

На правах рукописи

САВИЧЕВ ОЛЕГ ГЕННАДЬЕВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ РЕЧНЫХ ВОД БАССЕЙНА СРЕДНЕЙ ОБИ**

Специальность 11.00.11 «Охрана окружающей среды и рациональное
использование природных ресурсов»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Томск, 1996

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный руководитель: д. г. – м. н., профессор С.Л.Шварцев

Официальные оппоненты: д. г. – м. н. Ю.И.Винокуров, к.г.н.,
доцент В.А. Земцов

Ведущее предприятие: Томский областной комитет экологии

Защита состоится: 29 октября 1996г. в 15 часов на заседании
диссертационного совета Д 063.53.09. при
Томском политехническом университете

Адрес: 634050, г.Томск, пр.Ленина 36, аудитория 147

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского государственного
университета

Автореферат разослан 19 сентября 1996 года.

Актуальность. В последние десятилетия все острее становится роль техногенеза в формировании гидрологического и гидрохимического режима речных бассейнов. Вместе с тем степень и характер антропогенного влияния на поверхностные воды в настоящее время изучены недостаточно. Современный уровень знаний пока не позволяет получить достаточно надежный прогноз качества вод суши в условиях изменяющегося водообмена и развивающейся хозяйственной деятельности. Да и в целом, по мнению Г.В.Воропаева, стало очевидным существенное отставание в развитии наук о природных, в том числе и поверхностных, водах. Подобное состояние дел недопустимо, поскольку создаются предпосылки возникновения в условиях неуправляемого и неконтролируемого режима вод суши кризисных экологических и социально-экономических ситуаций, негативные последствия которых могут быть исключительно тяжелыми. В настоящее время в связи с вступлением России в Европейский Союз сложилась реальная потребность в пересмотре существующего отношения к водным объектам, состояние которых во многих случаях неудовлетворительно. Подобная ситуация характерна и для водосбора Оби, что обуславливает актуальность оценки эколого-геохимического состояния речных вод бассейна этой реки (рассматриваются вопросы экологии человека). Причем данная оценка должна быть комплексной, учитывающей как физико-химические, так и гидробиологические показатели, что позволяет получить более полное представление о водных объектах.

Цель исследований - комплексное изучение состава и эколого-геохимического состояния речных вод бассейна Средней Оби в целях улучшения их охраны и рационального использования.

Задачи исследований:

- провести комплексное изучение состава речных вод по показателям: главные ионы, биогенные вещества, микроэлементы, включая тяжелые металлы, редкие и редкоземельные элементы, растворенный кислород, органические вещества, микроорганизмы;
- выявить основные закономерности изменчивости гидрохимических характеристик в пространстве и во времени;
- провести анализ экологического состояния рек;
- установить степень загрязнения речных вод.

Исходные материалы. Использованы материалы, полученные с участием автора в результате комплексных исследований вод Оби и ее крупных притоков в 1991 г. под руководством В.В.Янковского (30 пунктов опробывания) и вод Томи и ее притоков в 1994 г. (64 пункта). В пробах воды в лабораториях ТПУ и ИХН СО РАН (частично в полевых условиях)

определялись содержания главных ионов, биогенных веществ, органических соединений (ГК, ФК, парафины и другие), O_2 , CO_2 . более 30 микрокомпонентов, в том числе редких и редкоземельных элементов, pH, электропроводность, БПК и ХПК, а также различных групп микроорганизмов. Указанная информация использовалась совместно с материалами С.Л.Шварцева и Н.М.Рассказова, полученными в разные годы в результате обследования таежных притоков Оби, Томи и других рек, а также с обширными данными Госкомгидромета. Кроме того, в работе широко использовались опубликованные материалы различных авторов, включая экологические обзоры, результаты обследования Томи при проектировании и экспертизе Крапивинского гидроузла и так далее. По ряду показателей при сопоставимости использованных методов анализа для получения статистических параметров за многолетний период собранная информация обобщалась. Погрешность определения при этом в целом не превышала 10 %. Период времени, охваченный наблюдениями, соответствует 50-90 годам. Наиболее полно представлены материалы по р.Томи.

Научная новизна. Впервые получены комплексные данные по составу речных вод Средней Оби и ее крупных притоков, дана количественная оценка содержания ряда редких и редкоземельных элементов и органических соединений. По большому числу компонентов выявлены закономерности изменения гидрохимического режима на территории бассейна Средней Оби и особенности временной изменчивости характеристик химического стока. Для крупных рек региона изучены в комплексе гидрохимические и микробиологические параметры, определены содержания целого ряда ранее неизученных веществ. Впервые сделана оценка состояния речных вод бассейна Средней Оби по классификациям СЭВ и Франции, в результате построены карты качества речных вод. Даны рекомендации по улучшению охраны речных вод от загрязнения и их рациональному использованию. Для проведения статистических расчетов и визуального анализа данных составлена база гидрохимических данных, разработаны и апробированы программы обработки данных для ПЭВМ на языке xBase.

Защищаемые положения:

- выявлено закономерное изменение геохимического состояния речных вод Средней Оби и ее притоков в пространстве и времени, обусловленное природными процессами, на фоне которых проявляется значительное антропогенное влияние;

- в течение последних десятилетий в целом наблюдается относительная стабилизация геохимического режима рек негативного характера, отражающая динамическое равновесие между антропогенным воздействием и условиями водообмена в речной системе;

- состояние речных вод бассейна Средней Оби с точки зрения обеспечения нормальных условий водопользования в целом оценивается как неудовлетворительное. Приоритетными по степени и частоте превышения нормативных величин загрязняющими веществами речных вод рассматриваемой территории являются органические соединения;

- по ряду показателей (макро-, микроэлементы, биогенные вещества) влияние антропогенных факторов на состояние рек в значительной степени нивелируется интенсивным водообменом речных бассейнов, что способствует поддержанию удовлетворительной экологической обстановки (по этим показателям).

