

На правах рукописи

Джигарев

Жигарев
Дмитрий Владимирович

**УЧЕТ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЖДЕВОГО
СТОКА С УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ЗАЩИТЕ
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Специальность 25.00.36 - Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Чита 2004

Работа выполнена на кафедре Водного хозяйства и инженерной экологии Читинского государственного университета Федерального агентства по образованию

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Шаликовский Андрей Валерьевич

**Официальные
оппоненты:** доктор технических наук, профессор
Баландин Олег Агафангелович

кандидат технических наук, доцент
Коннов Василий Иванович

Ведущая организация: Забайкальское межрегиональное
территориальное управление по
гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды (ЗабУГМС), г. Чита

Защита состоится « 24 » декабря 2004 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета К 212.299.02 при Читинском государственном университете по адресу: г. Чита, ул. Амурская, 15, ауд. ВХ-410

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Читинского государственного университета

Отзыв на автореферат, заверенный печатью, просим выслать по адресу: 672039, г. Чита, ул. Александрово-Заводская, 30, ЧитГУ, ученому секретарю диссертационного совета К212.299.02

Факс: (3022)26-14-59

Автореферат разослан « 11 » ноября 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
к.т.н., доцент



Н.М. Шаропов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Водные объекты подвержены загрязнению хозяйственно-бытовыми, промышленными и поверхностными сточными водами. Если основная часть хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод проходит очистку перед их выпуском в водный объект, то поверхностные сточные воды в основном сбрасываются без очистки. Входящие в состав дождевых и талых вод загрязнения нередко приводят водные объекты в состояние, непригодное для использования в хозяйственно-бытовых и рыбохозяйственных целях.

Существуют различные способы защиты водных объектов от загрязнения поверхностными сточными водами. Однако выбор из их числа наиболее приемлемого варианта затруднен в связи со сложностью выполнения всесторонней оценки эффективности. Это связано с тем, что очистные сооружения проектируются для очистки расхода сточных вод редкой повторяемости с постоянными концентрациями загрязняющих веществ, но почти все время они работают со значительно меньшей нагрузкой. В связи с этим актуальной является задача разработка новых подходов к обоснованию состава мероприятий по охране водных объектов от загрязнения поверхностным стоком и соответствующих методик, обеспечивающих повышение их экономической эффективности.

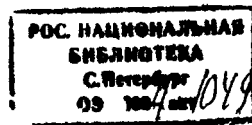
На актуальность данного направления исследований указывается в «Основных направлениях развития водохозяйственного комплекса России до 2010 года», утвержденных распоряжением Правительства РФ от 31 мая 2004 г. № 742-р. В них говорится, что строительство систем и сооружений для сбора и очистки ливневого стока с территорий поселений и предприятий, снижение загрязнения водных объектов через поверхность земли и воздух, является одним из приоритетных направлений.

Идея работы заключается в возможности выбора оптимальных параметров мероприятий по защите водных объектов от загрязнения поверхностным стоком за счет моделирования многолетних рядов «выпадение осадков - формирование стока - очистка стока - загрязнение водоприемника».

Цель и задачи работы. Целью работы является разработка методики планирования мероприятий по защите водных объектов от загрязнения поверхностным стоком с урбанизированных территорий с учетом высокой неравномерности формирования его качественных и количественных характеристик.

Для достижения указанной цели необходимо было решить следующие задачи:

- провести натурные исследования и оценить качественные и количественные характеристики дождевых вод с урбанизированной территории;



- выявить существование закономерностей формирования качественного состава поверхностного стока;
- разработать методику и математическую модель выбора оптимальных параметров мероприятий по защите водных объектов от загрязнения поверхностным стоком с урбанизированных территорий;
- произвести апробацию разработанной методики на примере конкретного водосбора и оценить ее экономическую эффективность.

Объектом исследования является дождевой сток с центральной части г. Читы.

Предмет исследования - проблема снижения загрязнения водных объектов стоком с урбанизированных территорий.

Методика исследований заключалась в определении качественного состава дождевого стока и его гидрологических характеристик, использовании методов регрессионного анализа для установления закономерностей между ними, математическом моделировании процесса формирования дождевого стока и его очистки.

Научная новизна:

- впервые на основании исследований дождевого стока с территории г. Читы установлено наличие двух фаз формирования его качественного состава и дано объяснение данного явления;
- впервые показана принципиальная возможность установления зависимостей концентрации ингредиентов от расхода в замыкающем створе локального водосбора для второй фазы формирования стока;
- предложен новый подход к определению параметров мероприятий по защите от загрязнения поверхностным стоком, направленный на получение максимального эколого-экономического эффекта;
- разработана математическая модель, реализующая предложенный подход на примере очистки дождевого стока от взвешенных веществ;
- на примере модельного водосбора продемонстрирована работоспособность математической модели и показана эффективность ее применения в зависимости от ставок платы за загрязнение.

