

БАЛОБАНЕНКО АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЮГА
ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА**

Специальность 25.00.07 – Гидрогеология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» и Акционерном обществе «Томскгеомониторинг»

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор **Дутова Екатерина Матвеевна**

Официальные оппоненты: **Плюснин Алексей Максимович**, доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Сибирского Отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН), заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией гидрогеологии и геоэкологии

Замана Леонид Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории геоэкологии и гидрогеохимии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет» (ФГБОУ ВО УГГУ г. Екатеринбург)

Защита диссертации состоится «15» июня 2018 года в 10 час 00 мин на заседании объединенного диссертационного совета Д 999.170.03 при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», ФГБУН Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по адресу: Томск, пр. Ленина, 2 (строение 5), 20 корпус ТПУ, ауд. 504.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск, ул. Белинского, 55) и на сайте <http://portal.tpu.ru:7777/council/2799/worklist>

Автореферат разослан «___» _____ 2018 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
Д 999.170.03
кандидат геолого-минералогических наук



О.Е. Лепокурова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Обеспечение населения качественной питьевой водой является важнейшей и приоритетной проблемой. От качества питьевой воды зависит состояние здоровья людей, уровень их санитарно-эпидемиологического благополучия, комфортности проживания и экологической безопасности. Особенно актуальны вопросы качества для регионов, в которых природные воды уже в естественном состоянии зачастую являются некондиционными по ряду нормируемых компонентов. Именно к таким территориям относится юг Сибирского региона, где водоснабжение подавляющей части населенных пунктов практически полностью базируется на подземных водах.

Изучению подземных вод как основного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также геохимии пресных подземных вод уделялось большое внимание. Огромный вклад в развитие этих исследований внесли И.К.Зайцев, В.П.Зверев, Г.Н.Каменский, В.А.Кирюхин, Б.А.Колотов, А.И.Коротков, С.Р.Крайнов, Ф.А.Макаренко, Г.А.Максимович, А.М.Овчинников, А.И.Перельман, Е.В.Пиннекер, Б.И.Писарский, К.Е.Питьева, Б.Б.Полынов, Е.В.Посохов, Б.Н.Рыженко, Ф.П.Саваренский, Н.И.Толстихин, Ф.И.Тютюнова, С.Л.Шварцев, В.М.Швец и многие другие. Благодаря работам этих исследователей были разработаны фундаментальные теоретические положения о механизмах и факторах формирования химического состава подземных вод, введены понятия о подвижности, коэффициентах, классах водной миграции химических элементов и о геохимических барьерах, сформированы представления о вертикальной глубинной и широтной гидрогеохимической зональностях, выделены провинции нормируемых химических элементов, проведены обобщения по химическому составу подземных вод зоны гипергенеза, систематизированы данные и получены средние (кларковые) содержания широкого ряда химических элементов в подземных водах основных ландшафтных зон земного шара, выполнены оценки геологической роли подземных вод и определены скорости химического выветривания горных пород в различных климатических зонах, развиты фундаментальные представления о системе “вода–порода” и ее способности к самоэволюции и самоорганизации, внедрены в геологические исследования методы математики, термодинамики и физико-химии, разработаны многочисленные программы для моделирования на ЭВМ разнообразных геохимических процессов.

Гидрогеологические, гидрогеохимические условия осадочного чехла Западно-Сибирской плиты отражены в работах М.Б. Букаты, Л.С. Бычковой Н.Н. Винниченко, Е.М. Дутовой, А.Д. Дучкова, Н.А. Ермашовой, Г.Д. Гинсбурга, Г.Д. Гулари, Ю.Г. Зиминой, В.А. Зуева, В.Г. Иванова, Ю.Н. Карагодина, А.Э. Конторовича, А.Р. Курчикова, Б.Ф. Маврицкого, Л.С. Маныловой, В.М. Матусевича, М.П. Нагорского, А.Д. Назарова, В.А. Нуднера, Г.Л. Плевако, Д.С. Покровского, В.К. Попова, Н.М. Рассказова, А.А. Розина, С.И. Сергиенко, Я.Б. Смирнова, Ю.К. Смоленцева, Б.П. Ставицкого, В.В. Трушкина, П.А. Удодова, С.Л. Шварцева и других. Появившаяся в настоящее время методическая основа и программное обеспечение картирования гидрогеохимических условий и анализа гидрогеохимических процессов позволяют на новом уровне подойти к решению многих вопросов.



Рис. 1. Обзорная карта района работ

Объектом исследования являются подземные воды четвертичных, неогеновых, палеогеновых и меловых отложений юга Западно-Сибирского артезианского бассейна, наиболее активно используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения (ХПВ) населением Алтайского края, Новосибирской, Омской и Томской областей (рис. 1).

Цель работы заключается в выявлении геохимических особенностей и качества подземных вод хозяйственно-питьевого назначения юга Западно-Сибирского артезианского бассейна, с применением средств ГИС-технологий.

Задачи исследований:

1. Дать гидрогеологическую характеристику и разработать методику проведения специальных гидрогеохимических исследований и систематизации полученных материалов.

2. Выявить закономерности изменчивости химического состава подземных вод, использующихся для водоснабжения населения региона.

3. Оценить характер и степень равновесия подземных вод с широким спектром минералов (алюмосиликатов, карбонатов, сульфатов, хлоридов, оксидов и гидроксидов).

4. Оценить качество подземных вод в региональном плане и на действующих водозаборах.

5. Обосновать структуру и создать информационно-картографическую систему для оперативной оценки качества подземных вод региона.

Исходные материалы и методика исследований. В основу работы положены материалы ранее выполненных И.М. Земсковой и Ю.К. Смоленцевым в 1979-1984 гг., Н.А. Ермашовой в 1976-1982 гг. и Н.А. Карлсоном в 1973-1980 гг. работ.

Использованы современные данные (до 2015 г.) многолетних работ АО «Томскгеомониторинг» по ведению ГМСН на территории Алтайского края, Новосибирской, Омской и Томской областей, а также данные тематических работ гидрогеологической, гидрогеохимической, геоэкологической направленности, материалы локальных работ по оценке запасов подземных вод на водозаборах, ведению объектного мониторинга, работ на полигоне «Томский» и других тематических региональных работ. В большинстве работ АО «Томскгеомониторинг» (с 2010 по 2015 гг.) автор принял непосредственное участие.

В результате сбора ретроспективной и современной информации была сформирована база показателей химического состава подземных вод, включающая 62 620 анализов подземных вод по 9 339 пунктам наблюдения.

Методологически исследования базируются на положениях о причинно-следственных связях ведущих природных факторов формирования и параметров химического состава подземных вод, современных научных представлениях об эволюции системы "вода-порода".

Для хранения, обобщения и обработки информации и картографических построений использовались методы математической статистики и ГИС технологий, реализованные в пакетах программ EXCEL, Statistica, ArcGIS 9.3.1, а также физико-химические расчеты с использованием ПК HydroGeo.

Исследования состава подземных вод выполнены с применением современных сертифицированных аналитических методов в лабораториях АО «Томскгеомониторинг», ТПУ, геологических организаций региона.

Личный вклад автора. Автором осуществлены сбор, анализ и обработка фактического материала по объекту исследований. Проведен анализ и обработка данных, с использованием ГИС-технологий выполнены картографические построения, интерпретированы результаты работы и сформулированы выводы. В работе использованы личные наблюдения автора при проведении полевых работ в разных районах региона.

Защищаемые положения.

1. На территории юга Западно-Сибирского артезианского бассейна в зоне интенсивного водообмена развиты пресные и солоноватые подземные воды (с разнообразным набором химических элементов, содержащихся в различных концентрациях и мигрирующих в виде разнообразных соединений), равновесные с весьма обширным комплексом минералов. Основные геохимические закономерности подземных вод определяются ландшафтными условиями, глубиной залегания, интенсивностью водообмена и степенью взаимодействия с вмещающими породами.

2. В направлении от заболоченной тайги к степным ландшафтам возрастает встречаемость некондиционных подземных вод и набор компонентов, лимитирующих их качество. В таежных ландшафтах основными из них являются Fe, Mn и органические вещества, в степных ландшафтах к этим показателям дополняется соленость, общая жесткость, содержания SO₄ и Cl ионов. Осложняющими компонентами в таежных ландшафтах, иногда, являются NH₄, фенолы, Si, Br, B, Pb, а в степных ландшафтах еще и Al, Cd, Li, Be, Hg, As. Качество подземных вод таежных ландшафтов может быть повышено безреагентными (экологичными) методами, базирующимися на естественно-природных процессах. В степных ландшафтах требуются реагентные технологии водоподготовки.

3. Качество подземных вод крупных водозаборов, где используется водоподготовка, иногда не в полной мере соответствует действующим нормативам. На мелких же водозаборах, которые, как правило, используются для водоснабжения сельских населенных пунктов, качество подземных вод зачастую не соответствует требованиям действующих нормативов, причем на природные геохимические особенности накладываются результаты антропогенного воздействия и не соблюдения требований пользования недрами.

Достоверность защищаемых положений, выводов и рекомендаций обеспечена анализом широкого круга фондовых геолоразведочных, научно-исследовательских работ, большим объемом фактического материала и результатами современных химико-аналитических исследований проб подземных вод на действующих водозаборах в аккредитованных лабораториях.

Научная новизна работы.

1. Уточнены данные о химическом составе подземных вод четвертичных, неогеновых, палеогеновых и меловых отложений в пределах различных ландшафтных зон и орографических структур.

2. Уточнены закономерности поведения отдельных макро и микрокомпонентов в подземных водах четвертичных, неогеновых, палеогеновых и меловых отложений различных ландшафтных зон рассматриваемой территории.

3. Выполнено районирование зоны свободного водообмена региона по характеру изменчивости величины общей минерализации подземных вод в вертикальном разрезе.

4. Создан комплект цифровых гидрогеохимических карт масштаба 1:1 000 000. Карты оценки качества подземных вод основных эксплуатационных горизонтов созданы на основе расширенного комплекса показателей и отражают их современное состояние изученности на основе действующих санитарно-гигиенических требований.