Практическое использование работы. Результаты исследований по данной теме использовались при разработке концепции и содержания Федеральной программы коренного улучшения водохозяйственной и экологической ситуации в бассейне р. Томи. В результате проделанной работы построены карты изолиний минерализации речных вод, модулей гидрохимического стока и величины химического потребления кислорода. Обоснована и апробирована упрощенная модель гидрохимического стока, параметры которой также закартированы. Проведен статистический анализ фактического материала, позволивший выделить пространственную неоднородность полей гидрохимических характеристик, обусловленную разнообразием физико-географических условий на территории бассейна Оби. Построены карты качества речных вод. Даны практические рекомендации по улучшению состояния речных вод бассейна Средней Оби.

Апробация работы и публикации. Материалы по диссертационной теме изложены в докладах Международной конференции "Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды" в г. Томске (1995 г.), на Международном симпозиуме "Гидрологические и экологические процессы в водоемах и их водосборных бассейнах" в г. Новосибирске (1995 г.), конференции, посвященной 75-летию геологического образования в ТГУ (1996 г.), на Международном конгрессе "Вода: экология и технология" в г. Москве (1996 г.), а также на семинарах по теме диссертации, проведенных на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии Томского политехнического университета в 1995-1996 гг. По теме диссертации опубликовано 9 работ и принято к печати 2 работы.

Диссертант очень благодарен своему научному руководителю д. г. - м. н. профессору С. Л. Шварцеву. Постоянную поддержку автору в его работе оказывал д. г. - м. н. Н.М.Рассказов. Автор также признателен сотрудникам кафедры гидрогеологии и инженерной геологии и проблемной гидрогеохимической лаборатории ТПУ, ТО ОИГТиМ СО РАН, ИХН СО РАН, СибНИИТ, кафедры гидрологии суши ТГУ, Томского областного комитета экологии к. г. - м. н. Ю.Г.Копыловой, к. х. н. Р.Ф.Зарубиной, к. г. - м. н. Н. М. Шварцевой, к. б. н. Базанову, к. г. - м. н. Е.М.Дутовой, к. г. н. Г. К. Парфеновой, к. г. -м. н. Н. Г. Трифионовой, к. г. - м. н. Б.А.Зуеву, к. х. н. Ю.П.Турову, д. с. - х. н. Л. И. Инишевой, к. г. н. В.А. Земцову, к. г. - м. н. Н.Б. Букаты, Э.С.Рычковой, Н.Г.Наливайко, Л. Ф.Фризен, В.В.Янковскому, Б. В. Поповой, Ю. Б. Олейниковой, В. Г. Паромовой, В.В.Паромову, О.Г.Савичевой, А.Г.Плеханову, Н.Г.Инишеву, М. Р. Авакяну и др. за критические замечания и содействие в сборе и обработке информации.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения общим объемом 217 страниц машинописного текста, содержит 30 рисунков, 77 таблиц и список литературы из 188 наименований.

Содержание работы

В первой главе "Состояние изученности водно-экологических проблем" приводится обзор литературных данных по изученности и постановке водных проблем, которые с давних времен привлекают к себе внимание многих авторов. Однако наиболее значимые исследования стали проводиться только в XX-ом столетии, особенно во второй его половине. В бассейне Средней Оби систематические наблюдения за состоянием поверхностных вод осуществляются с 40-ых годов подразделениями Гидрометслужбы. Кроме того нерегулярные работы проводят многие научно-исследовательские, проектные и контролирующие организации. Изучением состояния поверхностных вод рассматриваемой территории, проблем их охраны и рационального использования в разные годы занимались О.А.Алекин, О.Ф.Васильев, А.М.Никаноров, В.В. Циркунов, Н.М.Страхов, А.Э.Конторович, И.М.Павелко, М.П.Смирнов, Е. Г. Нечаева, С. Л. Шварцев, В.А.Земцов, Г. К. Парфенова, Л.М.Маслов, В.А.Савелова и многие другие. Тем не менее участок Оби в гра-

ницах Томской области и ряд ее ее крупных притоков исследованы недостаточно полно. Состояние поверхностных вод бассейна Томи, одного из наиболее крупных притоков Оби, изучено лучше. Особенно масштабные исследования были проведены под руководством академика О.Ф.Васильева в связи с экспертизой Крапивинского гидроузла в начале 90-ых годов. Однако убедительная картина эколого-геохимического состояния Томи, в бассейне которой сосредоточена значительная населения и производственного потенциала Западно-Сибирского региона, позволяющая оперативно принимать управленческие решения и адекватно оценивать антропогенное влияние на окружающую среду, не была получена.

Необходимость учета реалий настоящего времени предопределила поиск эффективных действий на базе бассейнового подхода к водно-экологическим проблемам, решение которых видится в первую очередь в изменении существующей системы управления водными ресурсами. Первые шаги в этом направлении уже делаются. В соответствии с договором между Россией и Францией Министерством окружающей среды Франции и Роскомводом разработана "Программа российско-французского сотрудничества по организации управления водными ресурсами в России". В качестве экспериментального объекта для внедрения французской модели был выбран бассейн р.Томи. В случае положительного результата внедрения этого проекта предполагается расширить рамки эксперимента на другие бассейны и, в частности, на бассейн Оби в целом. Все это требует цельного представления об эколого-геохимическом состоянии речных вод. Необходим комплексный анализ гидрохимической информации, результаты которого должны послужить основой для разработки путей выхода из водно-экологического кризиса с учетом опыта стран Европейского Союза. Подобная оценка состояния речных вод на примере значительной части ее бассейна с акцентированием внимания на водосборе Томи в связи с наиболее напряженной ситуацией и приводится в данной работе, выполненной в рамках комплексных исследований эколого-геохимического состояния природных вод, проводимых в Томском отделении Института геологии СО РАН и Томском политехническом университете под руководством д. г. -м. н. С. Л. Шварцева.

