

на правах рукописи

БОРОВКОВ Сергей Валерьевич



РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА РЕК ФИЛЬТРУЮЩИМИ ПЛОТИНАМИ

Специальность

05 22 17 – «Водные пути сообщения и гидрография»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук



003071217

Санкт-Петербург

2007

Работа выполнена на кафедре гидротехнических сооружений, конструкций и гидравлики Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор
Колосов Михаил Александрович

Официальные оппоненты

доктор технических наук, профессор
Спищенко Борис Фалалесвич

кандидат технических наук, доцент
Жук Александр Юрьевич

Ведущая организация **ФГУ «Волго-Балтийское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства»**

Защита диссертации состоится «26» апреля 2007г в «13» часов на заседании диссертационного совета Д 223.009.02 при Санкт-Петербургском государственном университете водных коммуникаций по адресу 198035, г Санкт-Петербург, ул Двинская 5/7, ауд 235

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СПбГУВК

Автореферат разослан «26» марта 2007 г

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 223.009.02,
кандидат технических наук, доцент



М.В. Журавлев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Проблема защиты населенных пунктов от наводнений в речных бассейнах является особенно актуальной в последние годы. Наиболее катастрофические наводнения происходят в речных бассейнах, где формирование дождевых паводков происходит на горных склонах, при выпадении ливневых осадков. Это приводит к их быстрому стоку в пойменную часть реки и затоплению прилегающей местности. Только летнее наводнение на Кубани в 2002 году принесло материальный ущерб более 500 млн долларов. Такой же ливневой паводок сформировался на северном склоне Судетских гор в 2002 году и привел к подтоплению города Праги (Чехия), при этом было затоплено 5 станций метрополитена.

Для устранения и предотвращения негативных воздействий речных вод на практике применяются различные инженерные мероприятия. Существующие меры защиты от паводков, включающие строительство защитных дамб, обвалования, не обеспечивают необходимого результата, так не меняют режим стока, а, кроме того, даже сужают речное русло и приводят к повышению паводкового уровня.

Второй проблемой является борьба с негативным воздействием речных вод, вызванным переформированием речного русла с образованием дополнительных рукавов и протоков, что в конечном итоге приводит к эрозии берегов и снижению глубин в судоходных рукавах.

Существующие способы предотвращения развития рукавов, включающие их полное перекрытие запрудами, приводят к образованию в русле перекрытых рукавов застойных зон. В результате чего может происходить заиление этих протоков, что крайне нежелательно при наличии на этих берегах населенных пунктов.

Для решения указанных проблем весьма актуальным является применение фильтрующих плотин для регулирования русел и стока рек. В настоящей диссертационной работе рассматривается использование плотин этого типа как для защиты от паводков, так и для перекрытия протоков в многорукавных руслах рек. Фильтрующими называют плотины, фильтрационный расход которых через тело соизмерим с расходами воды в реке. Эти плотины сооружают из камня без специальных противофильтрационных устройств. Допускается также перелив воды через гребень при превышении расходов воды над фильтрующей способностью плотины.

Фильтрующие плотины предлагаются к применению для решения следующих задач:

1. Регулирование стока рек, с целью защиты территорий от наводнений. Решение данной задачи достигается срезкой пика паводка, т.е. происходит задержка стока и его перераспределение во времени с последующим сбросом воды из водохранилищ—«ловушек».

2. Регулирование русел рек с целью перераспределения расходов воды в многорукавном русле и предотвращений негативных русловых

деформаций Фильтрующая плотина рекомендуется в качестве плотины (запруды), перекрывающей второстепенные протоки в многорукавном русле. Особенно целесообразным применение фильтрующих плотин для решения данной задачи оказывается при необходимости соблюдения двух условий:

- запруда не должна быть глухой, т.е. необходим санитарный сток в протоке, в межливневый период,

- запруда не должна крайне резко воздействовать на весь водный узел в первые годы строительства, т.е. фильтрация воды должна смягчать воздействие перенаправленного потока в другие рукава

Цель работы и задачи исследования

Основной целью исследования является изучение возможности применения фильтрующих плотин для регулирования стока рек Состав исследования может быть задан следующим образом

- 1 Сбор, систематизацию и анализ имеющихся данных о режиме фильтрации в каменнонабросных сооружениях;

2. Разработка системы защиты территорий от наводнений и схемы регулирования русел рек с использованием фильтрующих плотин

- 3 Изучение фильтрационного режима плотин из габионов в лабораторных условиях,

- 4 Уточнение методики расчета фильтрационного режима плотин, имеющих вертикальную напорную грань

Методика исследования

Был проведен анализ фильтрационного режима каменнонабросных сооружений с использованием результатов выполненных исследований в лабораторных и натурных условиях Для изучения режима фильтрации в габионных сооружениях был поставлен специальный эксперимент - выполнено гидравлическое моделирование габиона в лабораторной установке

Полученные экспериментальные данные были обработаны при помощи компьютерных программ

Научная новизна

В результате выполненного исследования получены следующие результаты

- для защиты от наводнений предложено применение саморегулирующихся фильтрующих плотин с созданием системы временных водохранилищ-«ловушек»,

- для регулирования речного потока в многорукавных руслах предложено перекрывать второстепенные рукава фильтрующими плотинами,

- предложен способ защиты от наводнений в условиях внезапного катастрофического паводка с использованием взрывонабросных фильтрующих плотин,

