

**АКАДЕМИЯ АГРАРНЫХ НАУК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ**  
**МЕЛИОРАЦИИ И ЛУГОВОДСТВА**

**УДК 631.674.1**

**ГЛУШКО КОНСТАНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**ИНФИЛЬТРАЦИЯ ТАЛЫХ ВОД НА**  
**ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНИКАХ**

Специальность 06.01.02 - мелиорация и орошаемое  
земледелие

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск - 1996

Работа выполнена в "Белорусском научно-исследовательском институте мелиорации и луговодства" /БелНИИМИЛ/

Научный руководитель - доктор технических наук, чл. корр.  
Белорусской инженерной академии  
П. И. Закржевский

Официальные оппоненты: доктор технических наук, старший  
научный сотрудник И. В. Минаев

кандидат технических наук, про-  
фессор кафедры П. В. Шведовский

Оппонирующая организация - Полесьегипроводхоз

Защита состоится "12" июля 1996 г. в 10 часов на  
заседании специализированного совета по защите диссертаций  
Д05.05.01 в Белорусском научно-исследовательском институте  
мелиорации и луговодства по адресу:

220040, г. Минск, ул. М. Богдановича, 153.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке БелНИИМИЛ

Автореферат разослан "11" июня 1996 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций

Н. К. Вахонин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Осушение болота, изменяя водный режим кор-необитаемого слоя торфа, координально меняет почвособразовательный процесс, водно-физические и агротехнические свойства торфяной поч-вы. В связи с уплотнением и минерализацией торфяной залежи изме-няется и рельеф поверхности. Поверхность болота преобладают вы-раженные элементы мезорельефа минерального дна, подстилающего торфяную залежь, особенно на мелкозалежных торфяниках. Последние занимают в Белорусском Полесье почти 500 тыс. га. В образующихся, таким образом, западинах аккумулируется поверхностный сток талых и дождевых вод, формируется пестрота увлажнения почвы, ее готовнос-ти к севу весной и продуктивности за вегетацию. Установлено, что в западинах глубиной более 10 см. урожай озимой пшеницы снижается на 10 %, при 20-25 см - на 55 - 65 %. Недобор урожая в результате вымочек в средние по влажности годы по данным института почвове-дения составляет для яровых зерновых - 12-15 %, озимых 15-19%, картофеля 20-22 %.

Для устранения увлажнения почвы в западинах устанавливают нормативное сгущение дренажа принимая, что на поле в целом инфильт-рация равна величине аккумуляции талых вод в микрорельефе. Су-ществующие теоретические формулы позволяют определить дифференци-рованно параметры дренажа в зависимости от величины инфильтрации в период снеготаяния. Отсутствие фактических данных по инфильтра-ции препятствует применению более совершенных методов определения параметров систем и расчетных расходов сбросных сооружений по-верхностного стока. Поэтому изучение процессов формирования стока талых вод с осушаемых торфяников является основой для разработки эффективных агро-мелиоративных мероприятий, что является весьма актуальной задачей

**Цель и задачи исследований.** Целью работы явилось выяснение основных закономерностей формирования инфильтрации талых вод на мелкозалежных торфяниках Полесья. Основные задачи исследования:

- изменение водно-физических и тепловых свойств почв мелкозалежных торфяников, находящихся в длительном сельскохозяйственном использовании, по водосбору и по вертикальному разрезу;
- образование водонепроницаемого слоя на участках водосбора с выраженным микрорельефом;

- анализ водно-физических и метеорологических факторов, влияющих на величину инфильтрации талых вод на мелкозалежных торфяниках;

- теоретическое обоснование природы формирования талых воронок по поверхности борозд, западин и математическое моделирование процесса;

- установление расчетной зависимости по определению интенсивности инфильтрации талых вод на осушенных торфяниках, находящихся длительно в сельскохозяйственном использовании;

- установление зависимости по определению расчетного расхода сопрягающих сооружений для отвода поверхностного стока;

- разработка эффективных агромелиоративных мероприятий по предотвращению длительного затопления сельскохозяйственных площадей.

**Научная новизна полученных результатов.** Получены дополнительные сведения о трансформации водно-физических свойств торфяной почвы в процессе ее эксплуатации. Сформулированы основные зависимости, определяющие интенсивность инфильтрации талых вод на торфяных почвах различной длительности использования при различном календарном ходе метеорологических факторов и водно-физических свойствах почвы. Впервые определены расчетные величины и объем инфильтрации. Впервые установлена закономерность распределения поглощаемого радиационного излучения солнца любой точкой подводной поверхности микропонижения. Новизна разработанных технологий и устройств подтверждена 6 авторскими свидетельствами на изобретения.

**Практическая ценность работы.** Установленные закономерности инфильтрации талой воды могут быть использованы в прогнозировании водного режима при мелиорации земель, гидрологических расчетах мелиоративной сети, в совершенствовании организации поверхностного стока на осушаемых торфяных почвах в дополнение к обычно проектируемой дренажной сети.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:** Результаты исследований водно-физических характеристик торфяника по профилю. Экспериментально установлено, что подпахотный слой обладает наибольшей плотностью и наименьшим коэффициентом фильтрации. Влияние микрорельефа на формирование водонепроницаемого слоя. Борозды и западины являются очагами с повышенной инфильтрационной

способностью почвы.

Результаты полевых и лабораторных исследований инфильтрации талых вод, влияние водно-физических и метеорологических факторов на величину инфильтрации.

Расчетные зависимости для определения распределения солнечной энергии по поверхности микроронжения, затопленного тальми водами.

Расчетные зависимости по определению интенсивности инфильтрации талых вод на торфяниках, находящихся длительно в сельскохозяйственном использовании, и по определению расхода сопрягающих сооружений для отвода поверхностного стока.

**Личный вклад соискателя.** Диссертационная работа основана на материалах полевых и лабораторных исследований, теоретических расчетов и изобретений, выполненных лично автором и под его непосредственным руководством в Белорусском научно-исследовательском институте мелиорации и водного хозяйства (БелНИИМХ), Брестском политехническом институте (БрПИ).