Во второй главе "Методика исследований" описываются методы полевых и лабораторных исследований, математического анализа полученных данных, а также используемые в работе данные. Гидрохимия, как

научная дисциплина, согласно О.А.Алекину носит двойкий характер, поскольку с одной стороны является частью науки о гидросфере, а с другой - изучает определенную форму движения (химическую) и, следовательно, относится к химическим наукам. В данной работе преобладает изучение пространственно-временных закономерностей изменения состава речных вод, его связей с физико-географическими условиями окружающей среды, что соответствует географическому профилю. Информационную основу диссертации составляют материалы, полученные различными исследователями и организациями, в том числе и при участии автора. Комплексные гидрохимические исследования Оби и ее крупных притоков проводились в 1991 г., а Томи - в 1994 г. В пробах воды изучен широкий спектр показателей. Основная часть компонентов анализировалась в стационарных лабораториях Томского политехнического университета (ТПУ), а органические вещества - в Институте химии нефти (ИХН) СО РАН. Для математической обработки автором был реализован ряд алгоритмов статистического анализа в виде программ для РС AT486.

В третьей главе "Естественные и антропогенные постановки формирования речных вод" приводится краткая характеристика основных факторов, определяющих гидрохимический режим рассматриваемой территории: климат и состояние воздушной среды, рельеф, геологические и гидрогеологические условия, растительность, почвы, болота, гидрологический режим и хозяйственная деятельность. Последний фактор рассматривается в историческом разрезе в целях выяснения динамики антропогенного влияния на гидрохимические процессы. Показано, что наиболее радикальные изменения в структуре природно-хозяйственного комплекса региона произошли в период с 30-ых до 60-70-ых годов, а период максимального развития многих отраслей хозяйства приурочен к 70-80-ым годам. При описании факторов приведены данные о содержании химических веществ в различных средах.

В четвертой главе "Исследование химического состава речных вод" приводятся результаты изучения геохимического состояния речных вод рассматриваемой территории. В главе выделены разделы, соответствующие характеристике Средней Оби и ее притоков, причем отдельно рассматривается Томь и ее притоки. Геохимическое состояние рек проанализировано по различным группам показателей: макрокомпоненты, биогенные вещества, микроэлементы, органические соединения и микробиологические показатели. Показано, что по классификации

О.А.Алекина речные воды бассейна Средней Оби преимущественно мало- и среднеминерализованные, по химическому составу - гидрокарбонатного класса группы кальция. Концентрации биогенных элементов в речных водах региона, обусловленные в значительной степени комплексом антропогенных и естественных факторов, могут достигать весьма больших значений, существенно превышающих их обычные содержания. Уровень содержания микроэлементов изменяется в достаточно широком диапазоне, однако в целом наблюдаются относительно невысокие их концентрации, близкие по величине к средним показателям для рек мира. Однако выявлены и существенные отклонения, имеющие характер аномалий, в микрокомпонентном составе Оби на участке, расположенном ниже по течению от г.Колпашево (рис. 1.2), а также заметные колебания концентраций в Томи.

В главе представлены результаты обобщения полученных нами данных (табл. 1), свидетельствующие о близких по величине содержаниях многих микроэлементов в водах Оби и ее притоков. Изучение органических веществ в речных водах проводилось как по косвенным показателям (ХПК,ВПК), так и по содержанию конкретных соединений, причем в работе представлены результаты подробного исследования качественного состава органических веществ с использованием хроматомасс-спектрометрического анализа.

Химическое потребление кислорода по имеющимся данным достигает значительных величин, что объясняется сильной заболоченностью большей части бассейна Оби. Наиболее высокие значения ХПК обнаружены в бассейнах левобережных притоков - рек Чаи и Парабели. Максимальное биохимическое потребление кислорода приурочено к населенным пунктам. По данным гидрометслужбы повсеместно наблюдается высокий уровень содержания фенолов и нефтепродуктов. Во многих створах обнаружены такие специфические соединения техногенного происхождения, как гексахлоран, ДДТ и так далее. Кислородный режим изученных рек благоприятный, хотя на отдельных участках, особенно в зимний период, могут наблюдаться весьма низкие концентрации причем в водах не только небольших водотоков, но и таких крупных рек, как Томь и Чулым. В главе также представлены результаты анализа по микробиологическим показателям, информация по которым получена сотрудниками ТПУ и ТО ОИГГиМ СО РАН в 1990-91 гг. Были определены различные группы гетеротрофных и литотрофных микроорганизмов, среди которых имеют место:

- а) бактерии, усваивающие азотсодержащие органические вещества;

б) бактерии, усваивающие безазотистые органические вещества; в) олиготрофные; г) углеводородоокисляющие; д) денитрифицирующие; е) тионовые бактерии. Кроме того в главе приведены данные санитарных служб об изменении коли-индекса вод Томи за несколько лет и в течение в года.

