

На правах рукописи



СЕНАТОВ Александр Сергеевич

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО - ДОПУСТИМОЙ
АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОТОК МАЛОЙ РЕКИ**

Специальность 25.00.36 – геоэкология

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук**

Москва - 2005

Работа выполнена на кафедре экологии Владимирского государственного университета

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Трифопова Татьяна Анатольевна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Шварцбург Леонид Эфраимович

доктор геолого-минералогических наук,
профессор
Хаустов Александр Петрович

Ведущая организация: Институт геоэкологии РАН, г. Москва

Защита диссертации состоится «15» декабря 2005 г. в «14» часов на заседании диссертационного совета Д.212.203.17 в Российском университете дружбы народов по адресу: 1130903, Москва, Подольское шоссе 8.5, экологический факультет РУДН тел. (095) 952-77-07 факс (095) 952-89-01

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Российского университета дружбы народов по адресу: 117923, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Автореферат разослан « 12 » ноября 2005 г.

Учёный секретарь диссертационного совета
доктор биологических наук, профессор



Н.А. Черных

2006-4
20304

2200495

Актуальность работы. Прогрессирующее загрязнение бассейнов малых рек - одна из актуальнейших проблем современной экологической науки. Около 99 % рек Волжского бассейна – типичные малые реки. Актуальность проблемы связана с тем, что малые реки гораздо более чувствительны к антропогенному воздействию. Руслу этих рек принимают основную техногенную нагрузку от предприятий - природопользователей, находящихся, порой, на достаточно большом удалении друг от друга и относящихся к различным административно-территориальным единицам (районам, областям и краям). Водотоки при этом выполняют транспортную функцию и переносят токсичные загрязняющие вещества с одних территорий, на которых они были образованы и поступили в водоток, на другие – соседние, которые вынуждены принимать на себя этот токсичный поток. Таким образом, перенос загрязняющих веществ носит трансграничный характер и вызывает целый ряд проблем не только экологических, но и нормативно-правовых. Следовательно, для решения подобного рода задач, а именно, для экологически грамотного управления экосистемой, в исследованиях целесообразно применение бассейнового подхода.

Анализ показывает, что многие работы направлены на исследование процессов загрязнения экосистем различными поллютантами. Такие работы, как правило, констатируют установленные исследователями закономерности загрязнения, но не содержат конкретных технических рекомендаций по улучшению экологической обстановки в регионе.

Другие экологические исследования, напротив, содержат сугубо технические разработки для решения локальной экологической проблемы конкретного предприятия – природопользователя, точнее, его технологии производства, влияющего на экосистемы. Такие работы не учитывают комплексного подхода, и усовершенствованная отдельно взятым предприятием технология, например, обезвреживания отходов производства может совершенно не повлиять на общую экологическую ситуацию в экосистеме. Поэтому, для принятия управленческих решений по усовершенствованию природоохранных технологий, актуальным является выявление приоритетных задач по защите экосистем от доминирующих загрязнителей бассейна.

Актуальным является разработка принципов нормирования антропогенной нагрузки на природные объекты. Этой теме и посвящена настоящая работа.

Цели и задачи исследований. Цель данного исследования состояла в разработке принципов экологической оценки антропогенного загрязнения водотоков малых рек и определения предельно допустимой нагрузки.

Поставленная цель определила следующие задачи :

- изучить динамику и характер антропогенного загрязнения водотоков речных бассейнов малых рек;



- изучить влияние доминирующих загрязняющих веществ на самоочищающую способность водотока;
- разработать математическую модель, описывающую состояние речной экосистемы при перманентной техногенной нагрузке;
- разработать технические рекомендации по снижению антропогенного воздействия от доминирующих загрязняющих веществ.

Научная новизна работы.

- Установлено, что сброс тяжёлых металлов в бассейн реки Колокша свыше 750 усл.т/год (с учётом модуля стока $7,55 \times 10^{-6}$ усл.т/(год \times м³)) может приводить к резкому снижению самоочищающей способности.

- Предложена математическая модель, позволяющая оценить процессы экологического самоочищения системы, её состояние до критического сброса тяжёлых металлов в водоток, а так же оценить и спрогнозировать период восстановления экосистемы и состояние в случае полного отсутствия сбросов тяжёлых металлов.

- Предложена комплексная технологическая схема очистки сточных вод гальванического производства, позволяющая минимизировать отрицательное техногенное воздействие тяжёлых металлов на окружающую среду.

Защищаемые положения.

Снижение самоочищающей способности водотока выражается в скачкообразном увеличении концентрации соединений органического азота при неизменной динамике их сброса в водоток.

Увеличение концентрации в воде органического азота может быть вызвано снижением скорости процессов биогенной деструкции органического вещества в результате гибели гидробионтов при критическом сбросе соединений тяжёлых металлов, превышающих предельно допустимые значения.

Рекомендованная схема экологического исследования антропогенного загрязнения и соответствующая математическая модель являются универсальными и могут быть использованы для установления специфики техногенной нагрузки и оценки процессов самоочищения в любом водосборном бассейне.

Практическая значимость.

По результатам исследований можно оценить ущерб, наносимый сбросами. Представляется возможность спрогнозировать состояние экосистемы и лимитировать сброс загрязняющих веществ в бассейн. Это может являться основой для экономического регулирования и направленного проведения природоохранных мероприятий по снижению антропогенной нагрузки.

Рекомендации по оценке антропогенной нагрузки, изложенные в работе, рекомендовано использовать природоохранным организациям различного уровня для изучения закономерностей загрязнения водных объектов.

Технические рекомендации по снижению антропогенной нагрузки и усовершенствованию системы водоочистки рекомендованы предприятиям, имеющим гальванические производства.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается: корректной постановкой задачи исследований, обоснованным использованием методов обработки статистических данных, физико-химических методов анализа, достаточным объёмом исследования и результатами расчётов.

Апробация результатов работы. Основные научные и практические результаты докладывались на первой международной научно-практической конференции «Экология речных бассейнов» (Владимир, 1999г.); III съезде докучаевского общества почвоведов (г. Суздаль, 2000г.); международный конгресс «Экватек 2002. Вода. Экология и технологии» (г. Москва, 2000 г.); второй международной научно-практической конференции «Экология речных бассейнов» (Владимир, 2002 г.)

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 работ.

Объём и структура работы. Диссертация изложена на 148 страницах машинописного текста, включает 20 таблиц, 28 рисунков и 3 приложения. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения в виде технических рекомендаций, выводов, списка литературы, приложений. Список литературы содержит 132 наименования работ отечественных и зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. Литературный обзор.

