

На правах рукописи

Артемов Игорь Евгеньевич

**Влияние урбанизации на кислотно-щелочные характеристики
природных вод.**

Специальность 25.00.36 – «Геоэкология»

Автореферат

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Москва - 2010

Работа выполнена в ГУ Институт глобального климата и экологии
Росгидромета и РАН

Научный руководитель:

Доктор географических наук, профессор Г.М.Черногаева

Официальные оппоненты:

Доктор географических наукН.Н.Митина

Кандидат географических наук.....В.А.Гинзбург

Ведущая организация: Институт географии РАН

Защита состоится «25» ноября 2010г. в 16.00 на заседании
Диссертационного совета Д002.049.01 в ГУ Институт глобального
Климата и экологии Росгидромета и РАН по адресу:
РФ, 107258 Москва, ул. Глебовская, д. 20Б

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
ГУ Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН

Автореферат разослан «22» октября 2010г.

Ученый секретарь диссертационного совета
Доктор биологических наук

А.А.Минин

Актуальность темы

Антропогенное воздействие на биосферу ведет к нарушению сложившегося баланса и путей миграции вещества. Человеческая деятельность активизирует и изменяет перенос вещества, как в пределах ландшафта, так и в глобальном масштабе. Одним из первых антропогенных ударов по биосфере на региональном уровне были в 70-х годах прошлого века «кислотные дожди», вызванные главным образом нарушением природных циклов серы и азота.

В 1979 году по инициативе бывшего СССР было создано общеевропейское совещание по сотрудничеству в области охраны окружающей среды и подписана Конвенция, направленная на уменьшение распространения антропогенных загрязняющих веществ на большие расстояния. За прошедшие сорок лет в рамках Конвенции было предпринято немало усилий по сокращению выбросов серы и азота. Также в значительной мере была решена проблема закисления атмосферных осадков и других природных вод, непосредственно связанная с распространением вредных веществ, в первую очередь окислов азота и диоксида серы. Под закислением подразумевается изменение кислотно-основных свойств природных вод, вследствие которых могут возникнуть необратимые биологические изменения связанных с ними экосистем.

Однако полностью проблема еще не решена. Данные многолетнего мониторинга атмосферных осадков свидетельствуют о наличии выпадении подкисленных осадков и в XXI веке, что в свою очередь может приводить к негативным воздействиям на наземные и водные экосистемы. В связи с чем комплексный анализ многолетних данных мониторинга таких природных вод как атмосферные осадки (жидкие и твердые), почвенные, речные воды и воды верхних водоносных горизонтов является актуальным.

Объект исследования: природные воды (атмосферные осадки, почвенные, речные, озерные воды, а также воды верхних водоносных горизонтов) Свердловской и Челябинской областей.

Предмет исследования: макрокомпонентный состав и кислотно-щелочные свойства рассматриваемых в работе природных вод.

Цель работы – проанализировать влияние хозяйственной деятельности на урбанизированных территориях на кислотно-щелочные свойства природных вод.

Для решения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи:**

- анализ существующих информационных потоков данных мониторинга макрокомпонентного состава и кислотно-щелочных свойств атмосферных осадков (жидких и твердых) почвенных, речных, озерных вод, а также вод верхних водоносных горизонтов.
- выявление тенденции и динамики выбросов и сбросов макрокомпонентных химических веществ в окружающую среду за последние пятнадцать лет;
- картографическое сравнение пространственного распределения кислотно-щелочных характеристик разных типов природных вод путем построения картосхем;
- оценка значимости проблемы закисления окружающей среды в ходе активной антропогенной деятельности по сравнению с другими экологическими проблемами в рассматриваемых регионах.

Исходные материалы:

- Переведенный в электронный вид банк данных многолетнего мониторинга атмосферных осадков (жидких и твердых), поверхностных вод на территории Свердловской и Челябинской областей за период 1990-2006 гг.;
- Опубликованная научная и статистическая литература по рассматриваемым проблемам за XX-XXI века, а также фондовые материалы Уральского УГМС и ИГКЭ Росгидромета, ИГ РАН и Почвенного факультета МГУ им. М.В.Ломоносова;
- Свод разномасштабных физико-географических и экономических карт;
- Ресурсы сети интернет, в том числе сайты указанных выше организаций;
- Собственные полевые материалы автора данной работы.

Методы исследования:

- Статистическая и графическая обработка собранного материала;
- Поиски корреляционных зависимостей;
- Построение и расчленение гидрографов стока;
- Построение картосхем.

Защищаемые положения:

- Современная структура макрокомпонентов в осадках и поверхностных водах в исследуемых районах;
- Тенденции в изменении кислотности в атмосферных осадках и поверхностных водах;

- Отсутствие масштабных закислений природных вод в исследуемых районах, выделение первоочередных проблем, связанных с антропогенным загрязнением поверхностных вод.

Научная новизна:

- Впервые для Свердловской и Челябинской областей на основе современных данных (за последние 15 лет) исследованы тенденции в изменении химического состава и кислотно-щелочных характеристик водных ресурсов в условиях активной антропогенной нагрузки с учётом взаимосвязи всех природных вод.

Практическое значение.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы для совершенствования системы химического мониторинга водных ресурсов на федеральном и региональном уровнях, для формирования долгосрочных планов экономического развития Свердловской и Челябинской областей, как субъектов РФ, для информационной поддержки процесса принятия природоохранных решений.

Внедрение.

Результаты исследования по теме диссертации были использованы и используются:

При выполнении НИР Росгидромета по теме 1.4.8 «Дать комплексную оценку состояния, тенденций и динамики изменения загрязнения окружающей среды Российской Федерации. Обеспечит подготовку и издание режимно-справочных материалов, выполнение международных обязательств Росгидромета, научно-методическое руководство работами сетевых организаций».

При выполнении НИР Росгидромета по теме 1.4.12 «Разработать научно-методические основы оптимального функционирования мониторинга загрязнения атмосферных осадков и снежного покрова, оценки их влияния на качество поверхностных вод суши, в том числе с использованием картографического метода».

Проект ФЦП «Развитие государственной системы мониторинга окружающей среды в Российской Федерации на 2009-2015 годы».

Программа №12 фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН «Природные и антропогенные факторы изменения окружающей среды России».

Созданная электронная база табличного и картографического материала передана для использования в Уральское Управление гидрометеослужбы.

Личный вклад.

Создана электронная база многолетних данных мониторинга химического состава и кислотно-щелочных характеристик водных ресурсов Свердловской и Челябинской областей; оцифрован ряд карт по административным и физико-географическим показателям и построены картосхемы по показателям загрязнения природных сред для проведения расчётов и визуализации их результатов; выполнен анализ многолетних изменений минерализации природных вод, их структуры и рН для Свердловской и Челябинской областей с учётом их природных и антропогенных особенностей; в базу данных включены результаты экспедиционных исследований с участием автора.

Публикации.

Основные результаты диссертации опубликованы в 9 научных трудах соискателя, в том числе две - в изданиях, включённых в перечень ВАК.

Апробация работы.

Основные результаты диссертации представлялись научной общественности на научных семинарах в ИГ РАН, ГУ ИГКЭ Росгидромета и РАН, ИПГ Росгидромета, Московском отделении Русского географического общества, а также на конференциях: Молодых учёных Росгидромета, Москва, 2004 г.; Молодых учёных Росгидромета, Москва, 2005 г.; Всероссийской конференции «Научные аспекты экологических проблем России», Москва, 2006 г.; межотдельском семинаре ИГКЭ (2008 г.), Всероссийской конференции ГУ ГХИ Росгидромета (2009 г.), (2010 г.).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из Введения, 5 глав и выводов. Она изложена на 129 страницах, содержит 48 рисунков, 29 таблиц. Список литературы содержит 108 наименований.

Введение содержит необходимые общие сведения о диссертации, в том числе, ее актуальности, целях, задачах, новизне, практической значимости, выносимых на защиту положениях, апробации исследования и основных публикациях автора по теме диссертации.

Глава I. Состояние проблемы.

Во второй половине XX века рост выбросов загрязняющих веществ, и, прежде всего, таких как окислы серы и азота, привёл к необходимости решения на международном уровне проблемы антропогенного закисления атмосферных осадков и их влияния на подстилающую поверхность.

Регулярные наблюдения за химическим составом осадков и их кислотностью (ХСОиК) на территории Российской Федерации были начаты в период Международного геофизического года и следовавшего за ним Международного года геофизического сотрудничества (1958-1959 гг.) и насчитывали 13 станций. Организация наблюдательной сети, включая разработку методов наблюдений и химического анализа проб осадков, осуществлялась под научно-методическим руководством Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (ГГО) Росгидромета.

В 1979 году на совещании по сотрудничеству в области охраны окружающей среды все европейские государства, а также США и Канада подписали конвенцию, направленную на уменьшение распространения антропогенных веществ на большие расстояния (трансграничных потоков).

