

0721763-1

На правах рукописи

ФЕДОРОВА ВИКТОРИЯ АЛЕКСЕЕВНА

**УСТОЙЧИВОСТЬ ГЕОСИСТЕМ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ
КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ
КАЧЕСТВА ВОДЫ (НА ПРИМЕРЕ РЕК СЕВЕРА ЕТР)**

Специальность: 25.00.36 – Геоэкология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Федорова

Казань – 2001

Работа выполнена на кафедре ландшафтной экологии Казанского государственного университета.

Научный руководитель: доктор географических наук,
профессор Н.П. ТОРСУЕВ

Научный консультант: кандидат географических наук,
доцент В.А. БЕЛОНОГОВ

Официальные оппоненты: доктор географических наук,
профессор В.И. МОЗЖЕРИН
(Казанский государственный университет)

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000252343

кандидат технических наук,
вед.н.с. В.Ф. СЕМЕНОВ
(ЦНИИ Геолнеруд)

Ведущая организация: Казанский государственный энергетиче-
ский университет

Защита диссертации состоится 17 мая 2001 года в 13 часов на за-
седании диссертационного совета К 212.081.02 при Казанском
государственном университете по адресу: г. Казань, ул. Кремлевская,
18, корп. 2, факультет географии и геоэкологии, ауд. 1512.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им.
Н.И. Лобачевского Казанского государственного университета.

Автореферат разослан 17 апреля 2001 года.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук, доцент

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ю.Г. Хабутдинов'.

Ю.Г. Хабутдинов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Нарушение естественных процессов растворения и миграции вещества в геосистемах в результате антропогенеза приводит к изменению гидрохимического режима рек и ухудшению их качественного состава. В результате – одной из первоочередных задач на сегодняшний день является сохранение, и по возможности, улучшение состояния поверхностных вод. Необходимость поддержания их высокого качества определяется, главным образом, тем, что они представляют собой незаменимый антропоэкологический ресурс, постоянно и активно используемый обществом. Очевидно, что для сохранения поверхностных вод, являющихся возобновимым природным ресурсом, должно осуществляться правильное и объективное управление. Таким образом, цель управления водными ресурсами – не допустить критических параметров, при которых геосистемы могут выйти из состояния динамического равновесия. Известно, что одним из основополагающих способов управления состоянием водных объектов является нормирование качества воды. Вопросы оценки качества поверхностных вод, антропогенной трансформации их химического состава, степени устойчивости геосистем к загрязнению, неразрывно связанные с экологическим нормированием, в настоящее время стоят предельно остро. Последнее еще усугубляется и тем, что существующая в настоящее время система нормирования, предназначенная для осуществления хозяйственной деятельности и базирующаяся на предельно-допустимых концентрациях (ПДК), не позволяет адекватно оценить состояние водных объектов, своевременно обнаружить негативные изменения и среагировать на них.

Целью диссертационной работы является разработка системы экологического нормирования качества воды, исходя из устойчивости геосистем к химическому загрязнению, и ее реализация на примере главных ионов рек севера европейской территории России (ЕТР).

В ходе работы необходимо было решить следующие задачи:

1. Анализ концепций устойчивости геосистем применительно к химическому составу поверхностных вод и стоку растворенных веществ.

2. Оценка степени устойчивости геосистем русского Севера к загрязнению главными ионами.

3. Анализ современных методов экологического нормирования качества поверхностных вод.

4. Апробирование ряда методических подходов для расчета пространственно - дифференцированных экологических нормативов, базирующихся на статистической обработке результатов многолетних наблюдений за качеством поверхностных вод.

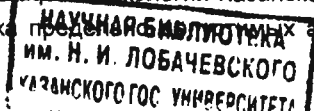
5. Расчет нормативов содержания главных ионов в воде рек севера ЕТР, основанный на определении фоновых (природно-обусловленных) и современных диапазонов колебания концентраций.

Исходные материалы. В работе использована информация многолетних (1938 – 1995 гг.) наблюдений за ионным составом речных вод, осуществляемых Северным территориальным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Регион исследований, площадь которого составляет более 750 тыс. км², представлен бассейнами рр. Онега, Сев. Двина, Мезень, рек Мезенско-Северодвинского междуречья и левых притоков р. Печора. В работе проанализированы данные мониторинга по 86 постам (почти 11 000 химических анализов), причем на 74 постах помимо гидрохимических исследований осуществлялись наблюдения за жидким стоком.

Научная новизна. Результатом работы является разработанная и реализованная на примере рек севера ЕТР методика расчета экологических нормативов качества поверхностных вод, базирующаяся на бассейновом подходе и оценке степени устойчивости геосистем, позволяющая принимать объективные управленческие решения, касающиеся использования водных объектов.

Практическая значимость работы. Предложенная система экологического нормирования состояния поверхностных вод и тесно связанная с ней регламентация антропогенных нагрузок на водные объекты определяют более совершенные, чем действующие в настоящее время, механизмы водопользования, позволяющие на первом этапе предотвратить дальнейшее ухудшение качества воды, а в дальнейшем, - и восстановить водные системы до уровня, приближающегося к естественно-историческому или природному.