Таблица

1

Средние величины ХПК и концентрации главных ионов, биогенных веществ, микроэлементов в речных водах (микроэлементы в мкг/л, остальные показатели в мг/л)

Элемент	Средняя Обь	Притоки Оби ¹	Томь	Элемент	Средняя Обь	Притоки Оби ¹	Томь
Ca ⁺	29.9	25.0	22.0	Mg ²⁺	5.3	5.4	4.8
Na ⁺ +K ⁺	7.9	6.8	11.2	HCO ₃ ⁻	110.2	103.9	88.5
so ₄ ²⁻	14.5	7,7	17.4	CL ⁻	3.3	2.6	7.0
ХПК	14.9	29.3	11.3	Fe	0.22	0.79	0,15
Si	3.36	4.55	3.47	Ti	1.3	3.6	1.5
Hg	0.022	0.016	0.080	Cr	2.8	2.6	2.1
Pb	0.8	1.1	1.8	Sm	0.18	0.14	0.17
Mn	18.9	43.1	8.5	Li	7.00	8,80	9.20
Co	0.6	0.5	0.3	Sc	0.25	0.14	0.25
Ni	1.0	1.2	1.1	Rb	2.48	0.89	0.63
Cu	2.3	1.7	1.9	Cs	0.13	0.04	0.12
Zn	30.2	27.9	9.8	La	0.47	0,35	0.49
Sr	186.4	137.0	199.5	Ce	0.92	0,68	0.97
Cd	0.2	0.2	0.5	Eu	0.02	0,01	0.01
Sb	0.4	0.9	0.4	Tb	0.01	0.01	0.01
Ba	47.2	34.3	36.6	Yb	0.03	0.02	0.02
Hf	0.2	0.2	0.2	Lu	0.14	0.07	0.13
Число				Число			
проб	17-257	6-379	6-899	проб	17-257	6-379	6-899

¹ - реки Тым, Кеть, Чулым, Васюган, Парабель, Чая.

В целом содержания многих компонентов в водах изученных рек близки к соответствующим показателям для рек мира. Однако на этом фоне, отражающем сложившиеся природно-хозяйственные условия в во-

досборных бассейнах, отмечаются существенные изменения состава речных вод вследствие усиления антропогенного влияния. Особенно сильно эти отклонения проявляются в бассейне р.Томи. Также нельзя не отметить обнаруженное нами аномальное увеличение содержаний редких и редкоземельных элементов в водах Оби в нескольких пунктах на участке от г.Колпашево до г.Стрежевого.

В пятой главе "Изучение закономерностей изменения химического состава вод в пространстве и времени" изложены методические подходы к исследованию этого вопроса, в основу которых положен географо-гидрологический метод. Придание последнему ландшафтно- геохимического содержания позволило комплексно выразить структурно-функциональные связи в процессах формирования гидрохимического режима рек. Выделение систематической составляющей пространственного и временного изменения состояния речных вод осуществлялось путем проверки однородности и наличия тренда в рядах наблюдений, последующем построении гидрохимических карт и графиков изменения гидрохимических показателей по длине рек. Также были закартированы параметры модели формирования ионного стока рек, целесообразность использования которой обусловлена не только ограниченностью временных рядов, но и открывающимися возможностями интерпретации имеющихся данных. Модель (1) получена при допущении изменения количества вещества в ландшафте пропорционально его содержанию и интенсивности миграции согласно А. И. Перельману, а также пропорциональности удельной скорости изменения ионного стока реки величине изменения ее водности.

$$\frac{dM_{II}}{dM_Q} = k_0 \cdot M_{II} \cdot M_Q^Z, \quad (1)$$

где M_{II} и M_Q - соответственно модули ионного и водного стока; Z , M_0 , k_0 - параметры модели.

При определенных значениях параметра z ($z=-1$) из (1) может быть получено решение типа:

$$M_{II} = M_0 M_Q^{k_0} \quad (2)$$

Параметры модели оценивались методом наименьших квадратов с использованием точностного критерия качества $S/\bar{b}$, характеризующего методику прогноза по зависимости (2) в целом как "хорошую" и "удовлетворительную". Для выявления взаимосвязей между различными показателями речного стока также использовались условные вероятности, благодаря чему установлена приближенная схема изменения концентраций многих веществ в зависимости от водности, в динамике

которой, в свою очередь, прослеживается сезонный характер. Проверка рядов на однородность проводилась с использованием ряда параметрических и непараметрических критериев. Для выявления пространственных взаимосвязей между гидрохимическими режимами различных рек использовался кластер-анализ.

Изучение пространственной изменчивости гидрохимических показателей позволило установить схему гидрохимического районирования рассматриваемой территории (рис.3), в соответствии с которой выделено 4 области: 1) левые таежные притоки Оби; 2) Обь-Томское и Томь-Чулымское междуречье; 3) бассейны Тыма, Кети, частично (северная часть) - Чулыма; 4) горные районы и примыкающие к ним территории в бассейне Чулыма и Томи. Установлено, что изменение гидрохимических характеристик по территории в целом подчиняется общим зональным закономерностям. Однако на их фоне вследствие влияния хозяйственной деятельности появляются новые провинции, контуры которых в настоящее время не всегда можно точно определить.

Изменение химического состава речных вод наблюдается как по территории, так и по времени. Для внутригодовой динамики макроэлементов и величины минерализации характерны максимумы в зимнюю межень и минимумы - в период весеннего половодья. В изменении pH в течение года отмечаются похожие закономерности. Минимальные значения регистрируются также весной, но максимальные наблюдаются чаще в летнюю межень. Для внутригодового изменения биогенных элементов отмечаются более сложные зависимости. Повышенные концентрации соединений азота и кремния наблюдаются чаще в зимний период. Наиболее высокие содержания железа и фосфатов в целом отмечаются в период открытого русла, что объясняется их преимущественным поступлением с поверхностным стоком. Для внутригодовой динамики содержаний микроэлементов в водах той или иной реки или на ее участке могут наблюдаться совершенно противоположные тенденции. Тем не менее анализ имеющейся информации позволил установить, что в период весеннего половодья чаще отмечаются максимальные содержания Cu, Ti, Ni, в зимний сезон – Cr, Mo, Mn, Al, Co, Pb, в летне-осенний период - Cr и Co. Для внутригодового изменения величины ХПК, являющейся косвенным показателем содержания органических веществ, обычно характерны максимумы в период открытого русла (чаще в летне-осенний сезон), когда между окисляемостью и водностью наблюдается прямая связь. На фоне общей тенденции возрастания ХПК с увеличением

поверхностного стека с территории водосборного бассейна выделяется Томь, в водах которой (в створе Томска) более высокие значения окисляемости отмечаются в среднем с декабря по март. Это позволяет предположить, что поступление органических веществ в Томь по сравнению с другими реками в большей степени связано с антропогенными факторами.