Международная деятельность в рамках конвенции постоянно развивается. Для обеспечения выполнения её основных положений в 1985 году страны-участники подписали протокол о сокращении к 1993 году выбросов серы, по меньшей мере, на 30% от уровня 1980 года, а в 1988 году был подписан протокол по ограничению выбросов оксидов азота или их трансграничных потоков. Международные усилия привели к существенному снижению выбросов серы к концу XX века. За последние два десятилетия общие выбросы SO₂ в 25 странах Европы снизились с 18 до 4 Мт серы в год.

Суммарные выпадения окислов серы и азота на территории России сокращались примерно до середины 90-х годов. С 1996 г. по настоящее время существенных изменений, как по массе выпадений, так и по уровням нагрузок в регионах РФ практически не происходило (рис.1).

В настоящее время национальная сеть наблюдений за химическим составом и кислотностью (ХСОиК) осадков, включая станции ГСА ВМО, представлена 172 станциями. На 121 из них отбирают пробы осадков для последующего химического анализа, для измерения кислотности - на 102; на части станций проводились оба вида наблюдений. С 1980 г. по методическим разработкам ИПГ Росгидромета, а затем в ГУ ИКГЭ Росгидромета и РАН территориальными подразделениями Росгидромета выполняется мониторинг загрязнения и закисления снежного покрова.

Основной задачей этого вида мониторинга является получение исходных данных для определения нагрузок на природную среду и закисления снежного покрова в период образования максимального влагозапаса перед весенним снеготаянием.

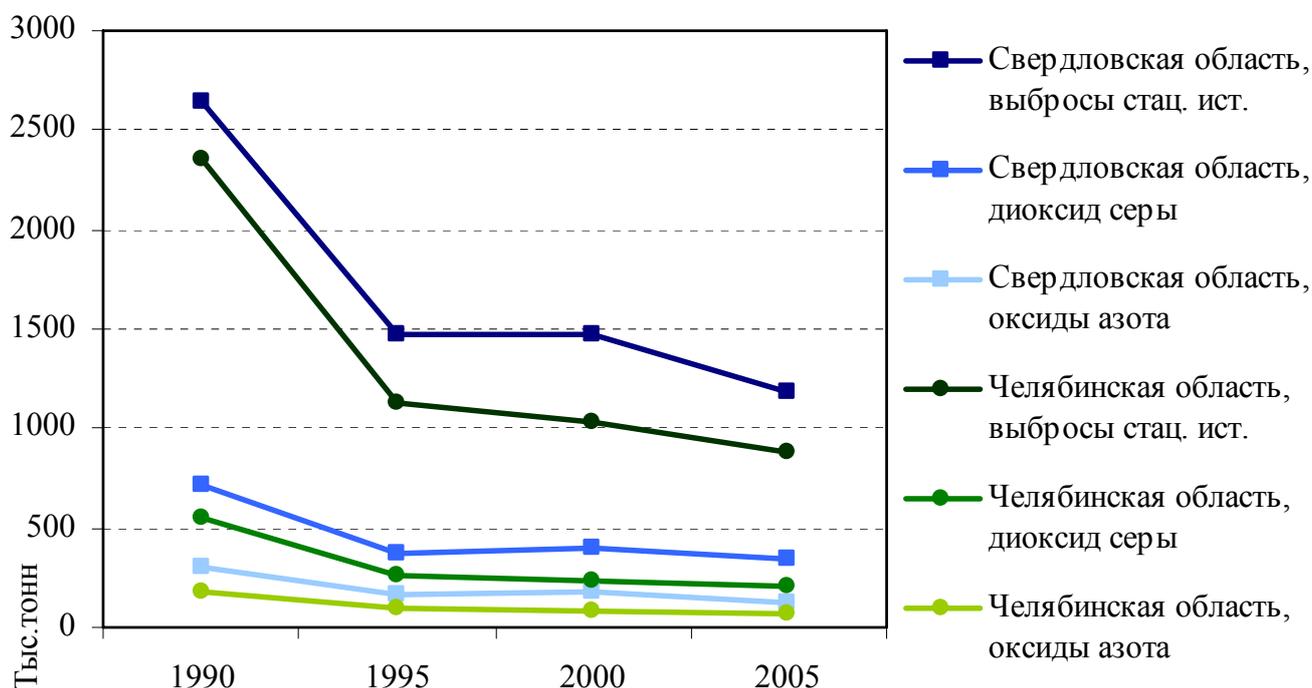


Рис.1 Выбросы стационарных источников, 1990-2005 гг.

Огромный объём выбросов предприятиями Восточно-Уральского региона диоксида серы определяет потенциальную возможность закисления осадков, в связи с чем в данной работе в качестве исследуемых регионов были выбраны Свердловская и Челябинская области (рис. 2).

Данные многолетнего мониторинга свидетельствуют о том, что осадки со значениями рН ниже 5,6 и в ряде случаев и ниже 5,0 в настоящее время могут выпадать в разных регионах страны, что в свою очередь делает по-прежнему актуальным исследование выпадений кислотных атмосферных осадков и возможности их негативного влияния на наземные и водные экосистемы.

Теоретические основы вопроса загрязнения атмосферных осадков на глобальном, региональном и локальном уровнях, выпадение кислотных осадков подробно изложены в работах Ю.А. Израэля, И.М. Назарова, А.Я. Пресмана, Ф.Я. Ровинского, А.Г. Рябошапка, В.М. Дроздовой, П.Ф. Свистова.

Глава II. Физико-географические и экономические особенности исследуемого региона.

Урал является специфическим по физико-географическим условиям районом. Его орография оказывает непосредственное влияние на климат и распределение осадков по территории. Уральские горы представляют собой естественную климатическую границу между Русской и Западно-Сибирской равнинами.

Уральские горы задерживают влажные воздушные массы, движущиеся с запада на восток, что обуславливает большие количества осадков на западном склоне, чем на восточном. Изменение направления воздушных масс, вызываемое Уральскими горами, приводит к более частым вторжениям холодного арктического воздуха в Зауралье по сравнению с Предуральем.

В целом в течение года наибольшая повторяемость характерна для западных и южных ветров. Зимой преобладают северо-западные, юго-западные и южные ветры, а летом увеличивается доля западных ветров.

Осадки выпадают главным образом летом. Годовая сумма осадков по территории колеблется в значительных пределах.

Если рассматриваемые в работе территории Свердловской области относятся к области достаточного увлажнения, то юго-восток Челябинской области относится к районам недостаточного увлажнения, где часто проявляются черты засушливого климата, что сказывается на природных особенностях этих областей.

Химический состав атмосферных осадков Урала достаточно пестрый. Среди анионов чаще преобладают сульфатные, значительно реже – гидрокарбонатные. Катионный состав воды атмосферных осадков более однороден, чем анионный. Из катионов, как правило, преобладает натрий. На втором месте по распространенности находится кальций, причем четко прослеживается увеличение количества последнего в

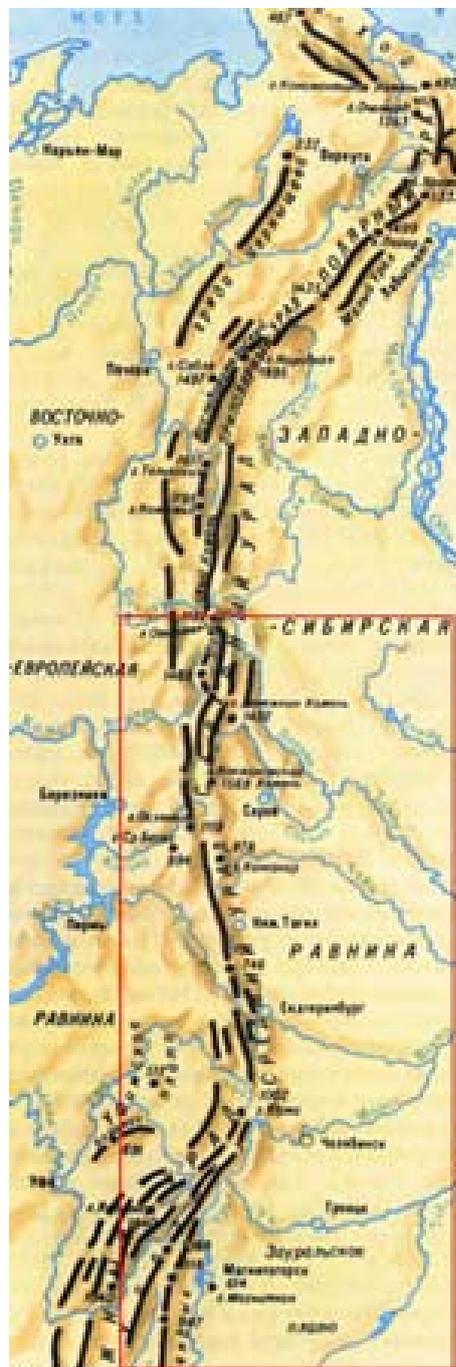


Рис.2 Урал.
Схема орографии.

□ Расположение Свердловской и Челябинской областей.

осадках над крупными населенными пунктами, а над большими промышленными городами отмечается его преобладание над остальными катионами. Общая минерализация атмосферных осадков изменяется в широких пределах как по территории, так и по сезонам года.