Настоящая диссертационная работа выполнялась в соответствии с НИР кафедры ландшафтной экологии Казанского государственного университета «Количественная оценка предельно допустимых антропогенных на-



грузок на гео- и экосистемы с целью поиска путей их оптимизации" (№ гос. регистрации 01980003004), а также в рамках договора о творческом содружестве между Казанским госуниверситетом и Севгидрометом. Научные исследования по данной тематике осуществляются при поддержке Конкурсного центра фундаментального естествознания при С-Петербургском госуниверситете и Российского Фонда фундаментальных исследований (проект № 99-05-64226).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Экологическое нормирование качественного состава поверхностных вод необходимо осуществлять на основе бассейнового подхода, с учетом степени устойчивости геосистем к загрязнению тем или иным веществом.

2. Степень устойчивости геосистем к антропогенному загрязнению, а соответственно и значения допустимых нормативных показателей, обуславливаются природным геохимическим фоном вещества.

3. Экологические нормативы качества поверхностных вод должны представлять собой диапазоны допустимых значений, которые можно рассчитывать исходя из кривых накопленных частот концентраций с учетом их сезонных изменений.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на итоговых научных конференциях Казанского госуниверситета за 1997-2000 гг. и международной конференции "Экологические проблемы бассейнов крупных рек - 2" (Тольятти, 1998).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 работ, 1 статья находится в печати.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет 145 страниц, содержащих 60 рисунков (в т.ч. 11 оригинальных карт) и 6 таблиц. Список литературных источников включает 145 наименований. Приложения представляют собой 2 таблицы с рассчитанными нормативами содержания главных ионов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы, обоснованы актуальность темы, сформулированы цель, задачи, основные защи-

щаемые положения, отражены научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе рассматриваются вопросы гидрохимической изученности рек русского Севера. Выделяются 3 временных периода в истории исследований химического состава поверхностных вод.

Первый период характеризуется изучением гидрографической сети севера ЕТР и эпизодическим сбором информации, касающейся непосредственно химизма природных вод региона. Изучение поверхностных вод на протяжении этого периода носило стихийный характер, ограничиваясь в основном знакомством с речной и озерной сетью. Как правило, решались геологические задачи, гидрохимические же исследования составляли неотъемлемую часть геологической и гидрогеологической съемок и сводились к получению информации о химическом составе подземных вод того или иного месторождения, трассы проектируемой коммуникации и т.д. Итак, первый этап характеризуется незначительными по объему отрывочными и малодостоверными сведениями о химическом составе поверхностных вод.

Второй период исследований качественно-количественного состава поверхностных вод характеризуется созданием (в 1938 г.) сети регулярных стационарных наблюдений на постах Гидрометслужбы. Эти наблюдения дали возможность для более детального изучения рек русского Севера. Безусловно, создание гидрохимической сети наблюдений явилось мощным импульсом в решении вопросов, касающихся как химического состава поверхностных вод, так и ионного стока региона. Данные гидрохимического мониторинга позволили провести подробный анализ химического состава рек севера ЕТР (Алекин, 1948, 1950, Кучина, 1955, Власова, 1961), а также – рассчитать показатели стока главных ионов (Алекин, 1951, 1957, Алекин, Бражникова, 1964, Филенко, 1974). Причиной достаточно детального изучения химического состава и стока растворенных веществ явилось создание широкой сети промышленных предприятий (начиная с середины 50-х гг.), в результате чего возникает проблема рационального и комплексного использования пресных поверхностных вод.

Третий период познания гидрохимического аспекта воды рек Севера характеризуется, прежде всего, осознанием негативной роли хозяйственной деятельности в процессах формирования качественного

состава поверхностных вод. А в результате, основными исследованиями этого периода являются работы по оценке степени трансформации вод в результате деятельности человека. Таким образом, внимание исследователей сосредоточено на количественной оценке интенсивности поступления в реки различных ингредиентов, что обусловлено как флуктуационными изменениями собственно природных процессов, так и антропогенным загрязнением окружающей среды (ОС) (Хохлова, 1979, Коковкин, 1990, Братцев, 1986). Накопление данных мониторинга состояния поверхностных вод приводит к тому, что главное внимание в исследованиях настоящего времени уделяется оценке многолетней изменчивости содержания и стока как основных ионов, так и других поллютантов, позволяя в свою очередь выявить динамику суммарной величины антропогенной составляющей (Торсуев, Гордеева, 1992, Белоногов, Торсуев, 1997, 2000 и др.).

Вторая глава содержит подробный обзор естественно-исторических (природных) и антропогенных факторов формирования химического состава поверхностных вод севера ЕТР.

Природные условия русского Севера характеризуются небольшим количеством солнечной радиации, поступающей на данную территорию, избыточным увлажнением, обусловленным преобладанием осадков над испаряемостью, а также интенсивной промытостью почв и грунтов. Подобные географические условия обуславливают незначительные величины концентраций главных ионов и минерализации в речных водах региона. Однако в регионах, характеризующихся интенсивными карстовыми процессами, рассматриваемые гидрохимические параметры представляют собой аномально высокие значения. Низкие же концентрации главных ионов и слабая минерализация, свойственные подавляющему числу рек изучаемой территории, способствуют существенному на них влиянию антропогенного загрязнения.