Для нефтепродуктов и фенолов характерно более сложное внутригодовое распределение с максимумами как при возрастании, так и при снижении водности. Применение аппарата теории вероятностей позволило выявить тенденцию обнаружения наиболее высоких концентраций нефтепродуктов при увеличении расходов воды, фенолов - при их уменьшении, что свидетельствует о значительном поступлении первых во время половодья и паводков с территории водосбора, а вторых - в результате ухудшения поверхностного водообмена и усиления разложения органических веществ в речных водах. Однако это не исключает возможности обнаружения высоких концентраций нефтепродуктов в зимнюю межень, а фенолов - в период половодья. Динамика содержаний растворенного кислорода обнаруживает тенденцию к снижению концентраций в зимнюю межень, в ряде случаев еще более усиленную действием антропогенных факторов, хотя очень низкие содержания кислорода в водах сильно загрязненных малых рек могут наблюдаться и в период открытого русла. Максимальные концентрации отмечаются обычно в летний период. Таким образом, при снижении водности рек наблюдается определенное увеличение концентраций главных ионов, рН соединений азота, кремния, многих микроэлементов (Cr, Mo, Mn, Co, Pb и других), фенолов. При увеличении расходов воды отмечается повышение концентраций железа, фосфатов, окисляемости, некоторых микроэлементов (Cu, Ti, Ni) и, соответственно, уменьшение рН и содержаний перечисленных выше веществ. Сопоставление вычисленных условных вероятностей (вероятность превышения заданной концентрации при условии, что обеспеченность расхода воды составит заданную величину) целого ряда органических соединений, биогенных и микроэлементов позволило получить упрощенную схему, анализ которой показывает, что при увеличении водности реки существенно возрастает вариабельность содержаний многих компонентов химического состава речных вод, причем вероятны очень высокие концентрации. При снижении водности наблюдается более высокий уровень содержаний, изменяющийся в относительно небольшом диапазоне. Указанные тенденции но-

сят вероятностный характер, поскольку обнаружение очень высоких концентраций многих элементов и соединений техногенного генезиса, например нефтепродуктов, возможно в любое время года. В целом существенного уменьшения содержаний загрязняющих веществ в речных водах во время весеннего половодья несмотря на многократно возросшие расходы воды не отмечается.

Изучение динамики гидрохимических показателей за многолетний период представляет собой более сложную задачу, поскольку изучение химического состава речных вод в большинстве случаев проводится с частотой не более 10-15 наблюдений в год. Это позволяет с допустимой погрешностью определить статистические параметры за многолетний период, однако затрудняет исследование многолетних изменений. Для преодоления этой трудности, а также для аппроксимации гидрохимических рядов на весь период гидрологических наблюдений в комплексе с анализом фактического материала нами использовалась описанная выше модель (2), а также условные вероятности. Первый подход позволил получить положительные результаты при исследовании ионного и органического (по ХПК) стока рек, второй - динамики микроэлементов, органических и биогенных веществ. Изучение колебаний среднегодовых расходов и минерализации воды за многолетний период показало, что в изменении ионного стока обнаруживается определенная цикличность, связанная с вариациями водности, в динамике которой С. Г.Агарковым и другими выделены для равнинных рек –10 - 12-летние, а для горных - 2-3-летние циклы. Вторыми по значимости для всей рассматриваемой территории следует считать 5-6-летние циклы.

На фоне этих периодических колебаний отмечаются и тенденции однонаправленного изменения модулей ионного стока, связанные с нарушением однородности рядов наблюдений. При уровне значимости 5 % по критерию Уилкоксона выявлено определенное увеличение водного и, соответственно, ионного стока Тыма после 60-70-ых годов и уменьшение стока Томи у Томска и Оби у Колпашево после 50-ых годов. Одновременно с этим Г.К.Парфеновой отмечено увеличение содержаний макрокомпонентов в водах Томи в 70-90-ых годах по сравнению с 50-60-ми годами, что не противоречит полученным нами данным, поскольку речь идет о разных показателях - увеличение концентраций может сопутствовать уменьшению выноса вещества с речными водами вследствие некомпенсируемого снижения водного стока. Изучение однородности среднегодовых и

среднемесячных расходов воды Томи, а также сопоставление с данными Г.К.Парфеновой показало, что нарушения отмечаются в целом до 70-ых годов. Последующий 20-25-летний временной интервал можно условно охарактеризовать, как период квазистационарного гидрологического и гидрохимического режима реки.

Обобщая результаты исследований ионного стока рек, можно констатировать тот факт, что ярко выраженных тенденций изменения ионного стока за многолетний период в большинстве случаев не наблюдается. Определенные отклонения отмечены для Оби и Томи, однако в целом вряд ли можно говорить о значительных изменениях, поскольку наблюдается с одной стороны - увеличение содержаний макрокомпонентов, а с другой - определенное уменьшение интенсивности общего выноса минеральных веществ с речными водами за счет снижения водного стока. Кроме того, следует учитывать погрешность определения тенденций. Указанные соображения подтверждаются данными, полученными А.М. Никаноровым и В.В.Циркуновым, свидетельствующими в целом о незначительном антропогенном влиянии на макрокомпонентный режим Оби.