Почвы рассматриваемых регионов очень разнообразны, здесь встречается около полутора десятков различных типов почв, причём пёстрый состав почв прослеживается как в меридиональном направлении: от болотно-подзолистых на севере до солончаков и солонцов на юге, так и в широтном.

Ионный состав почвенной воды, выходящей за пределы почвенного профиля, является следствием взаимодействия атмосферной влаги со сложной динамической системой растение-почва.

Реки Урала принадлежат бассейнам Северного Ледовитого океана (на западном склоне - Печора с Усой, на восточном - Тобол, Исеть, Тура, Лозьва, Северная Сосьва, относящиеся к системе Оби) и Каспийского моря (Кама с Чусовой и Белой, Урал). Питание рек главным образом снеговое и дождевое (рис.3). Реки западного склона, особенно на Северном и Приполярном Урале, более полноводны. Наименьшая водность у рек восточного склона Южного Урала (некоторые из них летом пересыхают).

Химический состав вод местного стока находится в прямой зависимости от состава атмосферных осадков, почв и пород, слагающих водосборы озер. Минерализация весеннего местного стока на Урале изменяется от 6 до 51 мг/л. Реакция воды (рН), как правило, варьирует от 4,0 до 6,9. В анионном составе чаще преобладает сульфат-ион. Количество хлор-иона не превышает 5 мг/л. Среди катионов доминирует кальций.



Природные особенности и хозяйственная освоенность рассматриваемых территорий.

В пространственном отношении в данной работе рассматривались Свердловская и Челябинская области, которые находятся в приоритетном списке по выбросам загрязняющих веществ среди субъектов Российской Федерации.

Свердловская и Челябинская область являются наиболее староосвоенными, обладающими хорошо развитым промышленным комплексом областями Урала. По масштабам антропогенной деятельности они существенно выделяются на фоне остальных районов Урала. Общие сведения приведены в таблице 1.

Таблица 1. Общие сведения об исследуемых районах.

Область	Свердловская	Челябинская
Площадь, тыс.км ²	194,3	88,5
Население (2007), тыс.чел	4396	3511
Городское население, %	88	81
Плотность, чел/км ²	22,6	39,7
Температура воздуха, январь, °С	(-20; -15)	(-16; -18)
Температура воздуха, июль, °С	(16; 19)	(17; 20)
Осадки, мм	350-650	300-600
Лесистость, %	67,5	25,5
Болота, км ²	20,7 (13,8%)	19,3 (21,8%)
Преобладающие типы почв	Подзолы	Чернозём

Глава III. Концепция, методические подходы, исходные материалы.

В начале 30-х годов XX века В.И.Вернадским было сформулировано представление о единстве всех земных вод и едином водном равновесии Земли. Однако на практике исследования закономерностей формирования химического состава природных вод в большинстве случаев осуществляется применительно к водам отдельных частей гидросферы: атмосферным осадкам, поверхностным или подземным водам.

В 60-е годы Е.В.Посохов последовательно подошёл к решению этой проблемы. Рассмотрев происхождение гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов в атмосферных осадках, речных, озёрных, морских и подземных водах.

По мнению Е.В.Посохова, обнаруживается следующий порядок в соотношениях главных ионов: наиболее обогащены ионами SO_4^{2-} по сравнению с другими ионами атмосферные осадки, которые чаще, чем другие воды характеризуются соотношением $SO_4^{2-} > HCO_3^- > Cl^-$. Пресным речным и озёрным водам более свойственно соотношение $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$. Такой же порядок характерен и для вод неглубоко залегающих водоносных горизонтов зоны свободного водообмена (вод, дренируемых гидрографической сетью).

В поверхностных незагрязнённых водах концентрация нитратных ионов обычно менее 1 мг/л, причём она сильно колеблется в зависимости от развития водных организмов. В атмосферных осадках содержание нитратов чаще менее 1 мг/л. Основная масса нитратов продуцируется в почвенном покрове в результате разложения органических веществ, поэтому содержание нитратов в грунтовых водах зависит от типов почвы. Ионы натрия и кальция доминируют в катионном составе природных вод.

Пространственное распространение химических типов поверхностных вод и закономерности их формирования рассмотрены в работах О.А. Алёкина, Л.И. Бражниковой, А.М. Никанорова и др.

Бурный рост промышленности и широкое использование её продукции в различных областях человеческой деятельности с пятидесятых годов прошлого столетия привели к поступлению в атмосферу, поверхностные, грунтовые и почвенные воды загрязняющих веществ, изменяющих ионную структуру вод, а также их кислотно-щелочные характеристики.

Основную опасность в ходе антропогенной деятельности для водных и наземных экосистем представляют основные кислотообразующие вещества в атмосфере – диоксид серы и окислы азота. В таблице 2 представлены типичные концентрации (в скобках – диапазоны основных соединений серы и азота трех условных зон: урбанизированных, зоны с высокой степенью индустриализации и геохимически чистой).

Таблица 2. Концентрации соединений серы и азота в атмосфере, мкг/м^3 (А.М. Никаноров, 2001 г.)

	Зона		
	урбанизированная	промышленная	геохимически чистая
SO ₂	40 (5 – 200)	10 (1 – 50)	0,5 (0,1 – 3)
SO ₄ ²⁻	12 (3 – 25)	10 (1 – 20)	2,0 (0,5 – 5)
NO	8 (1 – 30)	1,5 (0,3 – 5)	0,2 (0,1 – 0,5)
NO ₂	20 (3 – 100)	4 (1,0 – 15)	0,5 (0,2 – 3)
NO ₃ ⁻	3 (0,5 – 15)	2,0 (0,3 – 8)	0,4 (0,05 – 4)

В работе был проанализирован химический состав по основным ионам и рН атмосферных осадков, почвенного покрова, грунтовых вод зоны активного водообмена, а также речных и озёрных вод по данным мониторинга и картографических материалов.

Для решения поставленных задач в работе использовались следующие материалы: данные мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, осадков, снежного покрова и поверхностных вод Росгидромета; данные статистической отчетности Росстата РФ; серия физико-географических карт; результаты пространственного и временного анализа экологической ситуации, полученные другими исследователями для рассмотренных территорий и опубликованные в научных трудах и атласах.

Часть первичных и архивных материалов, вошедших в банк данных, была собрана автором работы в Уральском УГМС. Автор принимал участие в работах по снегомерной съемке и отбору проб поверхностных вод.

Среди приоритетных статистических показателей для комплексной оценки состояния загрязнения окружающей природной среды по субъектам РФ были рассмотрены такие показатели: выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сброс сточных вод в поверхностные водные объекты, ареалы загрязнённых земель вокруг городов.

По методическим указаниям ГГО Росгидромета при измерении баланса кислых и основных ионов ошибка, обусловленная погрешностями измерения и тем, что измеряются только основные для данного раствора ионы (в нашем случае, SO_4^- , Cl^- , NO_3^- , HCO_3^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^+ , Mg^+) не должна превышать 3-4%. Результаты расчётов показывали удовлетворительную сходимость баланса кислых и основных ионов (табл.3).

Таблица 3. Баланс кислых и основных ионов.

Пункт	Год	Разность анионов и катионов, моль/л	Сумма ионов, моль/л	Ошибка
Верхнее Дуброво	1996	-19	1324	-1,40%
	1997	54	1218	4,40%
	1998	-36	956	-3,80%
	1999	-15	1201	-1,30%
	2000	6	906	0,60%
Краснотурьинск	1996	-27	872	-3,10%
	1997	-49	1691	-2,90%
	1998	0	1567	0,00%
	1999	30	663	4,50%
	2000	-21	627	-3,40%
Невьянск	1998	42	1800	2,40%
	1999	-4	1056	-0,40%
	2000	24	730	3,30%
Шатрово	1996	-21	667	-3,20%
	1997	-26	1819	-1,40%
	1998	12	546	2,30%
	1999	0	525	0,10%
	2000	-21	736	-2,90%

Временные закономерности изменения кислотно-щелочных характеристик атмосферных и поверхностных вод рассматривались в многолетнем разрезе (1990 – 2006 гг.) на годовом, сезонном, среднемесячном и среднесуточном уровнях за указанный период с учетом

влияния природно-климатических особенностей и антропогенных факторов. Учитывались выбросы загрязняющих веществ, водозабор сточных вод, численность населения, а также площади загрязнения городскими выбросами токсикантов промышленного происхождения.

В методологическом плане использовалась статистическая обработка данных, построение корреляционных зависимостей, графические методы построения картосхем. Полученные в работе результаты сравнивались с данными других исследователей.

Классификации вод по кислотно-щелочным характеристикам у разных авторов существенно различаются (табл. 4). В работе показано, в какой степени характеристика закисленности природных вод рассматриваемой территории зависит даже от небольших изменений в грациях рН.

Природные воды в областях, которые выделяются среди других массой выбросов в атмосферу ионов сульфатов и азота, рассматривались с позиций не только наличия закисления водных экосистем и почвенного покрова, но так же и с позиций приоритетности и необходимости решения других экологических проблем, таких как загрязнение природных сред химическими веществами техногенного происхождения, а также радиоактивного загрязнения в результате аварии на ПО «Маяк».