- получены новые данные о сопротивлении движению фильтрационного потока в плотинах из габионной кладки,

- уточнена существующая методика расчета фильтрации для плотин с вертикальной напорной гранью

Практическая значимость и реализация результатов исследования

Предложена система защиты территорий от наводнений фильтрующими плотинами, которая рекомендуется к использованию для речных бассейнов, паводок которых формируется в горных районах

Разработана предпроектная схема защиты территорий бассейна реки Белая в республике Адыгея Эта схема может служить аналогом для других подобных речных бассейнов, например, рек Приморского края России, рек Западной Европы и других регионов

В 2006 году по проекту ЗАО «Ленгипроречтранс» было реализовано строительство фильтрующих запруд в протоках Хабаровского водного узла

Схема защиты от наводнений фильтрующими плотинами используется в учебной программе дисциплины «Водное хозяйство и основы водохозяйственного проектирования» при подготовке инженеров по специальности «Комплексное использование водных ресурсов»

В 2006 году автор совместно с другими специалистами подали заявку на патент изобретения – «Способ защиты территорий от затопления и устройство для осуществления способа» По состоянию на сентябрь 2006 году заявка прошла формальную экспертизу и получила положительное заключение В настоящее время продолжается экспертиза по существу

Основные положения, выносимые на защиту

- 1 Способ защиты от наводнений с использованием фильтрующих плотин
- 2 Способ перекрытия второстепенных проток в многорукавном русле с использованием фильтрующих плотин,
- 3 Уточненная методика расчета фильтрационного режима для плотин с вертикальной напорной гранью

Апробация работы

Результаты диссертационного исследования были представлены и докладывались автором на XX межвузовском совещании в г Ульяновске в 2005 году и VI семинаре молодых ученых в г Волгограде в 2006 году при координационном совете по эрозионным, русловым и устьевым процессам МГУ

Публикации

По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ

Структура и объем работы

Настоящая диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и библиографического списка литературы, включающего 103 наименования Общий объем работы составил 171 страница, включая 69 рисунков и 27 таблиц

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

Сформулирована актуальность, представленного научного исследования, определены цели и задачи диссертационной работы. Выбрана методика исследования.

Первая глава

Выполнен обзор существующих способов регулирования стока и русел рек. Для регулирования предлагается использовать саморегулирующиеся фильтрующие плотины из камня или габионов. Преимуществом фильтрующих плотин над глухими является возможность пропуска зарегулированного расхода воды в нижний бьеф, без устройства специальных водосбросных сооружений (рис 1).

Рассмотрены конструкции фильтрующих плотин из каменной наброски и габионной кладки (рис 2, 3 и 4).

Фильтрационный расход через тело плотин определяется по следующим формулам

- для плотин из каменной наброски

$$Q_{\phi} = \omega \times k_{\phi} \times \sqrt{J} \quad (1)$$

- для плотин из каменной наброски с донным водосбросом

$$Q_{\phi} = \omega \times k_{\phi} \times \sqrt{J} + \mu \omega \sqrt{2gH} \quad (2)$$

- для плотин из габионной кладки

$$Q_{\phi} = \omega \times k_{\phi}^{\text{габиона}} \times \sqrt{J} \quad (3)$$

где Q_{ϕ} - общий фильтрационный расход через тело плотины,

ω - средняя площадь продольного сечения, через которую идет фильтрация,

$k_{\phi}^{\text{габиона}}$ - коэффициент фильтрации габиона,

k_{ϕ} - коэффициент фильтрации каменной наброски,

J - градиент напора,

μ - коэффициент расхода водопропускной трубы,

H - напор

В настоящей работе выполнены исследования по уточнению величины коэффициента фильтрации габиона $k_{\phi}^{\text{габиона}}$ и режима фильтрации в габионных плотинах.