Научные положения, выносимые на защиту:

- качество дождевого стока с урбанизированных территорий со сложным рельефом значительно отличается от аналогичных показателей качества поверхностного стока с равнинных территорий;
- формирование качественного состава дождевого стока проходит две фазы, при этом во второй фазе концентрации ингредиентов зависят от расхода в замыкающем створе локального водосбора;
- учет закономерностей изменения качественного состава дождевого стока с урбанизированных территорий при планировании мероприятий по защите водных объектов позволяет значительно повысить их эколого-экономическую эффективность.

Практическая значимость. Установленная в процессе исследований возможность установления закономерностей формирования качества дождевого стока позволяет более рационально назначать состав водоохраных мероприятий и их параметров. Основные положения исследований были учтены при разработке «Комплексной схемы восстановления и охраны р. Чита и предотвращение чрезвычайных ситуаций (в пределах г. Читы)». Результаты работы используются в учебном курсе ЧитГУ «Инженерные системы водоснабжения и водоотведения». Разработанная методика может применяться специалистами при разработке проектов очистки поверхностного стока с урбанизированных территорий.

Достоверность результатов исследований подтверждается продолжительными наблюдениями за дождевым стоком, определением его качественного состава аттестованной лабораторией, использованием стандартных методов статистической обработки экспериментальных данных, соответствием основных результатов математического моделирования на примере конкретного водосбора идее, положенной в основу исследований, апробацией предложенной методики на различных конференциях.

Личный вклад автора состоит:

- в постановке целей и задач работы;
- в разработке программы натуральных исследований, ее реализации и обобщении результатов;
- в выявлении зависимостей между качественными и количественными характеристиками поверхностного стока;
- в разработке методики выбора оптимальных параметров мероприятий по защите водных объектов от загрязнения поверхностным стоком с урбанизированных территорий;
- в апробации предложенной методики на примере конкретного водосбора.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международной конференции «Проблемы прогнозирования в современном мире» (Чита, 1999 г.), Международных симпозиумах «Чистая вода России - 2001, 2003» (Екатеринбург, 2001, 2003), V международной конференции «Акватерра - 2002» (Санкт-Петербург, 2002), научно - практической конференции «Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользования» (г. Чита, 2001 г.), ежегодных научно-технических конференциях ЧитГУ в 1998-2003 г. По результатам исследования опубликовано 8 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Общий объем работы 105 страниц, в том числе 33 рисунка, 12 таблиц. Список литературы содержит 106 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 Сток с урбанизированных территорий и его воздействие на водные объекты

В результате хозяйственной деятельности происходит изменение природной среды, количественное и качественное преобразование ее компонентов. Загрязняющие вещества, поступая в какую-либо из сфер (атмосферу, литосферу, гидросферу), вызывают в ней качественные изменения и могут передвигаться между сферами. Обычно конечным пунктом передвижения вредных веществ оказываются водные источники, которые аккумулируют поступающие вещества в донных отложениях, транспортируют **их** по руслу рек.

Изучением закономерностей формирования поверхностных сточных вод и их воздействия на водные объекты занимались многие отечественные и зарубежные исследователи: Бефани А.Н., Вишневецкий А.Ф., Попова К.И., Курганов А.М., Дикаревский В.С., Леонов А.М., Ильясов О.Р., Sharpley, Hynes и многие другие.

Как показывают многочисленные исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, основными источниками загрязнения поверхностного стока, формирующегося на территории города, являются продукты эрозии почвы, пыль, строительные материалы, а также сырье, продукты и полупродукты, хранящиеся на открытых складских площадках, выбросы в атмосферу, различные нефтепродукты, попадающие на территорию в результате их пролива и неисправностей автотранспорта и другой техники и т.д.

Поверхностный сток, особенно дождевые воды, характеризуются высокой неравномерностью расходов. В сравнительно короткий промежуток времени расходы дождевых вод резко возрастают и могут в десятки и сотни раз превышать расход хозяйственно-бытовых сточных вод с той же территории. Поэтому в течение года с дождевыми водами в водоем поступает взвешенных веществ и нефтепродуктов больше, чем с неочищенными сточными водами. Высокие концентрации ингредиентов, содержащихся в поверхностных стоках, приводят к загрязнению водных объектов, заиливанию их дна в зоне выпуска стока. В осевшем осадке протекают процессы разложения органических веществ, вследствие чего возникает вторичное загрязнение поверхностных вод, создается дефицит кислорода, что приводит к нарушению экологического равновесия водных объектов.