IV Глава. Результаты исследований.

IV.1 Атмосферные осадки.

За последние 15 лет в России, в связи с кризисными и посткризисными явлениями в экономике, произошло существенное снижение загрязнения атмосферного воздуха сульфатами и, в меньшей степени, окислами азота. По данным многолетнего мониторинга химического состава атмосферных осадков на фоновых станциях Росгидромета общая минерализация осадков остаётся на очень низком уровне, примерно 8,5 мг/л. Сохраняется ситуация, при которой атмосферные осадки примерно в 60% случаев остаются сульфатно-гидрокарбонатного типа. Средняя величина рН по регионам изменяется в целом на среднем многолетнем уровне в пределах в 5,6-6,6.

По величине минерализации по классификации ГГО Росгидромета атмосферные осадки делятся на четыре группы:

- осадки с малой минерализацией, до 15 мг/л,
- осадки со средней минерализацией, 15-30 мг/л,
- осадки с повышенной минерализацией, 30-50 мг/л,
- осадки с высокой минерализацией, выше 50 мг/л.

Минерализация осадков Свердловской и Челябинской областей относится к трём последним группам. Это связано, прежде всего, с большой плотностью урбанизированных территорий и загрязнением

атмосферного воздуха за счёт стационарных и передвижных источников.

Таблица 4. Классификации природных вод по рН.

	Алекин О.А., (1952, поверхност- ные воды и атмосферные осадки)	Никаноров А.М. (2001, поверхност- ные воды и атмосферные осадки)	Глазовская М.А. (1981, почвенные воды)	Рябошапко А.Г. (2005, атмосферные осадки)	Василенко В.Н. (2006, снежный покров)
3	Кислая	Сильнокислые	Сильно- кислые	Очень кислые	
3,5		Кислые		Кислые	
4	Слабокислая		Слабокислые		Слабокислые
4,5		Слабокислая		Слабокислые	Слабокислые
5	Слабокислая		Слабокислые		Слабокислые
5,5		Слабокислая		Слабокислые	Слабокислые
6	Слабокислая		Слабокислые		Слабокислые
6,5		Слабокислая		Слабокислые	Слабокислые
7	Нейтральная		Нейтральные		Нейтраль- ные
7,5		Нейтральная		Нейтральные	Слабо- щелочные
8,5	Слабо- щелочная		Слабо- щелочные		Щелочные
9,5		Слабо- щелочная		Слабо- щелочные	Щелочные
10,5	Щелочная		Сильно- щелочные		Сильно- щелочные

В 24 городах этих областей, для которых имеются соответствующие данные, минерализация изменяется от 25 мг/л (отсутствие крупной промышленности) до 65 мг/л в крупных промышленных городах.

В структуре минерализации основными анионами являются SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , и Ca^+ . Тип осадков – сульфатно-гидрокарбонатный. Суммарная доля сульфатов и гидрокарбонатов в минерализации осадков превышает 50% (табл.5)

Таблица 5. Макрокомпонентный состав атмосферных осадков

Пункт	Верхнее Дуброво	Невьянск
SO_4^{2-}	32%	37%
Cl^-	7%	5%
NO_3^-	5%	6%
HCO_3^-	30%	26%
NH_4^+	2%	1%
Na^+	4%	2%
K^+	3%	1%
Ca^+	10%	14%
Mg^+	7%	7%
Σ (мг/л)	39,4	60,8
pH	6,58	6,67

В урбанизированной зоне содержание соединений серы и азота в атмосферном воздухе практически полностью обусловлено антропогенной эмиссией, в промышленной зоне антропогенный вклад существенно превышает вклад природных источников.

Как правило, в городах Свердловской и Челябинской областей среднегодовые и среднемноголетние значения $\text{pH} > 5,6$. Это обстоятельство, прежде всего, связано с большими выбросами пыли из-за низкой эффективности воздушной очистки (табл. 6)

Таблица 6. Выбросы ряда загрязняющих веществ, т/год

Город	Год	Пыль	Двуокись серы	Двуокись азота
Каменск-Уральский	1990	34,6	11,6	6,3
	1993	21,3	3,3	5,9
	2003	22,8	4,8	5,1
Нижний Тагил	1990	103,9	73,2	25,5
	1993	46,9	40,6	19,1
	2003	24,3	31,0	17,3
Красноуральск	1990	58,2	12,9	19,2
	1993	87,2	6,2	10,9
	2003	31,1	5,6	5,5

Общая минерализация атмосферных осадков изменяется за год и за многолетний период не только в каждом конкретном городе, но и по сезонам года. Наиболее минерализованные осадки выпадают в холодный период года со снегом, а в теплый их минерализация снижается.

За 15 лет с 1990 года по 2005 включительно выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников существенно снизились, как в Свердловской, так и в Челябинской областях практически в 4 раза.

В выбросах, по данным региональной статистической отчетности, в 2005 году в Свердловской области выбросы диоксида серы стационарными источниками составляли 27% от общей суммы выбросов стационарных источников, в Челябинской – 23%, оксида азота соответственно – 11% и 8%.

Анализ данных многолетнего мониторинга снежного покрова свидетельствует о неравнозначных характеристиках кислотно-щелочного покрова, проявляющихся в одном и том же пункте в разные годы. Практически нет станций, на которых регистрировали одинаковые по типу (кислотные, нейтральные или щелочные) характеристики снежного покрова на протяжении 10-15 лет. Более того, даже в течение небольших периодов, 3-5 лет, практически не встречается городов с одинаковыми типами осадков.

Станции, расположенные в ближнем следе загрязнения от крупных промышленных источников выбросов диоксида серы, как правило, закисления не регистрируют. Около таких объектов наблюдаются ареалы со значениями pH большими 6,0.

В целом на Урале также в последние годы четко проявляется сдвиг максимума распределения pH снежного покрова за пределами ближнего следа от источника загрязнения в область значений 5,2-6,0.

Кислотность в подавляющем большинстве случаев ограничивается значениями pH от 5,1 до 5,5 (23%) и только в 10% случаев значениями pH от 4,4 до 5,0. В промышленных городах pH сдвигается в щелочную область практически во все сезоны.

Таким образом, для региона закисление снежного покрова не характерно.

В Свердловской и Челябинской областях по данным мониторинга Уральского территориального управления Росгидромета на протяжении многолетнего периода осадки холодного периода можно отнести к слабокислым лишь на небольшом участке северо-востока Свердловской области.

По сравнению с другими индустриальными районами страны, рассматриваемый в целом регион является территорией с наименьшим проявлениями закисления снежного покрова.

VI.2. Почвенный покров

По выражению В.И.Вернадского, почвенные растворы определяют характер всех поверхностных вод биосферы и в частности основную часть солевого состава речных вод.

Концентрация водородного иона оказывает большое влияние на геохимические процессы, проходящие в почвенном покрове и коре выветривания.

В природных условиях просматривается зональная закономерность роста рН от лесных подзолистых почв до почв лесостепей и степной зоны.

Кислый характер поверхностных вод в лесной зоне в значительной степени обуславливается нахождением малоразложившихся органических остатков, образованием торфянистых горизонтов бедных основаниями.

Типы почв в рассматриваемых субъектах по занимаемой площади и рН приводятся в таблице 7.

В южных лесостепных и степных районах биологические и гидрохимические условия благоприятствуют созданию щелочной среды в широком диапазоне: от нейтральной и щелочной, характерной для чернозёмов, до сильнощелочной, характерной для солончаков. Щелочная среда здесь формируется вследствие накопления оснований (кальция, магния, натрия, анионов Cl^- , SO_4^{2-} и др.).

В Свердловской области в зоне развития сильно выщелоченных подзолистых почв в составе поглощенных катионов преобладает кальций 37 – 43 мг/экв. на 100 г/почв, в значительно меньшем количестве содержится магний: 1,7 – 6,8 мг/экв. на 100 г/почв.