В 1988 году за внедренные научные разработки, которые создавались с использованием полученных результатов и защищенные авторскими свидетельствами на изобретения, автор работы награжден знаком "Изобретатель СССР".

**Апробация и реализация работы.** Материалы диссертационной работы докладывались и получили одобрение на научно-практических конференциях Брестского политехнического института /1986, 1987, 1988, 1992, 1994 г.г./, Новочеркасского ордена "Знак Почета" инженерно-мелиоративного института /1990 г./. Выполненные разработки внедрены в курсовое и дипломное проектирование студентов специальности 31.10 "Гидромелиорация" по дисциплине "Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации" в Брестском политехническом институте.

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в трудах Белорусской Политехнической Академии, депонированы в ЦНТИ, сборниках тезисов докладов БрПИ /г.Брест/ и НИИМ /г.Новочеркасск/. Общее количество публикаций 12. На выполненные работы получено 6 авторских свидетельств на изобретения.

**Объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов и предложений. Изложена на 130 страницах машинописного текста, включает 17 таблиц, 36 рисунков, 17 приложе-

ний. Список литературы состоит из 162 наименований, из них 4 на иностранном языке.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

**В первой главе** - "Развитие концептуальных подходов к изучению процесса инфильтрации талых вод сквозь мерзлую почву" - дается анализ факторов, влияющих на процесс инфильтрации и методов ее измерения, оценивается их эффективность; анализируются приемы отвода поверхностного стока и обосновывается выбор для Белорусского Полесья.

Особенностью мерзлой почвы является то, что вода в ней находится в трех агрегатных состояниях: в виде льда, пара и незамерзшей воды. Между льдом, почвой и незамерзшей водой наблюдается постоянное динамическое равновесие. Калориметрическими опытами Анаяна А.А., Нересовой Э.А. и др. установлено, что с понижением температуры замерзает сначала свободная, затем рыхлосвязанная, и - при достаточно низкой температуре - прочносвязанная вода. Вторая составляющая - пар находится постоянно в движении и является основой миграции. При длительном промерзании почвы за счет миграции наблюдается дополнительное приращение влаги в мерзлом слое по сравнению с исходным состоянием. Миграция влаги на сельскохозяйственных угодьях представляет собой открытую систему, т.е. обеспечивается непрерывной подток влаги от уровня грунтовых вод. Такой тип миграции исследовали Афанасик Г.И., Втюрина Е.А., Гамаюнов Н.И., Стотланд Д.М., Товбин И.Б., Роман Л.Т. и др. Особенностью миграции в органогенных породах является наличие структурного сцепления торфа, установленное Афанасиком Г.И., которое приводит к уменьшению миграционного потока.

Глубина промерзания почвы является важным фактором, влияющим на интенсивность инфильтрации. Сезонную глубину промерзания исследовали Афанасик Г.И., Достовалов В.Н., Кудрявцев В.А., Киселева А.И., Мельников П.И., Печкуров А.Ф., Порхаев В.Г., Рудой А.У., Шибекс В.Ф. Снежный и растительный покров являются эффективными теплоизоляторами, препятствующими промерзанию почвы. Вследствие чего глубина промерзания почвы из-за выраженного микро рельефа является непостоянной.

В начале нынешнего века в трудах Шалабанова А.А. упоминается

, что мерзлая почва способна фильтровать воду. В дальнейшем факт водопроницаемости почвы исследовали балансовым методом Иванов И.Ф., Киселева А.И., Попов Е.Г., Харченко С.И. и др. Инструментальными измерениями понижения уровня воды в заливаемых ячейках и микропонижениях Дыгало В.С., Змиева В.С., Филиппов А.К., Харченко С.И., Урываев П.А. и др. установили наличие инфильтрации одновременно с началом таяния снега. По результатам исследований установлено, что влажность и степень цементации мерзлой почвы являются основными факторами, определяющими интенсивность инфильтрации. Составляются эмпирические зависимости, основанные на водном балансе, для оценки величины водопоглощения талой воды в мерзлую почву. Делаются попытки отождествить процесс инфильтрации талой воды в мерзлую почву с процессом инфильтрации в талую путем введения дополнительного параметра, учитывающего водно-физические свойства талой и мерзлой почвы. Формулы позволяют рассчитать интегральную величину инфильтрации и не учитывают влияние внешних метеорологических факторов. Теоретические модели, разработанные Андерсоном Д.М., Калужным И.Л., Куликом В.Я. схематизируют процесс движения влаги сквозь мерзлую почву, представленную в виде капиллярно-пористого тела. Данные модели применимы для почв в которых скорость передвижения влаги превышает скорость продвижения тепла. Для соизмеримых процессов существует ряд моделей тепловлагопереноса, позволяющих моделировать процесс передвижения влаги и тепла с той или иной степенью допущения, упрощающих решение задачи. Однако трудность определения, и в связи с этим отсутствие данных по потенциалам влажности и коэффициентам влагопроводности мерзлых торфяных почв, ограничивают их применение. Данные модели не учитывают всего комплекса побочных факторов, как то наличие льда на поверхности воды, влияния таликов, землеройных животных и других, на процесс инфильтрации талой воды. Теоретически, при формировании водонепроницаемого слоя, т.е. при полной закупорке пор льдом, инфильтрация должна прекратиться, что не соответствует натурным наблюдениям.

Часть талой воды в аккумулируется в микропонижениях. Для ее отвода в настоящее время существуют различные приемы:

- недопущение критических температур путем валкования снега;
- недопущение критической влажности путем глубокого заложения дренажа;

- увеличение аккумулирующей емкости почвы путем глубокой плоскорезной вспашки;
- бороздование, профилирование, раскрытие микропонижений, устройство колодцев поглотителей.

Анализируя вышеназванные подходы следует, на наш взгляд, отдать предпочтение регулированию поверхностного стока, как наименее затратному варианту с разработкой дополнительных агротехнических мероприятий.

Исходя из вышеизложенного и поставлена задача изучить основные закономерности инфильтрации талой воды на мелкозалежных торфяниках с учетом водно-физических и метеорологических факторов.

