаемость торфа уменьшается по мере увеличения глубины залегания торфяного слоя (рис. 4). Водопроницаемость особенно резко уменьшается в верхнем метровом слое. В нижних слоях уменьшение водопроницаемости меньше и происходит более равномерно.

Результаты определения коэффициентов фильтрации по разным глубинам торфяников приведены на рис. 4. На этом рисунке на оси ординат нанесена глубина залегания торфяного слоя τ , а на оси абсцисс — коэффициент фильтрации в логарифмическом масштабе — $\lg \kappa$.

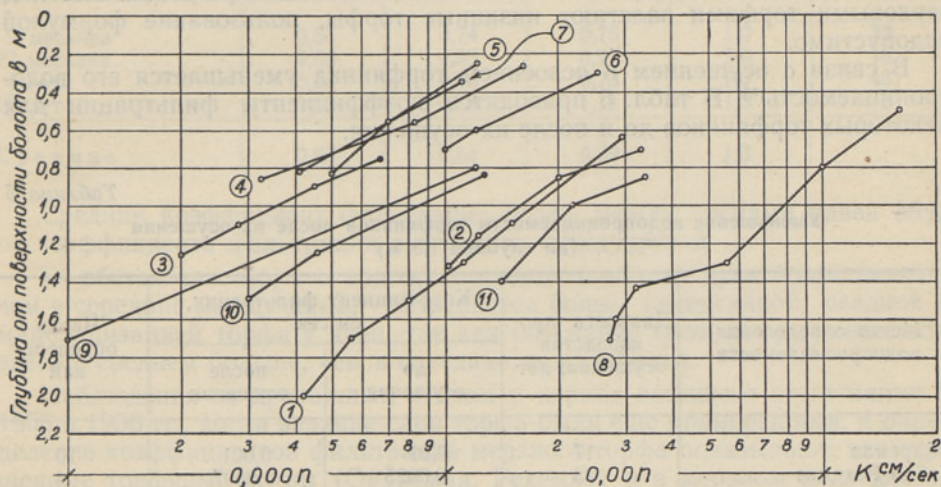


Рис. 4. Водопроницаемость торфяников на разных глубинах от поверхности болота. 1—5 — по данным А. И. Ивицкого^[1]; 6 — осушенное низинное болото Костивере; 7 — осушенное верховое болото Костивере; 8 — низинное болото Ойдремаа через 6 месяцев после осушения; 9 — низинное болото Ойдремаа через 5 лет после осушения; 10 — низинное болото Ойдремаа через 17 лет после осушения; 11 — низинное болото Ойдремаа через 5 лет после осушения.

Как показывает расположение точек на рис. 4, зависимость $\lg \kappa_{\tau} = f(\tau)$ линейная:

$$\lg \kappa_{\tau} = \lg \kappa_{\tau_0} - \alpha(\tau - \tau_0). \quad (1)$$

Следовательно, зависимость водопроницаемости торфа от глубины его залегания выражается следующим уравнением:

$$\kappa_{\tau} = \frac{\kappa_{\tau_0}}{10^{\alpha(\tau - \tau_0)}}, \quad (2)$$

где κ_{τ} и κ_{τ_0} — коэффициенты фильтрации торфа в см/сек на глубине τ и τ_0 метров;

α — коэффициент, характеризующий свойства торфа.

На основании графической корреляции коэффициентов фильтрации, произведенной для 11 торфяников (рис. 4), можно написать для выражения α следующее уравнение:

$$\lg \alpha = -0,32 - 0,06 \tau_0 - 0,10 \lg \kappa_{\tau_0}, \quad (3)$$

откуда

$$\alpha = \frac{1}{10^{0,32 + 0,06 \tau_0} \kappa_{\tau_0}^{0,10}}. \quad (4)$$

По формулам (2) и (4) можно высчитывать κ_z на желаемой глубине z , зная κ_{τ_0} , определенное в точке на глубине τ_0 .

Формулы (2) и (4) действительны при $\tau_0 > 0,4$ м, так как водопроницаемость верхнего слоя торфяника зависит еще от агротехники возделываемых культур и климатических условий и изменяется в течение года в больших пределах, независимо от водопроницаемости нижних слоев.

Средняя квадратичная ошибка формулы (2), по имеющимся данным (45 точек), составляет $\pm 16\%$. Для торфяников, у которых степень разложения нижних слоев меньше таковой в верхних, и для слоистых торфяников, у которых в торфе находятся сплошные слои древесины или под верховыми торфами залегают низинные торфы, пользование формулой недопустимо.

