

**Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
Акционерное общество «Томскгеомониторинг»**

на правах рукописи

БАЛОБАНЕНКО АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**Геохимические особенности подземных вод хозяйственно-питьевого
назначения юга Западно-Сибирского артезианского бассейна**

Специальность 25.00.07 – Гидрогеология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель доктор
геолого-минералогических
наук, профессор Дутова Е.М.

Томск – 2018

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	9
1.1. ИЗУЧЕННОСТЬ ВОПРОСОВ ГЕОХИМИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	9
1.2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЙ	14
1.3. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	28
2. ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	31
2.1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	32
2.2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....	50
2.3. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЙ	61
2.3.1. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ	64
2.3.2. ОСНОВНЫЕ ВОДОНОСНЫЕ КОМПЛЕКСЫ	64
2.3.3. РЕСУРСЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	76
2.4. ВОДОЗАБОРЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	79
2.5. АНТРОПОГЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА	92
3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	95
3.1. ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ	95
3.2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	102
4. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	140
4.1. ПОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	140
4.2. ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НОРМИРУЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	218
4.3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ МИГРАЦИИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ	234
5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	246
5.1. ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	246
5.2. РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД	247
5.3. КАЧЕСТВО ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ВОДОЗАБОРАХ	253
5.4. ИНФОРМАЦИОННО-КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД	266
5.5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОХРАНЕ И РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	277
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	286
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	288

ВВЕДЕНИЕ

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 [25-26]. 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. Гурари, Ю.Г. Зимина, 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.

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



Рис. 1. Обзорная карта района работ

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 методы 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 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 безрегентными (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.

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).

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.

Автор выражает благодарность.

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.

1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Изученность вопросов геохимии подземных вод хозяйственно-питьевого назначения

Вопросы геохимии подземных вод в той или иной степени изучались с древних времен. Зарождение же современной геохимии подземных вод как самостоятельной науки связано с именем В.И. Вернадского, который в 1929 г. в Российском минералогическом обществе выступил с докладом «О классификации и химическом составе природных вод», в котором он сформулировал содержание геохимии природных вод. Поэтому геохимия подземных вод сравнительно молодая наука. Обосновывая выделение новой дисциплины, он особо отмечал единство всех вод Земли: «Любое проявление природы - глетчерный лед, безмерный океан, река, почвенные растворы, гейзер, минеральный источник - составляет единое целое, прямо или косвенно, но глубоко связанное между собой».

В 1933-1936 гг. вышел в свет фундаментальный труд В.И. Вернадского «История природных вод» (входящий в «Историю минералов земной коры»). В предисловии он говорил, что работу над этими трудами он вел многие годы «в часы досуга», кроме этого Вернадский отмечал: «Автор, уже, когда первая часть была написана и частично напечатана, встретился (1934) с небольшой работой этнолога и гидролога В. Мак Ги в Вашингтоне... который дал в 1908 г. яркое изложение своих представлений о водном строе Земли, во многом совпадающее с основными идеями, мною в научную работу вводимыми. Но, насколько знаю, он дал только общее программное изложение своих взглядов. Реально минералогия вод в охвате Земли, как целого, дается в этой книге впервые»

Вернадский впервые взглянул на воду как минералог: «Природные воды, рассматриваемые как минералы, являются сложными динамическими системами равновесия, находящимися в теснейшей связи с окружающей их средой... Все природные воды, где бы они ни находились, всегда связаны между собой и представляют единое целое. Все, что происходит с любой водой в одном каком-нибудь месте, отражается в действительности на всей ее земной массе». Единство всех природных вод является наиболее важным заключением Вернадского.

При характеристике системы природных вод Вернадский использовал понятие динамического равновесия, особо выделяя свойства текучести и изменчивости воды. Он показал, что единство всех природных вод определяется сложными системами взаимодействия «вода-горные породы-газы-органическое вещество»

В.И. Вернадский неоднократно указывал на огромную роль воды в жизненных процессах, цитируя французского ученого Рауля Дюбуа: «жизнь есть одушевленная вода»

Таким образом, именно В.И. Вернадский установил общие законы миграции и дал классическую характеристику геохимии отдельных элементов (кислорода, углерода, кремния,

марганца, йода и др.), определил особую роль воды среди природных тел, слагающих зону гипергенеза, впервые научно сформулировал содержание новой отрасли знаний, которую сейчас принято называть геохимией подземных вод или гидрогеохимией, обосновал положение о единстве природных вод, определяющемся сложными взаимодействиями в системе «вода - порода - газ - живое вещество», и подчеркнул, что подземные воды надо рассматривать как часть общей системы природных вод Земли, а геохимию подземных вод - как часть химии природных вод. Впервые с геохимических позиций провел обобщения накопленного к тому времени фактического материала и вслед за Ф. Кларком сделал попытку дать количественную характеристику распространения химических элементов в разных типах природных вод.