В поглощенный комплекс наряду с катионами входит водород, что обуславливает кислую реакцию почв, рН = 4,5 – 6,0 (рис.4). Это объясняется тем, что из почв уже выщелочена

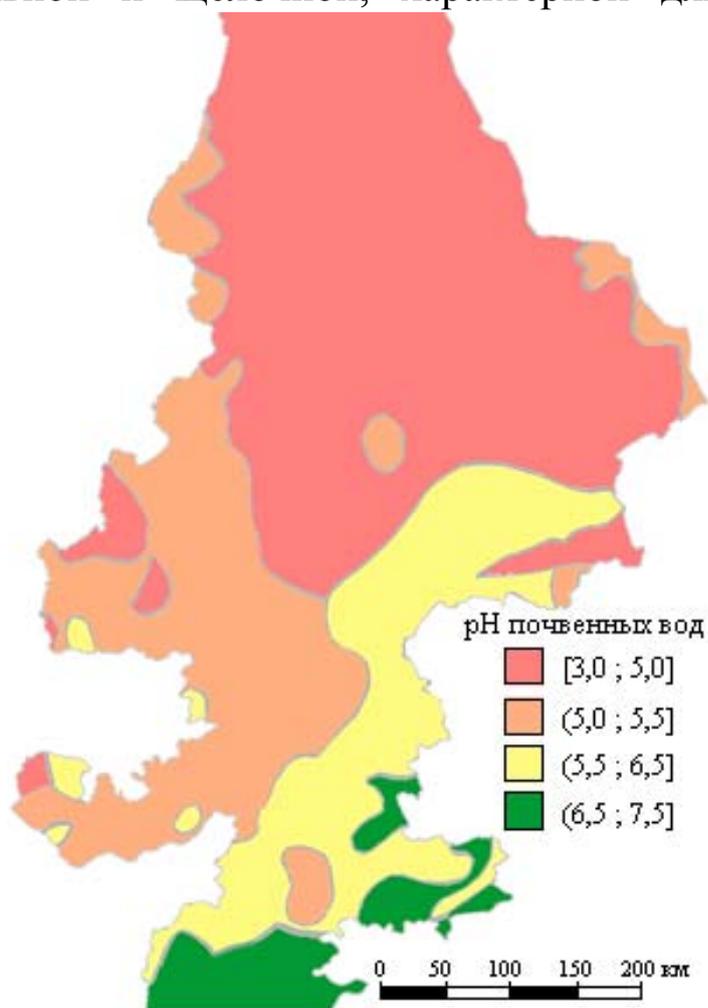


Рис.4 Кислотно-щелочные характеристики почвенных вод.

атмосферными осадками часть ионов щелочноземельных металлов.

Таблица 7. Характерные типы почв в рассматриваемых областях.

Тип почвы	Занимаемая площадь в Свердловской области	Занимаемая площадь в Челябинской области	pH
Подзолистые и подзолы	38 %	-	3,0-5,0
Дерново-подзолистые	30 %	0,5 %	5,0
Серые лесные	5 %	11,5 %	4,0-6,5
Чернозёмы выщелоченные и оподзоленные	6 %	23 %	5,5-6,5
Чернозёмы типичные среднемощные	-	10 %	6,5-7,0
Чернозёмы обыкновенные	-	31 %	7,0-7,5
Торфяно-болотистые	3 %	-	2,6-3,7 (верх) 5,0-6,5 (низ)
Болотно-подзолистые	3 %	-	3,0-4,0
Солончаки	-	5 %	7,3-7,5
Горно-чернозёмные	-	1,5 %	5,9
Аллювиальные	1,5 %	-	3,0-4,0 (болот) 5,0 (дерновые) 5,6 (луговые)
Горно-луговые	-	8 %	5,6
Горные подзолистые и кислые неоподзоленные	10 %	6 %	5,0-5,5
Лугово-чернозёмные	3,5 %	3,5 %	5,9-6,2

Все эти процессы можно наблюдать в Свердловской области, приблизительно до широты Екатеринбурга. Здесь в почвенном покрове водосборов формируются слабоминерализованные и слабокислые воды чисто гидрокарбонатные различного катионного состава, что объясняется глубокой степенью промытости подзолов.

Реакция почвенного раствора черноземов нейтральная (pH=6,5÷7,2). Среди черноземов в Челябинской области встречаются на довольно обширных территориях солончаковые почвы. При высокой минерализации подземных вод в солончаковых почвах преобладают сульфатные и хлоридные соли, при слабой минерализации — хлоридные и гидрокарбонатные.

Южнее начинается зона различных черноземов. В составе их поглощенного комплекса обычно преобладает кальций (80—90 %).

Техногенное воздушное загрязнение является весьма интенсивным фактором изменения химического состава почвенного покрова на урбанизированных территориях и в их окрестностях. Выбросы загрязняющих веществ переносятся далеко за пределы города и постепенно оседают на земной поверхности. Вокруг любого города формируются окаймление из постепенно уменьшающейся загрязнённости, переходящей в итоге к локальному фону. Пятна загрязнённости, сливаясь друг с другом, формируют ещё большие площади загрязнения почвенного покрова (рис.5).

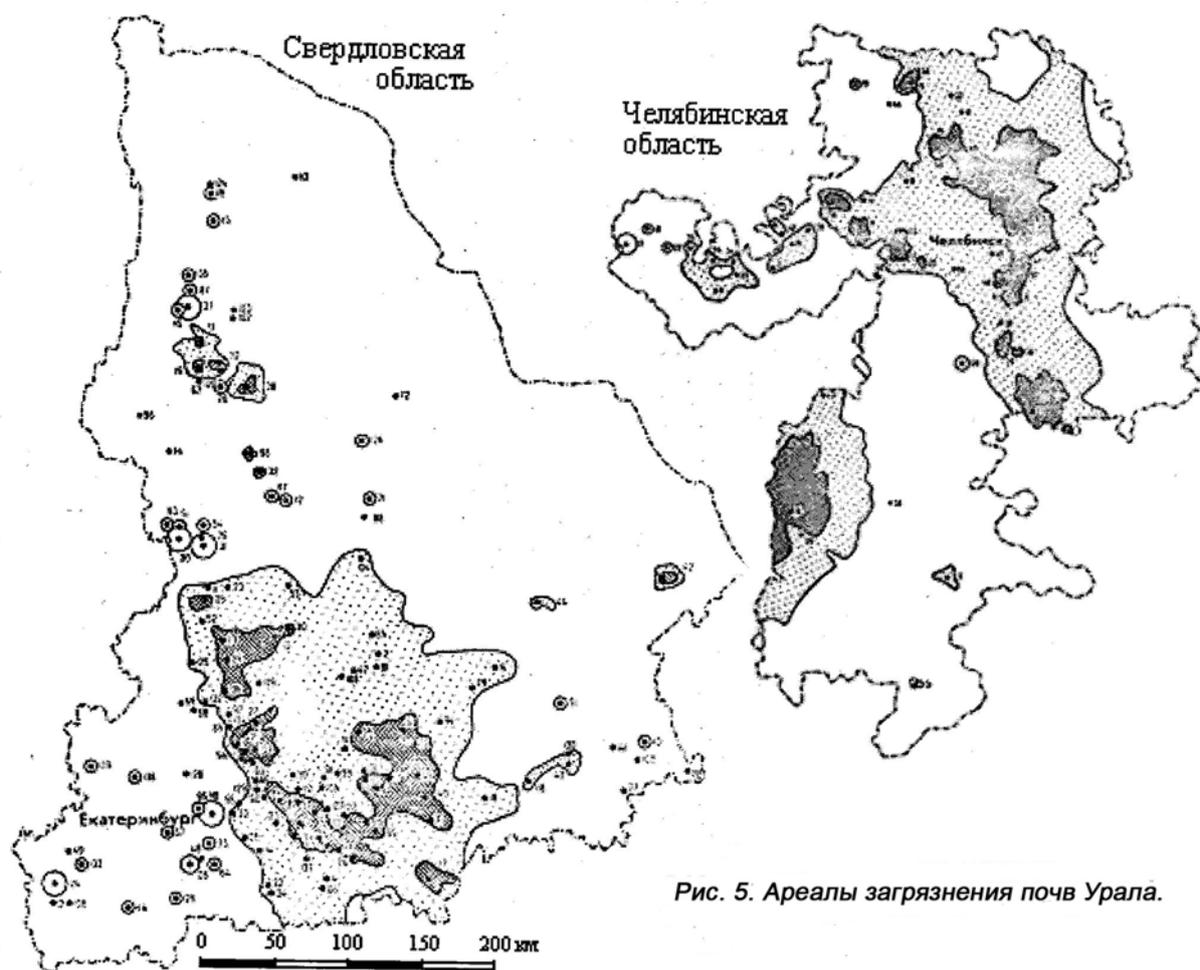


Рис. 5. Ареалы загрязнения почв Урала.

На картах приводятся картограммы суммарных размеров хронически загрязнённых площадей для Свердловской и Челябинской областей, которые входят в высшую категорию среди субъектов РФ по количеству загрязнённых земель (45000 и 37000 тыс. км² соответственно).

Городские почвы являются денонирующей средой всего спектра техногенных химических воздействий. Помимо трансформации их

микроэлементного состава наблюдается их ожелезнение и карбонизация. Вследствие карбонизации городских почв увеличивается их щёлочность и при значительном поступлении карбонатной пыли в кислые и нейтральные почвы происходит изменение класса водной миграции ландшафта.

Большую роль в формировании макрокомпонентного состава играют бытовые свалки, расположенные в окрестностях населённых пунктов (табл.8). Кислотность таких вод характеризуется значениями рН от 6,5 до 9,0.

Таблица 8. Усредненные характеристики вод, просачивающихся из свалок городского бытового мусора (Ф.Карте и др., 1997)

Неорганические компоненты, мг/л	
NH_4^+ (в расчете на N)	1000
SO_4^-	1500
HCO_3^-	10000

Таким образом, в городах и в ареалах загрязнения, сформированного выбросами и свалками, наблюдается подщелачивание и карбонизация почвенного покрова.

IV.3. Поверхностные воды.

