

На правах рукописи

Пономарев Андрей Борисович

**Защита дренажно-коллекторной сети от заиления с
помощью современных материалов и оборудования**

Специальность – 06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана
земель

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург

2005

Работа выполнена на кафедре «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения»

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор, чл.-кор. РАСХН Штыков Валерий Иванович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Арефьев Николай Викторович
кандидат технических наук, старший научный сотрудник Климко Алексей Иванович

Ведущая организация: Федеральное государственное учреждение «Управление «Ленмелиоводхоз»

Защита состоится «___» декабря 2005 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д212.229.17 при ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по адресу: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д.29, гидрокорпус-II (ПГК), ауд.411

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

Автореферат разослан «___» ноября 2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Орлов В.Т.

Актуальность работы

На сегодняшний день по разным причинам в реконструкции нуждается до 40...50% построенных осушительных систем. Только в Ленинградской области из 329762 га земель, осушенных закрытым дренажем, в реконструкции нуждается 102727 га, то есть 31%, а еще 82382 га нуждается в капитальном ремонте. Обследование дренажных линий показывает, что многие дренажные трубы в той или иной степени заилены.

При реконструкции в случаях заиления дренажа часто проводится укладка новых дрен параллельно существующим. При этом необходимо защитить новые дрены от заиления, а также обеспечить регулярную промывку коллектора, поскольку из старых дрен продолжает выноситься ил. Поэтому вопросы промывки и особенно самопромывки дренажа, а также разработка требований к современным геотекстильным материалам, которые могут быть применены в качестве защитно-фильтрующих (ЗФМ), является актуальной задачей.

Цель работы состоит в совершенствовании методов защиты закрытых мелиоративных дренажей от заиления.

Задачи исследования:

- анализ вопросов заиления дренажных трубопроводов и средств его предупреждения;
- лабораторное исследование ряда современных геотекстильных материалов, которые используются или могут быть использованы в качестве ЗФМ для дренажных систем;
- разработка расчетной схемы геотекстиля и вывод формулы для определения его коэффициента фильтрации;
- изучение различных устройств самопромывки дренажных систем и разработка нового устройства для обеспечения самопромывки при минимальных дренажных расходах;
- проведение лабораторных и полевых испытаний самозарядного

сифонного устройства для самопромывки дренажных систем – гидроимпульсного устья (ГИУ).

Методика исследований

В работе применен комплекс теоретических, лабораторных и полевых исследований. Фильтрационные исследования геотекстиля выполнялись на приборе Дарси. Лабораторные и полевые эксперименты с ГИУ выполнялись по известным методикам. Для теоретического анализа введены расчетные схемы геотекстиля и ГИУ.

Научная новизна

Получена формула для определения коэффициента фильтрации геотекстиля.

Разработана и запатентована усовершенствованная конструкция гидроимпульсного устья для самопромывки осушительных систем.

Получены расчетные зависимости для определения максимальных расходов гидроимпульсных устьев и продолжительности цикла их работы в зависимости от приточности к коллектору.

Личный вклад автора

- выполнено лабораторное исследование ряда современных геотекстильных материалов, которые используются или могут быть использованы в качестве защитных фильтров для дренажных систем;

- разработана расчетная схема нетканого полотна и получена формула для определения коэффициента фильтрации геотекстиля;

- разработано (в соавторстве) новое устройство для обеспечения самопромывки дренажно-коллекторной сети (гидроимпульсное устье - ГИУ) при минимальных притоках к ней;

- получены расчетные зависимости для определения максимального расхода в коллекторе, оборудованном ГИУ и продолжительности цикла;

- проведены испытания ГИУ.

На защиту выносятся

расчетная фильтрационная схема геотекстильных материалов;
зависимости для определения расчетных диаметров фильтрационных ходов в геотекстилях и коэффициента фильтрации геотекстилей;
технические решения по самопромывке дренажа;
расчетные зависимости для определения параметров гидроимпульсных устьев (максимального расхода, времени зарядки системы и сработки накопленного объема воды).

Апробация работы и реализация результатов исследований

Результаты исследований по теме докладывались и обсуждались на Международных конференциях «Акватерра» (СПб, 2003) и «Чистая вода» (г.Екатеринбург, 2003). В 2004 году по теме диссертации был сделан доклад на межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в ПГУПС.

Разработана и запатентована новая конструкция гидроимпульсного устья для самопромывки осушительных систем (патент РФ №2233941).