Геохимия подземных вод изучает их вещественный состав, процессы его формирования, историю и миграцию химических элементов в подземной гидросфере [49].

Дальнейшее становление и развитие геохимии подземных вод как науки происходило в направлении познания процессов гипергенеза, становлении и развитии разнообразных исследований по изучению процессов почвообразования, выветривания и корообразования, геохимии гипергенных процессов и геохимии ландшафта, биогеохимии и связано с именами многих известных гидрогеологов, геохимиков, почвоведов и географов. Важнейшую роль здесь сыграли Н.К. Игнатович, Г.Н. Каменский, А.М. Овчинников, А.И. Германов, Е.В. Посохов, М.Е. Альтовский, П.А. Удодов, А.П. Виноградов, М.Г. Валяшко, Н.И. Толстихин, И.К. Зайцев, Ф.А. Макаренко, А.А. Бродский, В.В. Иванов, Е.В. Пиннекер, А.И. Перельман, В.А. Кирюхин, С.Р. Крайнов, В.М. Швец, С.Л. Шварцев, В.П. Зверев, Л.Н. Капченко, В.И. Кононов, А.В. Щербаков, Е.А. Басков, С.И. Смирнов, Б.Б. Польшов, И.И. Гинзбург, Ф.В. Чухров, М.А. Глазовская, В.В. Добровольский, А.В. Македонов, С.А. Кашик, Ю.Ю. Бугельский и многие другие.

Необходимо отметить особую роль в развитии генетической гидрохимии теоретических концепций В.И. Вернадского, коллоидно-химической теории С.А. Щукарева, теории метаморфизации Н.С. Курнакова и М.Г. Валяшко, экспериментальных исследований А.Н. Бунеева и широких обобщающих работ О.А. Алекина [92].

Вопросами изучения геохимии подземных вод зоны гипергенеза занимались различные ученые. Начало работ в этом направлении связано с изучением геохимии питьевых и персных лечебных вод, начатое еще В.И. Вернадским. В дальнейшем это направление развивали А.П. Виноградовым, Г.Н. Каменский, А.Н. Бунеев, А.М. Овчинников, Н.И. Толстихин, М.И. Врублевский, О.К. Ланге, А.С. Уклонский, А.В. Щербаков, С.Р. Крайнов, В.М. Швец и другие.

Изучением испарительного и биогенного этапов формирования подземных вод на основании исследований болотных и почвенных вод занимались такие ученые, как

К.К. Гедройц, И.Н. Антипов-Каратаев, Н.С. Курнаков, В.А. Ковда, Н.И. Базилевич, М.Г. Валяшко, Г.Н. Каменский, О.К. Ланге, И.Н. Скрьшникова, В.В. Пономарева, Л.Н. Дженс-Литовский и другие.

В процессе разработки гидрогеохимического метода поисков рудных месторождений были изучены вопросы распространения в подземных водах зоны гипергенеза тяжелых металлов и радиоактивных химических элементов (А.И. Германов, А.В. Щербаков, А.Н. Токарев, А.К. Лисицин, А.М. Овчишкин, А.А. Бродский, П.А. Удодов, Е.Е. Белякова, С.П. Атбул, Г.А. Голева, С.Р. Крайнов, Н.М. Рассказов, В.А. Кирюхин, Б.А. Колотов, С.Л. Шварцев и многие другие).

В результате масштабного проведения гидрогеологических и геологических съемок в середине прошлого столетия были получены многочисленные данные о химическом составе подземных вод, которые легли в основу многотомной монографии Гидрогеология СССР и значительно расширили познания вопрос региональной геохимии подземных вод

Вопросы геохимии подземных вод все более широко изучаются при исследовании процессов выветривания и формирования кор выветривания, а также и литогенеза в целом. Это направление научных исследований связано, прежде всего, с работами Б.Б. Польшова, которому принадлежат идеи о новообразовании глинистых минералов путем синтеза из растворенных ионов, понятия о подвижности химических элементов и стадийности выщелачивания последних из алюмосиликатных горных пород [20]. Работы А.И. Перельмана по геохимии ландшафта, учение о геохимических барьерах, геохимическая классификация элементов по характеру их подвижности, коэффициент и классы водной миграции являются развитием идей Б.Б. Польшова [64-68]. Дальнейшее развитие этого направления связано с именами Н.И. Гинзбурга, К.И. Лукашева, Ж. Милло, У.Д. Келлер и других. Экспериментальным моделированием процессов выветривания занимались И.И. Гинзбург, Ж. Педро, Л.А. Матвеева, В.И. Бгатов, Н.А. Лизалек и другие. Работы по изучению взаимодействия состава воды и характера продуктов выветривания проводили И. Тарди, И.Д. Хем, Ю.Ю. Бугельский, Дж. Драйвер и другие. В результате исследований Ф.П. Саваренского, Ф.А. Макаренко, В.П. Зверева, С.Л. Шварцева и других получены данные о величине модуля подземного химического выноса.