Загрязнение поверхностного стока зависит от многих факторов, которые можно объединить в следующие группы: климатические условия; санитарное состояние водосбора и приземного слоя атмосферы; закономерности движения поверхностного стока и в сети дождевой канализации.

С гидрологических позиций очевидна необходимость исследования причин возникновения и развития этих процессов путем оценки компонентов водного баланса застроенной территории. Традиционные подходы часто малоэффективны, поскольку ориентированы на естественные гидролого-климатические процессы. Современные исследования формирования стока и его потерь в условиях городских территорий крайне фрагментальны и явно недостаточны для решения поставленной задачи. Они посвящены, главным образом, вопросам постановки проблемы влияния урбанизации на изменение водного баланса территории и рассмотрению конкретных балансов для среднесезонных условий.

При определении массы выноса загрязняющих веществ в водотоки одним из основных подходов является создание различных прогностических моделей, описывающих миграцию загрязняющих веществ в пределах водосборов с количественной оценкой их поступления в водные объекты. Все разработанные модели отличаются друг от друга структурой и целями исследований, входными и выходными характеристиками, степенью универсальности по отношению к вводимой информации и используемым в них показателям. В общем виде указанные математические модели можно классифицировать на два основных класса: статистические и детерминированные.

Проблема загрязнения водных объектов дождевым стоком является актуальной и для г. Читы, где имеется ряд специфических условий: отсутствие дождевой канализации, высокая интенсивность ливней, значительные уклоны покрытий и улиц, большие площади незалуженных газонов, плохие условия разбавления сточных вод в межень. Это предопределяет существенные отличия качественного состава дождевого стока от других городов (таблица 1). В то же время исследования ливневого стока г. Читы ранее не проводились. Поэтому проведение экспериментального изучения условий формирования и качества поверхностного стока с территории города, его воздействия на водоприемник - р. Чита и разработка мероприятий по снижению загрязнения является актуальной задачей.

Таблица 1 - Характеристики качества дождевого стока с территорий некоторых городов

Показатели	Москва	Астрахань	Воронеж	Чита
Взвешенные вещества, мг/л	65-245	215-281	39-90	425-10678
ХПК, мг/л	15,3-21,6	57,6-195,0	60,2-120	105,6-3777
БПК ₅ , мг/л	-	-	187-249	10,8-498,7
Нефтепродукты, мг/л	12-17,5	95-197	45-52	2,5-13,2
Сульфаты, мг/л	-	195-212	48-55	-
Хлориды, мг/л	51-190	323-451	91-111	-

2 Экспериментальное изучение ливневого стока

Для установления качественных и количественных характеристик дождевого стока с урбанизированной территории и выявления основных закономерностей их формирования в течение 1998-2002 годов проводились исследования состава поверхностных сточных вод с территории г. Читы.

Основные исследования выполнялись на трех частных водосборах города Читы.

Объект № 1 представляет собой железобетонный коллектор, расположенный в непосредственной близости (250 м) от здания инженерно-экологического факультета Читинского государственного университета и служащий для перехвата ливневого стока с улиц Стоярова и Селенгинской. Створ наблюдений выбран около железобетонного мостика через коллектор. Средний уклон водосбора составляет 0,048, а его площадь - около 42 га. Данный водосбор является очень характерным для г. Читы и представлен как современной, так и деревянной застройкой: площадь водонепроницаемых покрытий составляет 70 % от всей площади водосбора.

Створ наблюдений располагался на расстоянии 0,5 м выше по течению железобетонного мостика через коллектор. Одновременно с отбором проб определялся расход сточных вод путем расчета по формуле Шези, для чего нивелированием был определен уклон лотка коллектора ($i = 0,042$) и на основании натурных наблюдений установлен его коэффициент шероховатости ($n = 0,025$).

Объект № 2 и объект № 3 расположены соответственно под железнодорожным мостом в нижней части ул. Полины Осипенко и на железнодорожном вокзале. Средний уклон водосборов составляет 0,044, а их площадь - около 21 га и 27 га соответственно. Водосборы представлены в основном современной застройкой, площадь водонепроницаемых покрытий составляет 80% и 70%. Отбор проб проводился непосредственно с дорожного покрытия в местах впадения ливневых сточных вод в приемные коллектора.