Проведен анализ работ по оценке антропогенной нагрузке на бассейны рек. Водосборный бассейн реки рассматривается как сложная фундаментальная экологическая система, формирующаяся геоэволюционным путём и имеющая естественные природные границы. (Г.В. Добровольский, 1993; Протасов В.Ф., 1995; Молчанов А.В., 1995; А.Н. Павлов, 1999; А.П. Хаустов, 1998; Т.А. Трифонова 1996). Учитывая сложность био-, геохимических превращений и миграций загрязняющих веществ, водосборный бассейн реки рассматривается как антропогенно изменённый ландшафт или «ландшафтно-геохимическая система» (Т.А. Трифонова, 1994; Г.В. Добровольский, 1994; А.П. Хаустов, И.С., 1995; Ломоносов 1995; В.С. Столбовой, И.Ю. Савин, 1996; В.И. Кирюшин 1997; М.А. Глазовская, 1988; И.И. Porman R.T., 1981; Godron M. 1981, U. Odum 1985). Задачи экологизации рассматриваются через фундаментальные принципы системного анализа, управления, экологии, методы математики и информатики с целью математического моделирования и прогнозирования состояния и развития экосистем, в частности, их самоочищающей способности (Пэнтл Р., 1979; Смит Дж., 1976; Джефферс Дж., 1981; Петросян Л.А., 1997; Казиев В.М.,

1996) Предпринимаются попытки математического описания с помощью дифференциальных уравнений, иллюстрирующих процессы антропогенной трансформации ландшафтов (И.И. Мазур 1999; О.И. Молдаванов 1999).

Приводятся методики определения предельно допустимых техногенных нагрузок на экосистемы, оценки сценариев развития кризисных ситуаций в случае превышения техноёмкости (Акимова Т.А., 1994; Хаскин 1994) и выбора наиболее подходящего (по экономическим признакам) варианта управленческих решений (Н.И. Алексеевский, 1999; В.А. Жук, 1999; Н.Л. Фролова, 1999).

Таким образом, в целях рационального природопользования, требуется оценка всего объёма антропогенной нагрузки с выявлением доминирующих загрязнителей, для последующего прогнозирования динамики её воздействия на экосистемы и для целенаправленной природоохранной политики.

ГЛАВА 2. Объект и методы исследования.

Объектом настоящего исследования явилась система водотоков малого речного бассейна реки Колокша, находящаяся на территории Владимирской области (рисунок 2.1.). Река Колокша является рекой четвёртого порядка Волжского бассейна (бассейн реки Волга - первого), левобережным притоком р. Клязьмы и впадает в неё в 326 км от устья. Общая длина реки Колокша составляет 146 км, площадь водосбора – 1430 км². Бассейн реки состоит из бассейнов рек пятого порядка – притоков реки Колокша.

Бассейн реки Колокша практически полностью (на 85%) расположен на территории Суздальского Ополья, где преобладают почвы с повышенным для зоны Нечерноземья содержанием гумуса - до 5,5%.

Данная особенность территории определила особенности природо- и землепользования. На территории бассейна реки Колокша находятся и оказывают антропогенную нагрузку на водотоки в общей сложности около 70 различных предприятий – природопользователей. Из них – 43% - сельскохозяйственного профиля, 24% занимаются промышленным производством; 33% - прочие (объекты жилищно-коммунального хозяйства, культурно-бытовые объекты и т.д.). Из общего числа предприятий 23% осуществляют сброс сточных вод в реку Колокша,

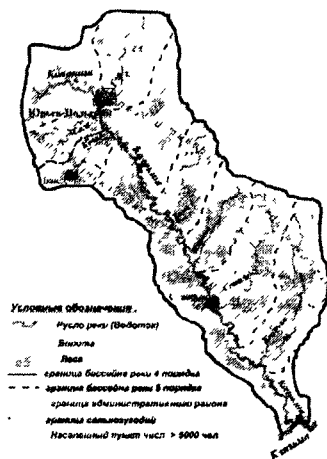


Рис 2.1. Карта-схема бассейна реки Колокша

непосредственно. В структуре землепользования сельскохозяйственные угодья занимают 47% площади бассейна, луга – 39%, леса – 13%, болота – 1%.

Предприятия данного сельхозпрофиля в меньшей степени оказывают влияние на антропогенное загрязнение водотоков бассейна.

В основу методологии экологического исследования бассейна реки Колокша был положен системный подход. В качестве фундаментальной структурной экологической единицы был выбран водосборный бассейн, в частности, система водотоков.

Анализ динамики изменения антропогенной нагрузки на водоток осуществлялся с применением статистических методов обработки информации за период с 1993 по 2003 гг. на основании государственных статистических отчётов 2ТП-водхоз.

Установление влияния доминирующих загрязняющих веществ проводилось с применением методов системного анализа, устанавливающих особенности взаимодействия гидробионтов и окружающей природной среды.

Качество воды в водотоках малых рек определялось на основании Методики определения индекса загрязнения воды (ИЗВ). Отбор проб воды осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.1.01-77 «Охрана природы. Гидросфера». Для отбора проб воды и гидробионтов были установлены следующие мониторинговые точки на реке Колокша: исток, выше и ниже г. Юрьев-Польский, выше и ниже п. Ставрово, устье р. Колокша и притоков. Для установления эффективности применения ионитных смол в качестве основного способа доочистки сточных вод применялись методы определения динамической обменной ёмкости и их

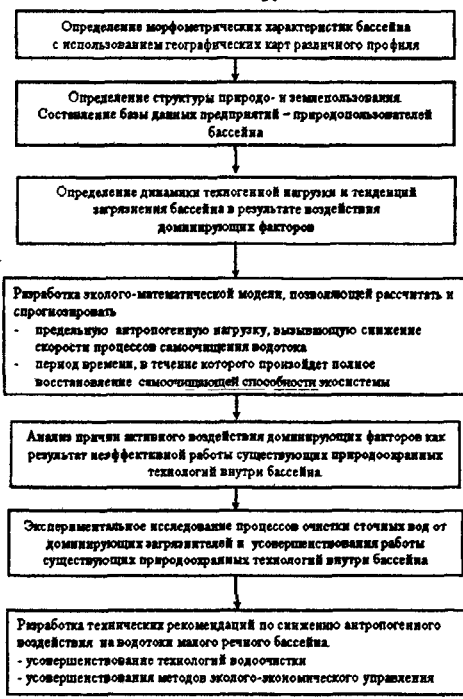


Рис 2.2. Принципиальная схема исследования антропогенной нагрузки и выработки пути снижения её воздействия на систему водотоков.

последующего сравнения. Определение тяжёлых металлов как в речной воде так и в элитах осуществлялось атомно-адсорбционным методом.

В 2002-2003 гг. нами оценивалась самоочищающая способность реки через гидробиологические показатели.

Расчёт эколого-экономического ущерба, наносимого реке, проводился на основании Методики определения предотвращённого экологического ущерба.

Для составления эколого-математической модели были применены методы моделирования, обработки данных, включая аппроксимацию, интерполяцию и экстраполяцию. Для математической обработки результатов исследования использовались программные комплексы Microsoft Excel и MatCad 2000.

Результатом разработки подходов при оценке специфики антропогенной нагрузки на экосистему водотока явилась принципиальная схема, представленный на рис. 2.2. В соответствии с ней и проводилась экспериментальная и расчётная части данной работы.

ГЛАВА 3.

Исследование процессов загрязнения водосборного бассейна реки

Колокша и их влияние на самоочищающую способность

Исследование процессов загрязнения водосборных бассейнов является важной проблемой. Тенденции загрязнения большинства экосистем индивидуальны для каждого бассейна и определяются исторически сложившейся структурой распределения промышленного производства.