Достаточно подробно изучены вопросы о факторах формирования подземных вод, их соподчиненности, степени влияния на формирования подземных вод.

Идеи В.И. Вернадского о геосферах и земных оболочках получили дальнейшее развитие в работах С.Л. Шварцева, предложившего схему соподчиненности основных природных факторов, контролирующих характер геохимической среды, направленность выветривания

горных пород и условия формирования химического состава подземных вод и подчеркивающего, что факторы действуют опосредованно через их производные [3].

Систематизации всех факторов, их связи между собой, их классификации посвящены работы Е.В. Посохова, К.Е. Питьевой, Г.Ю. Валукониса, А.Е. Ходькова, Е.В. Пиннекера и других [69-71, 91-92]. Роль климатического фактора оказывающего непосредственное влияние на формирование зональности подземных вод подробно освещена в работах В.В. Докучаева, П.В. Отоцкого, В.С. Ильина, Н.К. Игнатовича, Г.Н. Каменского, О.К. Ланге, И.В. Гармонова и других. Вопросами влияния рельефа и состава горных пород на формирование подземных вод занимались И.М. Гинзбург, А.А. Бродский, Ю.Ю. Бугельский, Р.С. Кононова, АА. Лукин и другие.

В настоящее время наиболее актуальные вопросы геохимии пресных вод. Региональные закономерности геохимии пресных вод освещены в работах Г.А. Максимовича, К.Е. Питьевой, Н.А. Маринова, И.К. Зайцева. Работы С.Р. Крайнова, В.М. Швеца, В.А. Кирюхина и Б.Н. Рыженко посвящены непосредственно геохимии подземных вод зоны гипергенеза.

В этом направлении отдельно стоит выделить работы С.Л. Шварцева, в которых подробно освещены вопросы геохимии подземных вод зоны гипергенеза всего Земного шара [108]. Он впервые обобщил огромный массив данных о химическом составе подземных вод, систематизировал данные, а также привел средних значения содержаний огромного ряда химических элементов в подземных водах по отдельным территориям и ландшафтным зонам.

В настоящее время активно развивается направление геохимии подземных вод связанное с выполнением физико-химических расчетов состава подземных вод, формы миграции, моделирование геохимических процессов в системе вода-порода-газ-органическое вещество. Развитие этого направления, прежде всего, связано с именами Д.С. Коржинского, Р.М. Гаррелса, Ч.С. Крайста, В.А. Жарикова, П.Б. Бартона, Х.К. Хелгесона, И.К. Карпова, Г.Б. Наумова, Б.Н. Рыженко, И. Тарди, П. Пачеса, Дж. Дривера, В.Н. Озябкина, М.Б. Букаты и многих других.

Вопросами взаимодействия подземных вод с горными породами активно занимается С.Л. Шварцев исследования, которого привели к появлению нового научного направления – Геологическая эволюция системы вода - горная порода.

На основании развиваемых С.Л. Шварцевым представлений в естественных условиях всех участков земной коры система вода – горная порода является равновесно-неравновесной, т.е. водный раствор всегда не равновесен с отдельными минералами магматического или метаморфического генезиса, но одновременно равновесен с определенным перечнем минералов, слагающих вторичные минеральные образования. Таким образом, вода непрерывно растворяет одни минералы и формирует новые вторичные продукты.

Время взаимодействия воды с горными породами определяет состояние насыщения водного раствора к определенным минералам, которое закономерно изменяется с увеличением времени взаимодействия воды с горными породами. Таким образом, взаимодействие воды с горными породами носит этапный характер, т.е. каждый этап характеризуется строго определенной ассоциацией вторичных минеральных образований и соответственно определяет соответствующий геохимический тип подземных вод.

Следует отметить, в нашей стране за время развития геохимии подземных вод на базе ведущих учебных и научных центров сформировалось несколько научных школ:

1. Ленинградская школа гидрогеохимиков (ЛГИ, ЛГУ, ВСЕГЕИ), развивающая региональную гидрогеохимию, гидрогеохимические поиски месторождений, изучающая гидрогеохимические процессы. Ленинградская школа связана, в первую очередь, с именами Н.И. Толстихина, И.К. Зайцева, В.С. Самарина, Г.Б. Свешникова, В.А. Кирюхина, Е.А. Баскова, Е.Е. Белякова, А.И. Короткова и др.