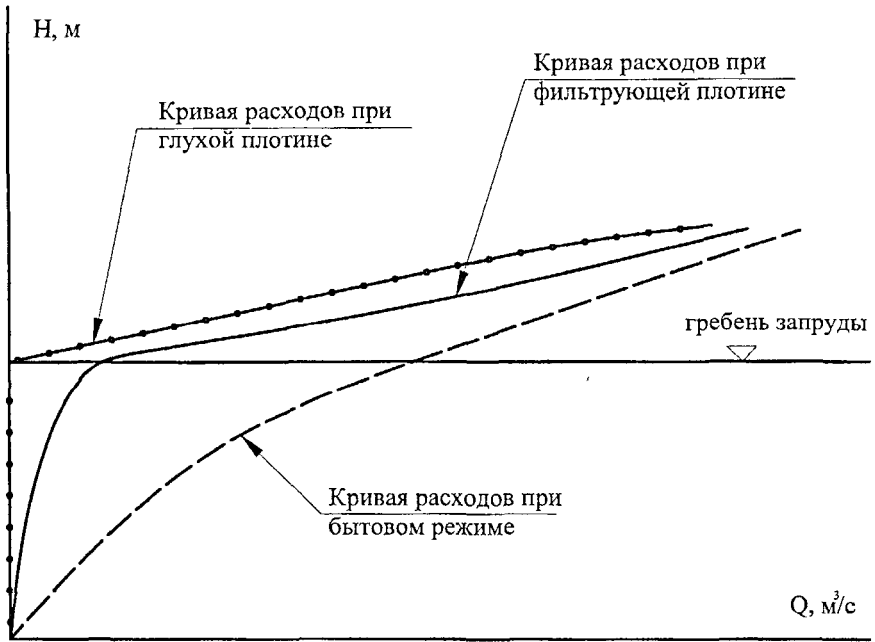


Рис 1 Кривые расходов воды при бытовом режиме и при различных типах плотин

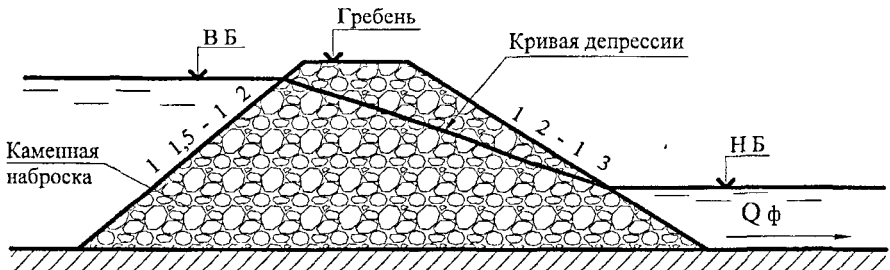


Рис 2 Фильтрующая плотина из каменной наброски (поперечный разрез)

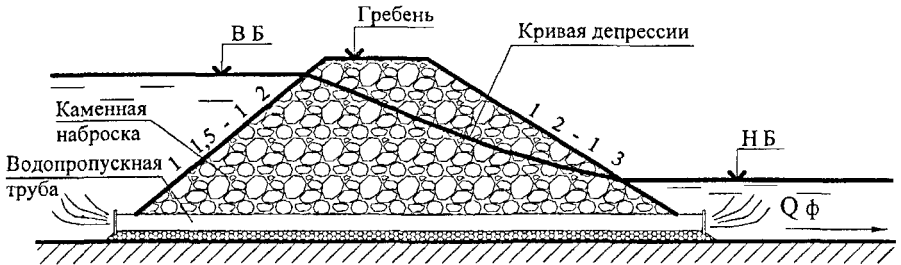


Рис 3 Фильтрующая плотина из каменной наброски с водопрopusными трубами

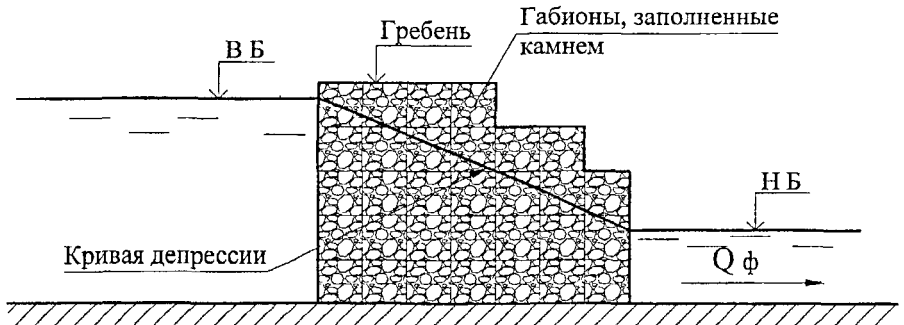


Рис 4 Фильтрующая плотина из габионной кладки (поперечный разрез)

В первой главе рассмотрены основные направления применения фильтрующих плотин

1) «Срезка» пика паводка, для чего предлагается строить плотины в зоне формирования паводка, а именно на притоках бассейна реки, расположенной в предгорной зоне (Северный Кавказ, Сихотэ-Алинь, Северный склон Сундских гор и др),

2) Перекрытие несудоходных рукавов в многорукавном русле, с целью улучшения затруднительного участка реки,

3) Использование фильтрующих плотин, образованных направленным взрывом для защиты от внезапных катастрофических наводнений в горных районах,

4) Повышение уровня и глубин в меженный период на судоходной реке за счет задержки весенних и дождевых паводков на боковых притоках и последующим сбросом воды в основное русло в меженный период

Фильтрующие плотины могут также найти применение для регулирования боковой приточности и поддержания судоходства на малых реках

Вторая глава

В данной главе рассмотрено применение фильтрующих плотин для защиты территорий от наводнений на примере рек Дальнего Востока и Северного Кавказа. Выявлены причины формирования наводнений (рис 5) и представлен анализ существующих способов защиты от наводнений (рис 6)



Рис 5 Причины формирования наводнений

Основными причинами наводнений в речных бассейнах являются резкие продолжительные ливни и резкое таяние снегов. Паводок формируется в горной части речного бассейна, где уклоны местности в несколько раз больше чем на равнине. Вода с огромной скоростью стекает со всего речного бассейна в основное русло и на равнине, где уклоны малы, разливается, затопляя близлежащую территорию.