Химические анализы проб выполнялись в аттестованной гидрохимической лаборатории кафедры Водного хозяйства и инженерной экологии Читинского государственного университета по унифицированным методикам. Всего отобрано и обработано 62 пробы по одиннадцати показателям - взвешенные вещества, нефтепродукты, БПК, ХПК, железо, хром и медь, ионы аммония, нитраты, нитриты и фосфаты. Результаты химических анализов проб представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Основные результаты химических анализов проб

Определяемые компоненты	Число определений	Концентрация, мг/л	
		средняя	максимальная
Взвешенные вещества	62	2328,97	10678
Нефтепродукты	61	4,74	13,2
ХПК	41	852,41	3776,7
БПК	35	211,63	498,7
Железо	24	13,47	88,9
Хром	21	0,1	0,245
Медь	21	0,03	0,267
Ионы аммония	3	3,82	4,54
Нитраты	3	1,64	2,02
Нитриты	3	0,49	0,59
Фосфаты	3	0,49	0,85

3 Обобщение результатов экспериментальных исследований

Результаты исследований свидетельствуют, что формирование качественного состава поверхностных сточных вод имеет две фазы (рисунок 1).

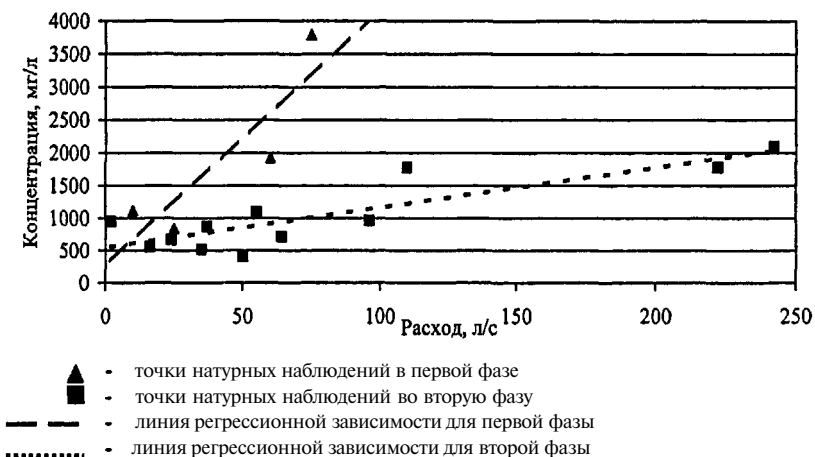


Рисунок 1 - Зависимости концентрации взвешенных веществ от расхода ливневых сточных вод в первой и второй фазах дождя

В первой фазе в результате интенсивного смыва накопившихся загрязнений на водосборной площади за период между дождями их концентрация зависит от расхода ливневых сточных вод, времени между дождями и объема стока с начала выпадения осадков. Во вторую фазу смыв

определяется массой загрязняющих веществ, постоянно находящихся на водосборе (депонированных в почво-грунтах, порах дорожных покрытий и т.д.). В этой фазе концентрации ингредиентов зависят от расхода ливневого стока в замыкающем створе: концентрация взвешенных веществ с увеличением расхода увеличивается, а остальных ингредиентов - снижается (рисунок 2).

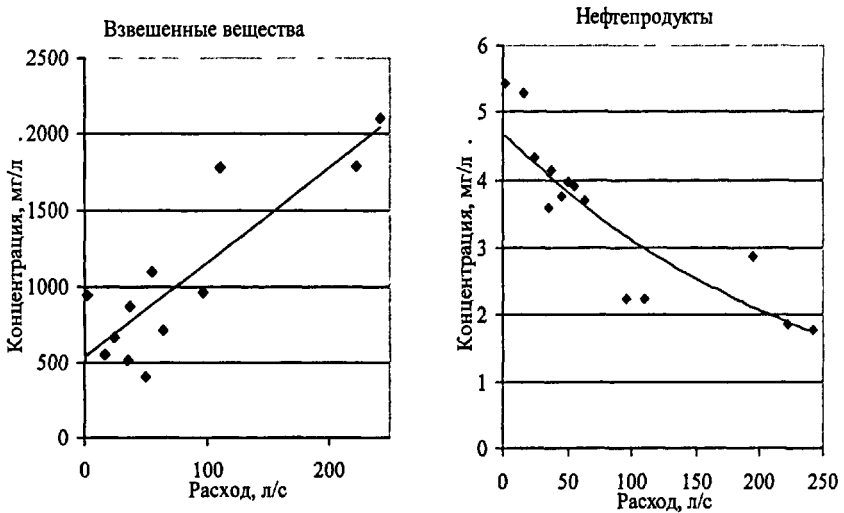


Рисунок 2 - Примеры зависимостей концентрации загрязняющих веществ от расхода поверхностных сточных вод в замыкающем створе