2. Гидрогеохимическая школа ВСЕГИНГЕО, где в 1955г. был создан отдел геохимии подземных вод, развивает вопросы формирования химического состава подземных вод, органической гидрогеохимии, компьютерного моделирования гидрогеохимических явлений; решает различные прикладные проблемы - оценка качества подземных вод хозяйственно-питьевого назначения, прогнозы химического состава этих вод, разработка гидрогеохимического метода полезных ископаемых, методы использования промышленных вод и др. С этой школой связаны имена А.А. Бродского, М.Е. Альтовского, С.И. Смирнова, Г.А. Соломина, И.Ю. Соколова и др.

3. Томская школа гидрогеохимиков успешно разрабатывает различные вопросы гидрогеохимии применительно к условиям Сибири. Наиболее значимые исследования здесь связаны с именами П.А. Удодова, С.Л. Шварцева, Е.В. Пиннекера, В.М. Матусевича, Г.М. Рогова, Н.М. Рассказова и др.

4. Гидрогеохимическая школа МГУ - О.К. Ланге, К.Е. Питьева и др.

5. Гидрогеохимическая школа Новочеркасского политехнического института - Е.В. Посохов, А.И. Гавришин, В.Г. Попов и др.

6. Гидрогеохимическая школа Геологического института АН СССР - А. В. Щербаков, В.И. Кононов, В.П. Зверев и др.

7. Гидрогеохимическая школа Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР - Ж.С. Сыдыков.

Очень активно развиваются гидрогеохимические исследования за рубежом. В связи с возрастающим значением проблемы качества подземных вод и ее ролью в решении экологических проблем в развитых странах центр гидрогеологии за последние 20-30 лет

активно перемещался в сторону изучения формирования химического состава, особенно в условиях техногенеза. В то же время за рубежом всегда очень активно велись и активно ведутся в настоящее время исследования по количественному изучению геохимических процессов с конечной целью воплощения этих процессов в таких моделях и алгоритмах, которые позволяют моделировать гидрогеохимические явления на ЭВМ с различными конечными целями.

Среди зарубежных исследователей надо, прежде всего, отметить крупного ученого Р.В. Гаррелса, которым написаны прекрасные книги, обосновавшие применение методов химической термодинамики в геохимических исследованиях [10-11]. Следует назвать также Дж. Дривера, Г. Хелгесона, Т. Пачеса, А. Трасделла, Дж. Хема, Р. Бернера, Д. Пламмера и других, которые заложили основы количественного познания процессов, составляющих основу гидрогеохимических явлений. Количественное изучение геохимических процессов за рубежом всегда сопровождалось постоянной работой по получению количественных параметров, характеризующих эти процессы и позволяющих рассчитывать их. В этом отношении мы должны отметить работы Р. Смита, А. Мартелля, Г. Хелгесона, Д. Нордстрёма, К. Питцера, которыми созданы фундаментальные справочные монографии, а также предложены способы вычисления термодинамических параметров, необходимых для расчета, интерпретации и прогноза гидрогеохимических явлений [49].

1.2. Геологическая и гидрогеологическая изученность территории исследований

Геологическая и гидрогеологическая изученность территории, как по площади, так и по разрезу неравномерна (рис. 2-4). Наиболее изучена трехсотметровая толща – верхний гидрогеологический этаж верхнемел-четвертичных отложений и меловые отложения нижнего гидрогеологического этажа.

Региональной основой изученности территории являются геолого-гидрогеологические и комплексные гидрогеологические и инженерно-геологические среднемасштабные съемки, выполнявшиеся в 50-90-х годах прошлого столетия. Активно проводятся поисково-разведочные работы с целью обеспечения населения городов, райцентров и крупных населенных пунктов подземными водами хозяйственно-питьевого назначения.

С этого времени начинают выполняться целенаправленные регулярные наблюдения за режимом подземных вод, а полученные материалы отражаются в выпускаемых ежегодниках.

Систематическое изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий территории связано с проведением геологосъемочных работ масштаба 1:200 000. Геологические съемки сопровождались, как правило, неполным комплексом гидрогеологических и инженерно-геологических исследований, соответствующих кондициям мелкомасштабного картирования

(1:500 000). Полученные результаты позволяли оценить основные показатели состава подземных вод и их пригодность для целей водоснабжения.