В связи с осушением и освоением торфяника уменьшается его водопроницаемость^[5]. В табл. 5 приводятся коэффициенты фильтрации для некоторых торфяников до и после их осушения.

Таблица 5

Уменьшение водопроницаемости торфяников после их осушения
(на глубине 1,0 м)

Место определения водопроницаемости	Давность производства осушения, лет	Коэффициент фильтрации, см/сек		Число определений
		до осушения	после осушения	
Ойдремаа	17	0,01	0,001	10
Сайда-Рехемаяэ	23	0,0025	0,0007	4
Курна	20	0,0013	0,0003	3
Тоома	18	0,00094	0,0002	4
Сандла	20	0,0008	0,0002	6
Костивере	7	0,0005	0,00025	3

Уменьшение водопроницаемости и стабилизация коэффициентов фильтрации торфяных почв зависит от интенсивности осушения: при интенсивном осушении эти процессы происходят быстрее.

Как видно из рис. 5, уменьшение водопроницаемости происходит в основном в течение первых 4—5 лет после осушения, в дальнейшем этот процесс протекает более замедленно. Причиной первоначального резкого уменьшения водопроницаемости является осадка, а дальнейшего — разложение торфа.

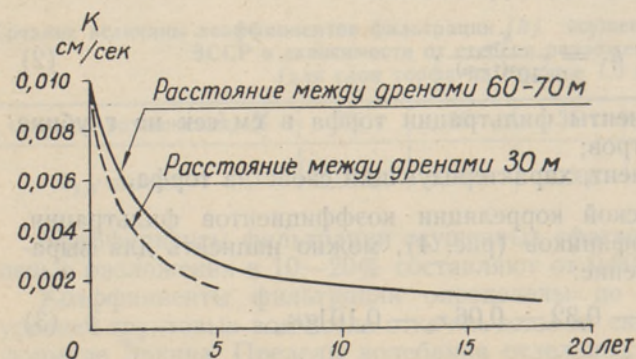


Рис. 5. Динамика уменьшения водопроницаемости торфа после осушения торфяника в Ойдремаа.

Коэффициент фильтрации торфа изменяется в зависимости от расстояния места взятия пробы от осушителя. Коэффициенты фильтрации торфа между дренами для слоя торфа на глубине 1,0 м от поверхности болота, определенные в разных районах Эстонской ССР, приведены в табл. 6. Расстояние места

определения коэффициента фильтрации от дрены дано в долях от расстояния между дренами E , а размер коэффициентов фильтрации — в долях от величины коэффициента фильтрации в середине междудренного пространства.

Таблица 6

Водопроницаемость торфа между дренами

Продолжительность действия осушения	Расстояние от дрены				Число определений
	1 м	0,1 E	0,25 E	0,5 E	
9 месяцев	0,56	0,74	0,75	1,0	32
12 месяцев	0,68	0,93	0,97	1,0	16
4 года	0,66	0,88	0,73	1,0	48
17 лет	0,86	0,78	1,11	1,0	8
Средние	0,68	0,84	0,89	1,0	

Средний коэффициент фильтрации торфа между дренами равен 88% от коэффициента фильтрации в середине междудреня.

То обстоятельство, что водопроницаемость вблизи дрен более низкая, чем в середине между ними, объясняется более интенсивной осадкой и минерализацией торфа у дрен, так как опускание уровней грунтовых вод здесь в среднем больше, чем в середине междудреня.

Наблюдения за дренажным стоком в период весеннего снеготаяния в 1955 и 1956 гг., когда верхние слои торфа были еще промерзшими, и определение коэффициентов фильтрации мерзлого торфа показывают, что осушенные торфяные почвы (Ойдремаа, Рехемяэ) и в мерзлом виде достаточно водопроницаемы. Однако они обладают меньшей водопроницаемостью по сравнению с оттаявшими торфами.

Так, например, в Ойдремаа во время снеготаяния в конце апреля и начале мая 1956 г., когда мощность промерзшего слоя составляла 0,3—0,4 м, измеренные модули дренажного стока составляли 0,3—0,8 л/сек га. В Сайда-Рехемяэ дренажный сток составлял 1,8 л/сек га. В обоих местах не наблюдалось поверхностного стока и вся вода от таяния снежного покрова (в Ойдремаа 110 мм, в Сайда-Рехемяэ 116 мм) была удалена в виде грунтового стока.