Достоверность и обоснованность результатов исследований определяется:

использованием в лабораторных исследованиях проверенных методик;

экспериментальной проверкой полученных расчетных зависимостей.

Публикации Основные результаты исследований и положений диссертации отражены в 6 опубликованных научных работах.

Практическая ценность Разработанный метод оценки геотекстиля может быть применен для проверки пригодности новых геоматериалов для мелиорации. Разработанная конструкция ГИУ заряжается при меньших расходах, по сравнению с существующими, что дает большую надежность самопромывки. Предложенная схема установки

ГИУ на осушительных системах может быть применена как для реконструкции существующих систем, так и при новом их строительстве.

Материалы работы вошли в опубликованный ГУ ГНПЦ «Ленводпроект» Рабочий Проект «Сооружения на осушительной сети» (шифр №020/3, 2003 г.), где содержится предложенная нами схема установки гидроимпульсного устья на осушительной системе.

Структура и объем работы Диссертация состоит из введения, шести глав основного текста, заключения, списка литературы из 82 наименований и 3 приложений (7 страниц). В диссертации 81 страница машинописного текста, 8 таблиц, 19 рисунков. Общий объем работы 102 страницы.

Содержание работы Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы основные цели исследований.

В первой главе диссертации дается анализ исследований различных способов защиты дренажа от заиления.

Исследованиями этого вопроса занимались многие ученые: Н.Н.Бредихин, Л.В.Кирейчева, Н.Н.Ковальчук, Ю.М.Косиченко, А.В.Колганов, А.И.Мурашко, Н.Г.Пивовар, Е.С.Семеринов, В.В.Хегай, Н.И.Хрисанов и другие.

Рассмотрена защита дренажа с помощью волокнистых защитно-фильтрующих материалов (ЗФМ), а также промывка (самопромывка) заиленных дренажных систем.

Обзор литературы показывает, что разнообразие существующих сегодня геоматериалов требует составления новых рекомендаций по их применению в мелиорации, в том числе в качестве ЗФМ (существующие перечни которых нуждаются в пересмотре, поскольку часть материалов не соответствует сегодняшним требованиям, а часть уже не производится).

Применение ЗФМ всё же допускает попадание в дренаж частиц грунта. Поэтому необходимо обеспечивать своевременную промывку

дренажных систем. Для ее обеспечения можно использовать различные устройства промывки или самопромывки дренажа. Промывка дренажа с помощью передвижной техники в настоящее время почти не проводится из-за дороговизны (стоимость промывки системы площадью 1га составляет 1000-1500 руб.). Поэтому актуальной задачей становится разработка и применение устройств самопромывки, которые при небольших расходах на изготовление и установку обеспечивают регулярную промывку дрен и коллектора.

Во второй главе проанализирован состав и структура геотекстильных материалов, которые могут быть применены в мелиорации. Также в этой главе приведены требования, которым должны удовлетворять такие материалы по данным различных авторов.

Применяемый в России до настоящего времени стеклохолст соответствует действующим требованиям, но его использование должно быть прекращено по гигиеническим соображениям, поскольку требует применения специальных средств защиты рабочих.

Современные исследования показывают, что решение о применении определенного материала должно приниматься с учетом местных грунтовых условий.

Риск кольматирования ЗФМ особенно велик для грунтов с коэффициентами неоднородности $\eta < 5$ ($\eta = d_{60}/d_{10}$). Обычно это супесь, лессовидные грунты, однородные пески и пески, в которых отсутствуют отдельные фракции.

В главе дается анализ требований к ЗФМ.

Поскольку сейчас выпускается большое количество новых геотекстильных материалов (Фирмами Polifelt, Кемопласт, Пинема, Комитекс и другими), возникает проблема выбора материала, использование которого в мелиорации наиболее рационально.

В третьей главе выведена расчетная зависимость для определения

коэффициента фильтрации геотекстиля, учитывающая его пористость и толщину волокна.

На основании приведенной на рис.1 и рис.2 расчетной схемы, которая учитывает кривизну фильтрационных ходов, получены формулы для определения диаметра фильтрационного хода и коэффициента фильтрации геотекстиля.