5. Показано, что появление повышенных содержаний элементов в водах (превышающих нормативные значения) обусловлено как природными, так и техногенными факторами.

6. Основные формы миграции химических элементов, рассчитанные средствами ПК HydroGeo, в водах и оценки степени насыщенности вод относительно широкого спектра минералов, позволили понять особенности миграции и концентрирования химических элементов.

Практическая значимость работы

1. Получен значительный объем современных сведений о химическом составе подземных вод по расширенному количеству показателей, выполненных в течение короткого отрезка времени по единой методике, который может быть в дальнейшем использован для обеспечения различных региональных исследований.

2. Выполнена гидрогеологическая стратификация геологического разреза в пределах рассматриваемой территории в соответствии с обновленной легендой Омско-Кулундинской подсерии Западно-Сибирской серии листов Госгеолкарты-200 и в соответствии с действующей легендой Обской подсерии Западно-Сибирской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000, утвержденной НРС МПР в 2000 г.

3. Создана информационно-картографическая система, базирующаяся на основе электронного представления гидрогеохимических карт (гидрогеохимической изученности, фактического материала, гидрогеохимического районирования химического состава подземных вод, факторов формирования качества подземных вод, оценки качества питьевых подземных вод), позволяющая оперативно производить оценку состава подземных вод, что обеспечивается расширением доступности узкоспециальных материалов, представления их в виде, удобном для принятия решений, открытым пользовательским интерфейсом для пополнения базы данных.

4. Для подземных вод, используемых для водоснабжения, определен перечень показателей, содержание которых необходимо контролировать при добыче подземных вод для ХПВ. Кроме этого даны рекомендации по использованию схем водоподготовки для вод с определенным набором показателей, превышающих нормативы.

Полученные автором результаты могут быть полезны специалистам, чьи интересы связаны с проблемами экологической безопасности и решением

хозяйственно-питьевых проблем, направленных на разработку перспективных планов водоснабжения населения. В частности, полученные данные об уровнях природных концентраций химических элементов в водах могут быть использованы при мониторинге экологического состояния окружающей среды. Кроме того, результаты исследований могут быть использованы в качестве основы для районирования территории по условиям и интенсивности загрязнения опасными веществами.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на Международных конференциях студентов и молодых учёных имени М.А. Усова (Томск, 2011, 2012, 2013), Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде (Семей, 2008, 2010), Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии (Томск, 2015), Всероссийской научно-практической конференции «Состояние, проблемы и перспективы геологоразведочных и научно-исследовательских работ в области гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и геокриологии» (Москва, 2014).

Публикации. Результаты исследований по теме диссертации опубликованы в 10 печатных работах, из них: 2 – в центральных изданиях, включённых в перечень ВАК, 1 в изданиях, индексируемых базой данных Scopus 7 – в научно-технических сборниках и материалах конференций.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы, включающего 123 наименований. Материалы работы изложены на 297 листах, содержащих в т.ч. 98 рисунков и 46 таблиц.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю – профессору кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и землеустройства д.г.-м.н. Е.М. Дутовой, а также д.г.-м.н. Д.С. Покровскому, ген. директору АО «Томскгеомониторинг» к.г.-м.н. В.А. Льготину и ведущему гидрогеологу Г.А. Жульминой за постоянную поддержку и всестороннюю помощь в выполнении исследований.

Автор благодарит коллег из АО «Томскгеомониторинг» Т.Л. Степанову, О.Л. Буткевич, Н.В. Виниченко, А.В. Куценко, Д.Н. Четвергова, Н.А. Семенова, В.А. Дорофеева, Е.В. Бабыкину, ОАО «Алтайская ГГЭ» - К.А. Выставкина, В.Г. Бородавко, В.В. Девятаеву, ООО «Новосибгеомониторинг» - Ю.В. Матвееву, В.Н. Васькину, АО «Омская ГРЭ» В.Е. Маркеева, Н.Н. Ведут, И.В. Усову, а также д.г.-м.н. С.Л. Шварцева, к.г.-м.н. А.Д. Назарова, ведущего специалиста ФГБУ «Гидроспецгеология» О.А. Камневу, К.К. Кузеванова за помощь и консультации по вопросам, возникавшим в ходе выполнения работы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна полученных результатов, защищаемые положения, практическая значимость работы.

В первой главе **«Состояние проблемы исследований»** освещаются современные представления о геохимии подземных вод хозяйственно-питьевого назначения, дается характеристика геологической и гидрогеологической изученности территории района исследований.

Во второй главе **«Факторы формирования подземных вод»** приведены краткие сведения о физико-географических, геологических, гидрогеологических условиях, влиянии деятельности человека на состояние подземных вод. Особое внимание

уделяется характеристике основных водоносных горизонтов, ресурсам и использованию подземных вод. Подчеркивается, что наиболее перспективны для ХПВ, в связи со своей выдержанностью по площади, высокой водообильностью, хорошими фильтрационно-емкостными свойствами, воды палеогеновых и меловых отложений, а иногда четвертичных и неогеновых, ставшие основным предметом исследований.

В третьей главе «**Методика исследований**» приводится характеристика фактического материала, методики полевых, химико-аналитических исследований и методика статистической обработки данных. Особое внимание уделяется методике картографических построений средствами ГИС-технологий, разработке легенд цифровых карт.

В четвертой главе «**Геохимические особенности подземных вод**» анализируются гидрогеохимические условия района, пространственные широтные, глубинные и латеральные изменения величины минерализации, ионно-солевого и микрокомпонентного состава подземных вод четвертичных, неогеновых, палеогеновых и меловых отложений. Подчеркивается, что эволюция состава подземных вод региона проходит под воздействием преимущественно ландшафтных, литолого-фациальных и гидрогеологических условий при взаимодействии в системе «вода-порода». Отмечается, что оценка степени насыщенности вод относительно широкого спектра минералов, позволяет понять особенности и механизмы формирования состава вод.

В пятой главе «**Оценка качества подземных вод, используемых для водоснабжения**» дается характеристика качества подземных вод в соответствии с требованиями для централизованных источников водоснабжения СанПиН 2.1.4.1074-01, а также приводятся результаты районирования территории исследований по классам качества питьевых подземных. Оценивается качество подземных вод крупных водозаборов, где имеется водоподготовка и мелких, которые, как правило, используются для водоснабжения сельских населенных пунктов. Приводится характеристика созданной информационно-картографической системы, базирующейся на основе электронного представления гидрогеохимических карт, позволяющей оперативно производить оценку качества подземных вод

В **Заключении** приведены основные выводы исследований.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

***Первое защищаемое положение.** На территории юга Западно-Сибирского артезианского бассейна в зоне интенсивного водообмена развиты пресные и солоноватые подземные воды (с разнообразным набором химических элементов, содержащихся в различных концентрациях и мигрирующих в виде разнообразных соединений), равновесные с весьма обширным комплексом минералов. Основные геохимические закономерности подземных вод определяются ландшафтными условиями, глубиной залегания, интенсивностью водообмена и степенью взаимодействия с вмещающими породами.*

Территория объекта исследований в гипсометрическом отношении представляет собой плоскую, наклоненную на север слаборасчлененную равнину, несколько поднятую на периферии. Здесь хорошо прослеживается широтная зональность и выделяются средне-таежные, южно-таежные и подтаежные, лесостепные, степные, песчано-боровые ландшафтные зоны (Рис. 2). Таежная зона характеризуется избыточным увлажнением и повышенными значениями модуля

подземного и поверхностного стока, а степная зона – недостаточным увлажнением и низкими модулями. Исключением являются степи правобережья р. Обь для которых характерно умеренное увлажнение и высокие модули стока.

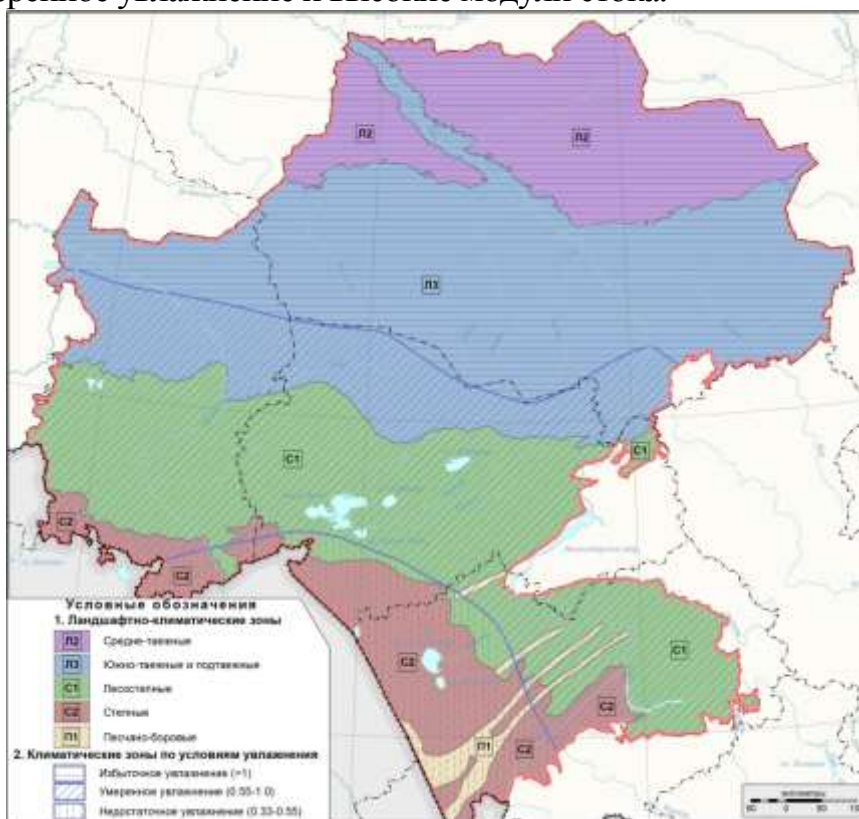


Рис. 2 Ландшафтно-климатическое районирование территории

В гидрогеологическом отношении территория рассматривается как крупный артезианский бассейн, в разрезе мезозойско-кайнозойских отложений которого выделяются два гидрогеологических этажа с резко различными условиями формирования подземных вод, разделенных мощным региональным водоупором верхнемелового-палеогенового возраста. Практически весь верхний гидрогеологический этаж, за исключением его нижней части, характеризуется интенсивным водообменом. Нижняя часть верхнего и нижний гидрогеологический этажи характеризуются замедленным водообменом.