Одним из основных источников привноса солей в поверхностные воды рассматриваемого региона являются воды местного стока, формирующиеся на водосборных пространствах. Наиболее интенсивно питание озер и рек водами местного стока идет в весенний период. В это время с водосборных пространств соли выносятся не только постоянно действующими ручьями и речками, впадающими в озера, но не меньшее количество растворённых и взвешенных веществ приносится поверхностно-склоновыми, почвенно-поверхностными и почвенно-грунтовыми водами.

В пределах рассматриваемых областей реки по классификации можно отнести к малым. Из выпадающих осадков в реки и озера стекает в Свердловской области 27%, в Челябинской – 15% (табл.9).

Водный баланс Свердловской и Челябинской областей четко отражает природную зональность. Так с севера на юг снижаются осадки, сток, растёт испарение. Соответственно в Челябинской области удельная обеспеченность ресурсами речного стока в Челябинской области по сравнению со Свердловской снижаются в 2 раза на единицу площади и в 3 раза на душу населения.

Таблица 9. Водный баланс исследуемых областей.

Элементы водного баланса	Свердловская обл.		Челябинская обл.	
	км ³	мм	км ³	мм
Осадки	103	527	43,4	493
Поверхностный сток	18,9	97	3,98	45,2
Подземный сток	9,32	48	2,42	27,6
Испарение	74,4	382	37	420
Инфильтрация	58,4	300	28	318
Площадь территории, тыс.км ²	194,8		87,9	

Несмотря на тенденцию снижения объемов сточных вод, наблюдаемую в стране за последние 15 лет, кратность их разбавления невелика: в Свердловской области – 23, а в Челябинской – около 10. При снижении общего сброса сточных вод наблюдается рост процентного соотношения в них загрязненных сточных вод: с 42% до 65% в Свердловской области и с 79% до 99% - в Челябинской.

Абсолютные значения объемов загрязненных сточных вод на уровень 2005 г. по сравнению с докризисным периодом (1990 г.) практически не изменились, что при тенденции общего снижения производства свидетельствует о низком уровне очистки сточных вод в поверхностные воды (рис.6).

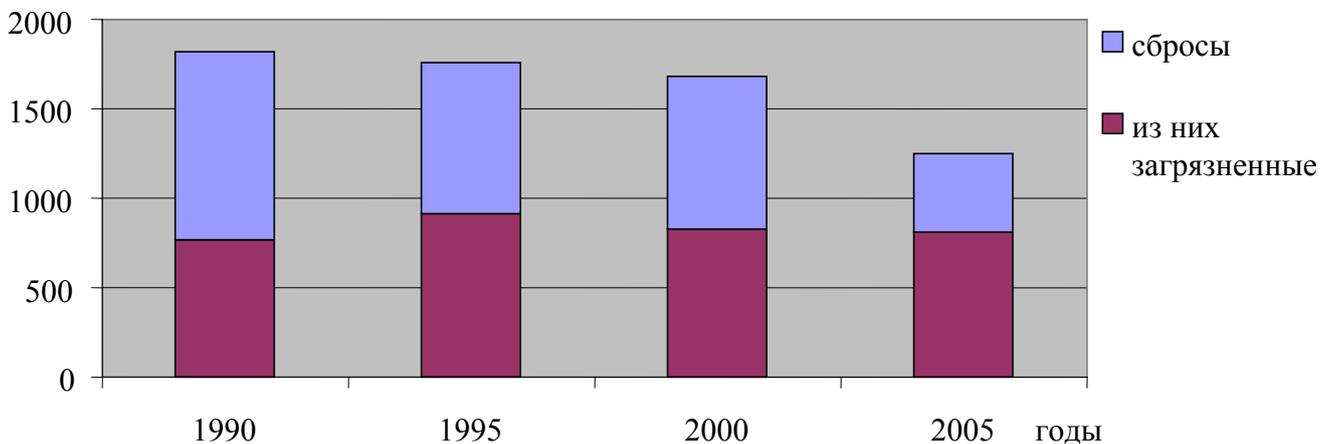


Рис.6. Свердловская область. Сбросы в природные водоёмы, млн.куб.м./год

Если рассматривать вещественный состав сточных вод, то за рассматриваемый 15-летний период следует отметить снижение в них гидрокарбонатов, сульфатов и хлоридов в Свердловской области в целом практически в 2 раза, а в Челябинской в 3 раза.

Минерализация речных и озерных вод существенно выше по сравнению с атмосферными осадками и изменяется от 50 мг/л до 600

мг/л. При этом межгодовая вариация достигает 100 мг/л (рис.7). Тип речных вод гидрокарбонатный. Гидрокарбонаты составляют в общей минерализации 50 и более процентов.

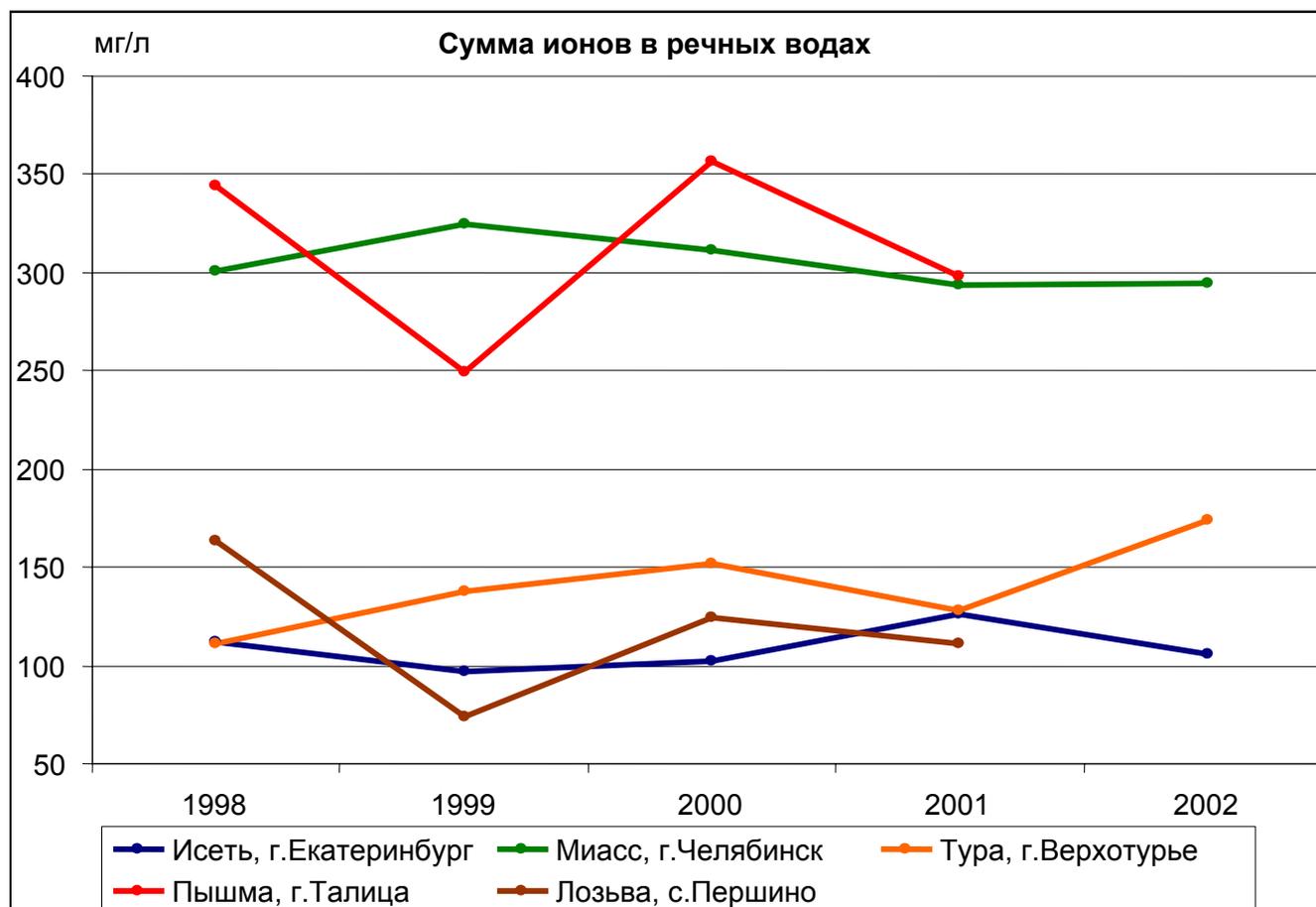


Рис.7. Сумма ионов в речных водах.

pH поверхностных вод всегда выше pH почвенных вод (рис.8), то есть речные воды более щелочные, чем почвенные. Среднегодовые значения pH практически на всех реках в створах наблюдения лежат в диапазоне от 7,0 до 8,0. Среднегодовые значения pH за многолетний период изменяются незначительно, а снижение pH в половодье (апрель-май) до уровня 6,5 наблюдается не на всех реках и не каждый год. За последние 40 лет можно отметить тенденцию повышения минимального годового pH речных вод практически во всех пунктах наблюдения (рис.9). При этом изменение верхней границы pH не имеет подобной тенденции. В половине пунктов максимальное значение отмечалось в 1966-1970 годах, в половине – в 2002 г., при этом разница находилась в пределах $\Delta pH = 0,2 \div 1,0$.