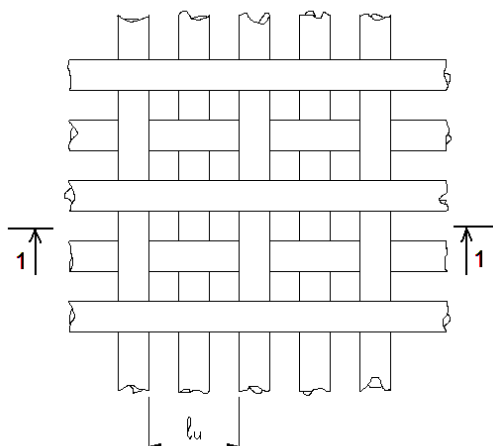


Рис.1. Расчетная схема геотекстиля. Вид сверху.

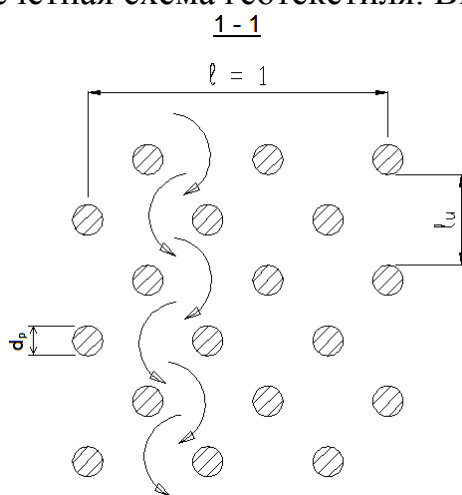


Рис.2. Расчетная схема геотекстиля. Вертикальный разрез 1-1 перпендикулярно волокнам.

Через пористость определяется объем волокон в единичном объеме геотекстиля:

$$v_v = 1 - n, \tag{1}$$

где v_v – объем волокон в единице объема материала;

n – пористость.

Общая длина волокон в единичном объеме геотекстиля:

$$L = \frac{V_B}{s_0} = \frac{4 \cdot (1 - n)}{\pi \cdot d_p^2}, \quad (2)$$

где s_0 – площадь сечения элементарного волокна;

d_p – диаметр элементарного волокна.

Анализ предложенной расчетной схемы позволяет выявить среднее живое сечение. В рассматриваемом случае это квадрат со стороной l_u (см. рис.1).

$$l_u = d_p \cdot \left(\sqrt{\frac{\pi}{1 - n}} - 1 \right) \quad (3)$$

Существует широко опробованная формула В.И.Штыкова для определения коэффициента фильтрации грунтов:

$$K = \frac{n \cdot g \cdot d_u^2}{8 \cdot \pi \cdot \nu}, \quad (4)$$

где ν – вязкость воды;

d_u – расчетный диаметр криволинейного фильтрационного хода.

Диаметр фильтрационного хода геотекстиля принимается равным диаметру круга той же площади, что и квадрат со стороной l_u :

$$d_u = 2 \cdot d_p \left(\frac{1}{\sqrt{1 - n}} - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \right), \quad (5)$$

Подставляя в (4) вместо d_u его выражение по (5), получаем формулу для определения коэффициента фильтрации геотекстиля:

$$K = \frac{n \cdot g \cdot d_p^2}{2 \cdot \pi^2 \cdot \nu} \left(\frac{1}{\sqrt{1 - n}} - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \right)^2, \quad (6)$$

Полученные формулы отличаются от полученных ранее для волокнистых ЗФМ формул других авторов (Е.С.Семеринов, Н.Г.Пивовар) отсутствием эмпирических коэффициентов, которые для новых материалов должны были бы определяться опытным путем.