Зона интенсивного водообмена охватывает водоносные комплексы четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложений, подземный сток которых формируется под дренирующим воздействием местной эрозионной и речной сети. Подземные воды зоны интенсивного водообмена являются основным источником ХПВ населения, причем в северной части территории наиболее активно используются воды палеогеновых отложений, а в южной – неоген-четвертичных.

Зона замедленным водообмена приурочена к отложениям, залегающим между водоупорным доюрским фундаментом и верхнемеловым-палеогеновым региональным водоупором. Основное питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков по периферии бассейна и в местах отсутствия регионального водоупора на правобережье р. Обь, а также за счет подтока вод из палеозойских образований складчатого обрамления. В южной предалтайской части питание осуществляется путем фильтрации из верхних горизонтов, особенно на участках «боровых» песков. Подземные воды зоны затрудненного водообмена являются одним из основных источников ХПВ населения в юго-западной части территории.

На преобладающей части территории воды пресные со средней минерализацией 575,43 мг/л – в четвертичных, 916,58 мг/л - неогеновых, 851,7 мг/л – палеогеновых, 682,0 мг/л – меловых отложениях (зона вод <1 500 мг/л) (Табл. 1).

Таблица 1 Характеристика химического состава подземных вод

Показатели	Южно-таежные ландшафты						Лесостепные ландшафты						Степные ландшафты					
	Q		N		Pg		Q		N		Pg		Q		N		Pg	
	Среднее*	N	Среднее	N	Среднее	N	Среднее	N	Среднее	N	Среднее	N	Среднее	N	Среднее	N	Среднее	N
M	313,1	495	496,9	287	376,1	1597	676,2	1706	1022,6	1257	1422,2	1931	756,4	185	1094,8	306	1819,3	547
pH	7,5	490	7,5	270	7,4	1506	7,5	1640	7,6	1183	7,4	1754	7,7	158	7,7	274	7,4	502
OЖ	5,0	492	6,8	287	5,5	1574	7,8	1649	8,5	1241	8,2	1918	6,3	163	6,2	268	7,7	530
Ca	64,5	495	69,4	287	66,6	1597	66,9	1706	63,3	1256	62,0	1931	51,6	185	48,0	306	46,9	547
Na	16,7	486	48,9	281	24,4	1594	87,3	1697	189,0	1240	344,9	1929	125,0	184	256,0	306	528,9	546
K	1,27	122	2,16	9	1,6	275	2,46	188	3,12	29	3,13	52	-	-	1,05	2	21,89	2
Mg	16,5	491	31,0	286	22,1	1587	46,7	1704	56,9	1255	56,5	1931	42,6	172	47,3	295	57,8	546
NH ₄	0,36	305	0,33	190	0,38	1048	0,29	664	0,34	856	0,29	1117	0,23	88	0,22	166	0,25	349
Cl	8,8	474	19,6	285	8,4	1525	41,1	1690	119,7	1252	283,6	1929	70,2	185	162,5	305	469,4	547
SO ₄	11,0	305	23,4	235	10,4	970	51,0	1605	103,4	1222	141,5	1911	127,8	181	211,3	301	269,4	545
NO ₂	0,022	123	0,01	117	0,012	475	0,059	572	0,04	564	0,026	822	0,04	55	0,02	99	0,011	191
NO ₃	0,71	130	0,99	86	0,7	607	1,44	323	1,15	437	1,43	1187	2,16	58	0,62	116	1,14	332
HCO ₃	327,5	495	479,1	287	394,9	1596	506,8	1705	520,4	1256	515,5	1931	390,1	184	378,3	306	431,4	547
CO ₃	11,27	21	12,15	14	6,01	39	15,11	283	16,33	138	9,34	113	21,79	43	18,3	48	25,86	49
П.ок.	2,38	368	3,40	258	2,6	963	2,36	1002	4,04	1001	2,8	617	2,0	110	2,61	252	2,92	194
Fe	0,36	93	0,43	236	0,9	404	0,21	257	0,33	942	0,26	850	0,12	49	0,36	165	0,2	216
Fe ²⁺	2,5	216	1,41	30	0,8	112	0,61	64	0,89	23	0,28	22	0,1	2	0,4	28	0,23	1
Fe ³⁺	0,99	197	0,83	25	0,2	163	0,93	57	0,49	22	0,14	24	0,04	-	0,1	28	0,16	2
Mn	0,46	77	0,11	69	0,2	229	0,16	178	0,13	237	0,15	183	0,083	29	0,1	52	0,08	40
Si	6,35	195	8,29	29	11,7	397	3,87	122	5,6	64	4,54	34	3,48	54	4,8	72	5,67	20
PO ₄	0,082	109	0,04	15	0,099	295	0,023	40	0,09	48	0,067	54	0,2	6	0,01	13	0,024	11
Li	0,0047	51	-	-	0,0044	113	0,01	17	0,02	21	0,005	10	0,0045	4	0,01	2	0,003	1
B	0,057	15	0,1	11	0,085	56	0,14	83	0,19	65	0,16	57	0,28	13	0,22	33	0,28	18
Al	0,05	26	0,03	13	0,049	82	0,047	157	0,03	68	0,032	77	0,017	18	0,02	27	0,022	16
Ni	0,0046	68	-	-	0,0073	110	0,0074	209	-	-	0,0068	93	0,0034	34	0,01	30	0,0063	23
Zn	0,018	198	-	-	0,011	531	0,017	293	0,01	165	0,015	156	0,011	25	-	-	0,014	52
As	0,0034	40	-	-	0,0037	67	0,0033	247	-	-	0,0039	108	0,005	17	-	-	0,005	21
Sr	0,26	127	0,33	20	0,35	271	0,52	238	0,4	116	0,33	108	0,29	28	0,36	27	0,26	30
Mo	0,0015	81	-	-	0,0032	115	0,0036	217	-	-	0,0026	110	0,0057	30	-	-	0,0046	29
Cd	0,00031	31	-	-	0,00027	64	0,00028	175	-	-	0,00029	79	0,0001	24	-	-	0,00021	15
Ba	0,073	86	0,08	16	0,098	187	0,083	144	0,09	79	0,1	75	0,082	11	0,08	3	0,074	8
Pb	0,0021	104	-	-	0,0018	276	0,0026	241	-	-	0,0029	105	0,00099	25	-	-	0,0022	38
Cu	0,01	225	0,01	69	0,01	636	0,0074	359	0,01	219	0,012	234	0,0035	45	-	-	0,0059	61
Cr	0,0073	76	-	-	0,006	146	0,0059	229	0,01	107	0,0066	99	0,0069	30	0,01	25	0,015	13
F	0,22	158	0,27	41	0,22	519	0,2	329	0,32	131	0,3	199	0,78	14	0,44	52	0,45	43
I	0,17	69	0,22	14	0,16	139	0,0084	2	0,03	6	0,22	3	0,012	3	0,01	9	5,0	1
Br	0,086	54	0,46	16	0,11	123	-	-	0,83	7	0,002	1	-	-	2,37	1	-	-
НП	0,044	104	0,05	18	0,028	331	0,022	202	0,02	65	0,024	115	0,048	18	0,01	27	0,011	14
альфа	0,034	59	0,03	5	0,034	229	0,029	16	0,03	19	0,032	30	0,037	3	0,02	18	0,021	7
бета	0,069	48	0,11	5	0,085	168	0,09	17	0,18	19	0,2	29	0,079	3	0,09	20	0,12	6

Примечание: Средние значения приведены в мг/л

В пределах средней и южной тайги распространены пресные воды гидрокарбонатного кальциевого и магниев-кальциевого состава.

В переходной зоне северной лесостепи состав вод изменяется до гидрокарбонатного смешанного катионного состава. В пределах лесостепной и степной зон подземные воды отличаются пестротой химического состава. В зоне лесостепей в составе подземных вод начинает значимую роль играть натрий и воды приобретают содовый характер.

Зона степей характеризуется широким распространением солоноватых и даже соленых вод, особенно в бессточных котловинах. Вместе с тем, в юго-восточной прикраевой части бассейна в зоне степей распространены пресные подземные воды с минерализацией 0,37 г/л, гидрокарбонатного магниев-кальциевого или смешанного состава. На территории Кулундинской низменности, в степной зоне, благодаря песчаному составу водоносных отложений, подземные воды пресные, в среднем 0,56 г/л, и имеют содовый состав. В центральной части Алтайского края на

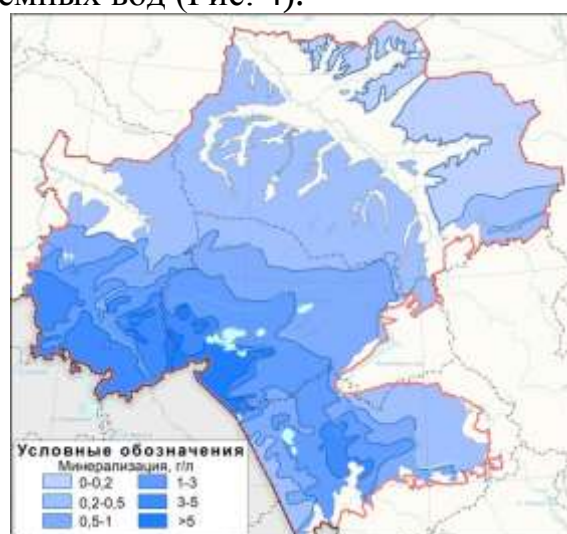
территории Приобского плато распространены подземные воды сульфатного типа – сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатные, смешанные (гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные) магниево-натриевого или натриевого состава, что связано с процессами десульфитизации водовмещающих пород.