Основными источниками загрязнения как поверхностных вод, так и воздушного бассейна на севере ЕТР являются, главным образом, предприятия деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, в меньшей степени, машиностроение, нефтяная и газовая промышленность. Данные предприятия в процессе своих производственных циклов загрязняют ОС отработанными сточными водами, характеризующимися высокими концентрациями минеральных и орга-

нических веществ, а также пылегазовыми выбросами, содержащими соли натрия, сероводород, диоксид серы и др. Загрязнение атмосферного воздуха отражается на химическом составе поверхностных вод, приводя к увеличению концентраций ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, SO_4^{2-} , Cl^- и минерализации. Определенное влияние на уровень загрязнения ОС на русском Севере, по-видимому, оказывает перенос поллютантов из соседних регионов.

Несмотря на перечисленные факторы антропогенного воздействия, нагрузка, оказываемая на территорию севера ЕТР, является существенно меньшей по сравнению с другими регионами, но тем не менее антропогенез реально отражается на качественном составе поверхностных вод (Белоногов и др., 1998, 1999, 2000).

В третьей главе проведен анализ концепций устойчивости геосистем применительно к химическому составу поверхностных вод и стоку растворенных веществ, а также осуществлена оценка степени устойчивости геосистем русского Севера к загрязнению главными ионами. Говоря об устойчивости геосистемы необходимо ограничиться определенным ее аспектом: либо резистентностью, т.е. способностью геосистемы противостоять внешнему воздействию, либо респлентностью – ее способностью возвращаться в исходное состояние после возмущения. Кроме того, оценку устойчивости необходимо проводить по отношению к конкретному виду воздействия, которому подвергается геосистема. Немаловажным также является правильный выбор индикатора устойчивости, т.е. показателя состояния геосистемы, чутко реагирующего и изменяющегося под влиянием возмущающего фактора.

В качестве показателей устойчивости геосистем севера ЕТР мы рассматриваем трансформацию химического состава и стока растворенных веществ речных вод, поскольку она надежно отражает антропогенное загрязнение ОС. Это обусловлено тем, что поверхностные воды активно участвуют в процессах перераспределения вещества и энергии, а, следовательно, их химический состав отражает взаимодействие всех компонентов геосистемы.

В работе проанализированы результаты наблюдений за ионным стоком. Он включает в себя как ионы, мало подверженные антропогенным изменениям (Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^-), так и компоненты, многолетняя динамика которых непосредственно определяется загрязнением ОС

соответствующими веществами ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$, SO_4^{2-} , Cl^-). Изменчивость концентраций и стока ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, SO_4^{2-} , Cl^- обуславливается региональными факторами загрязнения (воздушным трансграничным переносом), а также величиной естественно-исторического фона, который на территории севера резко дифференцирован в связи с разнообразием литолого-петрографического состава горных пород. А в итоге, даже на протяжении последних десятилетий основным фактором, оказывающим влияние на изменчивость ионного стока, а соответственно, и на устойчивость геосистемы, является условный геохимический фон.

Наиболее наглядно последнее проявляется в стоке сульфатов, который мы выбрали в качестве одного из критериев устойчивости геосистем. Первые изменения концентраций и стока SO_4^{2-} фиксируются на водосборах, территория которых сложена преимущественно терригенными породами. Здесь низкий геохимический фон SO_4^{2-} (от 2 до 4 т/км²-год) и антропогенное загрязнение в этих бассейнах фиксируется уже начиная со второй половины 50-х гг. В кон. 60 – нач. 70-х гг. модуль их стока достигает своих максимальных значений (рис. 1). После чего прослеживается тенденция снижения, а к середине 90-х гг. модуль стока SO_4^{2-} на этих реках вновь приближается к геохимическому фону (рис.1).

В начале 60-х гг. по мере нарастания интенсивности загрязнения росли концентрация и сток сульфатов. Это привело к изменениям на тех постах, водосборы которых характеризуются более высоким уровнем геохимического фона от 5 до 11 т/км²-год (карбонатные породы, переслаивающиеся гипсом, ангидритом). На протяжении начального периода загрязнения эти геосистемы оставались устойчивыми, поскольку антропогенная составляющая была незначительной и не влияла на флуктуацию стока сульфатов (рис.2). Тем не менее, продолжавшийся рост загрязнения в начале 70-х гг. привел к заметному увеличению концентрации и стока SO_4^{2-} . В 1980-90-е гг. здесь, как и повсеместно, произошли снижение и стабилизация стока сульфатов (рис.2).

Водосборам, подверженным интенсивному карстоспелеогенезу, естественно, свойственен еще более высокий природно-обусловленный сток SO_4^{2-} , более 20 т/км²-год (подчас достигая 150 и более). Очевидно, что при таких значениях зафиксировать величину антропогенного загрязнения невозможно, поскольку ничтожный сброс

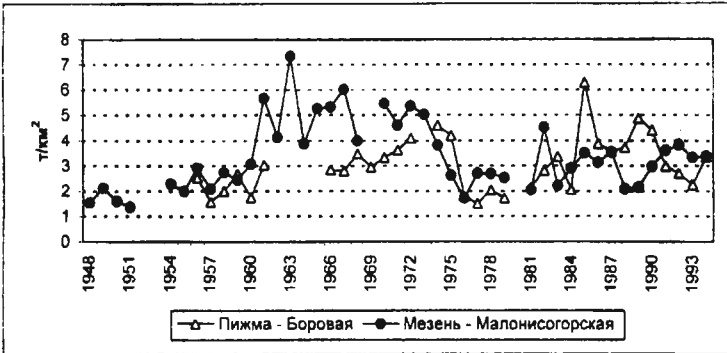


Рис.1. Многолетние изменения модуля стока сульфатов на водосборах, сложенных преимущественно терригенными породами