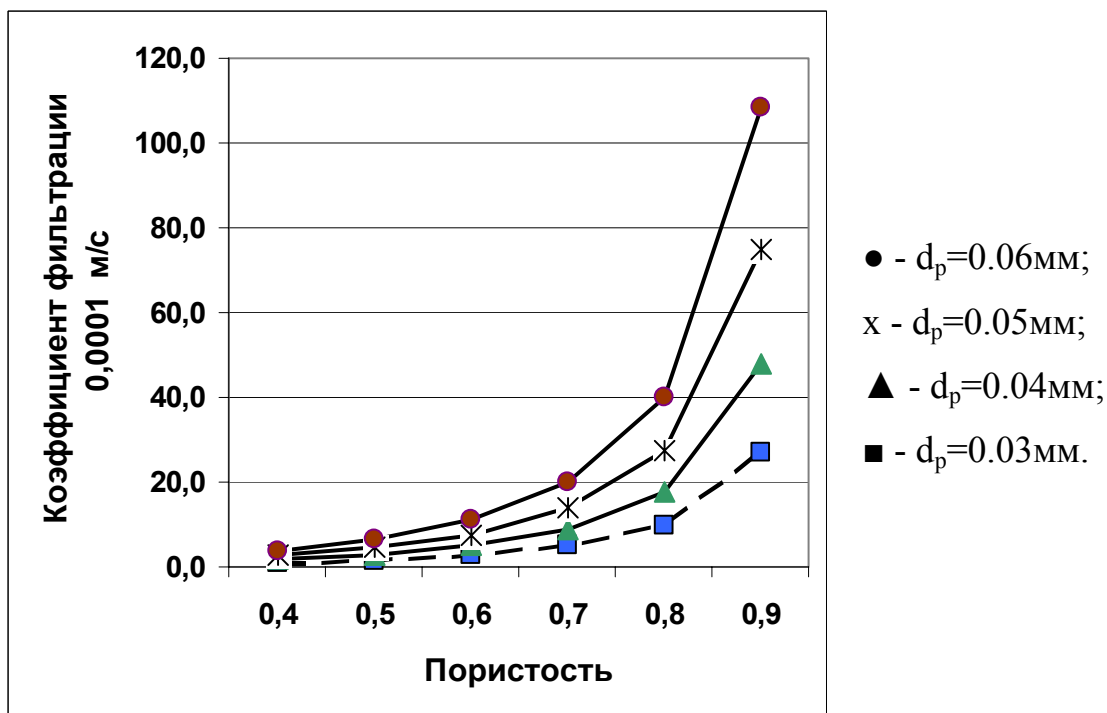


Рис.3. Изменение коэффициента фильтрации геотекстиля в зависимости от пористости и диаметра волокна.

Формула (6) для определения коэффициента фильтрации геотекстильного материала действительна только для ламинарного режима фильтрации.

Режим движения воды в порах материала устанавливается в результате сопоставления числа Re_0 фильтрационного потока и критического числа Рейнольдса $Re_{л}$. Число Re_0 определяется по зависимости:

$$Re_0 = \frac{Qd_u}{\omega n \nu}, \quad (7)$$

где Q – расход воды через площадь материала;

ω – площадь геотекстиля, через которую происходит фильтрация;

ν – вязкость воды.

Выражение для критического числа Рейнольдса имеет вид:

$$Re_{л} = 6.1 \sqrt{\frac{\sqrt{\pi(1-n)}}{\sqrt{\pi} - \sqrt{1-n}}}. \quad (8)$$

Результаты проверки показали, что число Рейнольдса для фильтрационного потока в 50 раз меньше критического.

В четвертой главе приводятся результаты лабораторных исследований фильтрационных свойств геотекстильных материалов на установке типа прибора Дарси, позволяющей определять коэффициент фильтрации при разных градиентах напора и нагрузке на геотекстильные образцы.

Исследованы следующие марки геотекстиля: Tyrag SF27, Tyrag SF40, Polyfelt TS10, Polyfelt TS20, Polyfelt TS30, Polyfelt F60. Материалы Tyrag – термоскрепленные, Polyfelt – иглопробивные. Все отобранные материалы под нагрузкой 20 кПа имеют небольшую толщину: от 0,25 мм (Tyrag SF27) до 2,8 мм (Polyfelt F60). Стоимость их колеблется в пределах от 0,5 до 0,9 евро за 1 м².

Результаты определения коэффициентов фильтрации в сравнении с расчетными значениями, полученными по формуле (6), приведены в табл.1.

Табл.1

Материал	d _p	Пористость	К по формуле (6)	К из эксперимента
	мм	-	м/с	
Polyfelt TS10	0,036	0,86	24,5*10 ⁻⁴	26,3*10 ⁻⁴
Polyfelt TS20	0,036	0,86	24,5*10 ⁻⁴	29,3*10 ⁻⁴
Polyfelt TS30	0,04	0,86	30*10 ⁻⁴	32,8*10 ⁻⁴
Polyfelt F60	0,036	0,83	18,4*10 ⁻⁴	22,3*10 ⁻⁴
Tyrag SF27	0,055	0,62	10,4*10 ⁻⁴	14,2*10 ⁻⁴
Tyrag SF40	0,055	0,55	6,8*10 ⁻⁴	5,13*10 ⁻⁴

Диаметры элементарных волокон определялись по фотографиям поверхности геотекстилей (при 50х увеличении).

По результатам сравнения можно сделать вывод, что формула (6) позволяет достаточно точно для практических целей оценить значение

коэффициента фильтрации геотекстиля при наличии минимальных сведений о нем (отклонение от экспериментальных данных составляет в среднем 18%).