Особое положение занимают аazonальные песчано-боровые ландшафты, встречающиеся отдельными узкими островами, выполненные золовыми кварц-полевошпатовыми песками. Здесь происходит более интенсивное атмосферное питание и водообмен, встречаются пресные воды с минерализацией в среднем 0,58 г/л, по составу гидрокарбонатные кальциево-натриевые.

Минерализация подземных вод закономерно увеличивается в ЮЗ направлении (Рис. 3) от областей умеренного и избыточного увлажнения к областям затрудненного водообмена и недостаточного увлажнения, а также по мере удаления от горного обрамления бассейна, т.е., по существу, от основных областей питания к областям разгрузки, в этом же направлении происходит изменение типов химического состава подземных вод (Рис. 4).



Четвертичные отложения



Неогеновые отложения



Палеогеновые отложения



Меловые отложения

Рис. 3 Пространственное изменение минерализации подземных вод

Региональные закономерности осложняются различиями состава грунтовых вод в пределах междуречных пространств и террасового комплекса речных долин. Первые повсеместно более минерализованы, для вторых характерны относительно повышенные, хотя и не изменяющие геохимического типа вод, содержания хлоридов

и сульфатов, что связано, вероятно, с влиянием разгрузки подземных вод более глубоко залегающих горизонтов. Существенное влияние оказывает антропогенное загрязнение в результате чего появляются нитратно-хлоридные воды с содержанием нитратов до 160 мг/л, хлоридов – до 342 мг/л и с минерализацией до 0,8–1,0 г/л

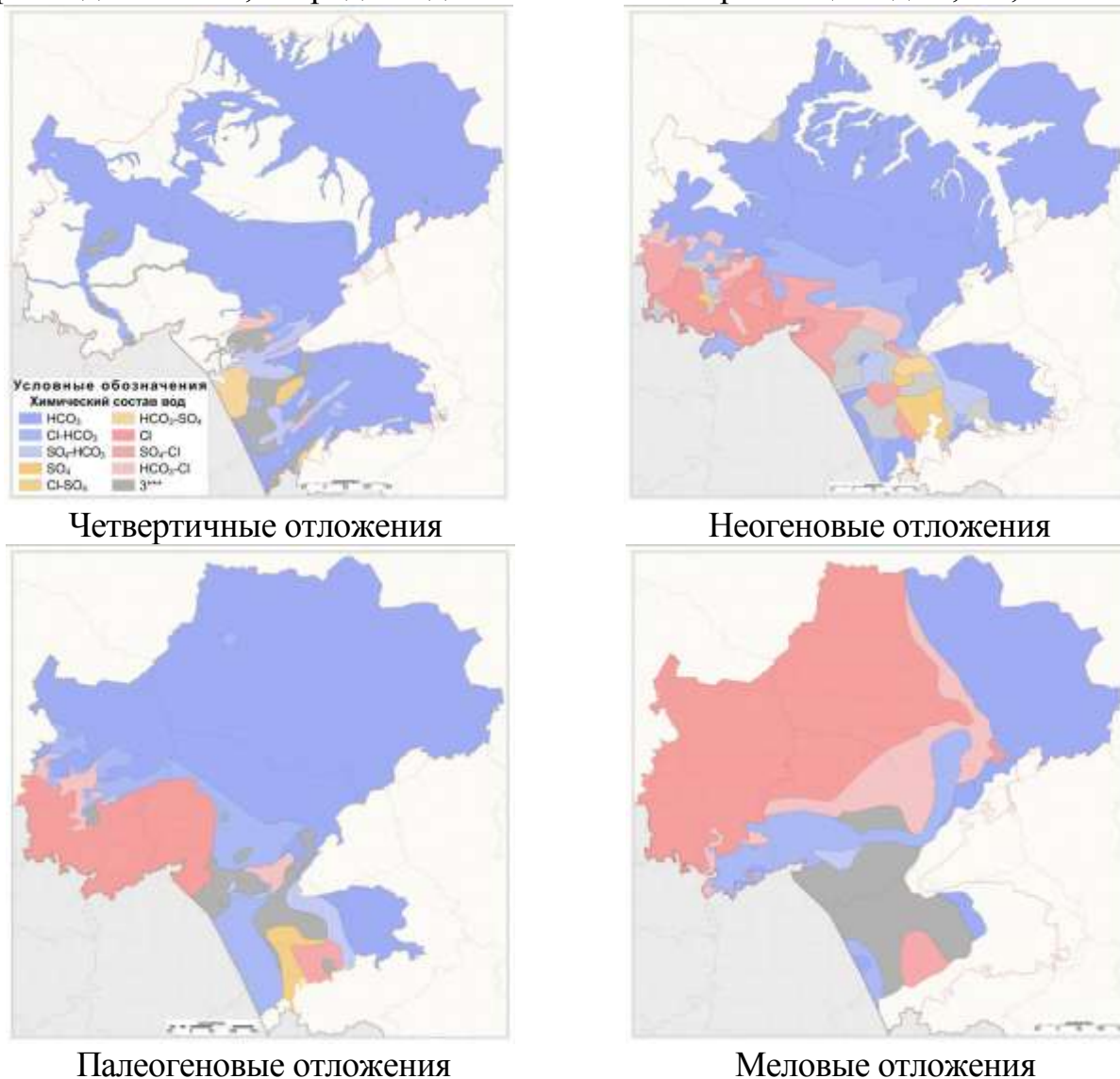


Рис. 4 Пространственное распределение анионного состава подземных вод

Формирование состава вод меловых отложений происходит в условиях затруднённого водообмена, и только в краевой восточной части бассейна состав вод формируется за счёт инфильтрационных вод.

Рост содержаний отдельных компонентов не всегда коррелирует с ростом минерализации (Рис. 5). Степень накопления Na, Cl и SO_4 в степных ландшафтах относительно таежных составляет десятки (22-56) раз, что обусловлено, в первую очередь, процессами континентального засоления. В целом интенсивность накопления подвижных компонентов полностью коррелирует с ростом минерализации, однако, в лесостепных и степных ландшафтах значительно ее обгоняет. Менее активно в водах накапливаются Ca, HCO_3^- , Mg и в степной зоне интенсивность их накопления несколько отстает от темпов роста общей минерализации. Накопление Ca в водах лесостепных и степных ландшафтов замедляется относительно таежных, что связано с насыщением вод относительно кальцита. Темпы концентрирования в водах большинства микрокомпонентов (Fe, Mn, Si, Pb, B, Sr, Ba,) не превышают темпов роста общей минерализации.

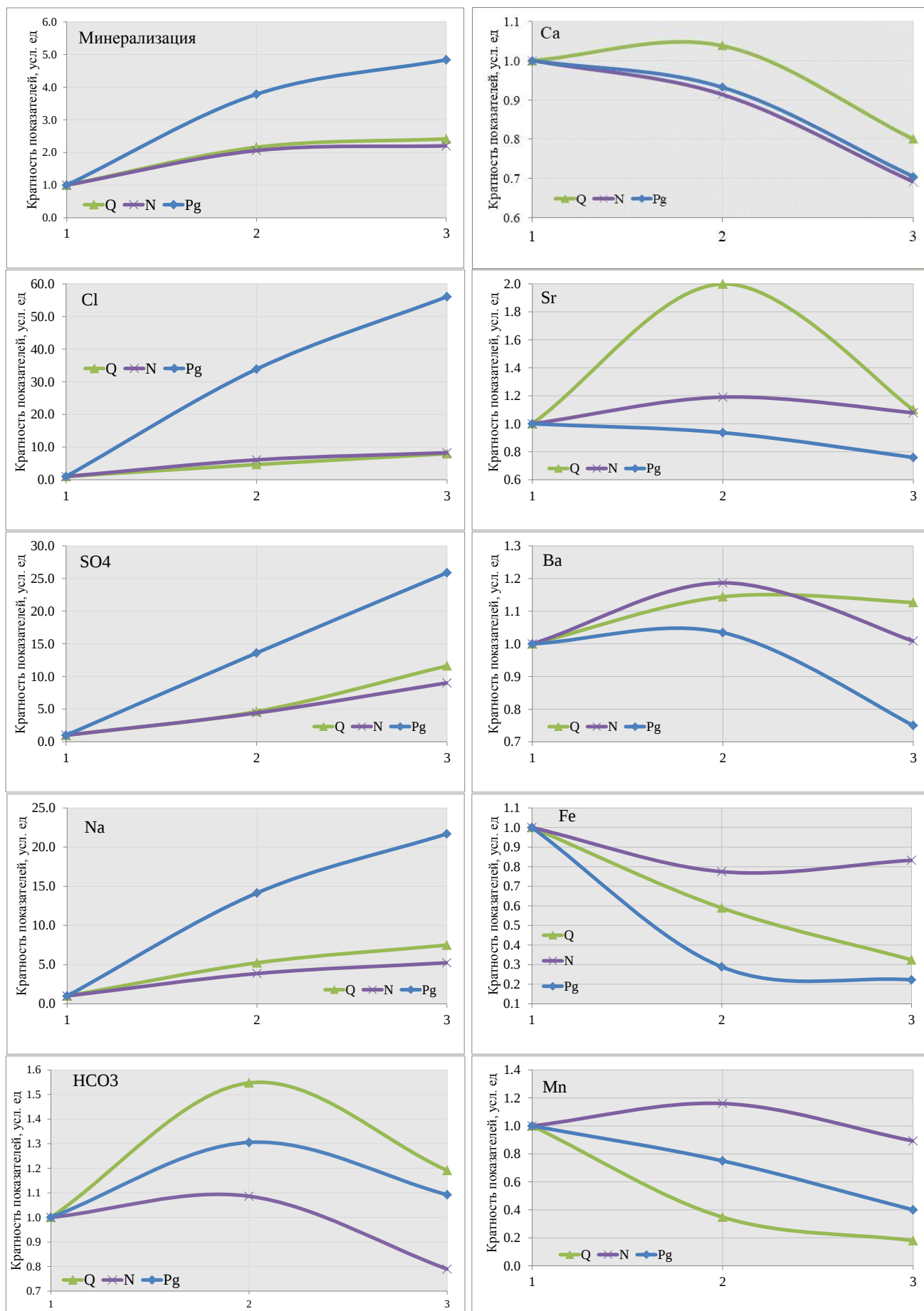


Рис. 5 Распределение компонентов состава подземных вод в различных ландшафтах: 1 – южно-таежные, 2 – лесостепные, 3 – степные
Примечание: кратность показателя - это отношение показателя в водах различных типов ландшафтов к его значению в водах южно-таежных ландшафтов

На основании вертикальной (глубинной) изменчивости солености подземных вод в разрезе зоны активного и замедленного водообмена было выполнено районирование территории по типам гидрогеохимической зональности подземных вод (Рис. 6). В частности, прямая зональность отмечается на большей части территории, а обратная, т.е. снижение общей минерализации подземных вод с глубиной только вдоль обрамления бассейна в районах Семипалатинского Прииртышья, Горного Алтая, Салаира и Колывань-Томской складчатой области, где формируются мощные потоки пресных подземных вод.