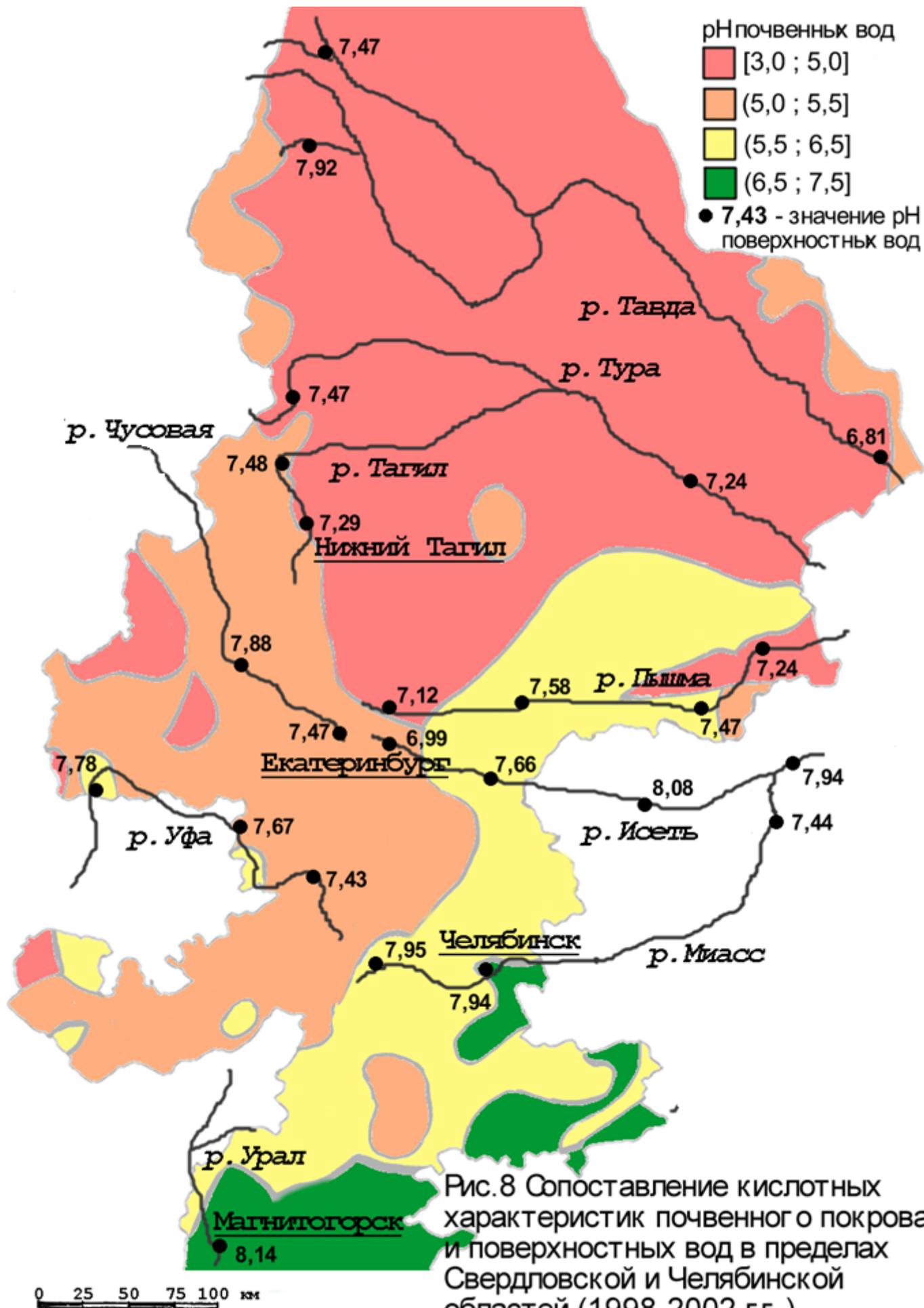


Рис.8 Сопоставление кислотных характеристик почвенного покрова и поверхностных вод в пределах Свердловской и Челябинской областей (1998-2002 гг.)

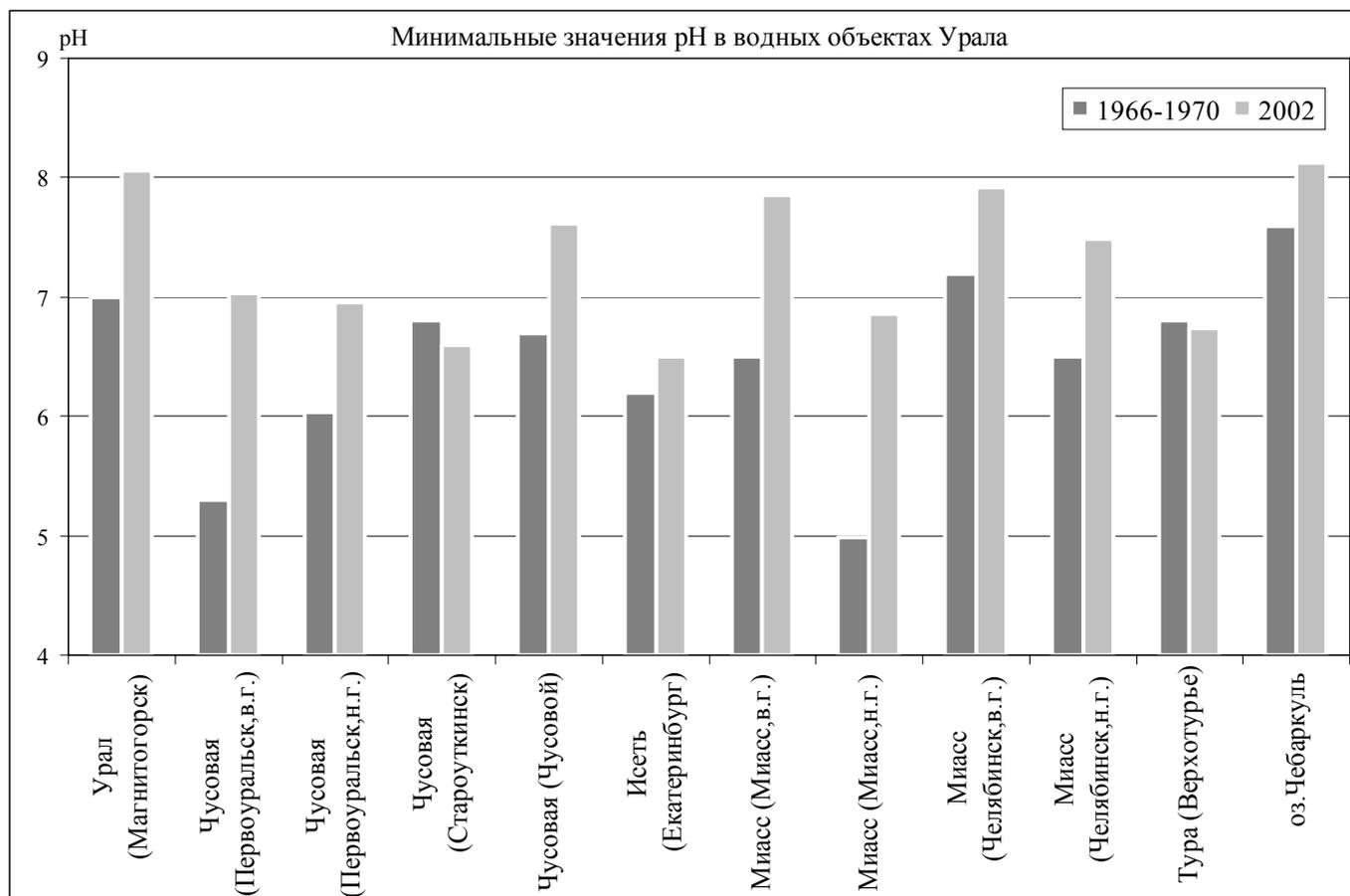


Рис.9 Минимальные значения рН в водных объектах Урала.

Таблица 10. Изменения макрокомпонентного состава и кислотно-щелочных характеристик речных вод при прохождении крупных городов.

Река, пункт	Химический состав, мг/л						рН
	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Sum	
р.Чусовая, г.Первоуральск							
8,5 км выше города	29,42	91,26	0,106	0,008	0,358	177,6	7,13
1,7 км ниже города	89,14	83,76	0,66	0,064	1,672	287,4	7,32
р.Исеть, г.Екатеринбург							
5,2 км выше города	12,97	53,94	0,189	0,007	0,219	101,9	6,71
в черте города	50,51	106,1	0,63	0,044	0,97	256,1	7,27
р.Тагил, г. Нижний Тагил							
7 км выше города	58,57	45,87	0,122	0,004	0,183	156,5	7,09
в черте города	60,17	70,38	0,277	0,016	0,45	211,8	7,19
23 км ниже города	62,42	71,18	0,767	0,05	1,2	229,2	7,24
р.Турья, г. Краснотурьинск							
16 км выше города	9,78	56,93	0,197	0,004	0,08	94,2	7,02
7км ниже города	55,03	115	0,317	0,117	1,383	269,3	7,78

Антропогенная деятельность влияет и на кислотно-щелочные свойства поверхностных вод. Сбрасываемые в реки загрязнённые воды имеют, как правило, щелочной рН, учитывая низкую кратность разбавления, в большинстве крупных или промышленных городов рН речных вод возрастает на выходе из города по сравнению с рН выше города (табл.10).