Рис 6 Способы защиты от наводнений

Для защиты от наводнений в речных бассейнах предложено использовать саморегулирующиеся фильтрующие плотины с созданием системы водохранилищ-«ловушек» на притоках в горной части

Разработана схема защиты от наводнений г Майкоп в республике Адыгея (рис 8) В указанной схеме, для перехвата паводкового стока, предложено разместить систему водохранилищ-«ловушек» на второстепенных притоках в предгорьях

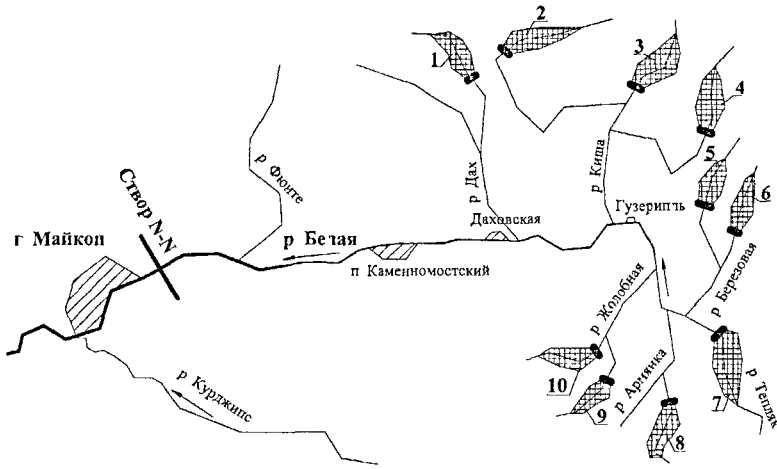


Рис 7 Схема защиты г. Майкоп от наводнений (1,2,3 10 -водохранилища «ловушки»)

Реализация указанной схемы позволит «срезать» пик паводка и защитить территории от наводнений (рис 9)



Рис 8 Определение объема «срезки» пика паводка по гидрографу р. Белая, х. Кирпичный

Объем срезки пика паводка распределяется по водохранилищам-«ловушкам», располагаемым на боковых притоках. Каждое водохранилище-«ловушка» временно заполняется на время паводка, после прохождения волны половодья происходит опорожнение воды из водохранилища и освобождение площадей землепользования.

Для создания временных водохранилищ-«ловушек» предлагается использовать фильтрующие плотины. Работа фильтрующей плотины по трансформации паводка представлена на рис 10

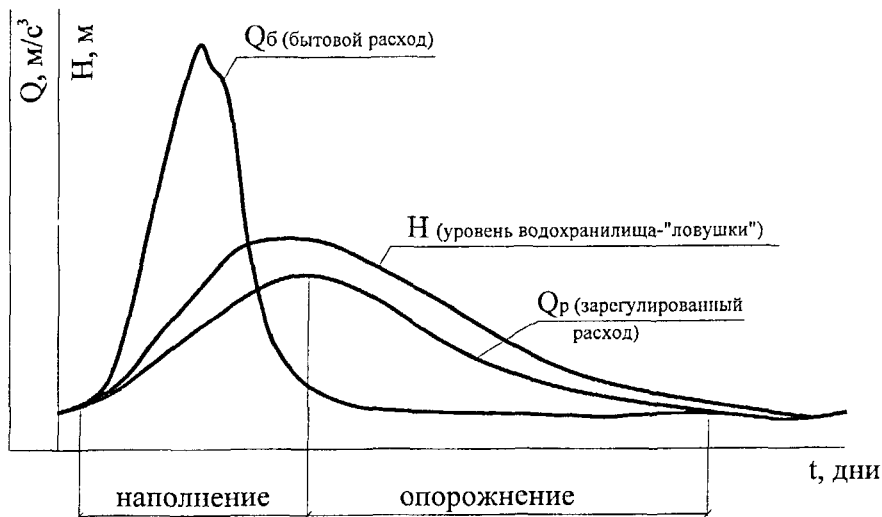


Рис 9 Схема работы фильтрующей плотины

При расходах воды в реке ниже фильтрующей способности плотины водохранилище-«ловушка» находится в опорожненном состоянии. При паступлении паводка и превышении расходов воды над фильтрующей способностью плотины происходит наполнение водохранилища с пропуском через тело плотины дозированного (безопасного) фильтрационного расхода. После прохождения паводка происходит постепенное опорожнение водохранилища. Расчетами установлено, что время заполнения и опорожнения водохранилища-«ловушки» составляет около одного месяца, при продолжительности паводка 3-5 дней.

Приведенная схема защиты от наводнений с использованием фильтрующих плотин может быть также реализована в проектных схемах по защите от наводнений территорий Приморского края России, Западной Европы и др.

В данной главе также рассмотрены конструкции плотин из габионов, изготавливаемых компанией Маккаферри.

Третья глава

Рассмотрено использование фильтрующих плотин для перекрытия второстепенных проток в многорукавном русле. В известных классических схемах выправлений участков реки предлагается использовать фильтрующие плотины. В частности, по проекту института Ленгипроречтранс осуществлено строительство переливных фильтрующих плотин на р. Амур (рис. 11). Реализация проекта обеспечила стабилизацию руслового процесса в Хабаровском водном узле и было остановлено развитие доминирующей

протоки Пемзенской. В результате удалось избежать негативных последствий спрямления р. Амур на данном участке и обеспечить нормальную работу народно-хозяйственных объектов.