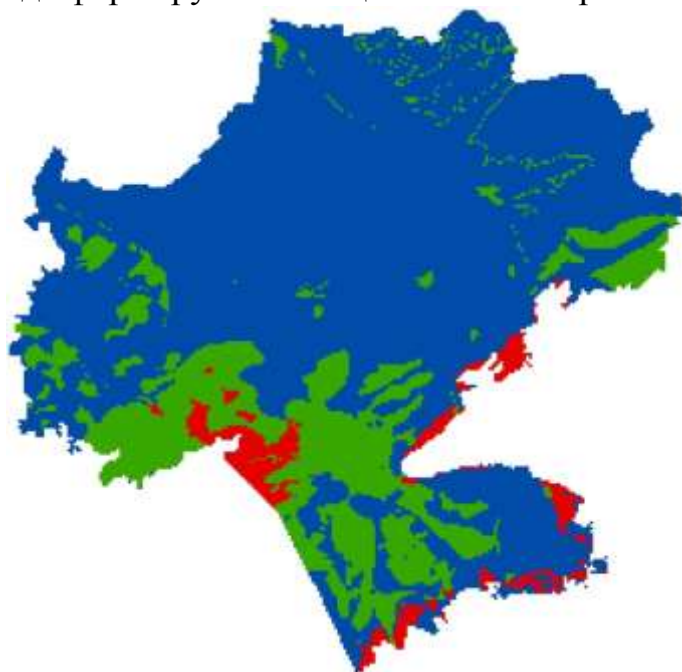


Рис. 6 Районирование территории по типам вертикальной гидрогеохимической зональности

■ - прямая, ■ - обратная,
■ - четко выраженная зональность
отсутствует

Миграция макрокомпонентов осуществляется преимущественно в виде собственных ионов, в то время как роль комплексных соединений весьма мала (Табл. 2). Лишь десятые доли процента валового количества Na мигрируют в виде комплексных соединений. Несколько большее значение приобретают комплексные соединения в миграции Mg (3,3-4,6%) и Ca (3,3-4,7%). Комплексные соединения этих элементов представлены преимущественно гидрокарбонатными формами.

Среди микрокомпонентов преобладание миграции в виде собственных ионов присуще, главным образом, Fe^{2+} (5,7-9,1%). Значительную роль собственные ионы играют в миграции Mn (66-79%) и Zn (72-87%). Среди комплексных соединений здесь преобладают карбонатные и гидрокар-

бонатные формы. Миграция Fe^{3+} , Cu и Pb осуществляется преимущественно в виде комплексных соединений.

Таблица 2 Формы миграции макро (Na , Mg , Ca) и микрокомпонентов (Mn , Fe , Cu , Zn , Pb)

Возраст отложений	Формы миграции	
	Главные	Второстепенные
Средняя тайга	Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , $(\text{FeOH})^{2+}$, CuФК , $\text{Cu}(\text{ФК})_2^{2+}$, Zn^{2+} , $(\text{PbHCO}_3)^+$, $(\text{PbOH})^+$, PbCO_3	$(\text{MgHCO}_3)^+$, $(\text{CaHCO}_3)^+$, $(\text{MnHCO}_3)^+$, MnCO_3 , $(\text{FeHCO}_3)^+$, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, FeCO_3 , $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$, Cu^{2+} , $(\text{CuHCO}_3)^+$, CuCO_3 , $(\text{ZnHCO}_3)^+$, ZnCO_3 , Pb^{2+} , PbФК
Южная тайга	Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , $(\text{FeOH})^{2+}$, CuCO_3 , Zn^{2+} , $(\text{PbHCO}_3)^+$, $(\text{PbOH})^+$, PbCO_3	$(\text{MgHCO}_3)^+$, $(\text{CaHCO}_3)^+$, $(\text{MnHCO}_3)^+$, MnCO_3 , $(\text{FeHCO}_3)^+$, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, FeCO_3 , $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$, Cu^{2+} , $(\text{CuHCO}_3)^+$, CuФК , $\text{Cu}(\text{ФК})_2^{2+}$, CuOH^+ , $(\text{ZnHCO}_3)^+$, ZnCO_3 , Pb^{2+}
Лесостепь, степь	Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , MnCO_3 , Fe^{2+} , $(\text{FeOH})^{2+}$, $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$, CuCO_3 , Zn^{2+} , ZnCO_3 , $(\text{PbOH})^+$, PbCO_3 , $(\text{PbHCO}_3)^+$	$(\text{MgHCO}_3)^+$, MgSO_4 , $(\text{CaHCO}_3)^+$, CaCO_3 , CaSO_4 , $(\text{MnHCO}_3)^+$, MnSO_4 , $(\text{FeHCO}_3)^+$, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, FeCO_3 , Cu^{2+} , $(\text{CuHCO}_3)^+$, CuOH^+ , $(\text{ZnHCO}_3)^+$, ZnSO_4 , Pb^{2+}

Примечание: главные – более 25 %; второстепенные – от 1 % до 25% валового содержания

С севера в южном направлении, под влиянием широтной смены ландшафтов, происходит увеличение минерализации подземных вод и рост содержаний большей части химических элементов, наблюдается эволюция форм их миграции, выражающаяся в увеличении роли комплексных форм, и расширении спектра

минералов равновесной вторичной фазы. Все эти минералы выводят из миграции соответствующие элементы, лимитируя уровень накопления последних в водах.

Так, воды, формирующиеся в условиях средней тайги равновесны, главным образом, с гематитом, магнетитом, каолинитом, кварцем.

Воды территорий южной тайги, по сравнению с водами северных территорий, равновесны или близки к равновесию с более широким спектром карбонатных и глинистых минералов. Наряду с указанными минералами, воды четвертичных и палеогеновых отложений равновесны или близки здесь к равновесию с гетитом, Са-монтмориллонитом, кальцитом и арагонитом.

Подземные воды лесостепных, степных ландшафтов равновесны с весьма широким спектром минералов, среди которых глинистые минералы (каолинит, гидрослюды, Са- и Mg-монтмориллониты, иногда и Na-монтмориллонит), карбонаты (зачастую, кальцит, арагонит, доломит), кварц и сульфаты (практически всегда барит) (Табл. 3).

Таблица 3. Степень насыщения (L) вод к карбонатным и сульфатным минералам

Ландшафты	Равновесные (L > 0)	Близкие к равновесию (0 > L > -5)	Умеренно недонасыщенные (-5 > L > -10)	Недонасыщенные (-10 > L > -15)
Средняя тайга	FeOOH, Al(OH) ₃ , SiO ₂	CaCO ₃ , CaMgCO ₃ , FeCO ₃ , MgCO ₃ , SrCO ₃ , PbCO ₃ , BaSO ₄ , CaF ₂	BaCO ₃ , ZnCO ₃ , CaSO ₄ , SrSO ₄	Mg(OH) ₂ , PbSO ₄
Южная тайга	FeOOH, Al(OH) ₃ , CaCO ₃ , CaMgCO ₃ , SiO ₂	FeCO ₃ , MgCO ₃ , SrCO ₃ , PbCO ₃ , BaSO ₄ , SrSO ₄ , CaF ₂	BaCO ₃ , ZnCO ₃ , CaSO ₄	Mg(OH) ₂ , PbSO ₄
Лесостепь	FeOOH, Al(OH) ₃ , CaCO ₃ , CaMgCO ₃ , BaSO ₄ , SiO ₂	FeCO ₃ , MgCO ₃ , SrCO ₃ , PbCO ₃ , SrSO ₄ , CaF ₂	BaCO ₃ , ZnCO ₃ , CaSO ₄	Mg(OH) ₂ , PbSO ₄
Степь	FeOOH, Al(OH) ₃ , CaCO ₃ , CaMgCO ₃ , BaSO ₄ , SiO ₂	FeCO ₃ , MgCO ₃ , SrCO ₃ , PbCO ₃ , CaSO ₄ , SrSO ₄ , CaF ₂	BaCO ₃ , ZnCO ₃	Mg(OH) ₂ , PbSO ₄

Второе защищаемое положение. В направлении от заболоченной тайги к степным ландшафтам возрастает встречаемость некондиционных подземных вод и набор компонентов, лимитирующих их качество. В таежных ландшафтах основными из них являются Fe, Mn и органические вещества, в степных ландшафтах к этим показателям дополняется соленость, общая жесткость, содержания SO₄ и Cl ионов. Осложняющими компонентами в таежных ландшафтах, иногда, являются NH₄, фенолы, Si, Br, B, Pb, а в степных ландшафтах еще и Al, Cd, Li, Be, Hg, As. Качество подземных вод таежных ландшафтов может быть повышено безреагентными (экологичными) методами, базирующимися на естественно-природных процессах. В степных ландшафтах требуются реагентные технологии водоподготовки.