Статистическая обработка позволила получить регрессионные зависимости концентрации ингредиентов в дождевом стоке от его расхода в замыкающем створе во второй фазе дожда:

$$\begin{aligned} C_{\text{взв}} &= 0,0062 \cdot Q + 0,5417; \\ R^2 &= 0,74; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} C_{\text{нефт}} &= 4,6943 \cdot \exp(-0,0041 \cdot Q); \\ R^2 &= 0,78; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} C_{\text{ХПК}} &= -75,35 \cdot \ln(Q) + 603,54; \\ R^2 &= 0,58; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} C_{\text{БПК}} &= -9,074 \cdot \ln(Q) + 63,024; \\ R^2 &= 0,6; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} C_{\text{Fe}} &= -2,1 \cdot \ln(Q) + 15,7; \\ R^2 &= 0,81; \end{aligned} \quad (5)$$

железо

$$C_{Cr_n} = 0,0019 \cdot (Q) + 0,0134; \quad R^2=0,44; \quad (6)$$

$$C_{Cu_n} = 0,16 \cdot \exp(0,014 \cdot Q); \quad R^2=0,56. \quad (7)$$

Результаты исследований позволили оценить вынос ингредиентов с дождевым стоком с центральной части г. Читы (таблица 3). Результаты расчетов свидетельствуют о том, что масса выноса загрязняющих веществ с дождевым стоком сопоставима с массой загрязнений, содержащихся в неочищенных хозяйственно-бытовых стоках города.

После сброса дождевых сточных вод в р. Чита концентрация ингредиентов в ней значительно увеличивается. Расчеты динамики сброса загрязняющих веществ с территории города, наложенные на гидрограф стока водоприемника показали, что при экстремальных ливнях, выпадающих в период низкой межени, концентрации могут возрасти более чем на порядок.

Таблица 3 - Среднегодовой сброс загрязняющих веществ с территории г. Читы в водные объекты

Вид сточных вод	Сброс ингредиентов, т						
	взвешенные вещества	нефте-продукты	железо	медь	хром	ХПК	БПК
Дождевые (с центральной части города)	36845,16	54,361	108,35	0,51	1,53	13610,68	2125,39
Хозяйственно – бытовые (на городские очистные сооружения)	3846,16	149,82	75,22	1,13	0,409	9687,79	5388,4

4 Методика оптимизации очистки ливневого стока и оценка ее экономической эффективности

Принципиальная возможность установления закономерностей формирования качественного состава дождевого стока с отдельных водосборов, установленная в результате экспериментальных исследований, позволяет более рационально определять мероприятия по его очистке. В наибольшей степени это актуально для населенных пунктов, не имеющих централизованной системы ливневой канализации. В них необходимо проведение экономически неоправданных мероприятий, так как для достижения нормативных показателей качества требуется создание крайне дорогих инженерных коммуникаций и сооружений, рассчитанных на очистку стока от дождя редкой интенсивности и продолжительности.

Предлагаемый методический подход к выбору водоохранных мероприятий основан на допустимости кратковременного превышения нормативных показателей качества сбросных вод. Выбор оптимальной схемы очистки и параметров сооружений должен базироваться на сопоставлении затрат на реализацию мероприятий и остаточного воздействия очищенных сточных вод на водоприемник. Это позволяет производить очистку основного объема стоков со значительно меньшими затратами, чем при гарантированном обеспечении всех нормативных требований.

При уменьшении массы загрязняющих веществ, сбрасываемых в водоприемник с дождевым стоком, ущерб от его загрязнения сокращается по линейному закону. В то же время затраты, необходимые для реализации мероприятий, обеспечивающих снижение загрязнения, растут по степенному закону. Таким образом, суммирующая функция «затраты + ущерб», должна иметь минимум и являться целевой функцией поиска оптимального решения.