Подтверждение результата, полученного по формуле (6), позволяет спроектировать геотекстильный материал с заданными фильтрационными свойствами под требования потребителя исключительно по его технологическим параметрам, а также использовать формулу (5) для вычисления диаметра расчетного фильтрационного хода. Определение этого диаметра необходимо, чтобы судить о размерах частиц, проходящих через геотекстиль.

Чтобы фильтр не кольматировался, должно выполняться следующее условие (по данным СевНИИГиМ):

$$\frac{d_u}{d_c^{\max}} \geq 2.5, \quad (9)$$

Где d_u - расчетный диаметр фильтрационного хода ЗФМ, мм;

d_c^{\max} - максимальная крупность суффозионных частиц грунта (принимается исходя из требований к ЗФМ равной 0,05 мм).

Табл.2

Расчетные диаметры фильтрационных ходов в геотекстиле.

Наименование материала	Расчетный диаметр фильтрационного хода, мм	Наименование материала	Расчетный диаметр фильтрационного хода, мм
Polifelt TS10	0,15	Polifelt F60	0,13
Polifelt TS20	0,15	Турар SF27	0,12
Polifelt TS30	0,17	Турар SF40	0,10

Полученные на этом этапе результаты говорят о том, что ЗФМ типа Турар более подвержены кольматажу.

Однако необходимо принять в расчет еще одно качество геотекстильного материала: его однородность.

Характеризуется она так называемым количеством «ворот». Для определения количества «ворот» необходимо знать пористость материала, его толщину и диаметр волокна (который в работе определялся по фотографиям).

Оптимальным диапазоном значений для этой величины считается промежуток от 25 до 40. При этом геотекстиль достаточно однороден, что позволяет ему удерживать крупные частицы по всей площади полотна, а с другой стороны он ещё не слишком плотен и пропускает суффозионные частицы.

По результатам исследования (табл.3) можно сделать вывод, что тонкие геотекстили (кроме F60) недостаточно однородны и, вероятно, будут пропускать частицы крупнее 0,05 мм. Анализ геотекстилей по параметру O_{90} (определяется фирмой-изготовителем), подтверждает этот вывод.

В результате исследования можно заключить, что наилучшим материалом для защиты дренажа от заиления является Polyfelt F60.

Табл. 3

Марка геотекстиля	Пористость n	Толщина полотна, t_{gtx} , мм	Диаметр волокна, d_p , мм	Количество "ворот", m
Polyfelt TS10	0,86	1	0,036	10
Polyfelt TS20	0,86	1	0,036	10
Polyfelt TS30	0,86	1,3	0,04	12
Polyfelt F60	0,83	2,8	0,036	32
Typar SF27	0,62	0,25	0,06	3
Typar SF40	0,55	0,33	0,054	4

Использованный метод анализа характеристик и структуры геотекстиля может быть применен к любому новому материалу, который предполагается использовать в качестве ЗФМ для закрытого дренажа.

В пятой главе описана запатентованная усовершенствованная конструкция гидроимпульсного устья (ГИУ) для самопромывки дренажа (Э.А.Бишоф, В.И.Штыков, А.Б.Пономарев, патент РФ №2233941), а также получены основные зависимости для расчета его параметров.

Известная конструкция ГИУ имеет один недостаток. Если расход в системе очень мал, то оно не срабатывает, поскольку вода стекает по стенкам внутренней трубки, не вынося воздуха.

Поэтому в нее были внесены дополнения, позволяющие зарядить ГИУ даже при очень маленьком дренажном стоке.

Конструкция отличается тем, что в нее добавлена капиллярная трубка. Эта трубка захватывает пузырьки воздуха даже при очень малых расходах притекающей воды, создавая в верхней камере ГИУ вакуум. А если в верхней камере растет разрежение, то уровень воды в ней должен повыситься, отчего расход через основную трубку растет. Такое увеличение расхода позволяет потоку выносить воздух уже не только через капиллярную, но и через основную трубку. Далее зарядка происходит также как и в обычной конструкции ГИУ.