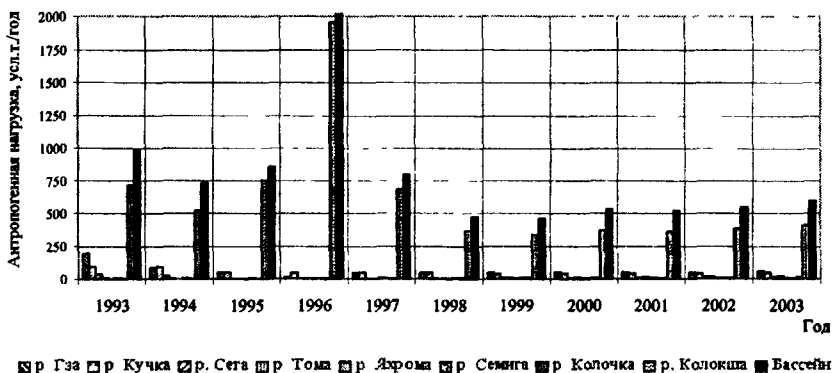
Сбор данных о сбросах природопользователей проводился на основе картографической информации, в соответствии с их распределением по территории бассейна и влиянию на соответствующие водотоки. На основании государственных статистических отчётов 2 тп-водхоз установлен перечень из 22 наименований веществ, поступающих антропогенным путём в водотоки бассейна реки Колокша. Валовая антропогенная нагрузка за отчётный год определялась суммированием i -го ингредиента (в тоннах за год) и последующим приведением полученного значения к единицам токсичной массы (условным тоннам за год).

Динамика изменения антропогенной нагрузки на бассейн реки Колокша (включая и притоки) за исследуемый период с 1993 по 2003 годы представлена на рис. 3.1 Одновременно проводилась обработка данных гидрохимического мониторинга с определением индекса загрязнения воды (ИЗВ) за тот же период в устьевых створах притоков и в главном водотоке реки Колокша (рис. 3.2.).

Бассейн реки Гза. За период с 1993 по 2003 гг. максимальный сброс в бассейн реки Гза отмечается в 1993 году и составляет около 20 % от общего сброса в бассейн реки Колокша, минимальный сброс в 1996 – около 1 %. Основными загрязнителями этого бассейна являются предприятия текстильного, пищевого, сельскохозяйственного профиля, а так же сектор ЖКХ

города Юрьев-Польский. Поэтому, сточные воды этих предприятий имеют в своём составе, преимущественно, загрязнители органического происхождения: соединения азота, фосфаты, а так же нефтепродукты и СПАВ. Для этих вод характерно повышенное значение показателя БПК5. Индекс загрязнения воды (ИЗВ) за период с 1993 по 2003 находился на уровне 2 - 4 единиц в устье реки Гза, что соответствует качеству воды «загрязнённая». Если выше г. Юрьев-Польский и выше впадения реки Гза ИЗВ₁ в реке Колокша составляет от 0,2 до 1,0 (вода «чистая»), то ниже г. Юрьев-Польский ИЗВ₂ - от 1,0 до 2,0 («умеренно загрязнённая»). Река Гза оказывает, таким образом, загрязняющий

Рис. 3.1. Динамика изменения антропогенной нагрузки на бассейн реки Колокша в период с 1993 по 2003 годы.



эффект по отношению к водотоку реки Колокша.

Бассейн реки Сега. За период с 1993 по 2003 гг. максимальный сброс в бассейн реки Сега отмечается в 1993 году и составляет 40,1 усл.т/г (около 1 % от общего сброса). Основные предприятия – сельскохозяйственные, имеющие незначительные объёмы производственных, ливневых и талых сточных вод. ИЗВ за период с 1993 по 2003 гг. лежит в пределах от 0,2 до 1,0 и соответствует «чистым» водам. Не исключается попадание загрязняющих веществ в результате смыва с поверхности сельхозугодий и в процессе инфильтрации. Выше впадения реки Сега река Колокша характеризуется ИЗВ₁ от 1,0 до 2,0 («умеренно загрязнённая»), ниже впадения (ИЗВ₂) – не изменяется.

Бассейн реки Кучка. За период с 1993 по 2003 гг. максимальный сброс в бассейн реки Кучка отмечается в 1993 году и составляет 9,6 % от общего сброса в бассейн реки Колокша. Основными загрязнителями бассейна являются

сельхозпредприятия, а так же одно предприятие, имеющие гальванические стоки (ОАО «Бавленский завод электродвигателей»), поэтому, в водотоке Кучка, кроме превышения ПДК по соединениям азота, установлено превышения ПДК по соединениям меди. В целом качество воды в водотоке Кучка характеризуется ИЗВ от 2,0 до 4,0 («загрязнённая»). Однако на водоток реки Колокша она не оказывает существенного загрязняющего воздействия $ИЗВ_1=ИЗВ_2$ от 1,0 до 2,0. По видимому, это объясняется гидрологическими особенностями этого участка реки Колокша – активная подпитка реки подземными водами позволяет снизить концентрацию ЗВ, поступающих с водотока реки Кучка.

Бассейн реки Тома. За период с 1993 по 2003 гг. максимальный сброс в бассейн реки Тома отмечается в 2001 году и составляет 2,6 % от общего сброса в бассейн реки Колокша. Сельхозпредприятия оказывают несущественную антропогенную нагрузку на водоток реки Тома, однако превышение содержания железа до 2,5 ПДК свидетельствует о подпитке водотока реки Тома выходящими на поверхность артезианскими водами, обогащёнными соединениями двухвалентного железа. В целом, качество воды в водотоке Тома характеризуется ИЗВ от 0,2 до 1,0 («чистая»). На водоток реки Колокша она не оказывает отрицательного воздействия - $ИЗВ_1=ИЗВ_2$ от 1,0 до 2,0.

Бассейн реки Яхрома. За период с 1993 по 2003 гг. максимальный сброс в бассейн реки Яхрома отмечается в 1997 году и составляет 1,3 % от общего сброса в бассейн реки Колокша. Основные природопользователи – объекты ЖКХ, сельхоз- и автотранспортные и ремонтные предприятия. В результате их воздействия периодически в устье реки Яхрома фиксируется превышение содержания нефтепродуктов до 1,5 ПДК. В целом, качество воды в водотоке Тома характеризуется ИЗВ от 0,2 до 1,0 («чистая»). На водоток реки Колокша она не оказывает отрицательного воздействия - $ИЗВ_1=ИЗВ_2$ от 1,0 до 2,0.

Бассейн реки Семига. За период с 1993 по 2003 гг. максимальный сброс в бассейн реки Семига отмечается в 1993 году и составляет 1,3 % от общего сброса в бассейн реки Колокша. Основные природопользователи – сельхоз- и авторемонтные предприятия. Превышение ПДК по соединениям азота и БПК, несмотря на развитие сельского хозяйства в этих районах, не отмечается, благодаря, возможно, высокой скорости ассимиляции органического вещества. В целом, качество воды в водотоке Семига характеризуется ИЗВ от 0,2 до 1,0 («чистая»). На водоток реки Колокша она не оказывает отрицательного воздействия - $ИЗВ_1=ИЗВ_2$ от 4,0 до 6,0 («вода грязная» однако причины резкого увеличения ИЗВ в водотоке реки Колокша никак не связаны с влиянием реки Семига и будут рассмотрены ниже).