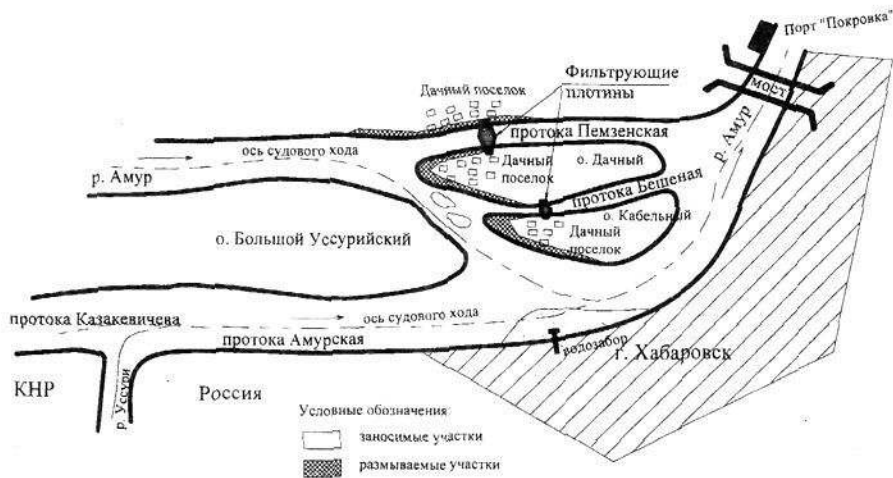


Рис.10. Схема защиты Хабаровского водного узла инженерными сооружениями.

Четвертая глава

Глава посвящена использованию фильтрующих плотин, образованных взрывом для регулирования речного стока. Приведен анализ материалов Гидропроекта по взрывонабросным плотинам, где были рассмотрены данные по естественным горным завалам и опытным плотинам.

Фильтрующие плотины, образованные направленным взрывом, предлагается использовать как экстренный способ защиты от наводнений. Данный способ подразумевает использование двух серий взрыва: первая серия – взрыв на сброс горной породы, вторая серия – взрыв на обрушение горного массива. Во время взрыва зарядов первой серии происходит выброс крупнообломочной породы, которая образует нижний фильтрующий слой плотины. Сразу после взрыва зарядов первой серии производится взрыв зарядов второй серии. Заряды второй серии подбираются так, чтобы взрывом снизить устойчивость горного массива и обеспечить оползание массива вниз, сформировав верхнюю плотную часть плотины. Преимущество использования в качестве противонаводковой защиты плотины с высокими фильтрационными показателями заключается в возможности пропуска вниз по течению зарегулированного санитарного расхода воды. При реализации данной технологии взрывных работ получается фильтрующее сооружение с заданной пропускной способностью (рис. 12).

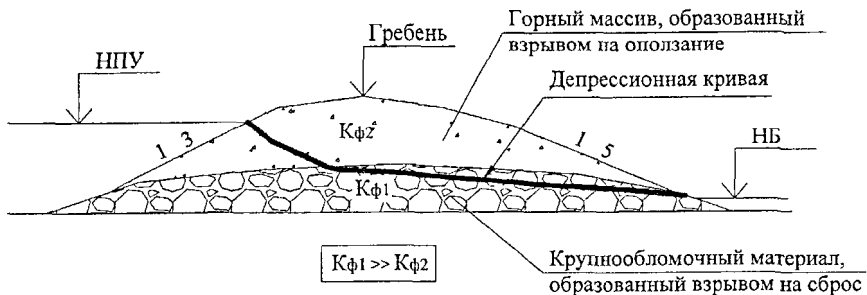


Рис 11 Фильтрующая плотина, образованная взрывным способом

Величина k_{ϕ} по данным фильтрующей способности грунтов взрывонабросных плотин варьируется от 0,005 м/с в плотных грунтах до 0,01 м/с и более в крупнопористых грунтах

Пятая глава

Глава посвящена лабораторному исследованию фильтрующих плотин. В рамках исследования поставлен эксперимент по гидравлическому моделированию плотины из габионной кладки (рис 13). Как известно, для достижения динамического подобия моделируемого гидравлического явления в лабораторных условиях необходимо достигнуть равенства двух условий $(Re)_{м} = (Re)_{н}$ (равенство чисел Рейнольдса) и $(Fr)_{м} = (Fr)_{н}$ (равенство чисел Фруда). Это в лабораторных условиях практически невозможно. На практике, в случае безнапорных турбулентных потоков, отвечающих квадратичной области сопротивления, исходят из числа Фруда, считая, что такое движение обуславливается только силами тяжести. Эта область параметров потока, когда движение жидкости не зависит от числа Рейнольдса, называется автомодельной в отношении чисел Рейнольдса.

Согласно нормативно-техническим документам (в частности ВСН-АПК 2 30 05 001-2003) и характеристикам выпускаемых в настоящее время габионных конструкций максимальный диаметр камня, применяемого в качестве заполнителя тела габиона, равен 250 мм. Поэтому, используя в качестве заполнителя лабораторной установки щебня фракции от 10 до 50 мм, получается модель габионной плотины в масштабе 1:5.

Изучение режима фильтрации габионных плотин проводилось в СПГУВК в гидротехнической лаборатории им проф. Тиманова в 2005 году.

В результате выполненного лабораторного исследования получены зависимости градиента напора от расхода фильтрации при различных фракциях щебня (рис 14) и экспериментальные кривые депрессии (рис 15, 16, 17).

По результатам экспериментальных данных были определены значения коэффициентов фильтрации и сопротивления габиона при различной крупности заполнителя (табл 1).