При изучении динамики изменения окисляемости речных вод за многолетний период выявлена устойчивая связь между модулями водного и органического (по ХПК) стока рек. Таким образом, имеются основания для утверждения об определенном циклическом изменении содержаний органических веществ в зависимости от водности рек. Однако в некоторых случаях были выявлены и довольно заметные тенденции изменения за многолетний период. Так, изучение динамики среднегодовых значений ХПК показало, что в 80-90-ые годы уровень содержания органических веществ в водах Томи увеличился по сравнению с предыдущими годами. Этот факт с нашей точки зрения связан с усилением антропогенного влияния на гидрохимический и гидрологический режим этой реки, что подтверждается при сопоставлении с данными об изменении внутригодового распределения водного стока и более высоких значениях ХПК в зимний период в некоторых створах. Принимая во внимание существенную погрешность определения тем не менее можно говорить о максимальном проявлении антропогенных факторов на сток органических веществ с водами Томи в 80-ые годы. В первой половине 90-ых годов эта нагрузка уменьшилась, однако она и сейчас существенно выше, чем 20-25 лет назад. Следует отметить, что уро-

вень содержания загрязняющих веществ в речных водах в целом и органических веществ, в частности, не обязательно соответствует объемам производства. Это объясняется видимо более значимой зависимостью первого от количества поступивших и поступающих в реки, на рельеф и в атмосферу отходов и попутных веществ.

Таким образом, существуют все основания полагать, что в течение последних десятилетий наблюдается относительная стабилизация геохимического режима рек рассматриваемой территории, отражающая динамическое равновесие между антропогенным воздействием и условиями водообмена в речной системе, что подтверждается материалами, полученными и другими авторами. Наиболее важные изменения отмечены в стоке органических веществ. Так, зафиксирован заметный рост по сравнению с 70-ми годами концентраций и величины выноса органики с водами Томи и Кии. Для других изученных крупных рек подобные тенденции не столь очевидны, хотя и наблюдается определенное увеличение максимумов.

В шестой главе "Анализ экологического состояния рассматриваемой части бассейна Оби и рекомендации по улучшению охраны речных вод" приводится описание и обоснование использованных в диссертации классификаций - систем критериев качества воды, принятых как в прошлом странами СЭВ, так и используемых ныне во Франции и других странах Евросоюза. Показано отличие этих классификаций от принятого в гидрометслужбе индекса загрязненности вод. Кроме того, представлены данные о вероятности превышения российских хозяйственно-питьевых норм по содержанию ряда веществ (табл.2). Результаты анализа экологического состояния приведены отдельно для Оби и притоков, причем также, как и в главе 4. выделены разделы по Томи и ее притокам. В целом состояние речных вод можно охарактеризовать как неудовлетворительное. Наиболее критическая ситуация отмечается для нефтепродуктов, по содержанию которых воды изученных рек соответствуют сильно и очень сильно загрязненным даже по среднегодовым значениям. Кроме нефтепродуктов речные воды сильно загрязнены другими органическими веществами, азотом аммонийным и нитритным, железом. Использование других показателей во многих случаях не меняет полученной картины, либо невозможно из-за ограниченности необходимой информации.

Таблица 2

Вероятность превышения хозяйственно-питьевых ПДК

Компонент	Вероятность, %	Компонент	Вероятность, %
нефтепродукты	57	фенолы	79
кислород	3	Si	1
pH	9	Mn	2
Fe	30	Pb	0
Ni	0	NO ₃ ⁻	0
Cu	0	Hg	2

Анализ результатов классификации качества речных вод позволил сделать следующие выводы:

- речные воды бассейна Средней Оби с вероятностью 5 % соответствуют классам сильно и очень сильно загрязненных вод;
- сильное загрязнение речных вод во многих случаях поддерживается в течение всего года;
- с учетом систематичности обнаружения повышенных концентраций практически во всех реках приоритетными загрязняющими веществами следует считать органические соединения;
- наблюдается существенное микробиологическое загрязнение речных вод, представляющее серьезную проблему для водопользования;
- значительное загрязнение наблюдается также по содержанию железа, азота аммонийного и нитритного. В ряде случаев отмечается сильное загрязнение по величине pH, а в северных реках - по содержанию кремния;
- уровень содержания тяжелых металлов в речных водах в целом значительно ниже существующих хозяйственно-питьевых ПДК, что однако не исключает возможность обнаружения их экстремальных величин на отдельных участках, особенно в районах крупных городов в результате аварийных сбросов;
- по ряду показателей (макро-, микроэлементы, биогенные вещества) влияние антропогенных факторов на состояние рек в значительной степени нивелируется интенсивным водообменом в речных бассейнах.

Полученные при исследовании эколого-геохимического состояния

речных вод материалы позволили нам выработать некоторые рекомендации по улучшению охраны и рациональному использованию водных ресурсов. Попытки изменить неудовлетворительное состояние водных объектов бассейна Оби осуществляются достаточно давно на различных уровнях. Однако значительных изменений в состоянии водных ресурсов за это время не произошло - в течение последних десятилетий поддерживаются относительно устойчивые антропогенно-природные условия формирования гидрохимического и гидробиологического режима поверхностных вод, обуславливающие неудовлетворительное экологическое состояние водных объектов. Его кардинальное улучшение возможно только при разработке и внедрения целой серии мероприятий одновременно по нескольким направлениям.