Водопроницаемость мерзлых грунтов зависит от интенсивности осушения. Она больше для интенсивно осушенных торфяников, так как водопроницаемость мерзлых грунтов тем ниже, чем выше влажность почвы при замерзании [4].

Водоотдача. Так как водоотдача торфа зависит от его коэффициента фильтрации [2], то указанное выше изменение коэффициентов фильтрации в результате осушения оказывает влияние и на размер водоотдачи.

Коэффициент водоотдачи (δ) уменьшается с увеличением глубины залегания слоя торфа в залежи. Величины δ определены графо-аналитическим методом, с использованием графиков $q=f(h)$ и $\frac{\Delta h}{\Delta t} = f(h)$,

где q — модуль дренажного стока в л/сек га;

h — напор грунтовых вод выше дрен в см;

$\frac{\Delta h}{\Delta t}$ — скорость понижения уровня грунтовых вод в см/сутки.

Скорость понижения уровней грунтовых вод определена для периода, когда осадка и испарение не оказывали практически влияния.

Коэффициент водоотдачи уменьшается после осушения (табл. 7), причем это уменьшение зависит от интенсивности осушения (табл. 8).

Таблица 7

Коэффициент водоотдачи δ для слоя торфа на глубине 0,8 м в зависимости от давности осушения (расстояние между дренами 30 м)

Давность осушения	6 месяцев	2 года	5 лет
Коэффициент водоотдачи δ	0,123	0,025	0,014
Коэффициент фильтрации k , см/сек	0,008	0,006	0,0015

Таблица 8

Коэффициент водоотдачи δ для слоя торфа на глубине 0,8 м в зависимости от интенсивности осушения (6 месяцев после осушения)

Расстояние между дренами, м	30	45	60
Коэффициент водоотдачи δ	0,123	0,133	0,146
Коэффициент фильтрации k , см/сек	0,008	0,0092	0,0095

Через 3—5 лет после осушения для низинных торфяников со степенью разложения в 30% коэффициент водоотдачи δ составлял, в зависимости от глубины слоя, от 0,005 до 0,10.

Заключение

Выше было показано, что после осушения торфяных почв, в связи с их осадкой и разложением, уменьшаются влагоемкость, водопроницаемость и водоотдача и увеличивается высота капиллярного поднятия.

Уменьшение водопроницаемости торфа, при прочих равных условиях (атмосферные осадки, глубина дрен и расстояние между ними), приводит к повышению среднего уровня грунтовых вод между дренами. Это, а также увеличение высоты капиллярного поднятия приводит в свою очередь к ухудшению водно-воздушного режима в корнеобитаемом слое. Кроме того, уменьшение влагоемкости и водоотдачи, увеличение высоты капиллярного поднятия и высокое расположение уровней грунтовых вод уменьшают объем торфяной почвы, регулирующий сток.

В зоне, где сумма осадков за вегетационный период значительно превышает величину испарения, все эти изменения приводят к уменьшению осушительного эффекта мелиоративных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивицкий А. И., Принципы проектирования закрытого дренажа в Белорусской ССР. Минск, 1954.
2. Ивицкий А. И., Исследование водоотдачи торфа. Почвоведение, 1939, № 11.
3. Печуров А. Ф., Регулирование влажности торфяных почв путем внутриводного орошения. Труды конференции по мелиорации и освоению болотных и заболоченных почв. Минск, 1956.
4. Родэ А. А., Водные свойства почв и грунтов. Москва, 1955.
5. Эркин Г. Д., Водопроницаемость болот в связи с их осушением. Минск, 1940.
6. Таске, В., Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Moorkultur. Berlin, 1929.

TURBAPINNASTE MÖNINGAD FÜSIKALISED OMADUSED JA NENDE MUUTUMINE SOODE KUIVENDAMISEL EESTI NSV OLUDES

U. Tomberg

Resüme

Soode kuivendamisele järgnevas turba vajumis- ja lagunemisprotsessis muutuvad kõik turbapinnaste füüsikalised omadused. Nii suurenevad turba mahu- ja erikaal ning kapillaartõusu kõrgus, vähenevad aga poorsus, veemahutavus, veeväljaand ja veejuhtivus. Kõik need muutused põhjustavad kuivendatud soopindadel kuivendusolude halvenemist. Füüsikaliste omaduste muutumise ulatus ja kiirus olenevad kuivenduse intensiivsusest.