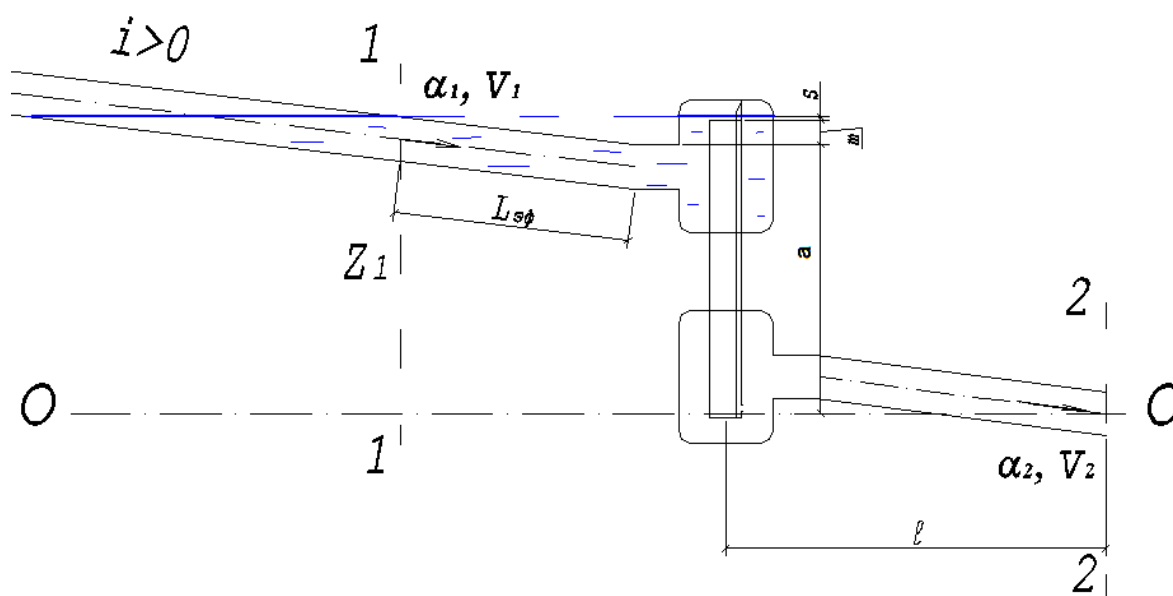


Рис.4. Расчетная схема гидроимпульсного устья.

Для вывода расчетных зависимостей использовалось уравнение Бернулли для неустановившегося движения в цилиндрической трубе.

После преобразований это уравнение для приведенной расчетной схемы принимает вид:

$$a + i \cdot L_{\text{эф}} = (\zeta_{\ell} + \zeta_{\text{м}}) \frac{Q^2}{2g \cdot \omega_{\kappa}^2} + \frac{(\ell + L_{\text{эф}})}{g \cdot \omega_{\kappa}} \cdot \frac{dQ}{dt}, \quad (10)$$

где a – расстояние по вертикали от шельги входного патрубка ГИУ до центра сечения 2-2;

i – уклон коллектора;

$L_{\text{эф}}$ – участок подводящей части коллектора, заполняемый водой перед запуском ГИУ;

$\zeta_{\ell}, \zeta_{\text{м}}$ – соответственно коэффициенты сопротивления по длине и местного сопротивления (ГИУ рассматривается как местное сопротивление);

Q – расход;

ω_{κ} – площадь сечения коллектора;

ℓ – длина отводящего участка коллектора;

t – время от начала зарядки.

Дальнейшие преобразования и интегрирование выражения (10) позволяют получить формулу для определения максимального расхода ГИУ в цикле.

$$Q = \frac{\sqrt{\frac{A}{B}}(e^{Bt} - 1)}{1 + e^{Bt}}, \quad (11)$$

где $A = \frac{(a + i \cdot L_{\text{эф}})g \cdot \omega_{\kappa}}{\ell + L_{\text{эф}}}$; $B = \frac{(\zeta_{\ell} + \zeta_{\text{м}})}{2 \cdot \omega_{\kappa}(\ell + L_{\text{эф}})}$

Расчет по формуле (11) с подстановкой реальных размеров опытной системы, на которой проведены натурные испытания ГИУ, дал значение максимального расхода 3,2 л/с.

Также был проведен расчет продолжительности цикла работы ГИУ (зарядка+разрядка).

Продолжительность цикла определяется по формуле:

$$T = \frac{(1 + \beta + \beta^2)}{4} \cdot \frac{\pi D_k^2 L_{\text{эф}}}{Q_k}, \quad (12)$$

где $\beta = Q_k / Q_c$,

Q_k – расход воды в устьевом сечении дренажного коллектора, зависящий от приточности к нему;

D_k – диаметр коллектора;

Q_c – максимальный расход в цикле работы ГИУ.

При модуле дренажного стока 0,6 л/(с*га) время между двумя последовательными срабатываниями гидроимпульсного устья по расчету составляет 6,5 мин.