1.Изменение системы управления водными ресурсами водосборного бассейна с учетом западноевропейского опыта [Шварцев,1995]. Первоочередные меры должны касаться вопросов изменения в рамках эксперимента структуры управления водными ресурсами бассейна р.Томи.

2.Разработка и внедрение методов экономического стимулирования природоохранной деятельности. Экономическое воздействие на предприятия и население оказывается через бассейновую дирекцию и в главных чертах заключается: а) во взимании дифференцированной платы за все виды водопользования, включая загрязнение водных объектов, в зависимости от масштабов и характера воздействия на водные объекты, а также социально-экономической ситуации на конкретном участке речного бассейна; б) в субсидировании и кредитовании проектов, позволяющих улучшить состояние водных объектов, и выдаче премий за эффективную природоохранную деятельность.

3. Изменение отношения к водным объектам, подразумевающее формирование взвешенного, рационального подхода к природной среде.

4.Осуществление инженерно-технических мероприятий по плану, утвержденному бассейновым комитетом и финансируемых на получаемые дирекцией средства за использование водных ресурсов. Первоочередные мероприятия по нашему мнению должны условно представлять 3 группы: а) модернизация системы учета и контроля водопользования и состояния водных объектов; б) улучшение водоснабжения населения; в)мероприятия по сокращению поступления загрязняющих веществ в поверхностные воды.

5. Разработка и внедрение ресурсосберегающих, экологически "чистых" технологий.

6. Углубление знаний о состоянии водных объектов и процессах, в них протекающих.

В целом перечисленные мероприятия ориентированы на стимулирование водоохранной деятельности и вследствие объективных причин подразумевают достаточно продолжительный срок их внедрения в водохозяйственную практику (не менее 15-20 лет).

В заключении сформулированы основные выводы, полученные в результате изучения эколого-геохимического состояния речных вод бассейна Средней Оби, а также даны рекомендации по проведению дальнейших исследований. Наиболее важные положения данной работы заключаются в следующем:

1. Выполнено комплексное исследование состава речных вод по большому числу показателей, установлен уровень содержания целого ряда веществ в водах изученных рек.

2. Проведен математический анализ большого объема данных, получена упрощенная математическая модель гидрохимического стока, построены гидрохимические карты рассматриваемой территории.

3. Выявлено закономерное изменение геохимического состояния речных вод Средней Оби и ее притоков в пространстве и времени, обусловленное природными процессами, на фоне которых проявляется значительное антропогенное влияние.

4. В течение последних десятилетий в целом наблюдается относительная стабилизация геохимического режима рек негативного характера, отражающая динамическое равновесие между антропогенными воздействиями и условиями водообмена в речной системе.

5. Проведен анализ экологического состояния водных объектов, в результате которого установлены приоритетные загрязняющие вещества. Сделана оценка состояния речных вод по классификациям СЭВ и Франции, построены карты качества вод.

6. Состояние речных вод бассейна Средней Оби с точки зрения обеспечения нормальных условий водопользования в целом оценивается как неудовлетворительное.

7. По ряду показателей (макро-, микроэлементы, биогенные вещества) влияние антропогенных факторов на состояние рек в значительной степени нивелируется интенсивным водообменом в речных бассейнах.

8. Даны основные рекомендации по улучшению охраны и рационального

использования водных ресурсов с учетом западно-европейского опыта.

9. Улучшение состояния водных объектов невозможно без изменения структуры управления водными ресурсами территории, включающего создание эффективного правового и экономического механизма взаимодействия государства, местных властей и водопользователей.

Задачи дальнейших исследований состояния водных объектов в целях улучшений их охраны и рационального использования на наш взгляд должны затрагивать следующие вопросы:

1. Выявление источников загрязнения природных вод.
2. Изучение процессов самоочищения, протекающих в водных объектах.
3. Исследование процессов взаимодействия речных вод, атмосферного воздуха, донных осадков, взвешенных и влекомых наносов.
4. Разработка геоинформационных и геомоделирующих компьютерных систем, позволяющих адекватно оценивать сложившуюся ситуацию и прогнозировать состояние водных объектов в результате тех или иных событий.
5. Уточнение ограниченного перечня показателей, наиболее полно отражающих состояние водных объектов.
6. Разработка методики воздействия загрязнения различных сред на состояние водных объектов.
7. Определение реальных норм загрязнения вод предприятиями и населением.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Состояние поверхностных вод бассейна р. Томи // Концепция программы коренного улучшения водохозяйственной и экологической обстановки в бассейне р. Томи. - М.: АО ВОДНИИинформпроект, 1994. - С. 156-159. (соавтор Шварцев С.Л.)
2. Химический состав вод Средней Оби // Основные проблемы охраны геологической среды. - Томск: Изд-во Том.ун-та, 1995. - С. 159-162. (соавторы Шварцев С.Л., Янковский В.В.)
3. Макро- и микрокомпонентный состав вод наиболее крупных притоков Средней Оби // Природокомплекс Томской области. - Томск: Изд-во Том.ун-та, 1995. - Т. 2. - С. 103-108. (соавтор Шварцев С.Л.)
4. Эколого-геохимическое состояние поверхностных вод в бассейне Средней

Оби //Тезисы докл. Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды.-Томск:Изд-во ТГУ,1995.-С.121.(соавтор Шварцев С.Л.)

5.Эколого-геохимическое состояние поверхностных вод бассейна Средней Оби //Тезисы докл. Гидрологические и экологические процессы в водоемах и их водосборных бассейнах. - Новосибирск: Изд-во ин-та гидродинамики, 1995.-С.150.(соавтор Шварцев С.Л.)