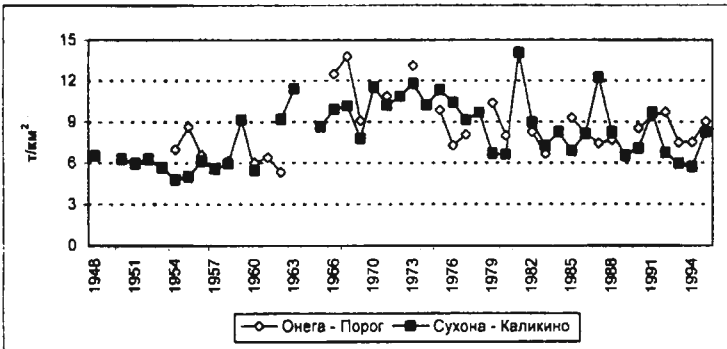


Рис.2. Многолетние изменения модуля стока сульфатов на водосборах, сложенных преимущественно карбонатными породами

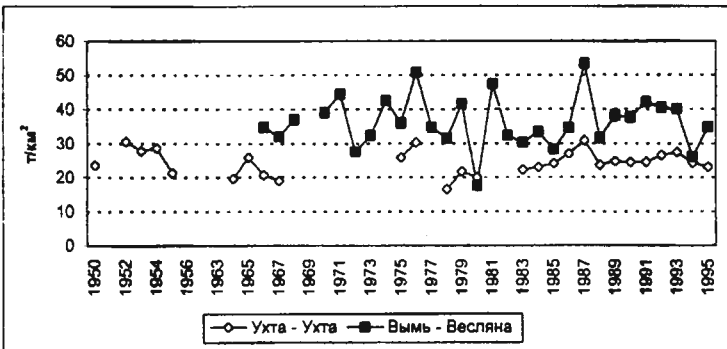


Рис.3. Многолетние изменения модуля стока сульфатов на водосборах, сложенных преимущественно карбонатно-сульфатными и сульфатно-карбонатными породами

местных сточных вод и трансграничное загрязнение на порядок ниже величины природной флуктуации сульфатов. В итоге высокий геохимический фон SO_4^{2-} предопределяет и повышенную устойчивость карстовых геосистем (КГС) к загрязнению данным ингредиентом (рис.3). Таким образом, очевидно, что резистентность геосистемы определяется интенсивностью потока вещества.

Кроме этого, тенденции уменьшения стока сульфатов в 80–90-е гг., являющиеся результатом снижения интенсивности антропогенного загрязнения, характеризуют респлентность геосистем.

Для количественной оценки снижения устойчивости, обусловленного поступлением в систему загрязняющих веществ, в качестве показателей изменчивости используются коэффициенты трансформации (Кт) стока ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, SO_4^{2-} , Cl^- . Они рассчитываются как отношение соответственно стока ионов в период максимального загрязнения или в современный период к условно фоновому стоку. Таким образом, при оценке степени устойчивости геосистем к химическому загрязнению мы ориентируемся на их состояние до начала периода интенсивного поступления поллютантов.

Относительно высокие значения Кт характерны для бассейнов, отличающихся небольшими величинами концентраций и стока того или иного иона. Наоборот, низкие значения этих коэффициентов обусловлены повышенным естественно-историческим стоком ионов, а в итоге на протяжении длительного промежутка времени поступление поллютанта в такую геосистему (а это, как правило, КГС) не оказывает на нее существенного влияния. В этом случае геосистемы обладают высокой резистентностью к загрязнению, чего нельзя сказать о геосистемах с низким природно-обусловленным стоком ингредиента.

Очевидно, что в период максимального загрязнения (начало – середина 70-х гг.) коэффициенты трансформации стока $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, SO_4^{2-} , Cl^- представляют собой, наибольшие величины за весь период наблюдений. Начиная же с 80-х гг. XX ст., на русском Севере наметилась тенденция к снижению стока ионов антропогенного происхождения, что обусловлено снижением интенсивности загрязнения. А в результате, коэффициенты трансформации стока ионов по всем соответствующим постам в современный период существенно снизились. Сравнение коэффициентов трансформации стока $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, SO_4^{2-} и Cl^- в различные се-

зоны позволяет сделать вывод о том, что наивысшая степень респлентности наблюдается во время весеннего половодья, что, очевидно, объясняется высокими величинами жидкого стока, обуславливающими достаточно большую скорость потока вещества в геосистемах. Очевидно, что респлентность не зависит от природно-обусловленного содержания и стока вещества, а определяется скоростью его потока через систему.

Вопросы устойчивости должны находить свое практическое применение при нормировании качества ОС. Экологические нормативы, рассчитанные с позиций устойчивости геосистем, на наш взгляд, являются максимально объективными.

Четвертая глава посвящена анализу современных методов экологического нормирования качества поверхностных вод.