$$Z + Y \rightarrow \min,$$

где Z - приведенные затраты на осуществление мероприятий по сокращению отрицательного воздействия дождевого стока на водный объект; Y - среднегодовой остаточный ущерб водному объекту от загрязнения дождевым стоком, определяемый как сумма произведений масс загрязняющих веществ m_a ($a = \overline{1...A}$ - порядковый номер ингредиента) на удельный ущерб y_a :

$$Y = \sum_{a=1}^A m_a \cdot y_a. \quad (9)$$

Приведенные затраты на осуществление мероприятий по сокращению отрицательного воздействия дождевого стока на водный объект в общем случае складываются из затрат на благоустройство водосборной площади (уборку территории, ремонт дорожных покрытий, озеленение и др.), на сооружение и эксплуатацию ливневой канализации, а также на строительство и эксплуатацию очистных сооружений. Эффект от реализации мероприятий по благоустройству и канализованию территории проявляется в общем снижении содержания загрязняющих веществ в поверхностном стоке и в изменении закономерностей их формирования. Более однозначным является эффект от очистки дождевого стока. В качестве примера в диссертационной работе рассмотрено использование горизонтальной песколовки для очистки поверхностного стока от взвешенных веществ.

При известном гидрографе осадков можно с учетом их трансформации на водосборе найти гидрограф стока в замыкающем створе и по зависимости

типа (1), установленной для конкретного участка, - изменение концентрации взвешенных веществ. Тогда масса взвешенных частиц, задержанных песколовкой, составит '

$$\Delta m = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J m_{ij} \cdot K_{ij} \quad (10)$$

где m_{ij} и K_{ij} - соответственно масса поступивших в песколовку и доля осевших в ней частиц i -ой фракции за интервал времени Δt_j , определяемые по зависимостям:

$$m_{ij} = C_{\text{взв.},j} \cdot Q_j \cdot \Delta t_j \cdot P_i / 100, \quad (11)$$

$$K_{ij} = h_{ij} / H. \quad (12)$$

В (11)-(12) использованы следующие обозначения: $C_{\text{взв.},j}$ - концентрация взвешенных веществ на входе в песколовку в j -ый момент времени; Q_j - расход ливневых сточных вод в j -ый промежуток времени; P_i - процентное содержание частиц i -ой фракции; $h_{ij} = L \cdot u_{ij} / V_j$ - высота осаждения частиц i -ой фракции за время Δt_j ; L - рабочая длина песколовки; $u_{ij} = w_i - \omega_j$ - скорость осаждения частицы i -ой фракции в движущемся турбулентном потоке за интервал времени Δt_j ; w_i - средняя гидравлическая крупность частиц i -ой фракции; ω_j - вертикальная турбулентная составляющая; V_j - средняя скорость потока в песколовке.

Для реализации сформулированной математической модели разработана программа, состоящая из двух блоков. Первый блок предназначен для расчета трансформации гидрографа осадков в гидрограф стока в замыкающем створе водосбора. За его основу принят метод «изохрон». В качестве исходных данных использованы данные наблюдений за осадками по метеостанции в г. Чите за 25 лет. В результате расчета для каждого дождя вычисляется изменение баланса воды на отдельных участках водосбора за расчетные интервалы времени и гидрограф стока дождевых вод в замыкающем створе водосбора (рисунок 3).

Второй блок представляет собой программу вычисления концентрации взвешенных веществ в зависимости от расхода сточных вод, массы взвешенных веществ на входе и выходе из горизонтальной песколовки и эколого-экономических показателей очистки.

Результаты моделирования свидетельствуют, что для рассматриваемого локального водосбора оптимальным вариантом является применение песколовки, обеспечивающей 73%-ую эффективность очистки дождевого

стока от взвешенных веществ. В то же время, учитывая, что в зоне оптимума результирующая функция «затраты + ущерб» имеет незначительную кривизну (рисунок 4) может быть рекомендован вариант, обеспечивающий эффективность очистки 81 %. При несколько худших экономических показателях данный вариант позволяет получить более значительный экологический эффект. При дальнейшем увеличении размера песколовки эффективность очистки возрастает крайне медленно (рисунок 5).