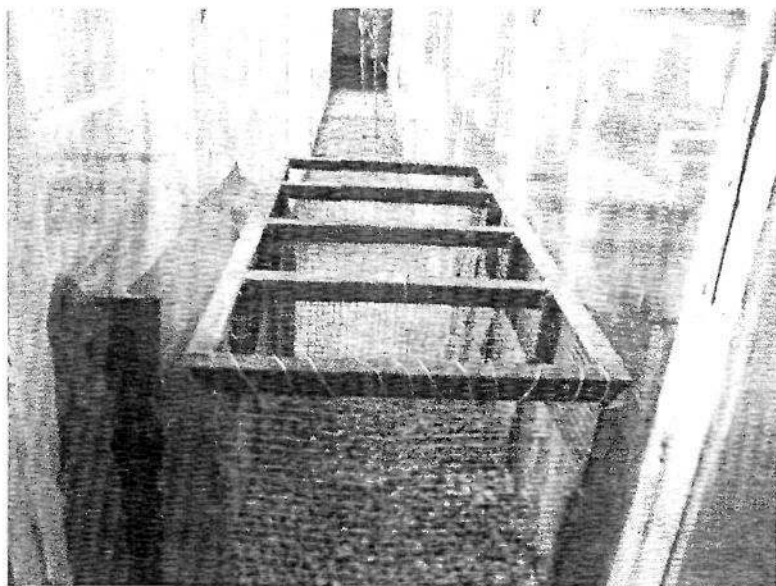


Рис. 12. Экспериментальный лоток с моделью сооружения (СПГУВК, гидротехническая лаборатория им. проф. Тиманова, 2005 год)

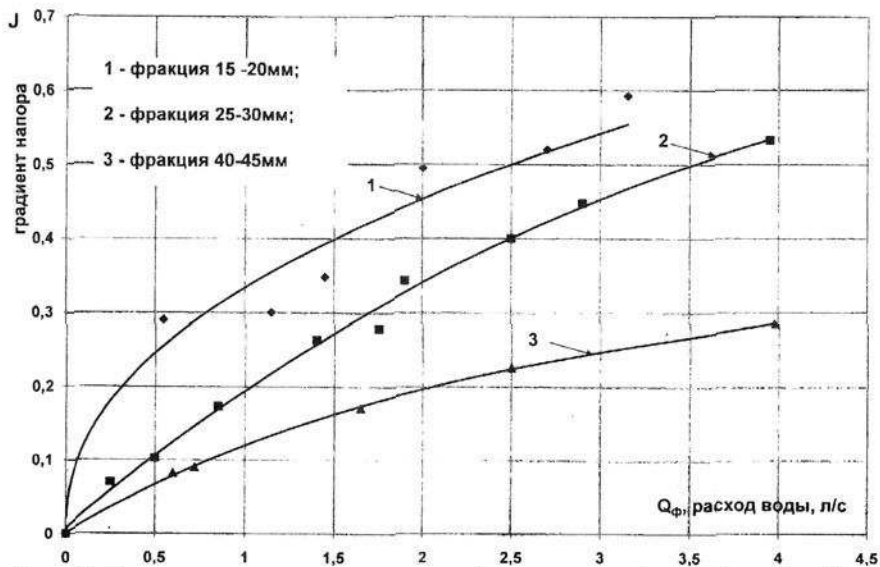


Рис. 13. Зависимость градиента напора J от диаметра фракций щебня d и фильтрационного расхода воды Q_{ϕ} .