Kapillaartõusu kõrgus madalsooturvastel on keskmiselt 0,5—1,0 m, olenevalt turba koostisest, lagunemisastmest ja kuivenduse kestusest. Et kindlustada taimekasvule soodsat vee- ja õhurežiimi künnikihis, peab keskmine põhjaveesügavus olema võrdne kapillaartõusu kõrgusega või sellest suurem.

Meie turvasmullad võib veejuhtivuse poolest jaotada kahte suurde gruppi — madal-soo- ja kõrgsooturbad. Sama lagunemisastme puhul on kõrgsooturvaste veejuhtivus mitu korda väiksem madalsooturvaste veejuhtivusest. Viimastel on veejuhtivus peamiselt nende lagunemisastmest, mitte aga botaanilisest koostisest, kusjuures lagunemisastme suurenedes turba veejuhtivus väheneb. Turbalasundi sügavamalasuavad kihid on tavaliselt suurema lagunemisastmega; ka on rõhumine nende kihtidele suurem. Seepärast väheneb turbalasundi veejuhtivus lasundi sügavuse suunas. Ühtlase stratigraafilise ehitusega turbalasundi veejuhtivuse vähenemist sügavuses võib iseloomustada valemiga (2).

Soo vajumine pärast turbapinnaste kuivendamist kutsub esile turba veejuhtivuse järsu vähenemise (kuni 10 korda), mis on seda suurem, mida intensiivsem on sookuivendus. Sookuivendamisest tingitud turba intensiivsema lagunemise käigus väheneb veejuhtivus veelgi.

Turbapinnaste veejuhtivus muutub ka kuivendajate vahel, olles suurim nende vahekauguste keskel ja vähenedes kuivendajate poole.

Kuivendatud turbapinnaste külmumisel väheneb nende veejuhtivus, kuid nad on siiski vett läbilaskvad.

Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku
Uurimise Instituut

Saabus toimetusse
19. II 1957

EINIGE PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN DES MOORBODENS UND DESSEN VERÄNDERUNG NACH DER ENTWÄSSERUNG DER MOORE IN DEN VERHÄLTNISSEN DER ESTNISCHEN SSR

U. Tomberg

Zusammenfassung

Die von der Entwässerung der Moore verursachten Sackungen der Moorschichten und die Zersetzung des Torfes wirken auf die physikalischen Eigenschaften des Moorbodens. Nach der Entwässerung der Moore nehmen spezifisches Gewicht, Volumgewicht und Höhe des kapillaren Aufstieges des Torfes zu, Porenvolum, Wasserkapazität, Wasserausgabevermögen und Wasserdurchlässigkeit aber ab. Diese Veränderungen hängen von der Intensität der Entwässerung ab und sind um so grösser, je intensiver die Entwässerung ist.

Die Wasserdurchlässigkeit der Hochmoortorfe ist bei gleichem Zersetzungszustand des Torfes kleiner als die Wasserdurchlässigkeit der Niedermoortorfe.

Die Wasserdurchlässigkeit der Niedermoortorfe hängt von dem Zersetzungszustand ab und ist um so geringer, je stärker zersetzt und je dichter gelagert er ist. Die Durchlässigkeit des Moorbodens für Wasser nimmt in der Tiefe des Moorprofils ab, weil bei gewöhnlichem Aufbau der Moore die tiefer gelagerten Torfschichten auch dichter und stärker zersetzt sind. Bei gleichartigem Aufbau der Moore verändert sich die Wasserdurchlässigkeit des Torfes in der Tiefe des Moorprofils nach der Formel (2).

Nach der Entwässerung der Moore nimmt die Wasserdurchlässigkeit des Torfes stark ab (bis 10 mal).

In der Nähe der Dräns nimmt die Durchlässigkeit ab.

Gefrorene entwässerte Moorböden sind wasserdurchlässig, und ihre Wasserdurchlässigkeit ist um so grösser, je intensiver die Entwässerung ist.

Das Wasserausgabevermögen des Moorbodens nimmt, gleich der Wasserdurchlässigkeit, in der Tiefe des Moorprofils ab.

Institut für Ackerbau und Melioration der
Estnischen SSR

Eingegangen am
19. Febr. 1957