6.Состояние поверхностных вод бассейна р.Томи //Федеральная целевая программа коренного улучшения водохозяйственной и экологической обстановки в бассейне р.Томи.-Кемерово: Кемеровский научный центр.1995.-С.42-53. (соавтор Шварцев С.Л.)

7. Пространственная изменчивость химического состава вод Томи // Тезисы докл. научн. конф., посвящен. 75-летию геолог. образ, в Томском ун-те. -Томск: Изд-во Том.ун-та, 1996.-С.317-318. (соавтор Рассказов Н.М.)

8.Эколого-геохимическое состояние речных вод Средней Оби //Водные ресурсы.-1996.-N 6. (соавторы Шварцев С.Л., Вертман Г.Г., Янковский В. В. и др.)

9.Микроэлементы в водах Средней Оби и ее крупных притоков //Обской вестник.-1.996.-М 2. (соавтор Шварцев С.Л.)

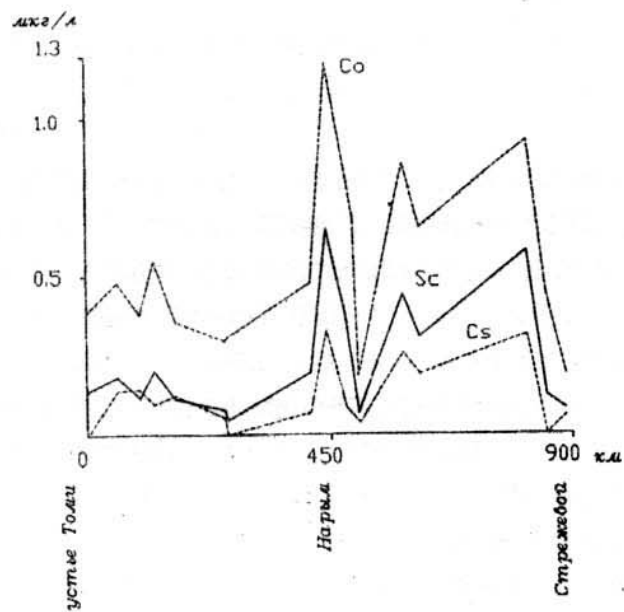


Рис. 1. Изменение концентраций микроэлементов в водах Оби

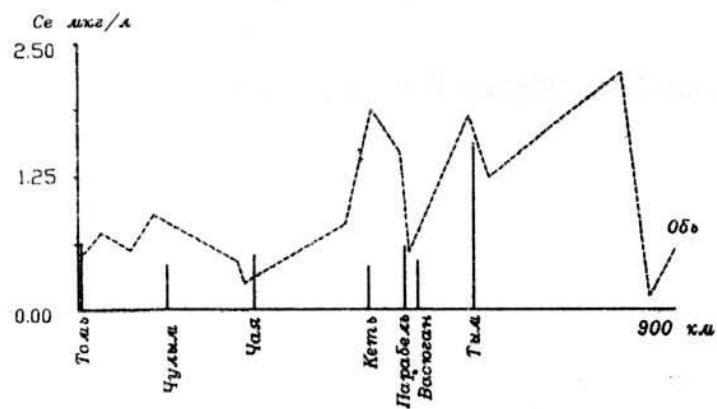


Рис. 2. Изменение концентраций Се в Оби

Содержания церия в водах:

- Оби
- крупных притоков Оби (устья)

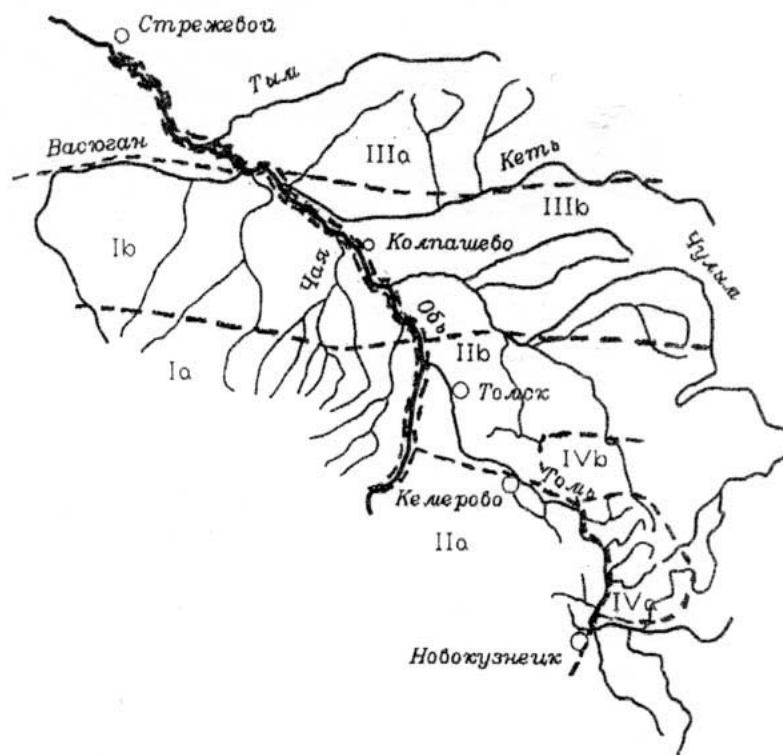


Рис.3. Схема гидрохимического районирования исследуемой территории (в скобках приведены средние для областей значения минерализации и ХПК в мг/л). Речные воды содержат:

I - большое количество органических (49) и минеральных веществ (247);

II - большое количество минеральных веществ (294) и меньше - органических (17):

III - значительное количество органических веществ (28) и небольшое количество - минеральных (110):

IV - относительно небольшое количество органических (7) и минеральных веществ (95).

А - районы максимального проявления признаков выделения областей,

Б - районы переходного характера.