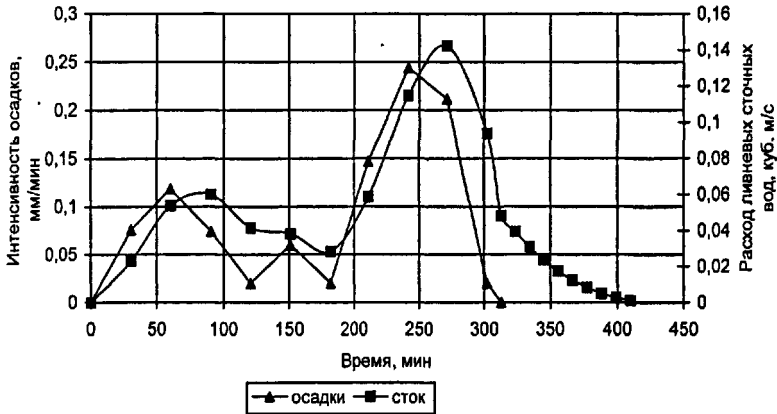


Рисунок 3 - Трансформация гидрографа осадков в гидрограф стока

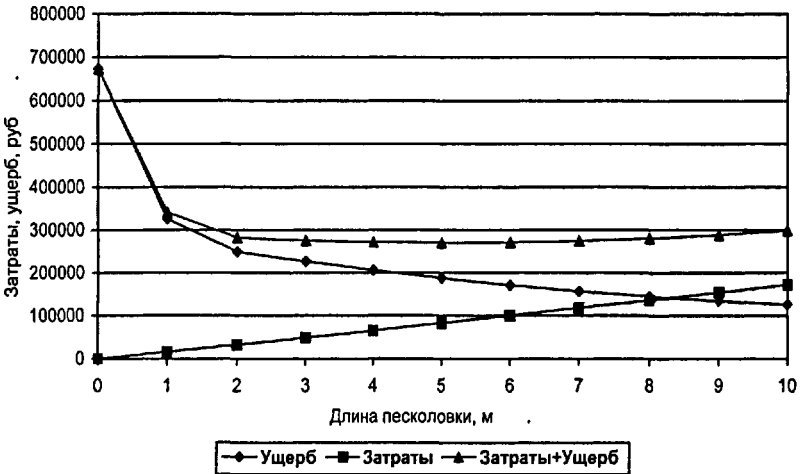


Рисунок 4 - Зависимости экономических показателей при ширине песколовки 5 метров

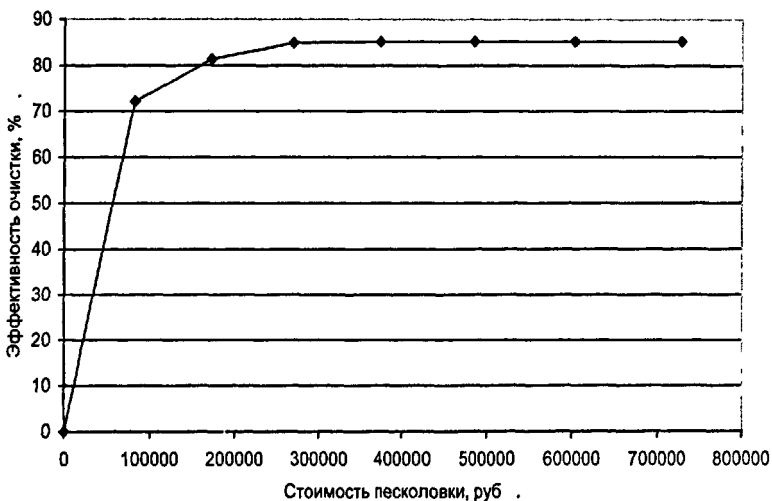


Рисунок 5 - Зависимость эффективности очистки от стоимости песколовки

Для эколого-экономической оценки эффективности использования предложенной методики произведено сопоставление полученных результатов с результатами расчета песколовки, обеспечивающей нормативную очистку. Они показали, что строительство такой песколовки требует в 30 раз больших капитальных затрат при увеличении эффективности очистки стока от взвешенных веществ только в 1,19 раза. Таким образом, строительство за те же средства 30 малых песколовок на локальных водосборах позволяет извлечь из сточных вод в 22,7 раза больше взвешенных веществ.

Таким образом, апробация предложенной методики на примере очистки дождевого стока от взвешенных веществ показала, что достижение нормативных показателей экономически не оправдано при существующих ставках платы за сброс загрязняющих веществ в водные объекты. На рисунке 6 представлены результаты расчетов экономически оптимального варианта очистки поверхностного стока от взвешенных веществ при различных ставках платы, которые свидетельствуют, что при повышении ставок оптимальный вариант обеспечивает более эффективную очистку стоков.

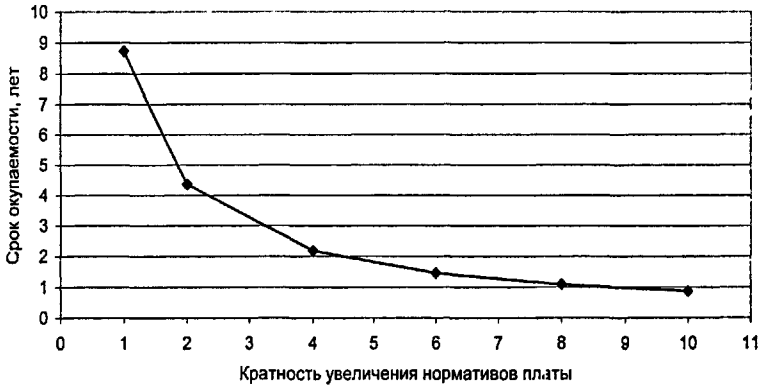


Рисунок б - Зависимость срока окупаемости от увеличения нормативов платы за загрязнение

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе решается важная задача снижения загрязнения водных объектов стоком с урбанизированных территорий.