В шестой главе описываются лабораторные и полевые испытания усовершенствованного ГИУ.

Ранее лабораторные исследования с прототипом ГИУ проводились Э.А.Бишофом и А.В.Гинцем в СевНИИГиМе и в ЛПИ им.М.И.Калинина под руководством профессора М.А.Михалева.

Табл.4

Результаты опытов по определению минимальных расходов зарядки и коэффициентов расхода ГИУ.

Перепад между осями патрубков ГИУ, см	Зазор между верхом внутренней трубки и стенкой ГИУ, см	Расход зарядки сифона, Q_3 , л/с	Расход ГИУ, Q , л/с	Напор во входном патрубке, H_1 , см	Коэффициент расхода ГИУ μ	Примечание
33	2	0,04				$\omega_{\text{ВЫХ}} = 78,5 \text{ см}^2$
33	2		3,70	55,1	0,143	

На первом этапе исследования в лаборатории были определены коэффициент расхода ГИУ и минимальный приток, необходимый для его зарядки. Результаты этих экспериментов представлены в табл.4.

Вторая часть исследования проводилась на участке «Дальние поля», где располагаются опытные системы СевНИИГиМа.

В качестве опытных выбраны системы закрытого дренажа, 1-2-6 Др, 1-2-7 Др, впадающие в открытый собиратель 1-2Д. Системы построены в августе 1980 г.

Таблица 5.

Характеристика опытных систем

№№ систем	Протяженность колл/дрен м	Уклон	Диаметр кол/дрен мм	Материал труб	ЗФМ	Междренное расст.	Примечание
1-2-6Др	164 / 875	0,003	75 / 50	Гонч.	С/х	12-19	Присыпка ПГС
1-2-7Др	155 / 510	0,003	75 / 50	Гонч.	С/х	11-19	

Площадь водосбора опытных систем составляет:

1-2-6 Др – 1,1 га; 1-2-7 Др – 0,64 га.

Средняя глубина заложения дрен – 1,0 м.

Перед установкой устьевые участки коллекторов были перезаложены из-за несоответствия перепада между осями входящих и выходящих коллекторов конструкции ГИУ, а сами коллектора предварительно промыты. Образцы вынесенного в процессе промывки наилка были взяты на исследование. В Институте геологии и геохронологии докембрия Академии Наук Российской Федерации (ИГГД РАН) было выполнено фотографирование частиц наилка на электронном микроскопе.

По рис.6 видно, что заилиение систем происходило в основном частицами крупностью от 3 до 12 мкм.

Наблюдение за работой ГИУ велось в мае-октябре 2005 года.

В июне-октябре 2005 года выпадало исключительно мало дождей, поэтому уже в июне сток с дренажных систем прекратился.

Самостоятельная зарядка ГИУ наблюдалась только при его установке в момент таяния весенних снегов.

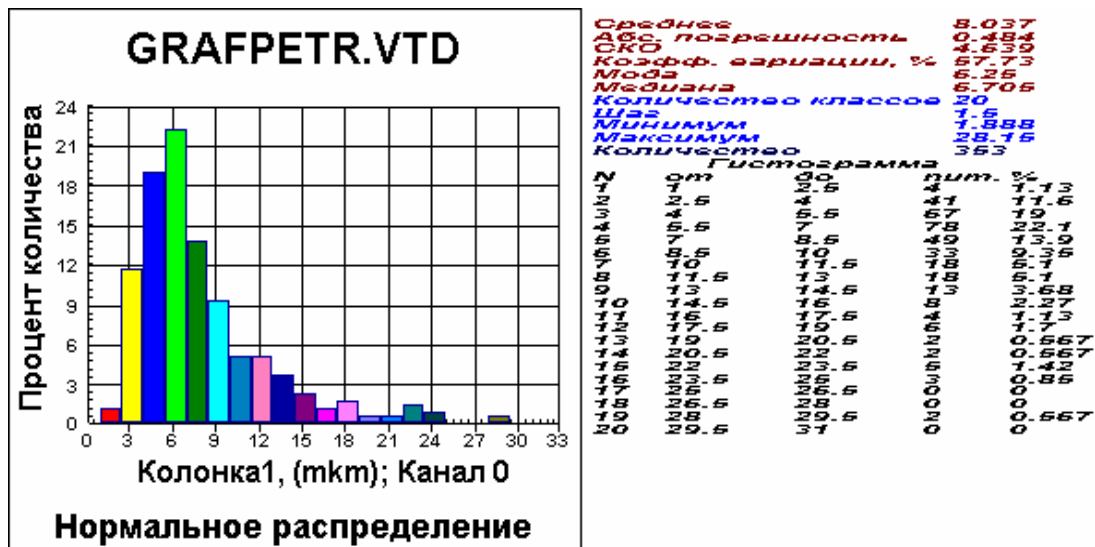


Рис.6 Гранулометрический состав наилка.