При смене ландшафтных зон возрастает встречаемость показателей химического состава подземных вод, содержание которых превышает ПДК (Табл. 4).

В соответствии с общероссийским классификатор полезных ископаемых и подземных вод (ОК 032-2002) питьевые подземные воды подразделяются на 3 класса. К первому классу отнесены воды, которым не требуется дополнительной водоподготовки. Ко второму классу отнесены воды, требующие определенного вида водоподготовки (аэрирование, фильтрование и обеззараживание). Аэрирование и фильтрование применяют к водам с повышенным содержанием растворенных газов, железа, марганца, а также величины мутности. Обеззараживание требуется в случае, если в водах зафиксировано загрязнение по микробиологическим показателям. К третьему классу отнесены воды, в которых установлено загрязнение большинством макро- и микрокомпонентов, органическими веществами и требующие дополнительных методов очистки.

Таблица 4 Встречаемость компонентов химического состава подземных вод

Показатели	Южно-таежные ландшафты			Лесостепные ландшафты			Степные ландшафты		
	Q	N	Pg	Q	N	Pg	Q	N	Pg
	%>ПДК	%>ПДК	%>ПДК	%>ПДК	%>ПДК	%>ПДК	%>ПДК	%>ПДК	%>ПДК
М	-	8	5	24	47	66	36	52	78
ОЖ	30	51	28	59	63	59	36	43	55
Na	4	13	9	23	52	74	41	61	89
Mg	7	23	12	45	56	56	42	49	57
NH ₄	3	19	5	3	18	4	2	11	-
Cl	1	3	2	12	28	48	11	31	60
SO ₄	-	1	-	7	10	9	16	18	16
П.ок.	3	28	19	2	40	24	4	25	2
Fe	94	97	98	89	73	54	64	69	45
Fe ²⁺	91	85	93	77	83	64	55	58	-
Fe ³⁺	86	72	63	50	55	48	11	36	-
Mn	95	67	87	73	57	67	44	62	40
Si	19	45	77	1	11	33	-	3	-
Li	2	-	2	-	10	-	-	-	-
B	7	-	-	4	11	16	15	12	-
Al	-	8	-	3	4	-	-	4	-
As	-	-	2	-	-	1	-	-	-
Cd	7	-	14	-	-	5	8	-	7
Pb	1	-	-	-	-	3	4	-	-
Br	4	69	11	-	-	-	-	-	-
НП	14	22	5	6	12	6	33	-	14

Подземные воды I класса качества встречаются на отдельных территориях, где они заключены в песчаных хорошо промытых отложениях, вдали от основных районов интенсивной хозяйственной деятельности (Рис. 7, Табл. 5). Воды по анионному составу преимущественно гидрокарбонатные, реже хлоридно-гидрокарбонатные, по катионному – преимущественно магниево-кальциевые, кальциево-, магниево-натриевые, натриевые с минерализацией до 0,5 г/л. Площади распространения вод I класса качества выделены на территории правобережной части р. Обь и Южной части региона.

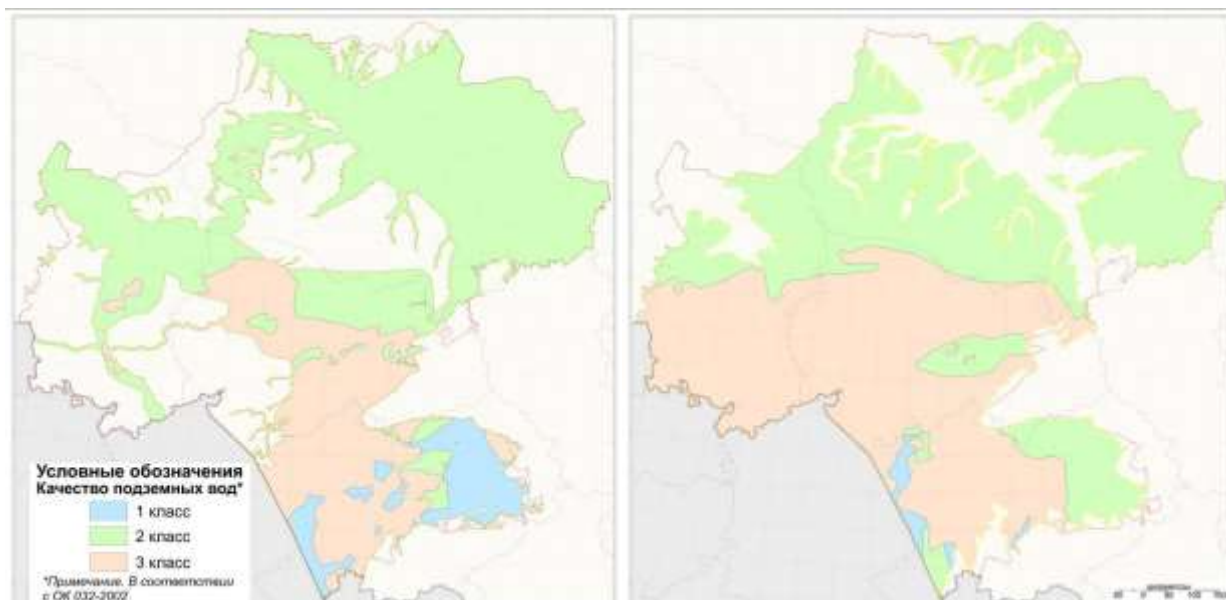
Подземные воды II класса качества выделены в северной, юго-восточной и южной части территории, в зоне развития железо- и марганецсодержащих вод, имеющих минерализацию до 0,5 г/л в четвертичных и неогеновых отложениях и до 1 г/л в палеогеновых и меловых отложениях.

Таблица 5 Распространение подземных вод по классам качества, %

Класс качества	Q	N	P	K
I класс	7.7	1.2	4.9	20
II класс	64.2	53.2	63.4	4.6
III класс	28.1	45.6	31.7	75.4

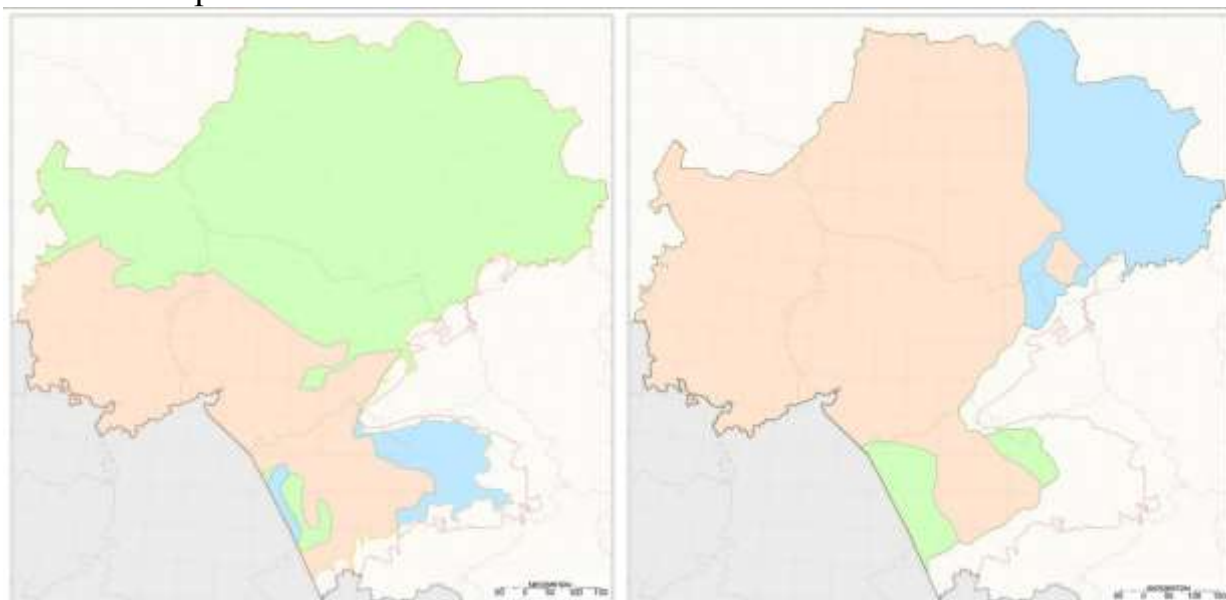
По анионному составу воды преимущественно гидрокарбонатные, реже сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные или смешанные, по катионному составу преимущественно кальциевые, магниево-кальциевые, реже магниево-натриевые. В меловых отложениях воды преимущественно хлоридно-гидрокарбонатные или смешанного анионного состава натриевые.

Подземные воды III класса качества распространены преимущественно в лесостепной и степной частях территории, где распространены сульфатно- и хлоридно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатные, сульфатно-хлоридные и хлоридные преимущественно натриевые, магниево-натриевые воды с минерализацией более 1 г/л.



Четвертичные отложения

Неогеновые отложения



Палеогеновые отложения

Меловые отложения

Рис. 7 Территориальное распространение подземных вод по классам качества

1 класс – кач-во воды по всем показателям соответствует нормативам;

2 класс – кач-во воды имеет отклонения от нормативов по отдельным показателям, которые могут быть устранены аэрированием, фильтрованием, обеззараживанием;

3 класс – кач-во воды имеет отклонения от нормативов, которые могут быть устранены спец. методами обработки (фильтрование с предв. отстаиванием, использ. реагентов и т.д).

Основными показателями, определяющими III класс качества подземных вод, являются: общая жесткость, хлориды, сульфаты, минерализация, магний, натрий, а также бор в отложениях неогена и мела.

Таким образом, в средней и южной тайге качество питьевых вод при соответствующей водоподготовке сравнительно несложными методами легко может быть доведено до соответствия гигиеническим нормативам. В степных ландшафтах, где проживает большая часть населения, воды водовмещающих отложений, за исключением аллювиальных, часто имеют показатели, превышающие нормативные. Для их использования требуются сложные и дорогостоящие технологии водоподготовки.