Основные выводы, полученные автором, заключаются в следующем:

1. В городах со сложными формами рельефа загрязненность дождевого стока значительно выше аналогичных показателей качества поверхностного стока с равнинных территорий. Это объясняется развитием эрозионных процессов под воздействием значительной скорости движения ливневых потоков.
2. Формирование качественного состава поверхностных сточных вод имеет две фазы. В первой фазе содержание загрязняющих веществ зависит от расхода сточных вод, времени между дождями и объема стока с начала выпадения осадков. Во второй фазе концентрации ингредиентов однозначно зависят от расхода ливневого стока в замыкающем створе локального водосбора, что позволяет построить соответствующие регрессионные зависимости.
3. Установлено, что во второй фазе формирования стока концентрации основных загрязняющих веществ снижаются с ростом расхода дождевого стока, за исключением взвешенных веществ, концентрация которых возрастает.
4. Новый подход к определению параметров мероприятий по защите водных объектов от загрязнения стоком с урбанизированных территорий, основанный на учете закономерностей изменения его качественного состава, позволяет значительно повысить эколого-экономическую эффективность мероприятий.

5. Апробация предложенной методики на примере очистки дождевого стока от взвешенных веществ показала, что достижение нормативных показателей экономически не оправдано при существующих ставках платы за сброс загрязняющих веществ в водные объекты.
6. Развитие предложенного подхода к планированию мероприятий по защите водных объектов от загрязнения стоком с урбанизированных территорий предполагает необходимость проведения дальнейших исследований, направленных на возможность оценки воздействия мероприятий на водосборе на качество дождевого стока и модернизацию математической модели в направлении учета как можно большего числа ингредиентов.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Жигарев Д.В. Экспериментальное исследование дождевого стока с территории г. Читы // Вестник Читинского государственного технического университета. - Вып. 18. - Чита: ЧитГТУ, 2001. - С. 81-84.
2. Жигарев Д.В., Шаликовский А.В. Выбор оптимального варианта защиты водных объектов от загрязнения поверхностными сточными водами // V Междунар. конференция «Акватerra». Тезисы докладов. - СПб., 2002. - С. 62-63
3. Жигарев Д.В., Шаликовский А.В. Закономерности формирования поверхностного стока с территории г. Читы и его роль в загрязнении водных объектов // Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользования: Матер. науч. конф. - Чита: ЧИПР СО РАН, 2001. - С. 127-128.
4. Жигарев Д.В., Шаликовский А.В. Прогноз воздействия ливневых сточных вод г. Читы на водные объекты // Проблемы прогнозирования в современном мире: Тезисы докладов международной конференции. - Чита: ЧитГТУ, 1999. - С.18-20
5. Жигарев Д.В., Шаликовский А.В. Снижение вредного воздействия ливневых вод на водные объекты // Чистая вода России-2003: Тезисы докладов VII межд. симп. - Екатеринбург, 2003. - С. 35.
6. Жигарев Д.В., Шаликовский А.В. Учет закономерностей формирования дождевого стока с селитебных территорий при планировании водоохраных мероприятий.// Водные ресурсы и водопользование. - Екатеринбург-Чита: Изд-во РосНИИВХ, 2003. - С. 110-114.

7. Жигарев Д.В., Шаликовский А.В. Закономерности формирования поверхностного стока с территории г. Читы и его роль в загрязнении водных объектов /Чистая вода России-2001: Тезисы докладов VI межд. симп., Екатеринбург: УрО РАН, 2001. - С. 31.

8. Жигарев Д.В. Исследование поверхностного стока, сформированного на селитебной территории: Информ. листок. - Чита: ЦНТИ, 2003.- № 81-037-03.-3 с.

Лицензия ЛР № 020525 от 02.06.97г.

Сдано в производство 18.11.2004г.

Уч.-изд. л.1

Тираж 100 экз.

Усл. печ.л.1

Заказ № 117

Читинский государственный университет
672039, Чита, ул. Александрово-Заводская, 30

РИК ЧитГУ

#26216