Для проведения дополнительных измерений в октябре на системе 1-2-6Др для измерения расхода ГИУ пришлось проводить его принудительную зарядку.

В эксперименте расход достигал величины 3 л/с, и поддерживался на этом уровне в течение 57 сек. Следовательно, скорость в коллекторе при работе его полным сечением составляла 0,38 м/с, то есть превышала незаилающую (которая для частиц крупностью 0,05 мм равна 0,14 м/с) и даже размывающую для частиц размером 0,1 мм.

Следовательно ГИУ обеспечивает самопромывку коллектора и может быть рекомендовано к внедрению для установки при реконструкции дренажных систем, а также при новом их строительстве.

Заключение:

1. Проанализированы важнейшие требования, предъявляемые к мелиоративным ЗФМ. На основании этих требований проведен отбор геотекстилей, котоые могут быть применены для защиты от заиления как при реконструкции дренажных систем на базе закрытого дренажа, так и при строительстве новых систем.

2. Получена расчетная зависимость для определения коэффициента фильтрации геотекстиля, учитывающая его пористость и диаметр элементарного волокна.

3. На основании проведенных лабораторных исследований по определению коэффициентов фильтрации геотекстильных материалов выполнено сравнение результатов расчета по формуле (6) и результатов, полученных опытным путем, которое показало хорошее совпадение. Среднее отклонение опытных данных от результатов расчета составляет 18%.

4. Разработана новая конструкция гидроимпульсного устья (патент РФ №2233941), зарядка которого обеспечивается при расходах в дренажной системе 0,04 – 0,05 л/с. Проведенная проверка эффективности действия ГИУ подтвердила его эффективность. Скорость в коллекторе существенно превышает незаиляющую для частиц диаметром $\leq 0,05$ мм, которые должен пропускать геотекстильный материал.

5. Разработаны основы расчета системы ГИУ-коллектор. Получены формулы, позволяющие рассчитать максимальный расход из дренажной системы, оборудованной ГИУ и продолжительность цикла его работы (зарядка+разрядка) в зависимости от приточности к коллектору.

Основное содержание диссертационной работы отражено в следующих публикациях:

1. *Штыков В.И., Пономарев А.Б.* Об оценке пригодности геотекстильных материалов в качестве защитно-фильтрующих для дренажа. // Тезисы докладов седьмого международного симпозиума «Чистая вода России - 2003», г.Екатеринбург, 14 – 18 апреля 2003 г. – с.33
2. *Штыков В.И., Пономарев А.Б.* Определение максимальной водоотводящей способности дренажа по результатам полевых исследований. // Тезисы докладов седьмого международного

- симпозиума «Чистая вода России - 2003», г.Екатеринбург, 14 – 18 апреля 2003 г. – с.34-35
3. *Пономарев А.Б., Гордиенко С.Г.* Расчет пропускной способности гидроимпульсного устья. // Межвузовский сборник научных трудов межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Шаг в будущее», г.Санкт-Петербург, 2003 год. – с.103-106
 4. *Штыков В.И., Пономарев А.Б.* Об определении пригодности некоторых геоматериалов в качестве ЗФМ для закрытого дренажа. Материалы VI международной конференции «Акватерра-2003», г.Санкт-Петербург, 11-14 ноября 2003 г. – с.236-240.
 5. Пат. 2233941 Российская Федерация, МПК⁷ Е 02 В 11/00 Осушительная система. [Текст]/Э.А.Бишоф, В.И.Штыков, А.Б.Пономарев - №2003102474/03; заявл.29.01.2003; опубл. 10.08.2004, Бюл.№22 – 4 с.
 6. *Пономарев А.Б.* Расчет гидроимпульсного устья. // Известия Петербургского университета путей сообщения, вып.2(4), Санкт-Петербург, 2005 г. – с.85-91.

Подписано к печати 21.11.05. Печ. л. 1,25

Печать ризография. Бумага для множит. апп.

Формат 60 x 84¹/₁₆. Тираж 100.

Заказ

Ср ПГУПС. 190031, С-Петербург, Московский пр., 9.