**Во второй главе** - "Исследование водно-физических и тепловых свойств осушенных торфяников" - приводится методика исследования водно-физических свойств и тепловых свойств торфяной почвы и результаты исследований. Водосбор, на котором находится опытный участок площадью 100 га, расположен в пойме р. Вобрик на территории ПОМС. Почвы водосбора представлены среднемощными глубиной 70±5 см. осоко-тростниковыми торфами со степенью разложения R=40:45 процентов. Исследование пространственной неоднородности плотности и влажности почвы на глубину 40 см. проводилось с учетом достаточности объема выборочной совокупности с использованием существующих методик. Полный комплекс исследований водно-физических свойств проводился для 6-и точек установки лизиметрического оборудования на глубину 0-100 см. В результате исследований установлено, что плотность торфа возрастает с глубиной до подошвы пахотного горизонта (среднее по водосбору 0,22-0,26 г/см<sup>3</sup>) с последующим снижением до 0,16 г/см<sup>3</sup>. Значение коэффициента вариации плотности с увеличением глубины снижается от 0,158 на поверхности до 0,13 на глубине 40 см. Объемная влажность по этим же профилям, измеренная в предзимний период выражена более равномерно по слоям почвенного профиля и колеблется от 37 на поверхности до 51 на глубине 40 см. с коэффициентом вариации соответственно 0,171 и 0,109. Коэффициент фильтрации резко снижается с поверхности (2,9 м/сут) до подошвы пахотного горизонта (0,15 м/сут) с последующим плавным увеличением до границы раздела. Тонкий слой торфа, залегающий на границе раздела торфа и песка, имеет также незначительный коэффициент фильтрации порядка 0,3-0,4 м/сут. Образцы почвы для исследования тепловых характеристик отбирались на 6-и точках

установки лизиметрического оборудования на глубину 0-40 см. По существующим методикам определялись температуропроводность и теплопроводность талого и мерзлого торфа, а также содержание незамерзшей воды. По результатам лабораторных исследований были построены графические зависимости теплофизических характеристик от влажности для различной плотности, которые аппроксимируются зависимостями:

$$a_T = \exp(-0.104W + 0.663\rho_{\text{п}}) \quad (1)$$

$$\lambda_T = \exp(0.037W + 0.861\rho_{\text{п}} - 2.31) \quad (2)$$

$$a_M = \exp(0.037W + 0.881\rho_{\text{п}} - 6.49) \quad (3)$$

$$\lambda_M = \exp(0.049W + 1.501\rho_{\text{п}} - 0.89) \quad (4)$$

$$W_{\text{нз}} = \frac{1}{0.0019|t|^{0.5} + 0.0033\rho_{\text{п}}} \quad (5)$$

где  $a_T, a_M$  - температуропроводность талого и мерзлого торфа,

$\lambda_T, \lambda_M$  - теплопроводность талого и мерзлого торфа,

$W$  - объемная влажность, %

$\rho_{\text{п}}$  - плотность почвы, г/см<sup>3</sup>.

$W_{\text{нз}}$  - содержание незамерзшей воды по отношению к массе сухого торфа, %.

Результаты исследований тепловых характеристик талого и мерзлого торфа согласуются с полученными другими авторами.

**В третьей главе** - "Исследование глубины промерзания деятельного слоя почвы" - дана общая климатическая характеристика объекта за зимний период по годам исследований, анализируются факторы, влияющие на глубину промерзания, предлагается конструкция мерзлотомера и рассчитывается мощность водонепроницаемого слоя по участку исследований. Со второй половины декабря на Полесской низменности наблюдается устойчивый переход через 0 °С. В годы исследований зимы различались своей суровостью. Сумма отрицательных температур и среднезвешенная мощность снежного покрова по годам исследований составили: - 1985-1986 - 638 °С и 17 см., 1986-1987 - 922 °С и 25 см., 1987-1988 - 420 °С и 5 см. Глубина промерзания в пределах опытного участка измерялась по 10 мерз-

лотомерам Данилина. Параллельно в местах установки мералотомеров производилось измерение мощности снежного покрова. В предвесенний период на участке 260 м. длиной и 120 м. шириной включающем в себя и опытный участок была разбита прямоугольная сетка 50x40 м. В каждой их 23 точек измерялась глубина промерзания шурфованием. В то же время производилась и снегомерная съемка. Была выявлено, что характер распределения глубин промерзания, выраженных в относительных единицах (по отношению к максимальной глубине промерзания) на протяжении трехлетнего периода наблюдений сохраняется в пределах точности измерений. Данное явление важно с той позиции, что оно предопределяет схожий характер по аналогии с глубиной промерзания из года в год пространственной инфильтрации талых вод. Скорое оттаивание почвы с малой глубиной промерзания и провальную инфильтрацию в данной точке водосбора и наоборот, продолжительный процесс перетока талых вод до уровня грунтовых вод при большой глубине промерзания. Исследовалась неравномерность нарастания глубины промерзания на борозде и загоне. При этом было установлено, что в осенний бесснежный период нарастание мерзлоты в борозде и на загоне идет с одинаковой скоростью и глубины промерзания соизмеримы. В весенний период мощность мерзлого слоя в борозде в 1,5-2 раза меньше чем на загоне. При анализе частных факторов, влияющих на глубину промерзания было выявлено, что по степени тесноты связи они располагаются в следующей очередности: сумма отрицательных температур, средневзвешенная высота снежного покрова, влажность почвы и уровень грунтовых вод. В течение 1985-1988 годов проводились полевые исследования по изучению формирования водонепроницаемого слоя с использованием широко известной методики разработанной в ГГИ. В результате обработки материала были получены значения водонепроницаемого слоя по 6-и точкам для загона и борозд. В зиму 1985-1986 г. водонепроницаемый слой сформировался на глубине 5-6 см., мощность слоя изменялась от 10 до 18 см. В феврале 1987 г. была продолжительная оттепель, в результате чего водонепроницаемый слой сформировался у поверхности мощностью от 9 до 17 см. Зимой 1987-1988 г. водонепроницаемый слой не сформировался. В бороздах водонепроницаемый слой зимой 1985-1986 г. сформировался на двух точках мощностью 2 и 3 см., 1986-1987 г. - на 3-ех точках мощностью 2; 3,5 и 2 см. Таким образом борозды, западины являются потенциальными очагами с повышенной

инфильтрационной способностью почв.