В настоящее время оценка качества воды осуществляется на основе нормативной системы ПДК, ограниченность которой общепризнанна. К недостаткам этой системы нормирования относят ее антропоцентричность и экстерриториальность. Антропоцентричность заключается в том, что нормативы устанавливаются, исходя из потребностей человека, и не учитывают реального состояния водного объекта. Экстерриториальность же проявляется в установлении единых нормативов для всех водоемов и водотоков без учета их реального состояния, которое, естественно, пространственно неоднородно. Антропоцентризм и экстерриториальность при разработке нормативов качества воды привели к тому, что нередко допускается загрязнение до уровня, катастрофического для данного водного объекта. И, напротив, в некоторых случаях природно-обусловленное содержание тех или иных веществ значительно превышает ПДК.

Предлагаемая в работе система экологического нормирования лишена недостатков системы ПДК и характеризуется следующими особенностями:

1. нормативы устанавливаются не только исходя из потребностей человека или экосистемы, а, в первую очередь, на основе состояния природных водных объектов;

2. нормативы являются территориально дифференцированными (по-бассейновыми) и отражают степень устойчивости геосистем к загрязнению;

3. нормативы представляют собой не граничные максимально-допустимые величины, а диапазоны допустимых колебаний концентраций загрязняющих веществ, что позволяет учесть естественную изменчивость параметров геосистемы.

Очевидно, что наиболее объективной оценкой степени антропогенной трансформации геосистемы является отклонение современного состояния от природно-обусловленного. В то же время, недостаточно рассматривать нормативы качества воды, как природно-обусловленные диапазоны колебания содержания веществ, поскольку в последние десятилетия под влиянием хозяйственной деятельности происходят значительные изменения, и диапазоны колебаний смещаются. Тем не менее, водохозяйственная деятельность осуществляется и в этих измененных условиях, что необходимо учитывать.

Для нормирования качества воды наиболее оптимальной является трехуровневая система нормативов, предложенная В.А. Белоноговым и Н.П. Торсуевым (1996).

1. Нормативы критического уровня – определяют концентрации загрязняющих веществ, при превышении которых необходимо принимать срочные меры для обеспечения здоровья населения и возобновления биологических ресурсов.

2. Нормативы приемлемого уровня – отражают современное содержание растворенных веществ и предотвращают дальнейшее ухудшение состояния природного объекта.

3. Нормативы желаемого уровня – отражают природно-обусловленное содержание растворенных в воде веществ.

Таким образом, диапазоны содержания загрязняющих веществ приемлемого уровня определяют краткосрочные цели в управлении качеством воды (поддержание современного состояния). Нормативы желаемого уровня характеризуют стратегическую цель (улучшение качества поверхностных вод до естественно-исторического уровня).

В пятой главе проанализирована исходная информация, представлены различные методики расчета экологических нормативов, а также приведены рассчитанные нормативы содержания главных ионов в воде рек севера ЕТР.

Исходной информацией для работы послужили, как отмечалось, материалы многолетнего мониторинга (1938 – 1995 гг.) за ионным со-

ставом речных вод на территории русского Севера, осуществляемого Севгидрометом. А именно, выбран ряд створов, наблюдения на которых охватывают период до начала интенсивного антропогенного пресса (до второй половины 50-х гг.), а также современный период (1985 – 1995 гг.), и, кроме того, – створы, имеющие данные хотя бы на протяжении одного из указанных периодов. Всего проанализировано 86 пунктов наблюдений, на 74 из них мониторинг содержания главных ионов сопровождается данными по расходам воды. Исходная информация позволяет вычислить нормативы желаемого уровня на 36, приемлемого – на 73, а приемлемого и желаемого – на 23 постах.

Для целей экологического нормирования мы ограничились данными лишь за зимний и летне-осенний гидрологические сезоны, т.е. рассматривали периоды относительно низкого стока и, соответственно, повышенных концентраций растворенных веществ. Это связано с тем, что нормирование в весенний сезон не имеет смысла, поскольку расходы многократно возрастают, а разбавляющая способность водного потока увеличивается.

Для расчета экологических нормативов, представляющих собой диапазоны допустимых колебаний концентраций главных ионов, были апробированы различные методические подходы. Наиболее оптимальным, на наш взгляд, является метод установления допустимых концентраций, основанный на вероятностном подходе. На практике этот метод можно реализовать при помощи анализа кумулятивных кривых (или кривых обеспеченности) концентраций. Кумулятивная кривая представляет собой график, показывающий повторяемость, в нашем случае, концентраций выше заданного значения. Кроме того, кривые обеспеченности иллюстрируют диапазоны содержания вещества.