Бассейн реки Колочка. За период с 1993 по 2003 гг. максимальный сброс в бассейн реки Колочка отмечается в 2001 году и составляет 2,1 % от общего

сброса в бассейн реки Колокша. В устье водотока превышение ПДК не отмечается, несмотря на активное развитие сельского хозяйства. Качество воды в водотоке Колокша характеризуется ИЗВ от 0,2 до 1,0 («чистая»). На водоток реки Колокша она не оказывает существенного отрицательного воздействия - $ИЗВ_1 = ИЗВ_2$ от 4,0 до 6,0.

Бассейн реки Колокша. Динамика сбросов непосредственно в водоток реки Колокша существенно отличается от динамики сброса в бассейны её притоков. Максимальный сброс приходится на 1996 год и составляет 96,4 % от всех сбросов в бассейн. Минимальный сброс отмечается в 1999 году – 73 %.

На водоток реки Колокша оказывает влияние целый ряд разнопрофильных предприятий Юрьев-Польского и Собинского районов – объекты ЖКХ, сельхозпредприятия и предприятия, имеющие гальванические производства (ОАО «Ставропольский завод автотракторного оборудования»), а, следовательно, и сточные воды соответствующего состава. По этой причине, для установления группы доминирующих сбросов загрязняющих веществ, проведено их ранжирование и объединение, сообразно природе их антропогенного происхождения. Результаты представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Ранжирование антропогенной нагрузки по группам соединений

Группа соединений	Сброс группы соединений, усл.т/год										
	Доля группы соединений в общей массе сбросов, %										
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Тяжелые металлы (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{3+})	486,8	330,5	444,7	1636,2	435,3	161,3	147,6	138,3	176,0	178,0	185,3
	49,4	45,1	51,7	80,5	54,6	34,1	31,7	26,1	33,9	38,5	40,5
Соединения азота (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-)	201,9	171,9	166,1	150,9	168,3	150,3	147,7	176,3	189,3	195,0	215,0
	20,5	23,5	19,3	7,4	21,1	31,7	31,8	33,2	36,5	38,0	41,3
Нефтепродукты	41,60	40,8	70,8	75,8	46,1	35,3	42,0	36,0	19,4	15,3	23,5
	4,23	5,6	8,3	3,7	5,8	7,4	9,04	6,7	3,7	3,2	7,8
Взвешенные вещества	32,3	17,3	14,7	15,67	15,6	19,6	18,0	20,4	12,6	18,4	20,3
	3,28	2,4	1,7	0,77	1,9	4,1	3,8	3,8	2,4	3,5	4,8
СПАВ (А-ПАВ, Н-ПАВ)	80,1	70,3	46,7	45,9	44,6	38,2	30,6	41,0	18,5	12,0	15,8
	8,1	9,6	5,4	2,3	5,5	8,1	6,6	7,74	3,57	2,4	4,5

Установлено, что за период с 1993 по 2003 гг. доминирующими загрязняющими бассейн реки Колокша веществами являются соединения тяжёлых металлов (ТМ) - меди, никеля, цинка и хрома. Максимальный сброс ТМ зафиксирован в 1996 году и составляет 80,5 %. В последующие годы он снижается и стабилизируется на уровне 30-35 %. Однако, подобное увеличение

сбросов ТМ свидетельствует об особой опасности этой группы соединений для бассейна реки Колокша. Сброс соединений азота (аммонийного, нитритного и нитратного) за данный период в целом достаточно стабилен и так же находится на уровне 30-35 %.

Данные гидрохимического мониторинга (рисунок 3.2.) свидетельствуют о том, что от истока реки Колокша до створа выше г. Юрьев-Польский и впадения реки Гза, ИЗВ от 0,2 до 1,0 что соответствует «чистой» воде, ниже г. Юрьев-Польский и до створа выше посёлка Ставрово вода ИЗВ не изменяется и равен от 1,0-2,0 («умеренно загрязнённая»), ниже пос. Ставрово и до устья (точки впадения в реку 3-го порядка Клязьма) качество ухудшается и ИЗВ от 4,0 до 6,0, что соответствует воде «грязной». Пос. Ставрово оказывает, таким образом, отрицательное загрязняющее влияние на водоток реки Колокша. Причина – наличие практически единственного крупного предприятия на территории бассейна (ОАО «Ставровский завод автотракторного оборудования»), имеющего гальванические стоки выше обозначенных тяжёлых металлов.

Отрицательное влияние данного предприятия на водоток реки Колокша подтверждаются рядом гидробиологических исследованиями, которые были проведены в 2002-2003 годах. Оценивалось видовое разнообразие экосистемы, фаунистическое сходство сообществ, скорости ассимиляции легкоокисляемого органического вещества (ЛООВ) на станциях реки выше и ниже точки сброса сточных вод. В частности, значение коэффициента Пареле выше п. Ставрово составило 0,34 («условно чистая вода»), ниже п. Ставрово составило 0,81 («очень грязная вода»). Значение биотического индекса Вудивисса, соответственно, II («чистая вода») и IV («загрязнённая вода»).

Следовательно, сбросы соединений тяжёлых металлов, образующихся на предприятии пос. Ставрово, оказывают существенный загрязняющий эффект на водоток реки Колокша и отрицательно влияют на функционирование различных организмов, ассимилирующих органическое вещество, что будет показано ниже.

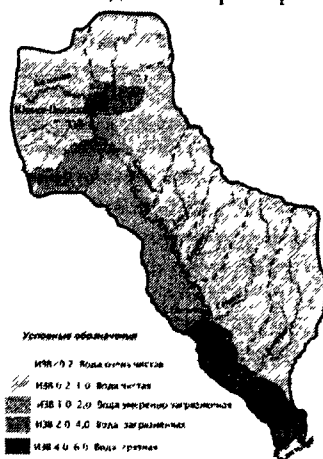


Рис. 3.2. Карта-схема загрязнения водотоков бассейна реки Колокша

ГЛАВА 4.

Влияние загрязнителей на самоочищающую способность водотока и математическая модель состояния экосистемы бассейна реки.

С момента максимального сброса соединений ТМ в устье реки Колокша отмечается возрастание концентраций соединений азота.

Если до 1996 года средняя концентрация, например, аммония, составляла в среднем 1,0-1,3 значений ПДК, то в 1996 возросла до 5,0 ПДК, при этом их сброс в 1996 году был несколько ниже (90 усл.т.), чем за предыдущие годы. При снижении антропогенной нагрузки на водоток закономерно ожидать если не повышения соответствующего качества вод, то, по крайней мере, отсутствие изменений в сторону его ухудшения. В данном же случае, отмечается увеличение среднегодовой концентрации соединений азота в устьевом створе после 1996 года при фактически стабильной динамике их сброса предшествующих лет ($A_{\text{азот-общий}}$).

Сброс соединений тяжелых металлов в водоток реки Колокша постоянно осуществлялся и до 1995 года включительно: меди (70-130 усл.т/год), никеля (170-250 усл.т/год), цинка (30-50 усл.т/год). Снижения самоочищающей способности это, однако, не вызывало. Видимо, длительно воздействуя на водоток, соответствующие концентрации тяжёлых металлов, в особенности, меди, вызвали стойкое повышение предела их толерантности и адаптации к условиям существования в сильно загрязнённой водной среде.