Для научных исследований часто необходимо иметь информацию о непрерывном процессе промерзания. В этой связи разработана конструкция мерзлотомера на базе мерзлотомера Данилина, приведенная на рис. 1. Сущность работы заключается в том, что при промерзании почвы и одновременно столбика дистиллированной воды 3 в трубке 2 избыточный объем незамерзающей жидкости 7, благодаря жестким стенкам кожуха 1, по соединительному патрубку 4 вытесняется в датчик давления 5, изменение давления в котором регистрирует самописец 6. Аналогичным образом регистрируется и оттаивание почвы; незамерзающая жидкость под действием гидростатического давления перетекает обратно в жесткий кожух 1.

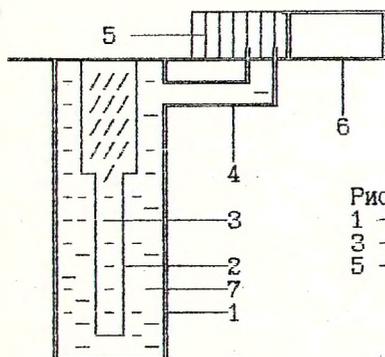


Рис. 1 Конструкция мерзлотомера  
1 - жесткий кожух; 2 - резиновая трубка;  
3 - дистиллированная вода; 4 - патрубок;  
5 - датчик давления; 6 - самописец.

**В четвертой главе** - "Исследование инфильтрации талой воды на осушаемых торфяниках" - дана комплексная характеристика объекта в период прохождения паводков, изложены методы и результаты полевых и лабораторно-полевых исследований, выполнено теоретическое обоснование и математическое моделирование распределения солнечной энергии по поверхности затопленной борозды, приводятся расчетные зависимости по определению величины инфильтрации талых вод и расчетного расхода сопрягающих сооружений.

В первые два года исследований сформировался водонепроницаемый слой. Однако это не сказалось на ходе половодья. С началом установления положительных температур наблюдался стремительный подъем уровня грунтовых вод. Общий подъем уровня грунтовых вод за период исследований составил: 1986 г. - 68 см., 1987 г. - 102 см., 1988 г. - 28 см. при общем запасе влаги на период паводка соответственно - 47,3; 55,5; 26,4 мм. Характерным, для лет с сфор-

мировавшимся водонепроницаемым слоем, явилось резкое понижение температуры слоя почвы наиболее близко расположенного к уровню грунтовых вод. В 1988 году при отсутствии водонепроницаемого слоя понижение температуры шло по слоям почвы сверху вниз. Признаком появления поверхностного стока в годы наблюдений, за исключением 1983 г. явилось затопление микропонижений тальми водами. В весну 1986 года площадь затопления составила 25-30 процентов, в весну 1987 г. до 40 процентов. Продолжительность затопления составила соответственно 8 и 14 дней.

Одной из общих закономерностей явилось формирование талых воронок. Диаметр их не превышает 15-20 см. Наиболее крупные талыки образуются в наиболее пониженной части борозды. Они представляют собой полосы длиной 1.5-2 м. и шириной 10-15 см. Теоретическое обоснование и математическое моделирование распределения солнечной энергии показало, что ускоренному процессу оттаивания почвы способствуют такая ориентация западин, борозд, когда они образуют равновеликие углы с направлением восход-заход солнца на дату весеннего половодья. Минимальная ширина борозды, способствующая ускоренному оттаиванию почвы, на основе математического моделирования процесса, равна 1,0 м.

Исследовалось влияние землеройных животных, мыши-полевки и крота на дренированность почвы. Участок исследований был равен 6,5 га. Выявлено, что земляные ходы мыши-полевки приурочены к возвышенным частям рельефа, а крота - пониженным. Мышь полевка устраивает свои гнезда на глубине 35-45 см., т.е. в талой зоне. Диаметр ходов мыши-полевки колеблется от 4 до 6 см., крота 8-9 см. Ходы крота представляют собой систему второстепенных и третьестепенных дрен, заканчивающихся отвесными до 40 см. тупиками. Система таких дрен является каналами для перетока воды как в плане, так и по вертикали.

Полевые исследования инфильтрации талой воды проводились при переменном уровне грунтовых вод в два этапа. Первый этап соответствовал периоду снеготаяния, второй - снижению уровня воды в микропонижениях. Для измерения инфильтрации на первом этапе в середине февраля отрывались шурфы в местах установки лизиметров. В затененной стенке шурфа отрывались горизонтальные ниши на возможно максимальную величину, свод которых был ниже нижней границы промерзания не менее чем на 35 см. В свод ниши домкратом вдавли-

вались цилиндрические емкости, оборудованные патрубками для отвода проинфильтровавшейся воды. Общая величина инфильтрации за этот этап приведена по годам исследований приведена в таблице.

Суммарная инфильтрация талой воды сквозь мерзлую почву осушенного торфяника за период снеготаяния, мм

Годы	Слой инфильтрации по опытным установкам							
	набл.	т.1	т.2	т.3	т.4	т.5	т.6	Среднее
1986		22.6	22.9	27.0	30.5	18.5	17.5	21.4
1987		7.1	6.7	4.5	7.8	6.6	5.8	6.4
1988		25.6	23.5	27.5	25.0	26.0	27.0	25.8

На втором этапе инфильтрация измерялась по понижению уровня воды в микропонижениях с учетом испарения и осадков. В весну 1988 г. снежный покров практически отсутствовал. Поэтому инфильтрация измерялась методом заливных рам. Объем проинфильтровавшейся воды на первом этапе зависит в первую очередь от продолжительности снеготаяния. В весну 1986 года продолжительность снеготаяния составила 13 дней. За это время проинфильтровалось от 40 до 69% общего запаса влаги. В весну 1987 года - соответственно 7 дней и 13-26%. Величина инфильтрации на втором этапе превышала в 5-8 раз на первом этапе. При анализе интенсивности инфильтрации во времени была установлена ее связь с температурой воздуха. Повышение температуры воздуха влечет повышение величины инфильтрации и наоборот. Наличие льда суточной мерзлоты на поверхности воды микропонижений снижало величину инфильтрации до 0,6-0,7 мм/сут. Вакуумирования системы не происходило. Величина инфильтрации как по точкам измерений, так и во времени изменялась в широких пределах, от 0,6 до 22 мм/сут. При остаточной глубине воды в микропонижении 2-3 см. инфильтрация возрастала до 70 мм/сут. и не уязвлялась с температурой воздуха. Это возрастание величины инфильтрации при незначительном объеме воды объясняется преобладающим воздействием таликов и других аномальных факторов. Во всех точках и во все годы исследований продолжительность затопления тальми водами была меньше продолжительности оттаивания торфяника. Остаточная мощность мерзлого слоя составляла 41-49 % первоначальной величины.