Анализ характера кривых обеспеченности содержания главных ионов показал, что их верхние и нижние участки (от 0 до 10% и от 90 до 100%) в большинстве случаев имеют изогнутые очертания, что обусловлено наличием аномальных высоких и низких значений (рис.4). Норматив содержания вещества в воде определяется как диапазон концентраций от 10 до 90%-ной обеспеченности, а в качестве средней величины диапазона принимается величина концентрации 50%-ной обеспеченности. Для удобства практического применения полученные

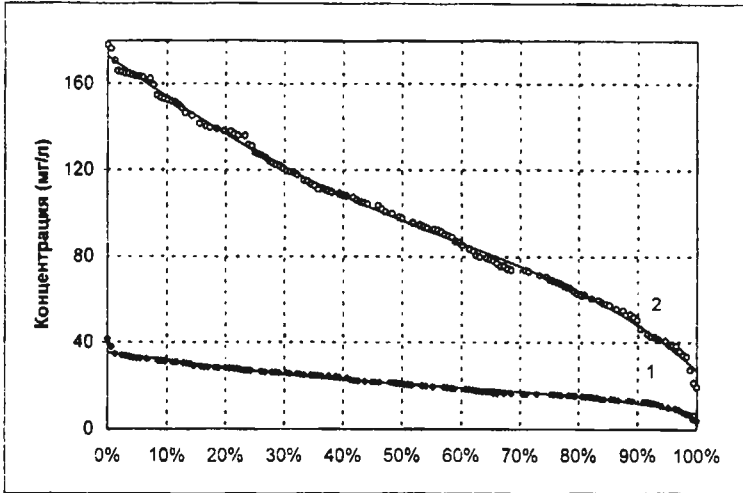


Рис. 4. Кривые накопленных частот зимних и летне-осенних концентраций Ca^{2+} (1) и HCO_3^- (2) на посту р. Мезень - д. Малонисогорская (1940 - 1995 гг.)

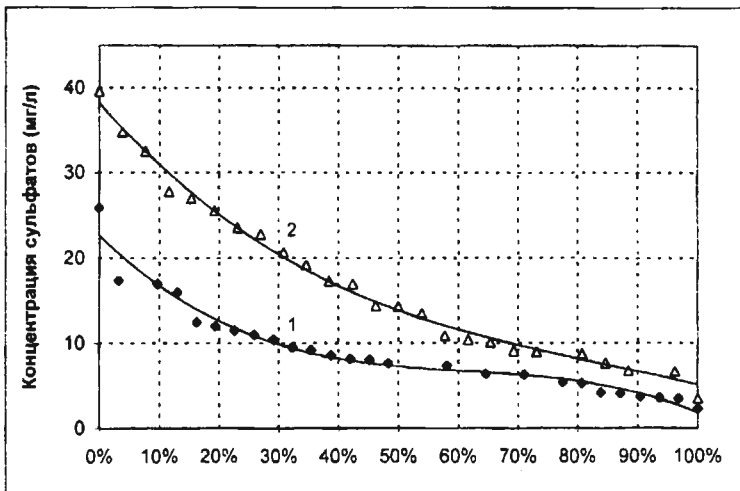


Рис. 5. Кривые накопленных частот концентраций SO_4^{2-} в зимний и летне-осенний сезоны на посту р. Юг - д. Гаврино за фоновый (1) и современный (2) периоды

концентрации округляются, а величина округления зависит от значения концентрации.

Концентрации ионов литогенного происхождения (Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^-) характеризуются незначительной изменчивостью в многолетнем аспекте и не подвержены антропогенному воздействию. Таким образом, их содержание на протяжении современного периода практически на всех постах региона соответствуют значениям гидрохимического фона, а, следовательно, нормативные диапазоны литогенных ионов целесообразно рассчитывать на основе данных за весь период наблюдений.

Что касается ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, SO_4^{2-} , Cl^- , то под воздействием антропогенеза их природно-обусловленные концентрации существенно увеличиваются. Диапазоны фоновых концентраций этих ингредиентов соответствуют желаемым уровням и характеризуют их геохимический фон. В свою очередь значения обеспеченности содержания данных веществ на протяжении современного периода характеризуют приемлемый уровень. Сравнение нормативов желаемого уровня с приемлемыми отчетливо показывает степень антропогенных изменений.

Геосистемы, отличающиеся небольшими природными концентрациями сульфатов в поверхностных водах (рр. Мезень, Ижма, Вашка, Пижма, Юг), характеризуются существенным увеличением значений современных диапазонов их содержания по сравнению с фоновыми (рис.5). Так, нижние границы нормативного диапазона возросли на 1,5 – 5 мг/л или в 1,5 – 2,0 раза, верхние - на 6 – 18 мг/л или в 1,8 – 2,5 раза, а медианные концентрации желаемого уровня увеличились на 2 – 8 мг/л или в 1,4 – 1,9 раза. В результате приемлемые нормативы содержания SO_4^{2-} здесь существенно превышают желаемые, что свидетельствует об относительно низкой резистентности этих геосистем к загрязнению SO_4^{2-} .

В геосистемах, речные воды которых характеризуются повышенными фоновыми величинами SO_4^{2-} (рр. Онега, Сев. Двина, Вычегда и др.), увеличение значений границ современных диапазонов является менее существенным (рис.6). Так, нижние границы допустимых диапазонов в современный период возросли по сравнению с фоновыми на 4 – 25 мг/л или в 1,3 – 1,6 раза, верхние – на 5 – 10 мг/л или в 1,0 – 1,4 раза, а средние величины - на 5 – 15 мг/л или в 1,2 – 1,4 раза. Таким