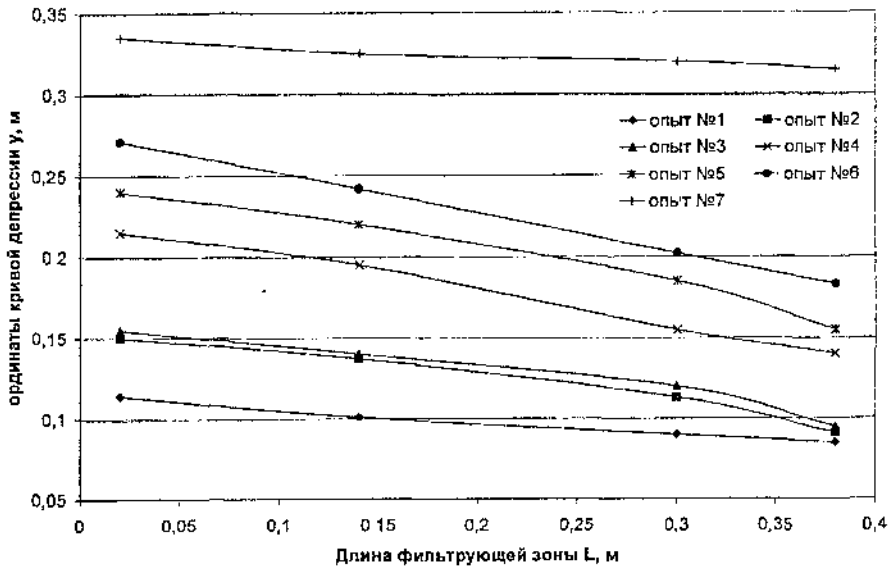


Рис 14 Экспериментальные кривые депрессии диаметр фракции 15-25мм

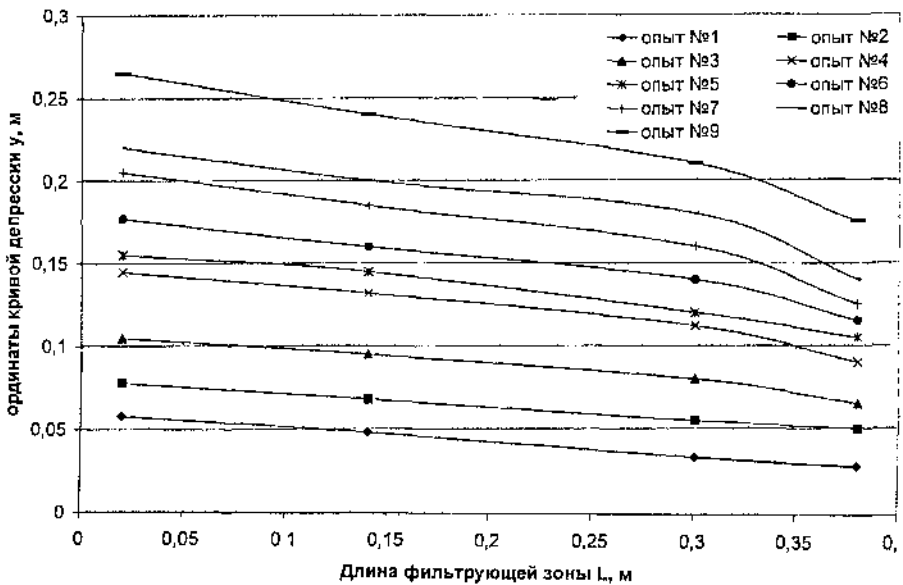


Рис 15 Экспериментальные кривые депрессии диаметр фракции 25-35мм

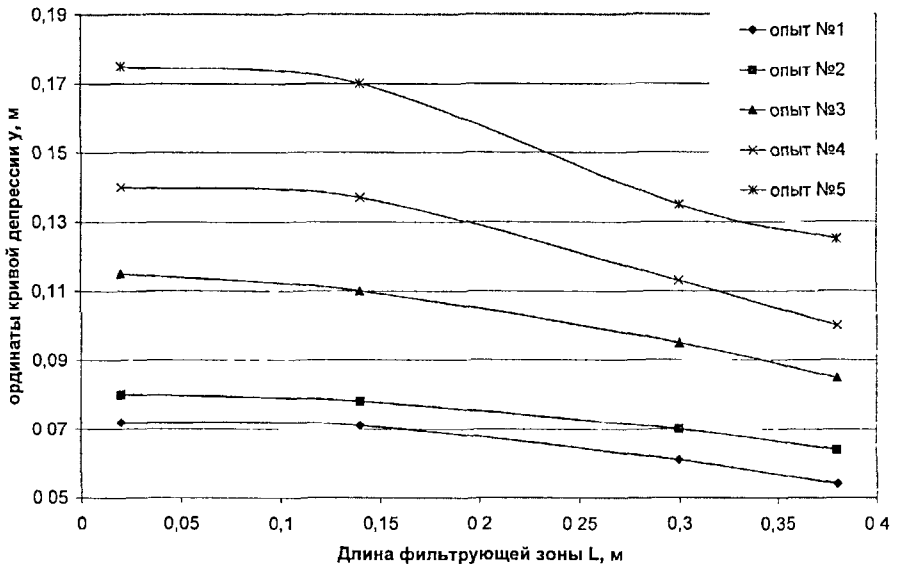


Рис 16 Экспериментальные кривые депрессии диаметр фракции 35-45мм

Таблица 1

Значение коэффициентов фильтрации k_{ϕ} и коэффициентов сопротивления ζ в зависимости от крупности заполнителя габиона $D_{\text{эф}}$

$D_{\text{эф}}$, м	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
k_{ϕ} , м/с	0,084	0,152	0,200	0,266	0,323
ζ	53	39,2	28,9	22,53	18,77

По результатам исследования были получены эмпирические формулы (приведены в главе 6), которые могут использоваться при анализе фильтрационного режима при проектировании, строительстве и эксплуатации габионных сооружений

Шестая глава

Выполнен обзор существующих методик расчета фильтрации в каменнонабросных сооружениях. Обобщены данные о величинах коэффициентов фильтрации и коэффициентов сопротивлений набросок из крупного заполнителя. Приведена существующая методика ВНИИГ им Веденеева для расчета турбулентной фильтрации каменных набросок. Рассмотрен вопрос заиления каменных набросок и определена крупность материала, исключающая заиление фильтрующих плотин. В результате установлено, что процессы заиления могут наблюдаться при использовании в качестве материала наброски мелких фракций камней (< 5 см) и большом

процентном содержании в наброске мелкого материала (фракции < 5 мм больше 5%)

По результатам исследований режима фильтрации в габионных плотинах автором были уточнены коэффициенты сопротивления и методика расчета фильтрующих плотин из габионной кладки, имеющих вертикальную напорную грань

В результате обработки экспериментальных данных были предложены эмпирические зависимости для расчета фильтрации в габионных сооружениях. Формулы предложены для расчета коэффициента фильтрации k_{ϕ} и коэффициента сопротивления ζ , их рекомендуется применять для габионов с крупностью камешного материала от 5 см до 25 см

$$k_{\phi} = 1,02 * D_{\text{эф}}^{0,81} \quad (4)$$

$$\zeta = 63,4 * e^{D_{\text{эф}} * (-4,903)} \quad (5)$$

Верификация формул была произведена сравнением фильтрационной способности горной массы (или в случае габиона – заполнителя) с имеющимися данными, а именно исследованиями ВНИИГ для каменных набросок (табл 2)