Увеличением сброса тяжёлых металлов в 1996 году, в особенности, меди, - до 952 усл.т, и других соединений ТМ привело к соответствующему возрастанию их концентраций (до 18-20 ПДК меди, например). Предполагается, что, в течение нескольких лет в водотоке происходил «накопительный эффект» ТМ и очередной сброс загрязнителей в 1996 году вызвал резкую системную перестройку в функционировании биоты экосистемы, выразившуюся в потере биологического сопротивления факторам антропогенной нагрузки. Прежде всего, это касается организмов, осуществляющих ассимиляцию органического вещества и использующих в своей жизнедеятельности энергию окислительно-восстановительных реакций превращения азота из одной его формы в другую согласно цепочке превращений $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$.

В качестве показателя, характеризующего состояние экологической системы предлагается использовать интегральный показатель K – критерий экологического состояния системы. Этот критерий может определяться как соотношение средней концентрации азота нитритного ($C_{\text{азот-нитрит}}$) в устье реки Колокша к сбросу азота общего ($A_{\text{азот-общий}}$).

$$K = \frac{C_{\text{азот-нитрит}}}{A_{\text{азот-общий}}} \quad (4.1)$$

На наш взгляд, критерий экологического состояния системы в той или иной степени адекватно может характеризовать процессы ассимиляции органического вещества, и, как следствие, самоочищение системы водотока.

Азот нитритный занимает в цепочке превращений азота промежуточное положение. Динамика концентрации ($C_{\text{азот-нитрит}}$) в устье реки косвенно может характеризовать скорость процесса ассимиляции, а отношение к массе сброса азота ($A_{\text{азот общ.}}$) в бассейн реки Колокша – процесс её самоочищения в целом.

На рисунке 4.1. показано изменение критерия К в течение исследуемого периода времени (1993-2003 гг.). Динамика изменения критерия К состоит из двух периодов:

первый период с 1993 по 1996 гг. включительно (линия А-В рис. 4.1.) – описывается состояние системы до выхода из экологического равновесия (снижения самоочищающей способности) и в момент его при критическом для данной экосистемы сбросе тяжёлых металлов в 1996 году. На этом участке графика можно оценить предельно допустимый сброс соединений тяжёлых металлов, вызывающий снижение самоочищающей способности водотока. В соответствии с анализом ситуации, он не должен превышать 750 усл.т/год для данных гидрологических параметров водотока ($7,55 \times 10^{-6}$ усл.т/(год*м³)). Эту величину можно рекомендовать в качестве регламентирующей величины при учёте сбросов в бассейн сточных вод, образующихся на территории различных предприятий.

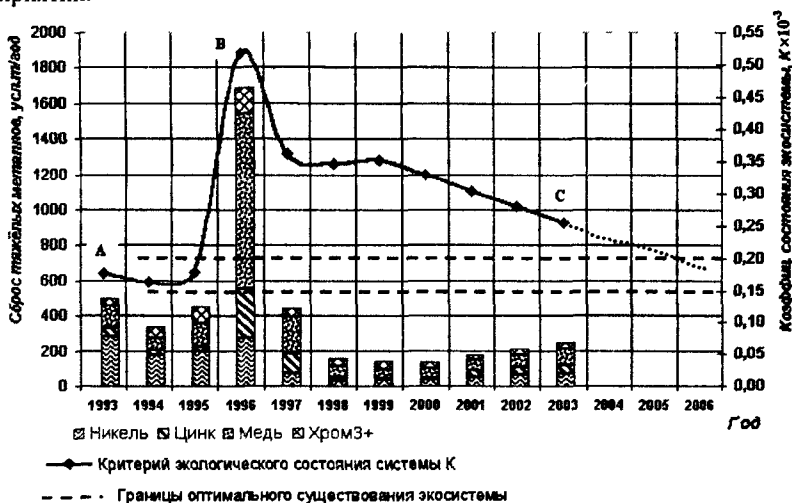


Рис. 4.1. График изменения коэффициента экологической ситуации системы в период с 1993 по 2003 (2006) гг.

второй период с 1996 по 2003 гг. с учётом прогноза до 2006 г. (линия В-С на рис. 4.1.) позволяет оценить процесс восстановления самоочищающей способности экосистемы после её глубокого нарушения. Полное восстановление самоочищающей способности реки, по нашей оценке, произойдёт не ранее 2006 г., после чего стабилизируется, лишь в том случае, если не будет иметь место повторный залповый сброс тяжелых металлов как в 1996 году.

Необходимо отметить, что причиной снижения скорости ассимиляции органического вещества в результате гибели соответствующих организмов является, на наш взгляд, сброс соединений тяжёлых металлов в водоток реки. Безусловно, на жизнедеятельность гидробионтов оказывают влияние прочие биогенных элементов (растворённый кислород, соотношение азота к фосфору и т.п.). Исследования, проведённые в 2002-2003 гг. (табл. 4.1), показали, что содержание растворённого кислорода, а так же соединений органического азота и фосфора в точках выше и ниже сброса тяжелых металлов (пп. №4,5-6 соответственно, табл. 4.1) практически одинаковое, в то время, как скорость ассимиляции органического вещества в точке ниже источника сброса ТМ, оказалась существенно меньше. Следовательно, баланс биогенных элементов не мог отрицательно отразиться на скорости процессов ассимиляции, а причиной снижения самоочищающей способности оказался сброс ТМ вызывающий гибели организмов, использующих энергию окисления ЛООВ.

Не исключена возможность влияния иных факторов природного и техногенного характера. Однако, анализируя эти факторы за исследуемый период, не было обнаружено каких либо отклонений от многолетних среднестатистических значений.

Таблица 4.1.

Показатели, характеризующие экологическое состояние реки Колокша.

Показатель	Расход воды в створе м ³ /с	Сброс тяжёлых металлов		Скорость ассимиляции орг. в-ва, мг ОВ/ (м ² ×сут)	Коеф. Пареле	Индекс Вуд-нвисса	Раств. кислород, мг/л	Азот общ. (аммоний, нитрит, нитрат), мг/л	Неорг. фосфор, мг/л	$\frac{N_{общ}}{P_{неорг}}$ max 16
		усл.т/ год	усл.т/ (м ³ ×год)							
Створ										
1 Исток р. Колокша	0,30	0,0	0	15,6	-	-	11,00	0,80	0,09	8,89
2 Выше г. Юр-Польский	0,85	0,0	0	25,8	-	-	9,80	1,15	0,11	10,45
3. Ниже г. Юр-Польский	1,60	40,0	0,8×10 ⁴	33,5	-	-	8,30	6,5	0,45	14,40
4. Выше л. Старово	2,60	40,0	0,5×10 ⁴	35,5	0,34 усл. чист. вода	II Многогр. вода	8,30	1,77	0,15	11,80
5. Ниже л. Старово	2,30	460,0	4,2×10 ⁴	11,3	0,11 грязная вода	IV загрязн. вода	8,30	2,50	0,28	12,30
6. Устье р Колокша	3,50	460,0	4,2×10 ⁴	12,5	-	-	9,20	2,60	0,22	11,75

Тяжёлые металлы, однако, могут оказывать на гидробионты не только подавляющий, но и стимулирующий эффект в зависимости от концентрации и природы металла. На наш взгляд, данный эффект имел место на реке Колокша (пп. 2-3 табл. 4.1.).