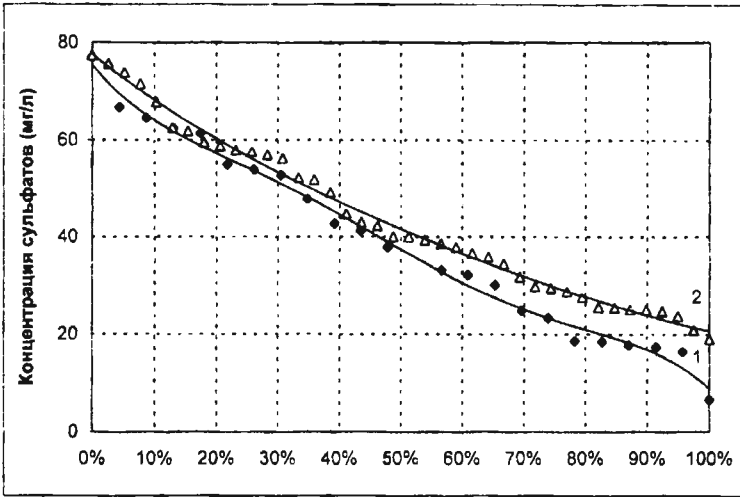


Рис. 6. Кривые накопленных частот концентраций SO_4^{2-} в зимний и летне-осенний сезоны на посту р. Сев. Двина - д.Абрамково за фоновый (1) и современный (2) периоды

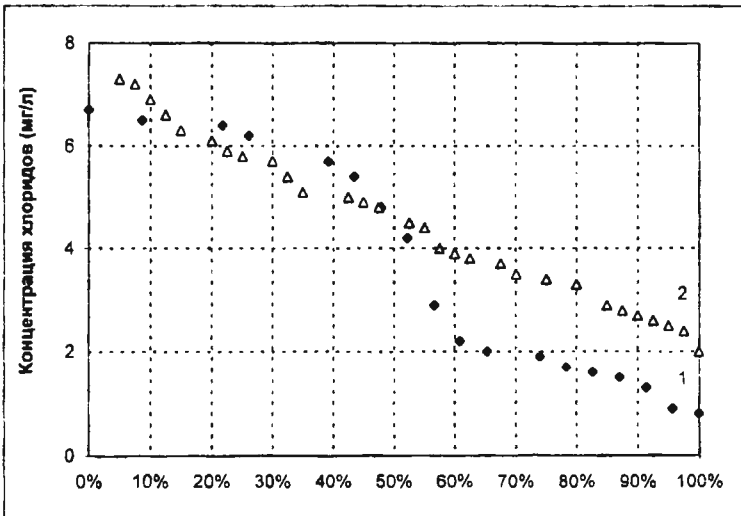


Рис. 7. Кривые накопленных частот концентраций Cl^- в зимний и летне-осенний сезоны на посту р.Мезень - д. Малонисогорская за фоновый (1) и современный (2) периоды

образом, эти геосистемы отличаются относительно высокой резистентностью к загрязнению SO_4^{2-} .

Еще более высокой степенью резистентности к загрязнению данным поллютантом характеризуются геосистемы с наибольшими для рассматриваемого региона величинами естественно-исторического геохимического фона SO_4^{2-} (рр. Вынь, Сотка, Кулой). Здесь никаких изменений концентраций сульфатов в речных водах на протяжении современного периода не фиксируется, а в результате, нормативные диапазоны приемлемого уровня совпадают с желаемыми и являются довольно существенными.

Таким образом, при нормировании содержания сульфатов более высокие требования должны предъявляться к воде рек, бассейны которых сложены терригенными породами, нежели рек карстовых районов.

Естественно-историческое содержание ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ и Cl^- в воде рек данной территории является достаточно однородным, а современная дифференциация их концентраций и стока обусловлена уровнем местного антропогенного воздействия.

На подавляющем количестве постов приемлемые диапазоны содержания щелочных металлов увеличились по сравнению с желаемыми нормативами, а именно, нижние – на 1 – 4 мг/л или в 2 – 6 раза, верхние – на 0,5 – 12 мг/л или в 1,1 – 3,0 раза, медианные же концентрации возросли в свою очередь на 1 – 8 мг/л или в 1,5 – 3,5 раза. Однако, на рр. Сев. Двина, Мезень и Вологда увеличение границ диапазонов содержания щелочных металлов и их средних величин в современный период по сравнению с условно фоновым является более значительным, что объясняется высокой плотностью населения собственно на этих реках, а отсюда – и увеличением хозяйственно-бытовых сточных вод, характеризующихся относительно высокими концентрациями ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$. А в результате – нижняя граница нормативного диапазона здесь возросла на 18 – 20 мг/л или в 3,6 – 4,2 раза, а медианная концентрация – на 10 – 23 мг/л или в 4,3 – 6,0 раза.

Нижние границы нормативных диапазонов концентраций Cl^- приемлемого уровня увеличились по сравнению с желаемыми на 0,5 – 2,5 мг/л или в 1,3 – 3,0 раза, верхние – на 0,5 – 6 мг/л или в 1,1 – 3,5 раза, а медианные значения – на 0,5 – 8 или в 1,1 – 3,6 раза. Однако на

некоторых реках, бассейны которых характеризуются меньшей интенсивностью загрязнения (Юг, Пижма, Вымь, Мезень и Вашка), максимальные значения желаемых диапазонов остались неизменными, совпадая, с приемлемым уровнем (рис.7).