Третье защищаемое положение. Качество подземных вод крупных водозаборов, где используется водоподготовка, иногда не в полной мере соответствует действующим нормативам. На мелких же водозаборах, которые, как правило, используются для водоснабжения сельских населенных пунктов, качество подземных вод зачастую не соответствует требованиям действующих нормативов, причем на природные геохимические особенности накладываются результаты антропогенного воздействия и не соблюдения требований пользования недрами.

Водоснабжение населения в пределах рассматриваемой территории осуществляется крупными групповыми и мелкими, одиночными водозаборами и забивными колонками (Рис. 8). На крупных водозаборах работают системы водоподготовки, которые доводят добываемую подземную воду до соответствия требованиям действующих нормативов. В последние годы ХПВ населения осуществляется мелкими, зачастую одиночными водозаборами, очень часто расположенных вне оцененных месторождений и не имеющих никаких систем водоподготовки. Наиболее крупные водозаборы как правило сосредоточены в крупных населенных пунктах и центрах субъектов РФ (Табл. 6).

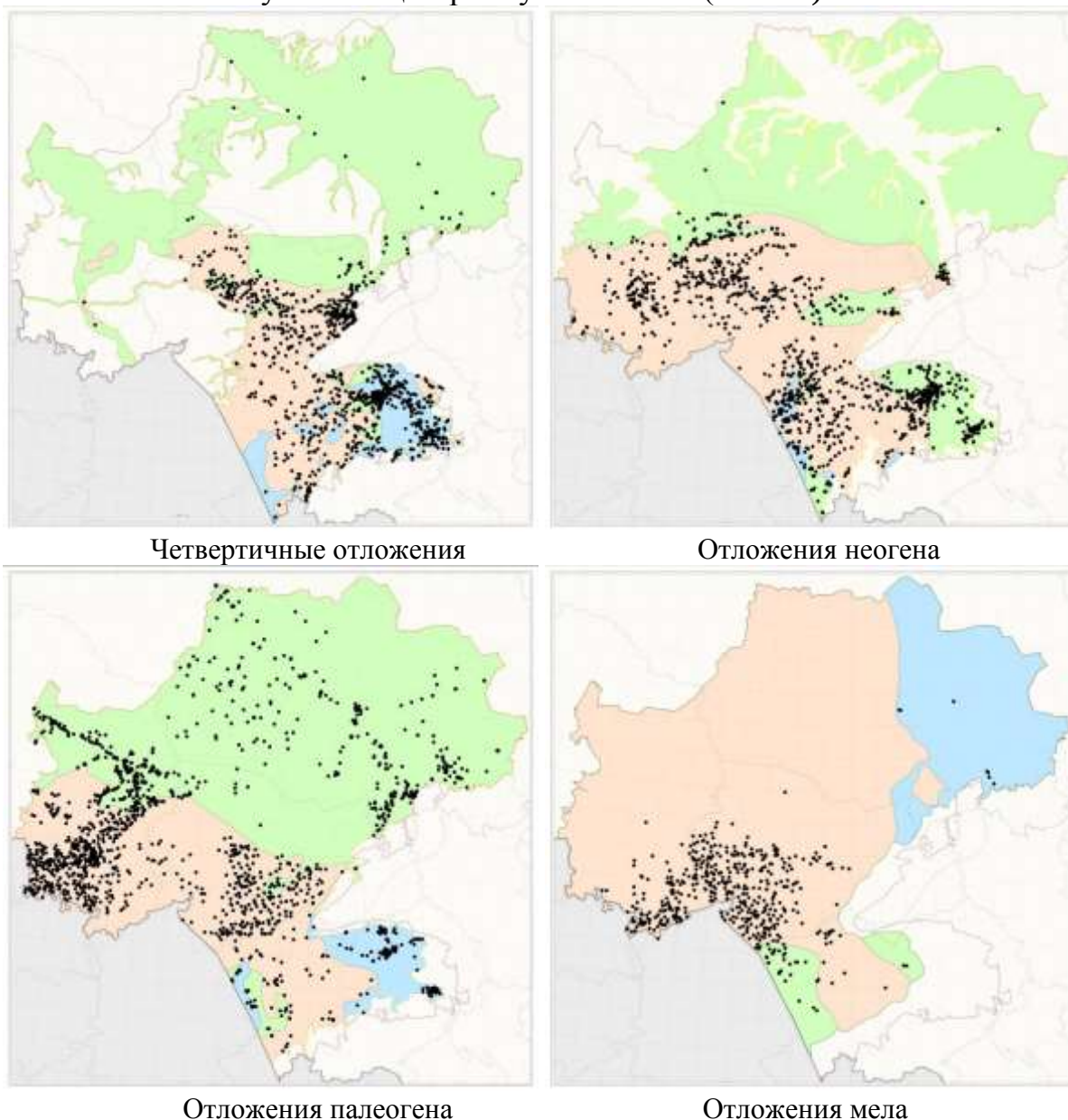


Рис. 8 Распределение водозаборов в пределах рассматриваемой территории

Таблица 6 Усредненный химический состав подземных вод наиболее крупных водозаборов в пределах рассматриваемой территории

Показатели	Алтайский край				Новосибирская область			Омская область	Томская область		
	МУП "Водоканал" г.Славгорода		ООО "Бия-Синтез", г. Бийск		АО "Кудряшовское", с. Криводановка		МУП ЖКХ г.Барабинска	ООО "Рус-водоканал" (Русская Поляна)	АО "Северский водоканал"	ООО "СТЭС", г. Стрежевой	ООО "Томск-водоканал"
	Эксплуатируемые водоносные отложения										
	N	P	K	Q	Q	P	K	K	P	P	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Запах	0.3	1	1	1	1.8	1.2	0.8	1	1	1	1
Мутн	1.2	2.6	0.6	4.1	3.2	4.4	0.4	0.9	0.8	1.5	6.8
Цв	3.2	7.4	5	22.2	14.4	17	3.4	16.2	9.1	23.8	8.3
pH	7.9	7.9	7.9	7.3	7.7	7.5	7.4	8.2	7.2	7	7.4
Жестк	4.7	4.9	1.2	10	7.5	6.2	1.6	0.6	7.6	3	5.7
Ок. перм.	1.21	0.57	0.64	2.3	2.78	2.25	1.64	2.25	2.13	5.71	1.65
Сух ост	594.8	755.5	483	1024.7	517.2	413.8	1367.7	1273.1	346.2	238.9	333.7
HCO ₃	320.3	325	247.1	317.3	622.1	443.2	661	845.9	292.7	228.1	374.4
Cl	75.5	136.6	65.6	9.6	18.2	29.1	181.4	167.9	29.3	4.8	6.2
SO ₄	136	112.5	94	450.7	12.8	13.2	235.3	212.8	9.2	0	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ca	34.6	50.1	13	152.3	78.6	78.6	6.6	9.5	72.4	37.3	85.3
Mg	37.9	28.6	6.7	41.3	42.2	26.8	3.2	1.8	13.3	9.5	19.1
Na	129.9	141.5	135	298	70.3	36.5	532.5	499.8	7.4	23.2	12.3
Fe	0.2	0.98	0.14	13.5	0.94	0.64	0.33	0.27	5.14	6.36	2.09
Mn		0.09		1.125	0.12	0.11		0.06	0.4	0.26	0.17
Si	6.4	7.75	6	5.9	8.2	5.3	4.4	2.4	11.4	15.9	10.8
PO ₄	0.26	0.395	0.1	0.05	0.34	0.07		1.44	0.05	0.15	
Sr	0.46	0.61	0.32	0.7	1.04	0.83	0.16	0.13	0.31	0.25	
NH ₄	0.07	0.065	0.05	1.83	2.24	1.46	1.67	0.63	1.2	4.09	1.3
NO ₂			2.63	0.02	0.008	0.036	0.036	0.17		0.008	0.007
NO ₃	1.18	14.13	1.03	0.74	2.11	0.29	0.22	2.49	0.13	0.3	0.4
Al	0.025	0.04	0.04	0.04				0.04			
As	0.0038	0.002	0.002	0.024		0.0012		0.0026			
B	0.17	0.2	0.2	0.2	0.33	0.08	1.7	0.2		0.01	0.07
Ba	0.08	0.05	0.05	0.08	0.12	0.2	0.02	0.05	0.13	0.08	
Br	3	2.9	1.3	0.4				3.9			
Co	0.015										
Cr	0.025				0.0023	0.0004		0.0095			
F	0.588	0.505	0.3	0.28	0.35	0.43	0.7	0.31	0.24	0.21	0.32
Li					0.002	0.001	0.023	0.002		0.007	
Mo	0.0037	0.001	0.001	0.001		0.0007	0.0021	0.001			
Ni	0.013	0.01	0.01	0.01	0.0021	0.0011		0.006			
Pb	0.0016	0.003	0.003	0.0016	0.0044	0.0033		0.0012	0.0001		0.0003
Se	0.0004	0.001	0.001		0.0011	0.0012	0.0085	0.0018			
Zn	0.0098	0.03	0.008	0.0043	0.0051	0.0027	0.023	0.0029	0.0024	0.004	0.0038

Качество подземных вод на крупных водозаборах в целом соответствует действующим нормативам, в отдельных случаях отклоняясь по ряду показателей, обусловленных региональными геохимическими особенностями формирования подземных вод, постоянно контролируется непосредственно недропользователями и соответствующими службами. Эксплуатация водоносных отложений мелкими водозаборами в большинстве случаев выполняется с нарушением действующих требований (не удовлетворительное техническое состояние скважин, отсутствие приборов учета забора воды, нарушение ЗСО 1-2 поясов, отсутствие программы мониторинга и контроля качества добываемых вод). Кроме этого, очень часто мелкие водозаборы располагают в зонах влияния действующих и потенциальных очагов загрязнения. В таких условиях качество добываемых подземных вод

формируется под влиянием не только региональных геохимических особенностей подземных вод, но и антропогенного воздействия (Рис. 9).