Нами предложена математическая модель, которая позволяет оценить процессы самоочищения речной экосистемы. Моделирование процессов самоочищения экосистем проводилось и ранее (Пэнтл Р, Стрит, Фэлнс, 1979), где в самом простом случае рассматривалась связь между концентрациями растворённого кислорода и органических отходов. Если рассматривать БПК как эквивалент концентрации органического вещества в воде (L) то скорость его разложения определялась как: $\frac{dL}{dt} = -k_1 \cdot L$, где k_1 - постоянная отбора кислорода, 1/день, соответствующая скорости снижения концентрации кислорода определилась как: $\frac{dD}{dt} = -k_1 \cdot L - k_2 \cdot D$, где первый член в правой части характеризует процесс окисления отходов, а второй - реэрацию (k_2 - постоянная реэрации, 1/день).

Принципиальным дополнением к изложенной выше модели, в нашем случае является описание влияния такого фактора, как поступление тяжёлых металлов в водоток реки.

Как было показано выше, на снижение скорости процесса ассимиляции оказывает влияние только сброс тяжёлых металлов, предлагаемая математическая модель, описывающая динамику органического вещества в системе имеет вид :

$$\frac{dL}{dt} = -k_1(M) \cdot L + I(t) \quad (4.2.), \text{ где}$$

$L = f_1(t)$ – искомая функция БПК речной воды, отражающая содержание в воде растворённого и взвешенного органического вещества природного и техногенного происхождения.

$I(t)$ – интенсивность поступления органического вещества в систему от природных и техногенных источников;

$k_1(M)$ – коэффициент лабильности, характеризующий интенсивность разложения органического вещества и зависящий от поступления (концентрации) тяжёлых металлов в воде

Основным механизмом самоочищения речной воды является микробиологическая деструкция, которая протекает преимущественно в аэробных условиях под действием разных групп микроорганизмов. В разложении органики участвует главным образом бактериопланктон, а также фито- и зоопланктон. Микробиота ответственна за множество различных

процессов в воде – от мобилизации до аккумуляции химических элементов, однако наиболее важная микробиологическая функция – это разложение растворённого и взвешенного органического вещества (растительных и животных остатков). Подавление или стимуляция биосинтеза у микроорганизмов тяжёлыми металлами зависит от свойств организма, характера металла и рН.

Воздействие тяжёлых металлов на микробиологическую деструкцию органического вещества в речной воде – характеризуется как острый экотоксический процесс, зависящий от конкретного набора катионов тяжёлых металлов в воде, динамики их концентраций, дозо-ответной реакции микроорганизмов. Дозо-ответная реакция для острого экотоксического воздействия тяжёлых металлов на микроорганизмы и на микробиологическую деструкцию может быть описана уравнениями двух типов.

а) Гауссова регрессия – для случая, жизненно необходимых веществ (в т.ч. и ТМ) для планктона, биологическая роль которых доказана, и являющиеся до определённых концентраций стимуляторами микробиологической деструкции:

$$k_1(M) = k_0 \cdot \exp\left[-\frac{(M-b)^2}{a}\right] \quad (4.3)$$

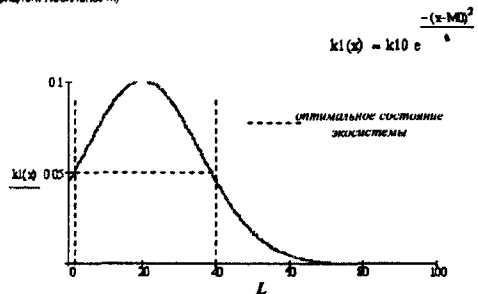
б) Логистическая регрессия – для высокотоксичных металлов (Cr^{6+} , Hg^{2+} и Cd^{2+} , которые в бассейн реки Колокша не поступают):

$$k_1(M) = k_0 \frac{\exp(a + b \cdot M)}{1 + \exp(a + b \cdot M)} \quad (4.4.)$$



А) общий вид k_1

Коэффициент интенсивности разложения органического вещества
(коэффициент лabilityности)



Б) частный вид k_1

Рис. 4.2. (А, Б) Коэффициент интенсивности разложения органического вещества в зависимости от концентрации тяжёлых металлов в речной воде

Следовательно, для описания коэффициента лабильности нами использовалась только гауссова регрессия.

Динамика концентрации тяжёлых металлов в системе описывается как:

$$\frac{dM}{dt} = -k_2 M + m(t) \quad (4.5.)$$

$M = f_2(t)$ – функция концентрации ТМ в речной воде;

$m(t)$ – скорость поступления ТМ;

k_2 – коэффициент, характеризующий интенсивность удаления тяжёлых металлов из системы.

На рис. 4.3. представлена математическая модель, на которой отображены предполагаемые ситуации, при которых тяжёлые металлы оказывают стимулирующее действие (первый период 30 по 60 сут) и угнетающее действие (второй период 120 по 150) на гидробионты водотока.

В первом случае показано, что сброс ТМ оказывает стимулирующее действие на гидробионты, что вызывает соответствующее снижение БПК в водотоке.

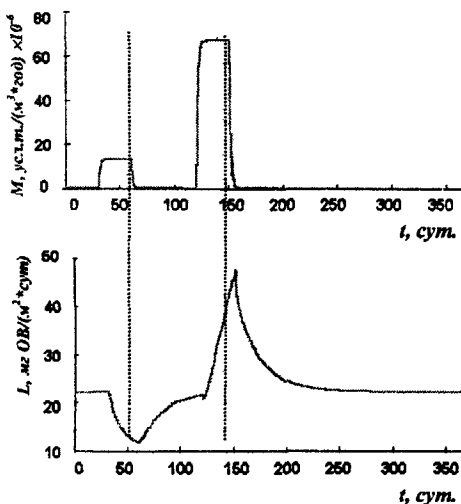


Рис.4.3. Влияние тяжелых металлов на динамику БПК в водотоке.

составляют несколько десятков суток. Однако, это касается только благополучных с т.з уровня антропогенной нагрузки лет, в данном случае, 2002-2003 гг.

Ситуация рассмотренная выше (рис 4 1) отличается тем, что сброс ТМ за 1996 год был очень высоким, превысил критические значения (750 усл./год

Во втором случае сброс тяжёлых металлов оказал угнетающее действие на гидробионты, что вызвало соответствующее увеличение показателя БПК в водотоке.

Рассмотренные выше ситуации могут иметь место в разные моменты времени отдельно взятого периода, в данном случае, года.

В среднем, скорость ассимиляции органического вещества L , как показано на рис. 4.3., может колебаться от 20 до 30 мг ОВ/(м²×сут). Периоды же восстановления процессов самоочищения экосистемы достаточно короткие и

для данных гидрологических параметров водотока ($7,55 \times 10^{-6}$ усл.т/(год*м³)) и вывел экосистему из равновесия на несколько лет вперед.

Критерий экологического состояния системы К является более обобщенным, помогает интегрально оценить состояние экосистемы за предыдущие годы в том случае, если отсутствуют данные по скорости ассимиляции органического вещества, что, как правило, наблюдается.