На рис.2 представлены ход изменения величины инфильтрации и

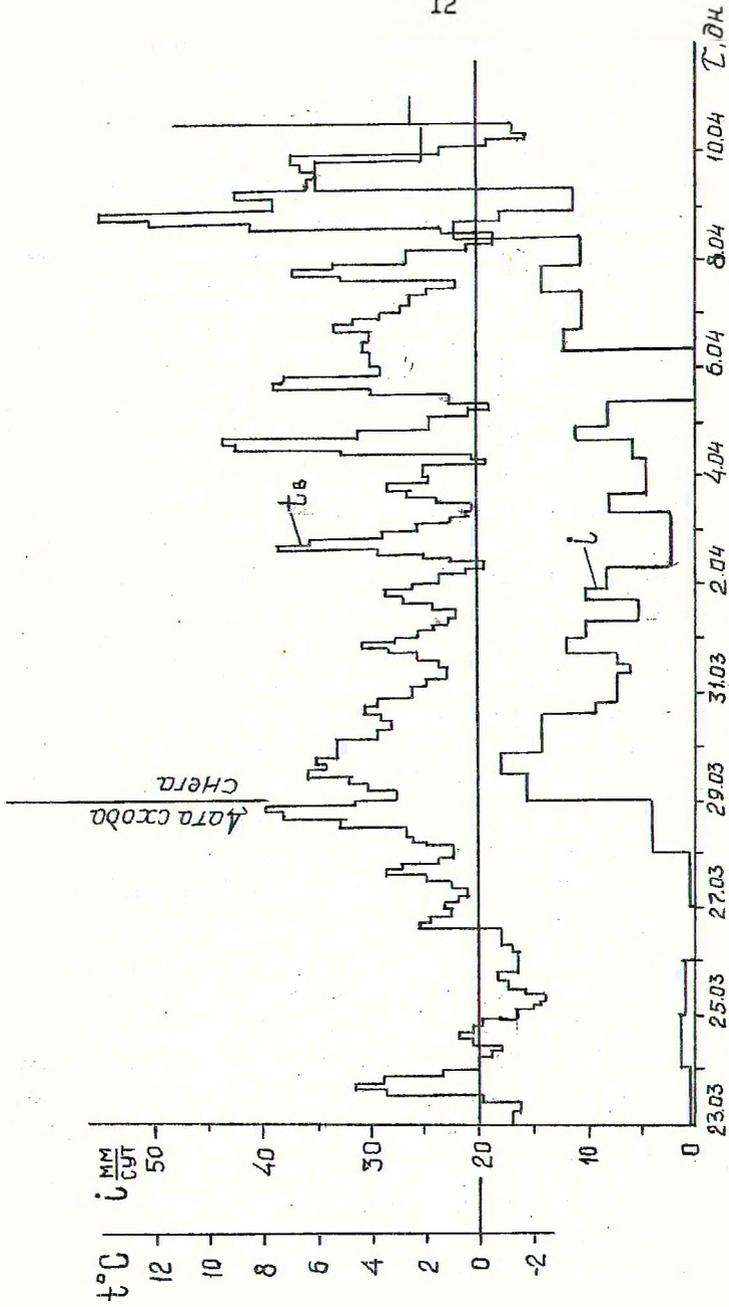


Рис. 2 Изменение температуры воздуха и величины инфильтрации талой воды во времени, г.г. весна 1987 г.

температуры воздуха во времени для одной из точек наблюдения на примере паводка весны 1987г.

Проведенные опыты методом заливных рам, также позволили подтвердить связь между величиной инфильтрации и температурой воздуха. Продолжительность каждого опыта была не менее 8 часов. Прослеживается явная зависимость между величиной инфильтрации в установившемся режиме, влажностью и плотностью почвы. Для двух крайних кривых  $W = 50,35\%$ ,  $\rho_n = 0,23 \text{ г/см}^3$  и  $W = 61,82\%$ ,  $\rho_n = 0,225 \text{ г/см}^3$  эти значения в установившемся режиме соответственно равны 41,6 и 4 мм/сут. Процесс стабилизации наступает быстрее в опытах с меньшей влажностью почвы. Для исследования инфильтрации талой воды при постоянном уровне грунтовых вод были построены пленочные лизиметры с поддержанием уровня грунтовых вод на глубине 50 и 75 см. Способ изготовления и конструкция защищены авторскими свидетельствами на изобретения и обеспечивали ненарушенность структуры монолита и предотвращали контактную фильтрацию талой воды. Как и в предыдущих опытах, величина инфильтрации в лизиметрах сильно разнится, особенно во времени. Высокая влажность в лизиметрах, обусловленная высоким уровнем грунтовых вод и миграцией, нивелируют их по точкам исследований. Наиболее низкие значения величины инфильтрации у лизиметров с поддержанием уровня грунтовых вод на глубине 50 см. В начальной стадии она составляла 0,5-1,0 мм/сут достигая при максимуме 2,4-2,5 мм/сут. Ближайшее значение величины инфильтрации и у лизиметров с уровнем грунтовых вод 75 см. - 0,7-1,2 мм/сут., при максимуме - 3,5-4 мм/сут. Во времени сохраняется зависимость величины инфильтрации от температуры. Однако амплитуда этих колебаний не столь высока и имеет тенденцию к снижению с повышением уровня грунтовых вод. При промерзании воды на поверхности лизиметров инфильтрация снижалась практически до нуля.