При выполнении работы разработана информационно-картографическая система, которая позволяет оперативно производить оценку качества подземных вод, что обеспечивается расширением доступности узкоспециальных материалов, представления в виде, удобном для принятия решений, открытым пользовательским интерфейсом для пополнения базы данных.

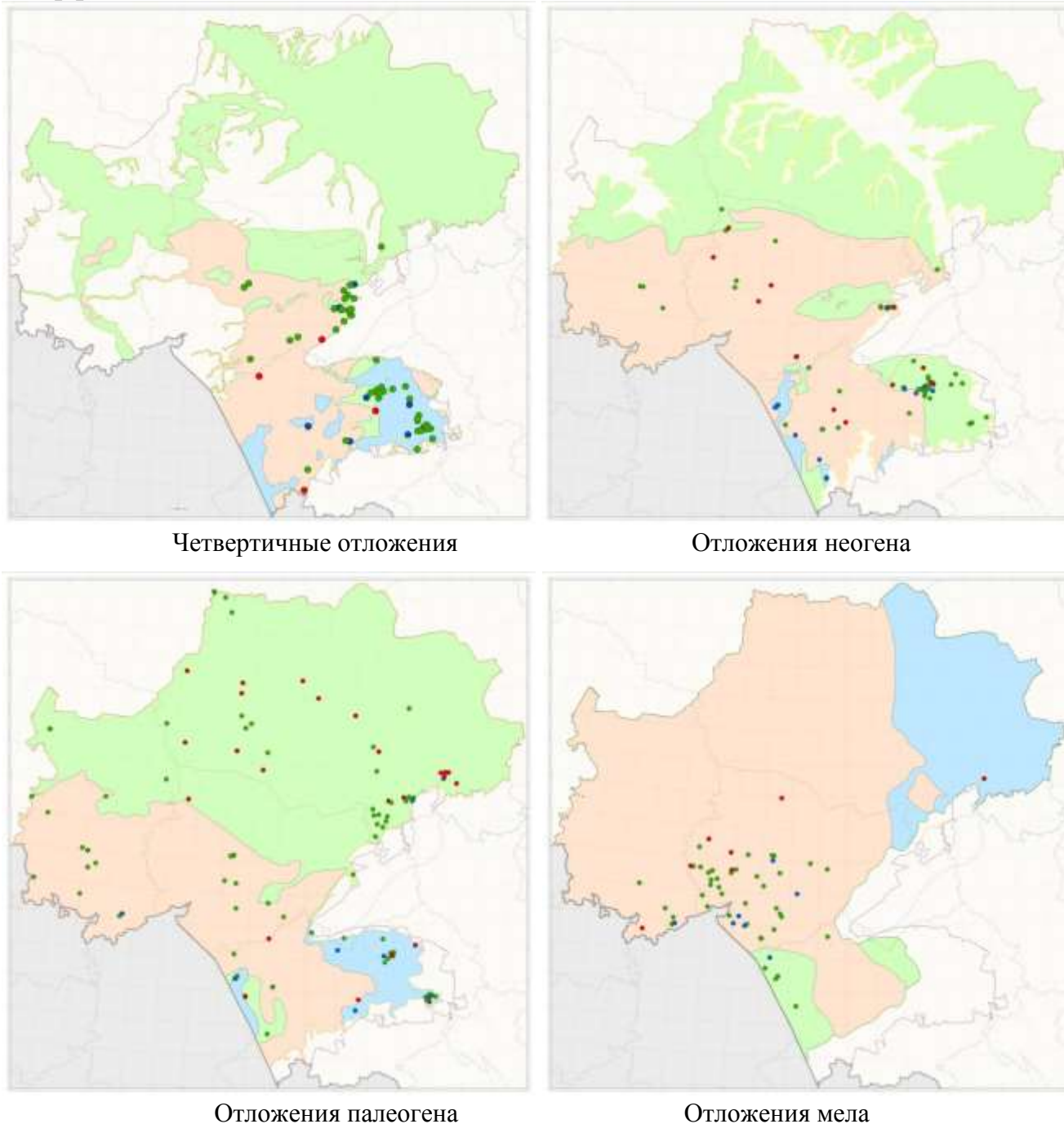


Рис. 9 Качество подземных вод на водозаборах

- - удовлетворяет нормативам;
- - не удовлетворяет нормативам по показателям природного генезиса;
- - не удовлетворяет нормативам по показателям техногенного генезиса

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практически все хозяйственно-питьевое водоснабжение базируется на использовании подземных вод, за исключением крупных населенных пунктов Омской и Новосибирской областей, где используются поверхностные воды. Основными источниками подземных вод, пригодными для ХПВ, являются четвертичные, неогеновые, палеогеновые и, на отдельных территориях, меловые отложения.

Используемые для водоснабжения подземные воды распространены, преимущественно, в пределах зоны свободного водообмена, где развиты пресные и солоноватые подземные воды (с разнообразным набором химических элементов, содержащихся в различных концентрациях и мигрирующих в виде разнообразных соединений), равновесные с весьма обширным комплексом минералов.

В направлении от заболоченной тайги к степным ландшафтам возрастает встречаемость некондиционных подземных вод и набор компонентов, лимитирующих их качество. В таежных ландшафтах основными из них являются Fe, Mn и органические вещества, в степных ландшафтах к этим показателям добавляется соленость, общая жесткость, содержания SO_4 и Cl ионов. Осложняющими компонентами в таежных ландшафтах, иногда, являются NH_4 , фенолы, Si, Br, B, Pb, а в степных ландшафтах еще и Al, Cd, Li, Be, Hg, As. Качество подземных вод таежных ландшафтов может быть повышено безреагентными (экологичными) методами, базирующимися на естественно-природных процессах. В степных ландшафтах требуются реагентные технологии водоподготовки.

Подземные воды I класса качества распространены на ограниченных территориях в пределах краевой зоны бассейна на территории Алтайского края и Томской области (в меловых отложениях). Ввиду того, что в пределах рассматриваемой территории антропогенная деятельность человека не приводит к изменениям химического состава подземных вод в региональном плане, на большей части территории работ выделяются воды II класса качества, обусловленные наличием в подземных водах показателей природного генезиса – Fe, Mn. В степных и лесостепных районах в зонах развития солоноватых вод выделяются воды III класса качества, в которых отмечаются повышенные значения величины общей минерализации, жесткости, содержания Na, Mg, Cl, SO_4 и ряда микрокомпонентов.

Качество подземных вод (II класс) таежных ландшафтов может быть повышено безреагентными (экологичными) методами, базирующимися на естественно-природных процессах, а в степных ландшафтах (III класс) требуются реагентные технологии водоподготовки.

Качество подземных вод крупных водозаборов, где используется водоподготовка, иногда не в полной мере соответствует действующим нормативам, а на мелких водозаборах зачастую не соответствует, причем на природные геохимические особенности накладываются результаты антропогенного воздействия и не соблюдения требований пользования недрами.

Полученные автором результаты могут быть использованы при решении проблемам экологической безопасности и вопросов хозяйственно-питьевого водоснабжения, направленных на разработку его перспективных планов, при мониторинге экологического состояния окружающей среды, а также в качестве основы для районирования территории по условиям и интенсивности загрязнения.

Список основных опубликованных работ по теме диссертации

Статьи в рецензируемых журналах, входящих в список ВАК:

1. Балобаненко, А.А. Гидрогеоэкологические условия водоснабжения населения юга Сибирского региона / Покровский Д.С., Дутова Е.М., Балобаненко А.А., Покровский В.Д., Рехтин А.Ф. // Вестник ТГУ, - 2014. – С. 189-197.
2. Балобаненко, А.А. Моделирование геохимического поведения урана в подземных водах юго-восточной окраины Западно-Сибирского бассейна / М.Б. Букаты, Е.М. Дутова, А.А. Балобаненко, К.К. Кузеванов // Разведка и охрана недр, - 2010. - №11. – С. 49-54.

Статьи в журналах, индексируемых базой данных Scopus:

1. Balobanenko, A.A. Geochemical groundwater peculiarities of Paleogene sediments in S-E Western Siberia artesian basin / Balobanenko A.A., L'gotin V.A., Dutova E.M., Pokrovskiy D.S., Nikitenkov A.N. and Raduk I.V. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, doi: 10.1088/1755-1315/43/1/012030 V. 43 - 2016.

Публикации в других научных изданиях:

1. Балобаненко, А.А. Моделирование геохимического поведения урана в подземных водах юго-восточной окраины Западно-Сибирского бассейна/ Букаты М.Б., Дутова Е.М., Балобаненко А.А., Кузеванов К.К. // Разведка и охрана недр, - 2010. - С. 49-54.
2. Балобаненко, А.А. Методические приемы изучения пространственной изменчивости минерализации подземных вод палеогеновых отложений на примере Томской области / Кузеванов К.К., Балобаненко А.А. // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии: материалы Всероссийской конференции с международным участием, г. Томск, - 2015. - С. 267-271.
3. Балобаненко, А.А. Закономерности уровня режима подземных вод верхней гидродинамической зоны юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна / Балобаненко А.А. // Проблемы геологии и освоения недр: труды XVII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, - 2013. - С. 415-416.
4. Балобаненко, А.А. Колебания уровней подземных вод четвертичных отложений в южной и юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна/ Балобаненко А.А. // Проблемы геологии и освоения недр: труды XVI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, - 2012. - С. 427-428.
5. Балобаненко, А.А. Схематизация гидрогеологических условий зоны сочленения гидрогеологического массива и артезианского бассейна / Балобаненко А.А. // Проблемы геологии и освоения недр: труды XV Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, - 2011. – С. 267-271.
6. Балобаненко, А.А. Распределение урана в природных водах Томской области / Е.М. Дутова, А.А. Балобаненко, К.К. Кузеванов и др. // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде, - 2010. - С. 149-152.
7. Балобаненко, А.А. Изучение особенностей миграции урана в различных типах природных вод [поверхностных и подземных Томской области и Алтая] / Балобаненко А.А. // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде, - 2008. – С. 141-149.