Данная система экологической оценки является универсальной, может быть применена для иных водотоков и бассейнов различных порядков. Очевидно, что там могут иметь место другие доминирующие ЗВ, например, соединения азота, нефтепродукты, взвешенные вещества, СПАВ, фенолы и т.д., которые затрудняют самоочищение экосистемы. Предельно допустимая нагрузка по ним должна быть определена с учётом особенностей общей антропогенной нагрузки и в соответствии с их гидрологическими параметрами.

ГЛАВА 5.

Разработка мероприятий по снижению антропогенной нагрузки на водосборный бассейн реки Колокша.

Соединения меди, цинка, никеля и хрома (3+), как было показано выше, представляют серьёзную опасность для экосистемы бассейна реки Колокша.

В настоящее время используется целый спектр технологических решений с использованием физико-химических методов для очистки сточных вод от соединений ТМ. В настоящее время в пос. Ставрово на заводе автотракторного оборудования применяется реагентный метод очистки, позволяющий снизить концентрации соединений меди, цинка, хрома (3+), в среднем, на 95-99 %; хрома (6+) на 100 %. Тем не менее, состав воды после нейтрализации не удовлетворяет ни требованиям ПДК для объектов рыбохозяйственного назначения, ни требованию ГОСТа 9.314-90 «Вода для гальванического производства. Схемы промывок». Данные сточные воды, нуждаются в доочистке.

В качестве второй ступени доочистки сточных вод гальванических производств мы рекомендуем использовать хелатообразующие ионообменные материалы.

Их свойства в качестве хемосорбентов тяжёлых металлов исследовались и ранее (А.Д. Гриссбах, 1960; Ф. Гельферих, 1962; Р. Херинг, 1971; К.М. Саладзе, 1980), и предлагалось использовать данную группу ионитов в качестве высоко селективных сорбентов с целью извлечения переходных *d*-элементов (меди, хрома цинка и никеля) из растворов с относительно невысокой концентрацией.

Проведённое нами экспериментальное исследование процессов извлечения ТМ из модельных растворов сточных вод гальванических производств позволило сравнить эффективность использования традиционно применяемой

сульфокатионитной ионообменной смолы КУ-2-8-Na и хелатообразующей ионообменной смолы (иминдиуксусной) Dowex A-1 (таблица 5.1). Использовался модельный раствор, аналогичный по своему составу сточным водам, образующимся после реагентной обработки на указанном предприятии.

Таблица 5.1.

Динамическая обменная ёмкость (ДОЕ) ионитов различного класса

ИОНИТ	Динамическая обменная ёмкость, мг-экв/мл						Фильтроцикл ионита до проскока по ТМ, $V_{\text{сточных вод}} / V_{\text{ионита}}$
	полная	жёсткость (Ca ²⁺ +Mg ²⁺)	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Ni ²⁺	Cr ³⁺	
КУ-2-8-Na	0,97 / 1,0 *	0,902	0,010	0,012	0,033	0,011	100,0
Dowex A-1	1,46 / 1,50*	0,5	0,134	0,257	0,444	0,129	1 500,0

* в знаменателе дроби - паспортное значение ДОЕ

Установлено, что ДОЕ у Dowex A-1 по соединениям ТМ на порядок выше, чем у КУ-2-8-Na, ввиду того, первый ионит образует высокоустойчивые соединения с *d*-элементами (например, с медью), следовательно, имеет значительно более высокую селективность и сорбционную ёмкость по ним. Сорбционная ёмкость ионита есть функция от устойчивости образовавшегося на его поверхности комплекса (Херинг, 1971; Лурье, 1978).

Благодаря использованию селективных ионитов увеличивается продолжительность фильтроцикла процесса. В данном случае, эта величина для Dowex A-1 в 15 раз превысила продолжительность фильтроцикла в сравнении с КУ-2-8-Na.

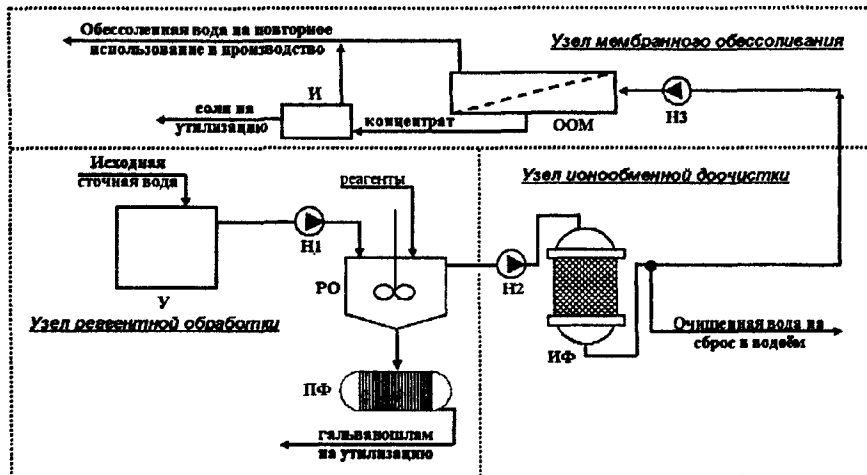
Данные иониты могут быть применены для доочистки сточных вод гальванических производств, например, для ОАО «Ставровский завод АТО» в качестве ступени очистки от ТМ.

Для снижения сброса соединений ТМ может быть рекомендована комплексная технологическая схема показанная на рис. 5.1.

Технологическая схема состоит из следующих узлов: (I) - узел реагентной обработки (имеется в настоящее время на предприятии), позволяет удалить из сточных вод до 99 % ТМ; (II) – узел ионообменной доочистки позволяет очистить стоки от остаточных количеств ТМ до норм ПДК объектов рыбохозяйственного значения; (III) – узел мембранного обратноточического обессоливания, позволяет получить отходы в виде влажных солей и вернуть в производство до 95 % воды, соответствующей ГОСТу 9.314-90 «Вода для гальванического производства. Схемы промывок».

Образовавшиеся гальваношламы подлежат обработке специальными реагентами, в результате чего образуются соединения с низким произведением растворимости, и, как следствие, с низкой миграционной способностью

тяжёлых металлов, что многократно снижает опасность их воздействия на окружающую среду.



Обозначения : У – усреднительная ёмкость, Н1, Н2, Н3 –насосы, РО – реактор-отстойник, ПФ – пресс-фильтр, ИФ – ионитный фильтр с хелатообразующей смолой Dowex A-1, И – испаритель, ООМ – обратноосмотический мембранный модуль

Рис. 5.1. Принципиальная схема комплексного обезвреживания сточных вод гальванического производства

Таким образом, данная технологическая схема очистки сточных вод гальванических производств позволяет решить проблему загрязнения окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

С целью оптимального решения природоохранных и управленческих задач по улучшению экологической ситуации предлагаются следующие технические рекомендации:

А) *краткосрочные рекомендации* – природопользователям бассейна, имеющим гальванические стоки, провести природоохранные мероприятия по предложенной технологии, направленные на уменьшение сброса соединений тяжёлых металлов и на предупреждение превышения ПДТН.

Б) *среднесрочные рекомендации* – природоохранным организациям на областном уровне рекомендуется использовать величину предельно

допустимой техногенной нагрузки (ПДТН) конкретной экосистемы, в частности, для водотоков бассейна реки Колокша, в качестве регламентирующего антропогенную нагрузку норматива, используемого для расчёта за природопользование. Рекомендуется разработка и использование эколого-математических моделей (аналогичных предложенной в данной работе) для прогнозирования состояния самоочищающей способности экосистем. Эти модели могут быть усложнены путём добавления в них параметров не только по водной среде, но, так же и по воздушной, биотической и прочим средам.