Для увеличения полноты эксперимента в феврале 1987 года был проведен лабораторно-полевой эксперимент. Исследовались образцы почвы с неосушенного болота, образцы с первой очереди осушения и второй очереди осушения при отсутствии подтока влаги снизу. Время эксплуатации торфяника соответственно 35 и 25 лет. Образцы почвы второй очереди осушения испытывались при широком диапазоне влажности. Эксперимент проводился в дневное время в течение трех суток. Результаты исследований приведены на рис. 3 и рис. 4.

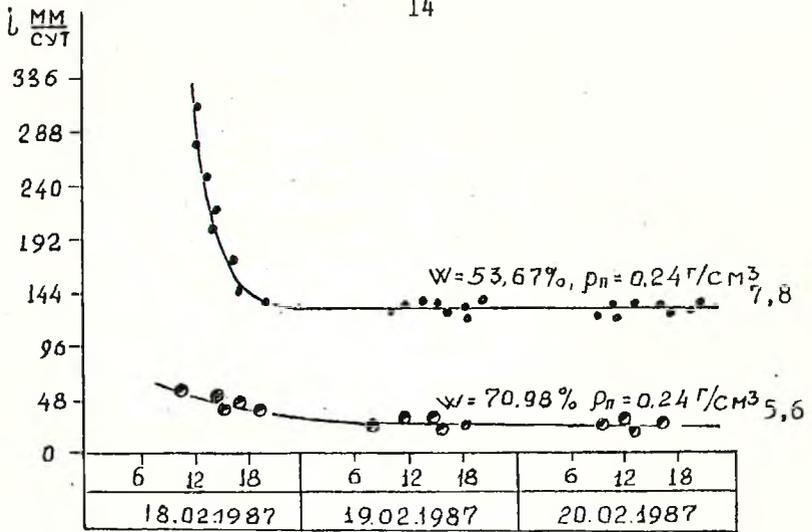


Рис.3 Осредненные значения величины впитывания и инфильтрации в монолитах 5,6; 7,8

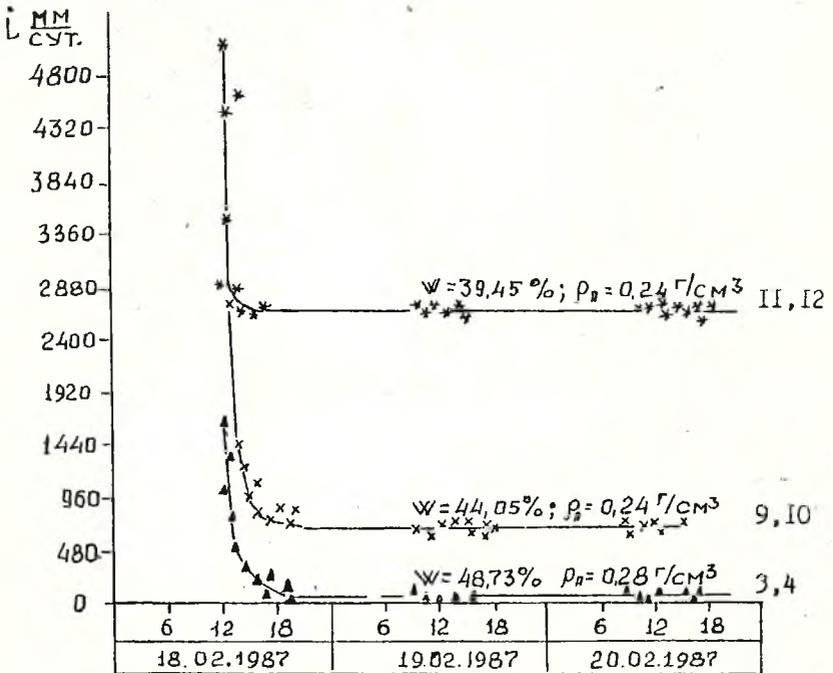


Рис.4 Осредненные значения величины впитывания и инфильтрации в монолитах 3,4, 9,10, 11,12

Исследование частных регрессионных связей позволило установить, что наблюдаются связи интенсивности инфильтрации и:

- осенней влажности почвы, коэффициент корреляции связи равен 0,64;
- температуры воздуха, коэффициент корреляции связи равен, 0,53
- уровня грунтовых вод, коэффициент корреляции связи равен 0,40;
- плотности почвы, коэффициент корреляции связи равен 0,33;
- глубины промерзания, коэффициент корреляции равен 0,26;

Совершенно отсутствует связь интенсивности инфильтрации и

- мощности снежного покрова.

Для вывода обобщающей эмпирической зависимости были обработаны данные полевых исследований за весь период наблюдения. Данная зависимость содержит в себе посредством коэффициентов дополнительное приращение инфильтрации, вызванное деятельностью землероев и сформировавшихся за зимний и весенний период талых воронок.

По материалам полевых исследований был сформирован ряд наблюдений, включающий пять основных вышеизложенных факторов каждый из которых включает 654 событий. Статистическая обработка этих материалов позволила установить эмпирическое уравнение, описывающее процесс инфильтрации и имеющее вид:

$$i = 0.000148 \left[ \frac{N_{угв}}{\rho_n} \right]^{1/W} + 1.056 \frac{(t+1)^{2.5}}{h_m^{0.5}} \quad (6)$$

где  $i$  - интенсивность инфильтрации мм/сут;

$N_{угв}$  - среднезимний уровень грунтовых вод, см;

$W$  - предзимняя объемная влажность почвы слоя 0-40 см в относительных единицах;

$t$  - температура воздуха, °С;

$h_m$  - глубина промерзания почвы, см;

$\rho_n$  - объемная плотность талой почвы, г/см<sup>3</sup>;

Коэффициент корреляции связи 0,88

Для отвода талых вод, скопившихся в микропонижениях, могут быть использованы:

- а) ложбины

- б) ложбины с подложбинным коллектором.
- в) сопрягающие воронки открытого типа.
- г) воронки закрытого типа.