Минерализация речных вод как желаемого, так и приемлемого уровней на территории русского Севера сильно дифференцирована. Минимальные ее значения отмечаются на реках, бассейны которых сложены терригенными породами (рр. Сысола, Пукса, Локчим, Айюва, Пеза и Велью). В воде этих рек минерализация приемлемого уровня существенно превышает желаемую. Максимальные же величины минерализации наблюдаются на рр. Кулой и Сотка. Антропогенное загрязнение на последних является несущественным по сравнению с природно-обусловленной флуктуацией минерализации, и, следовательно, не может привести к каким-либо существенным изменениям. А в результате – приемлемые и желаемые нормативы здесь представляют собой одинаковые величины.

Итак, антропогенная деятельность накладывает свой отпечаток на качество поверхностных вод, что приводит к смещению диапазонов содержания растворенных веществ в современный период по сравнению с фоновым. Поэтому на современном этапе для обеспечения текущей водохозяйственной деятельности и нормирования интенсивности антропогенного загрязнения является целесообразным введение временных норм (нормативы приемлемого уровня), отражающих именно современное состояние данного, конкретного водного объекта. Таким образом, приемлемые нормативы позволят предотвратить дальнейшее ухудшение качества воды, и будут способствовать оптимизации современной водохозяйственной деятельности.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Основным фактором, определяющим резистентность, т.е. способность геосистем противостоять, в нашем случае, загрязнению ионами $\text{Na}^+\text{+K}^+$, SO_4^{2-} , Cl^- , является их условный геохимический фон, т.е. интенсивность потока вещества через геосистему.

2. Респлентность, заключающаяся в способности геосистемы возвращаться в исходное или близкое к нему состояние после прекра-

щения возмущения, определяется скоростью потока вещества через геосистему.

3. Экологические нормативы необходимо устанавливать на основе состояния природных водных объектов, а, не исходя из потребностей человека.

4. Экологические нормативы должны представлять собой диапазоны допустимых колебаний концентраций загрязняющих веществ.

5. Наиболее объективным и оптимальным подходом к оценке качественного состава поверхностных вод является трехуровневая система нормативов.

6. К менее устойчивым геосистемам должны предъявляться повышенные требования для поддержания их состояния, в отличие от геосистем, характеризующихся высоким уровнем устойчивости к загрязнению, для которых допускаются достаточно высокие величины нормативных показателей.

Подводя итог проделанной работе, необходимо отметить, что в основе методики расчета нормативных диапазонов должна лежать оценка степени устойчивости геосистем к химическому загрязнению. Экологическое нормирование, базирующееся на анализе многолетних данных о содержании растворенных веществ на протяжении условно фоновых и современных периодов, позволяет провести наиболее объективную оценку качества поверхностных вод и их антропогенной трансформации, чем действующие в настоящее время ПДК.

Основные результаты исследования изложены в следующих работах:

1. Белоногов В.А., Колесниченко Н.Н., Торсуев Н.П., Федорова В.А. Анализ многолетней (1938 – 96 гг.) изменчивости ионного состава рек севера ЕЧР как показатель интенсивности антропогенного загрязнения // Проблемы гео- и социозологии Республики Татарстан. – Казань, 1998. – С. 95 – 118.

2. Белоногов В.А., Колесниченко Н.Н., Торсуев Н.П., Федорова В.А. Природный геохимический фон и устойчивость геосистем к антропогенному загрязнению // Тезисы междунар. конф. “Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 2”. – Тольятти, 1998. – С. 117 – 118.

3. Белоногов В.А., Колесниченко Н.Н., Торсуев Н.П., Федорова В.А. Еще раз к вопросу о роли урбазкосистем в загрязнении окружающей среды // Региональная экология. – 1998. – № 3-4. – С. 54 - 59.

4. Галимзянова З.Р., Белоногов В.А., Федорова В.А. и др. Антропогенез и трансформация ионного стока рек таежной зоны ЕЧР // Изв. Русск. геогр. об-ва. – 1999. – Т.131, вып. 3. – С. 61 - 67.

5. Белоногов В.А., Добровольский В.В., Торсуев Н.П., Федорова В.А. Сток сульфатов как показатель устойчивости геосистем к загрязнению // Гидрогеология и карстование. Вып. 13. – Пермь, 2000. – С. 21 – 26.

6. Белоногов В.А., Торсуев Н.П., Федорова В.А. Изменчивость концентраций и стока растворенных веществ как показатель устойчивости геосистем к загрязнению // Вестник ТО РЭА, № 2. – Казань, 2000. – С. 21 – 25.

7. Федорова В.А., Белоногов В.А. Гидрохимическая изученность и вопросы исследования ионного стока рек русского Севера // Вестник ТО РЭА, № 3 (5). – Казань, 2000. – С. 55 – 63.

8. Белоногов В.А., Торсуев Н.П., Федорова В.А. Многолетний мониторинг и вероятностно-статистический анализ как наиболее эффективный подход к решению проблемы нормирования качества поверхностных вод // Водное хозяйство (в печати).



В.А. Федорова

Отпечатано в ООО «ДАС»
Лиц. № 0118 от 3.04.98 г.
Тираж 100 экз. Заказ 04/12. Формат 60x90 1/16.
Печать ризографическая.
420008, Казань, ул. Университетская, 17
Тел. 64-69-26

00-00