При этом стоит отметить, что подщелоченные в результате антропогенной деятельности воды не превышают значения рН=8,5. Таким образом, антропогенная деятельность негативно влияет на поверхностные воды не столько изменением кислотно-щелочных характеристик, сколько общим загрязнением.

Глава V. Обсуждение результатов

Если в России снижение выбросов ионов сульфатов и азота произошло из-за кризисных явлений, то в зарубежной Европе это явление произошло в связи с реализацией национальных природоохранных программ. Данные сети мониторинга в Великобритании за период с 1988 года по 2003 год показывает, что антропогенная нагрузка по SO_4^{2-} снизилась на 50% [Draft 15-years report. International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes]. Значительное снижение концентрации SO_4^{2-} наблюдается практически повсеместно, кроме севера Шотландии, где кислотность водных объектов связана с природным океаническим влиянием.

Со снижением антропогенной нагрузки, связанной с введением контроля за эмиссией окислов серы, химия и экология рек и озер быстро реагирует на него. Отмечается возвращение кислотно-чувствительных макрофитов, показывая, что эти растения могли продолжать существование в негативных условиях, например, в форме семян или спор. Многочисленные биологические изменения проявляются постепенно и вполне возможно, что существуют физические или биологические ограничения препятствующие возрождению видов, которые были потеряны в течении «кислотных десятилетий».

Экологическое восстановление озер, подверженных закислению в 70-80-ые года, наблюдается также и в Скандинавии. Первые признаки восстановления были отмечены уже в 90-х годах прошлого столетия. В то же время, восстановление экологического состояния водных объектов, связанное с уменьшением кислотной эмиссии, показывает существование и других факторов сдерживающих этот процесс, в частности влияние загрязнения токсичными тяжелыми металлами и органическими загрязнителями. Таким образом, национальные и международные

программы мониторинга должны продолжаться с учетом дальнейших исследований для установления причинно-следственных связей экологического состояния и «новых» загрязнителей, таких как, тяжелые металлы и органические вещества.

Многолетний мониторинг рек Свердловской и Челябинской областей Урала свидетельствует о том, что малые реки — Салда, Тагил, Пышма, Небва, Тур, Лобва, Сосьва, Ляля, Кунара, Исеть и др. относятся к максимально загрязненным водным объектам, где вода по отдельным створам изменяется от «грязной» до «экстремально грязной». Средние годовые концентрации ряда металлов составляют десятки ПДКр.х.

Гидробиологический мониторинг на реках Свердловской и Челябинской областей не ведется. Однако, косвенные данные о низком разбавлении сточных вод, загрязнение водных объектов и их водосборов техногенными химическими веществами на высоком уровне свидетельствуют о неудовлетворительном экологическом состоянии поверхностных вод рассматриваемых субъектов.

Необходимо отметить, что на территории Челябинской области ПО «Маяк» остается крупным предприятием ядерного топливного цикла. В результате работы предприятия река Теча была загрязнена путем прямого сброса неочищенных сточных вод химкомбината в первые годы его деятельности. Основное загрязнение этой реки и реки Караболка связано с Sr-90, Cs-137 в результате аварии на ПО «Маяк» в 1957 году. Дополнительным источником загрязнения воды в реке является смыв в водосборной территории. В настоящее время, после проведения ряда защитных мероприятий, основным средообразующим радионуклидом в р. Теча является Sr-90. В 2006г. у п. Муслимово загрязнение превышало уровень вмешательства для населения по НРБ-99 в 2,7 раза. После впадения рек Миасс и Теча в реку Исеть уровни значительно снижаются и составляют в 4,2 раза ниже уровня вмешательства.

Для борьбы с химическим загрязнением рассматриваемых областей наиболее эффективны методы, предусматривающие очистку топлива, использование экологически более чистых источников энергии, энергосбережение, внедрение неэнергоемких малоотходных или безотходных технологий (т.е. технологических процессов, сопоставимых с природными циклами в биосфере), применение альтернативных источников энергии.

Выводы:

- Атмосферные осадки в рассматриваемых областях носят сульфатно-гидрокарбонатный и гидрокарбонатно-сульфатный характер, поверхностные воды в основном гидрокарбонатно-сульфатный характер. Минерализация осадков на урбанизированных территориях исследуемых районов может повышаться за счёт антропогенной деятельности в 4 раза по сравнению с фоновыми районами.

- Наблюдается повышение минимального значения рН речных вод по сравнению с 1966-1970 гг., изменения верхних границ рН речных вод не подчиняются какой-либо явной закономерности. Кислотно-щелочные свойства атмосферных осадков в Свердловской и Челябинской областях отличаются большой вариабельностью, как в пространственном отношении, так и во временном. Так даже на протяжении незначительных временных промежутков (3-5 лет) практически не отмечается пунктов, где все годы регистрировалось бы на среднегодовом уровне закисление или подщелачивание осадков. В целом, за рассматриваемый промежуток времени значительных тенденций в изменении кислотно-щелочных свойств атмосферных осадков не было обнаружено. В целом, кислотно-щелочные свойства природных вод рассматриваемого региона согласуются с природными закономерностями в пространственном и временном отношении. Это же можно отметить и относительно таких характеристик, как структура макрокомпонентного состава природных вод и их минерализация.

- Подтверждается вывод о том, что в ближнем следе от источников выбросов диоксидов серы и оксидов азота, как правило, не регистрируется закисление атмосферных осадков за исключением единичных случаев выпадения осадков с $\text{pH} < 5,0$. На урбанизированных территориях проявляется подщелачивание и карбонизация почвенного покрова. Также не отмечается закисление поверхностных вод, ниже некоторых городов в контрольных створах наблюдается слабое подщелачивание (pH от 7,5 до 8,2) впрочем, также не выходящее за пределы допустимого для речных вод диапазона $\text{pH} = 6,5 \div 8,5$.

- Результаты исследования показали, что проблема закисления природных вод в рассматриваемом регионе не стоит столь остро, как проблемы общего загрязнения, в том числе токсичными веществами, почв в ближнем следе источников загрязнения, химического и радиоактивного загрязнения поверхностных вод. Так на протяжении

нескольких десятилетий по данным мониторинга и классификации ГХИ реки рассматриваемых областей по ряду токсичных веществ относятся к классу «грязных», «очень грязных» и «экстремально грязных». В реках Теча и Караболка уровень загрязнения Sr^{90} заметно превышает уровень вмешательства для населения по НРБ-99 и на три и более порядка выше фонового уровня для рек России.

Список публикаций автора:

1. Артемов И.Е. «Закисление природной среды в Южно-Уральском регионе», Проблемы прикладной экологии и гелиофизики, Труды Государственного Института Прикладной Экологии, М., ИПГ, 2005, стр.20-24
2. Артемов И.Е., Беликова Т.В., Василенко В.Н., Назаров И.М. «Атмосферные осадки соединений серы и азота на территории России (по данным мониторинга загрязнения снежного покрова)». В Обзоре загрязнения природной среды в Российской Федерации, М., Гидрометеиздат, 2005, стр.43-52
3. Артемов И.Е. «Влияние современной антропогенной деятельности на природную среду и климатические особенности Урала», Использование и охрана природных ресурсов в России, бюллетень №1(85), М., НИА-Природа, 2006, стр. 98-104
4. Артемов И.Е. «Региональные особенности формирования химического состава атмосферных осадков Урала», Проблемы прикладной экологии и гелиофизики, Труды Государственного Института Прикладной Экологии, М.,ИПГ,2006, стр.153-156
5. Василенко В.Н., Беликова Т.В., Артемов И.Е., «Кислотно-щелочные характеристики снежного покрова». В Обзоре загрязнения природной среды в Российской Федерации, М., Гидрометеиздат, 2006, стр.49-53
6. Василенко В.Н., Артемов И.Е., Беликова Т.В. Успен А.А. «Кислотно-щелочные характеристики снежного покрова». «Метеорология и гидрология», 2007, №4, стр.100-104
7. Василенко В.Н., Артемов И.Е. «Химический состав и закисление снежного покрова (результаты мониторинга)». В Обзоре загрязнения природной среды в Российской Федерации, М., Гидрометеиздат, 2007, стр.47-51
8. Василенко В.Н., Артемов И.Е. «Тенденции в закислении снежного покрова по данным мониторинга». В Обзоре загрязнения природной среды в Российской Федерации, М., Гидрометеиздат, 2008, стр.48-55
9. Черногаева Г.М., Артемов И.Е., Зеленова М.С. «Влияние загрязнённых атмосферных осадков на минерализацию и закисление поверхностных вод». В материалах научно-практической конференции «Современные фундаментальные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод России» МПР, 2009г. С.240-245

107265, Москва
Глебовская ул., д. 20Б
20.10.2010
ИГКЭ, Заказ 058
Тираж 50 экз.