В) дальнесрочные рекомендации – природоохранным организациям на федеральном уровне на основе предложенного в данной диссертационной работе подхода провести анализ динамики антропогенной нагрузки для бассейнов различных порядков (вплоть до первого), с возможным созданием локальных бассейновых управлений, для эффективного и экономически обоснованного проведения природоохранной инвестиционной политики.

Возможно формирование единого бассейнового экологического фонда с аккумуляцией и расходованием средств на природоохранную политику в соответствии с ПДТН.

По результатам исследований можно оценить ущерб, наносимый сбросами. Представляется возможность спрогнозировать состояние экосистемы и лимитировать сброс загрязняющих веществ в бассейн. Это может являться основой для экономического регулирования и направленного проведения природоохранных мероприятий по снижению антропогенной нагрузки

ВЫВОДЫ.

1. Установлено, что большинство природопользователей бассейна реки Колокша оказывают техногенную нагрузку, в составе которой отмечается повышенное содержание показателя БПК₅, а так же таких соединений биогенного происхождения, как азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный. Однако, в общей массе ЗВ, поступивших в бассейн с 1993 по 2003 годы их доля не превышает 25 %.

2. Выявлено, что соединения тяжёлых металлов (*d*-элементы – медь, никель, цинк, хром) способствуют снижению самоочищающей способности реки Колокша после 1996 года, вызывая гибель организмов, использующих в качестве питания легкоокисляемое органическое вещество. В следствие этого, снижается скорость ассимиляции, деструкции и биотрансформации легкоокисляемого органического вещества в цепочке $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$. Это приводит к ухудшению качества воды в устье реки Колокша за счёт увеличения содержания соединений азота в среднем в 2,5-3 раза.

3. Составленная математическая модель позволяет предположить, что при отсутствии нарушения процессов самоочищения водотока средняя скорость окисления органического вещества L составляет 20-30 мг ОВ/м²×сут. Максимально возможный ежегодный суммарный сброс тяжёлых металлов (предельно допустимая техногенная нагрузка) в водоток реки Колокша не должен превышать 750 усл.т. (с учётом модуля стока $7,55 \times 10^{-6}$ усл.т/(год*м³))

4. Динамика изменения коэффициента экологической ситуации К позволяет спрогнозировать полное восстановление самоочищающей способности реки Колокша не ранее чем через 10 лет с момента критического сброса – т.е. к 2006 году.

5. В качестве основного способа доочистки сточных вод рекомендуется использовать хелатную смолу Dowex A1 обладающую высокой селективностью к d -элементам. Установлено, что продолжительность фильтроцикла на исследуемой сточной воде гальванического производства для ионита Dowex-A1 в 15 раз превысил ресурс ионита КУ-28-Na.

Предложенная комплексная технология водоочистки позволяет полностью исключить сброс сточных вод соединений тяжёлых металлов основного предприятия – загрязнителя бассейна реки Колокша, при этом сокращение ежегодного эколого-экономического ущерба составит не менее 2,0 млн. руб.; сократить водопотребление (а, следовательно, и платежи за него) предприятия не менее, чем на 95 %; исключить полиметаллическое загрязнение почвы гальваношламами.

Список работ, опубликованных по теме диссертации.

1. Экологическая техноёмкость водосборного бассейна / Т. А. Трифонова, А.С. Сенатов// Экология речных бассейнов: Материалы междунар. науч.-практ. конф. – Владимир: Владимиринформэкоцентр, 1999. с. 155–156.

2. Агроэкологический потенциал водосборного бассейна/ /А.С. Сенатов// Экология речных бассейнов: Материалы междунар. науч.-практ. конф. – Владимир: Владимиринформэкоцентр, 1999. с. 75-76.

3. Почвенно-экологические ресурсы водосборного бассейна / Сенатов А.С., Винокуров И.Ю. / Съезд Докучаевского общества почвоведов // Материалы съезда / под общ. ред проф. Иванова А.Л. – Суздаль, 1999. с. 55-57.

4. Сенатов А.С. Методика принятия технических рекомендаций по снижению техногенной нагрузки с применением комплексного подхода // Владимирский земледелец № 2 – Владимир, 2002 – 46 стр., с. 24-25.

5. Антропогенная нагрузка на речной бассейн / Трифонова Т.А., Сенатов А.С./ Экватор-2002 : Материалы конгресса // под общ. ред. проф. Л.И. Эльпинера.- М., 2002. –948 с., с 14-15

6. Очистка питьевой воды от соединений шестивалентного хрома / Поворов А.А., Ерохина Л.В., Сенатов А.С. / Экватек-2002 : Материалы конгресса // под общ. ред. проф. Л.И. Эльпинера.- М., 2002. – 948 с., с. 336-337

7. Использование бассейнового подхода в почвенно-экологических исследованиях / Трифонова Т.А., Сенатов А.С. / Труды науч.-практич. конф., посвящённой 70-летию ИГСХА // под общ. ред. проф. Литвинова Н.И. – Иваново, 1999 – 175 с.

8. Самоочищающая способность речного бассейна / А.С. Сенатов/ Экология речных бассейнов: Труды второй Международной науч.-практич. конф. Под общей ред. проф. Трифоновой Т.А; Владим. гос. ун-т, Владимир, 2002. – с. 243-246.

Сенатов Александр Сергеевич (Россия)

**Определение предельно – допустимой антропогенной нагрузки
на водоток малой реки.**

Снижение самоочищающей способности водотока выражается в скачкообразном увеличении концентрации соединений органического азота при неизменной динамике их сброса в водоток. Увеличение концентрации в воде органического азота может быть вызвано снижением скорости процессов биогенной деструкции органического вещества в результате гибели гидробионтов при сбросе соединений тяжёлых металлов, превышающем значение предельно – допустимой антропогенной нагрузки. Математическая модель позволяет спрогнозировать состояние водотока и лимитировать сброс загрязняющих веществ в него. Это может являться основой для экономического регулирования и направленного проведения природоохранных мероприятий по снижению антропогенной нагрузки с учётом её специфики для бассейна.

Senatov Alexander Sergeevich (Russia)

The anthropogenic load limit determination for the small basin river.

The reduction of self-regeneration river's ability is expressed in uneven increasing of the organic nitrogen substances concentrations under unchangeable way of their surge in the water flow.

Increasing of the organic nitrogen concentration in water can be caused by velocity reduction of organic material bioorganic destruction process as a result of гидробионтов death under heavy metal substances surge which exceeding the anthropogenic load limit. The mathematical model allows forecasting the water flow condition and limiting the surge of the polluting substance in it. This can be a base of economic regulation and directed undertaking nature protection actions dealing with anthropogenic load reduction with account of its specifics for basin.

Заказ № 53 от 8.11.2005 г.
Тираж 100 экз. Бумага офсетная.
Отпечатано в ООО «Издательство «Посад»
г. Владимир, ул. Дворянская, 27-а
тел.: (0922) 29-78-87

•
A)

|
|
|
|
|
|

)
|
|

|
|
|

№ 2 2 3 7 8

РИБ Русский фонд

2006-4

20304