Таблица 2

Верификация полученной зависимости

Значение $D_{\text{эф}}$, м	Эмпирическая формула автора для габионов $k_{\phi} = 1,02 * D_{\text{эф}}^{0,81}$, м/с	Формула ВНИИГ для каменной наброски пористостью 0,4 $k_{\phi} = (7,8 * D_{\text{эф}}^{0,5}) / 100$, м/с
0,05	0,090	0,174
0,10	0,158	0,247
0,15	0,219	0,302
0,20	0,277	0,349
0,25	0,332	0,390

* в формулу ВНИИГ $D_{\text{эф}}$ подставляется в сантиметрах

Анализ табл 2 показывает, что эмпирическая формула для габионов, предложенная автором в диапазоне изменения среднего эффективного диаметра камня от 5 см до 25 см (камень, применяемый в габионах) дает несколько меньший коэффициент фильтрации по сравнению с коэффициентом фильтрации каменной наброски, полученным по формуле ВНИИГ. Данное расхождение объясняется наличием у габионов сопротивления вертикальной грани и дополнительного сопротивления проволочного каркаса

Расчет фильтрационного расхода габионных плотин с использованием полученных эмпирических зависимостей рекомендуется выполнять в следующей последовательности

1 В начале задаются фракционным составом заполнителя габионов $D_{эф}$ (средний эффективный диаметр частиц), обеспечивающим пропуск расчетного паводка при заданной ширине зоны фильтрации,

2 Вычисляются коэффициент фильтрации k_ϕ или коэффициент сопротивления ζ по предложенным эмпирическим формулам (4) и (5)

3 Определяются геометрические размеры тела габионной плотины (в зависимости от створа строительства плотины),

4 Далее определяется фильтрационный расход через тело габионного сооружения

$$Q_\phi = \omega * V = \omega * k_\phi * \sqrt{J} \quad (6)$$

или

$$Q_\phi = \omega * V = \omega * \sqrt{\frac{h_f}{\zeta_f}} * \sqrt{2g} \quad (7)$$

В итоге расчета определяется размеры габионной плотины и необходимая крупность заполнителя для формирования саморегулирующей плотины с необходимой фильтрационной способностью

Основные выводы и итоги работы

1 Обзор и анализ причин образования дождевых паводков в предгорьях и способов защиты от затоплений показал, что существующие методы защиты (ограждающие дамбы, спрямление русла, его расширение) не обеспечивают достаточного снижения паводковых уровней. Наиболее эффективным средством снижения паводкового стока является его задержка в зоне формирования, т.е. на горных склонах.

2 Разработана система защиты от дождевых паводков, формирующихся на горных склонах, которая включает строительство фильтрующих плотин на притоках и сухих оврагах, удерживающих часть стока в водохранилищах-«ловушках» в период паводка и пропускающих удерживаемый сток после прохождения пика паводка. Затопление площадей землепользования носит при этом временный характер.

3 Предложено использование фильтрующих плотин для перекрытия второстепенных несудоходных рукавов в многорукавном русле, позволяющее сохранить проточность протоков и обеспечить мягкое воздействие на гидравлику потока в основном русле.

4 В качестве фильтрующих саморегулирующихся плотин рассмотрены варианты плотин из каменной наброски, взрывонабросные плотины из камня, возводимые обвалом скального склона в случае угрозы паводка, а также плотины из габионной кладки, позволяющие построить плотины с более обжатым профилем.

- 5 Выполнены лабораторные исследования плотин из габионной кладки, которые позволили получить эмпирические зависимости для коэффициентов фильтрации и коэффициентов сопротивления
- 6 Разработан способ расчета фильтрационного расхода габионных плотин с вертикальной панорной гранью с использованием полученных эмпирических зависимостей

СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

- 1 Боровков С В Классификация наводнений и способов защиты //Труды СПГУВК – СПб СПГУВК, 2005 – 0,25 п л
- 2 Колосов М А , Боровков С В Противонаводковая фильтрующая плотина из габионной кладки //Труды СПГУВК - СПб СПГУВК, 2005 – 0,25 п л
- 3 Колосов М А , Боровков С В Противонаводковые фильтрующие плотины. //Материалы научно-методической конференции ВГАВТ, Нижний-Новгород ВГАВТ, 2005 – 0,25 п л
- 4 Колосов М А , Боровков С В Регулирование стока рек фильтрующими плотинами //Материалы XXI пленарного совещания по проблеме эрозийных, русловых и устьевых процессов Чебоксары ЧГУ, 2006 – 0,25 п л
- 5 Боровков С В Перекрытие проток в многорукавном русле р Амура фильтрующими плотинами //Материалы VI семинара молодых ученых М МГУ, 2006 – 0,25 п л
- 6 Боровков С В Использование фильтрующих плотин для регулирования рек // Речной транспорт (XXI Век), 2007, №1, 0,3 п л

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 21 03 07 Сдано в производство 21 03 07
Лицензия № 000283 от 19.10.98 Формат 60x84 1/16 Усл-печ л 1,16
Уч-изд л 1,4 Тираж 100 экз Заказ № 52

Отпечатано в типографии ФГОУ ВПО СПбГУВК
198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2