Расчетный расход сопрягающих сооружений рекомендуется определять следующим образом: талые воды формируют поверхностный сток при насыщении снега талой водой до его поверхности. Слой снега к моменту поверхностного стекания определяется по формуле:

$$h_c'' = \frac{h_c \rho_c}{\rho_c + (\rho_l - \rho_c) / \rho_l} \quad (7)$$

где  $h_c$  - высота снежного покрова в предпаводковый период, мм.,  
 $\rho_l$  - плотность льда,  
 $\rho_c$  - объемная плотность снега.

Таяние слоя снега  $h_c''$  определяет время затопления поверхностным стоком микропонижений,  $\tau_n$ . Рассчитать это время можно по сумме среднесуточных температур, используя температурный коэффициент таяния  $h_t = 4-5$  мм/1<sup>0</sup>C и режим температур воздуха расчетной весны.

Учитывая, что потери воды на инфильтрацию пропорциональны длительности снеготаяния, получим объем поверхностного стока талых вод, который необходимо отвести через сопрягающее сооружение: быстроток открытой воронки или водовод закрытой воронки.

$$Q_p = \frac{Y_n}{\tau_n} = \frac{(h_c'' - i \tau_{сх}) F}{\tau_n 86400} \quad \text{л/с.}, \quad (8)$$

где  $\tau_{сх}$  - длительность снеготаяния, сут  
 $i$  - интенсивность инфильтрации по (6)  
 $\tau_n$  - длительность поверхностного стока, сут  
 $F$  - площадь водосбора микропонижения, м<sup>2</sup>.

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Торфяные осушенные почвы, находящиеся длительное время в сельскохозяйственном использовании, характеризуются сложностью водно-физических свойств по профилю. Существует устойчивая закономерность нарастания плотности с глубиной до подошвы пахотного горизонта с последующим ее снижением.

2. Гидрологический режим поля осушенного торфяника в весенний период определяется пространственной неравномерностью промерзания почвы и формирования водонепроницаемого слоя, обусловленные микро-рельефом и неравномерностью распределения снега по площади.

3. В годы, когда по теплофизическому расчету образуется водонепроницаемый слой, инфильтрация существенно зависит от глубины образования водонепроницаемого слоя в мерзлой почве. При образовании водонепроницаемого слоя с поверхности инфильтрация меньше, чем при образовании на некоторой глубине.

4. Величина инфильтрации талых вод зависит по степени тесноты связи от: влажности почвы, температуры воздуха, уровня грунтовых вод, плотности почвы, глубины промерзания за зиму и наличия таликов.

5. Ускоренному процессу оттаивания почвы в западинах, бороздах способствуют такая их ориентация, когда они образуют равновеликие углы с направлением восход-заход солнца на дату весеннего половодья. Минимальная ширина борозды, способствующая ускоренному оттаиванию почвы, на основе математического моделирования процесса, равна 1,0 м.

6. Образование луж в период снеготаяния происходит, в основном, за счет насыщения талой водой снега и ее слияния на смежных понижениях рельефа.

7. Продолжительность затопления тальми водами посевов озимых в микропонижениях и западинах на спланированных торфяных почвах составляет от 1 до 14 суток, что обуславливает снижение их урожайности.

8. Предложена расчетная зависимость, основанная на статистической обработке ряда наблюдений, по определению интенсивности инфильтрации талых вод на осушаемых торфяниках, находящихся длительно в сельскохозяйственном использовании и по определению расчетного расхода сопрягающих сооружений.

По теме диссертации опубликовано 12 работ из них 6 изобретений.

1. Глушко К. А. Об одном перспективном способе изготовления почвенного лизиметра. - Минск, - Деп. в ЦЕНТИ Минводхоза СССР, №529, 3.12.1987

2. Глушко К. А. Некоторые соображения о фильтрации талой воды в мер-

- злую почву //Юбилейная научно-техническая конференция, посвященная 25-летию БрПИ: Тез. докл. конф. - Брест, 1991. - ч. II - с. 135
3. Глушко К. А., Закржевский П. И. Полевые исследования миграции влаги в мелкозалежных торфяниках //Водное хозяйство и гидротехническое строительство. - Минск: Высш. школа, 1990. - с. 16-19
4. Глушко К. А. Влияние землеройных животных на водопроницаемость мерзлых почв //Вклад молодых ученых и специалистов в решение комплексных проблем Дона: Тез. докл. конф. . - Новочеркасск, 1990 г. - с. 65
5. Глушко К. А. Влияние водно-физических свойств почвы и ее температурного режима на величину инфильтрации талой воды. //Наука и мир: Тез. докл. конф. - Брест, 1994 г. - с. 145
6. Глушко К. А., Чопчиц Н. И. Результаты математического моделирования распределения солнечной энергии по поверхности микропонижения, затопленного тальми водами. //Наука и мир: Тез. докл. конф. - Брест, 1994 г. - с. 145
7. А. с. 1390521 СССР, МКИ 4 G 01 N 1/04 Грунтозаборное устройство /Соавтор В. Л. Глушко (СССР) - N 4147918/30; Заявл. 17.11.1986; Оpubл. 23.04.1988, Бюл. N15. - 4с.
8. А. с. 1518700 СССР, МКИ 4 G 01 N 1/04 Протоборник грунта со стенок скважины /Соавтор В. Г. Федоров (СССР). - N4320010/30; Заявл. 26.10.1987; Оpubл. 30.10.1989, Бюл. N. 40. - 4с.
9. А. с. 1555734 СССР, МКИ 4 E 02 D 1/04 Грунтозаборное устройство /Соавторы И. Л. Каложный, М. Ф. Мороз, А. А. Волчек (СССР) - N4374111/31; Заявл. 01.02.1988; Оpubл. 07.04.1988, Бюл. N4-3с.
10. А. с. 1590951 СССР, МКИ 4 Способ изготовления почвенного лизиметра /Соавтор П. И. Закржевский (СССР). - N4048597/23; Заявл. 3.04.1986; Оpubл. 3.05.1990, Бюл. N33-4с.
11. А. с. 1572462 СССР, МКИ 4 A 01 C 25/02 Лизиметр . - N4463584/31; Заявл. 01.08.1988; Оpubл. 23.06.1990, Бюл. N23. - 3с.
12. Мерзалотомер - N378A; Заявл. 23.06.1933; Оpubл. Афицыны бюл. N1(4), 1995



## РЕЗЮМЕ

ГЛУШКО КАНСТАНЦІН АЛЯКСАНДРАВІЧ

## "Інфільтрацыя талых вод на асушаемых тарфяніках"

**Ключавыя словы:** інфільтрацыя, мерзлая глеба, шчыльнасць, вільготнасць, воданепраніцаемы слой, паверхневы сцеку, снег, талаа вада, тарфянік.

**Аб'ект даследавання** - інфільтрацыя талай вады на асушаемых тарфяніках

**Мета працы** - высвятленне асноўных заканамернасцяў інфільтрацыі талай вады на плытказалагаючых тарфяніках Палесся.

**Метад даследавання і абсталяванне.** Палявыя даследаванні воднага і цеплавога ражымаў глебы вяліся па агульнапрынятай метадыцы з прымяненнем сучаснага стандартнага абсталявання. Распрацаваная метадыка вымярэння інфільтрацыі талай вады і, удасканаленыя канструкцыі мерзатамера і лізіметра, дазволілі значна пашырыць аб'ём атрымоўваемай інфармацыі з павышэннем яе дакладнасці. Тэарэтычныя даследаванні заснаваны на прымяненні законаў оптыкі, правілаў інтэгральнага і дыферэнцыяльнага вылічэння.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна.** Упершыню сфармуляваны асноўныя залежнасці, вызначаючы велічыню інфільтрацыі талых вод на тарфяных глебах рознай працягласці выкарыстання пры розным каляндарным ходзе метэаралагічных фактараў і водна-фізічных уласцівасцях глебы. Упершыню вызначаны разліковыя велічыні і аб'ём інфільтрацыі. Упершыню устаноўлена заканамернасць размеркавання радыяцыйнага выпраменьвання сонца любой кропкай падводнай паверхні мікраланджэння. Навізна распрацаваных тэхналогій і канструкцый пацверджана 6 аўтарскімі пасведчаннямі на вынаходствы.

**Вобласць выкарыстання.** Выкананыя распрацоўкі можна выкарыстоўваць пры праектаванні, будаўніцтве і эксплуатацыі сістэм адводу паверхневага сцеку з асушаемых тарфянікаў і рэгулявання іх воднага ражыму ў веснавы перыяд.

## РЕЗЮМЕ

ГЛУШКО КОНСТАНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ

"Инфильтрация талых вод на осушаемых торфяниках."

**Ключевые слова:** инфильтрация, мерзлая почва, плотность, влажность, водонепроницаемый слой, поверхностный сток, снег, талая вода, торфяник.

**Объект исследования** - инфильтрация талых вод на осушаемых торфяниках.

**Цель работы** - выяснение основных закономерностей инфильтрации талых вод на мелкозалежных торфяниках Полесья.

**Метод исследований и аппаратура.** Полевые исследования водного и теплового режимов почв велись по общепринятой методике с применением современного стандартного оборудования. Разработанная методика измерения инфильтрации талых вод и усовершенствованные конструкции мералотомера и лизиметра, позволили существенно расширить объем получаемой информации с повышением ее точности. Теоретические исследования основаны на применении законов оптики, правил интегрального и дифференциального исчисления.

**Полученные результаты и их новизна.** Впервые сформулированы основные закономерности, определяющие величину инфильтрации талых вод на торфяных почвах различной длительности использования при различном календарном ходе метеорологических факторов и водно-физических свойствах почвы. Впервые определены расчетные величины и объем инфильтрации. Впервые установлена закономерность распределения поглощаемого радиационного излучения солнца любой точкой подводной поверхности микропонижения. Новизна разработанных технологий и устройств подтверждена 6 авторскими свидетельствами на изобретения.

**Область применения.** Выполненные разработки рекомендуется использовать при проектировании, строительстве и эксплуатации систем отвода поверхностного стока с осушенных торфяников и регулированию на них водного режима в весенний период.

## SUMMARY

KONSTANTIN A. GLUSHKO

"Thaw Water infiltration in Drained Turf Moors".

**Key words:** infiltration, frozen soil, density, humidity, water proof layer, surface water, snow, thaw water, turf moors.

**The subject of research** - thaw water infiltration in turf moors.

**The objective of research** - the study of the basic relationships determining thaw water infiltration in the surface turfaries of the Polesye region.

**Research Procedures & Equipment.** The field study of the water content and heat characteristics of the soil were carried out by applying the commonly accepted techniques and modern standard equipment. The worked-out procedure of measuring thaw water infiltration levels and the up-dated design of the freezometer and the infiltrometer made it possible to considerably increase the volume and quality of the information obtained. The theoretical analysis is based on the laws of optics and on the differential and integral methods of calculation.

**The results obtained and Their novelty.** It is for the first time that the principal relationships for calculating the amount of infiltrating thaw water have been established for turf soils of various physical properties and water content characteristics which have been in use for various periods of time and under meteorological conditions varying all through the calendar year. The design values and the amount of infiltrating thaw water have also been determined for the first time, as well as the relationships pertaining to the distribution of solar radiation absorbed by any point of the underwater surface in any micro depression. The novelty of the worked out techniques and devices is proved by 6 invention certificates.

**Field of Application:** The results of the research work are recommended to be used in designing, constructing, and maintaining, surface water drainage systems intended for draining turfaries and controlling their water content during spring seasons.

ГЛУШКО КОНСТАНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ

ИНФИЛЬТРАЦИЯ ТАЛЫХ ВОД НА  
ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНИКАХ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

06.01.02 – мелиорация и орошаемое  
земледелие

---

Подписано к печати 29.01.96 г. формат 60x90 1/16  
Усл. п.л.0.92. уч.изд.л. 1.0. Тираж 100 экз. Заказ 1154.  
Бесплатно.

---

Брестский политехнический институт. —  
224017, г.Брест, ул.Московская 267.  
Отпечатано на ризографе Бр.ПИ.