С 1958 по 1972 гг. на большей части Западно-Сибирского артезианского бассейна проводились кондиционные геолого-гидрогеологические съемки масштаба 1:500 000 и 1:200 000. В результате были составлены государственные геологические и гидрогеологические карты масштаба 1:200 000.

В 1959 г. собранные В.П. Щипачевым материалы по эксплуатационным (на воду), структурно-поисковым и разведочным скважинам были сведены в кадастр подземных вод. Им же составлены гидрогеологическая карта Томской области масштаба 1:2 500 000 и гидрогеологическая карта основных водоносных горизонтов Томской области масштаба 1:500 000, разработана классификация и дана схема районирования подземных вод области по условиям водоснабжения.

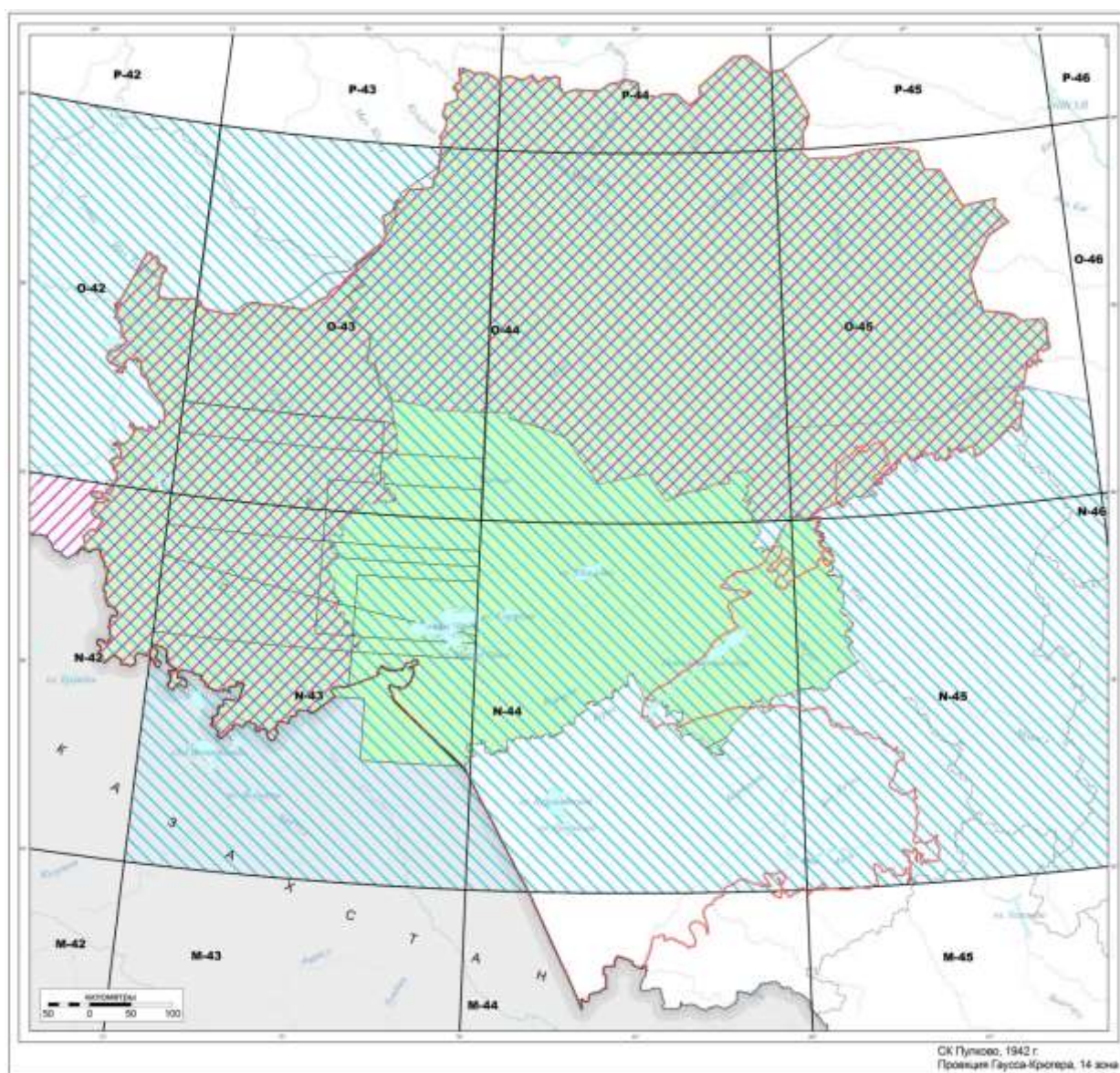
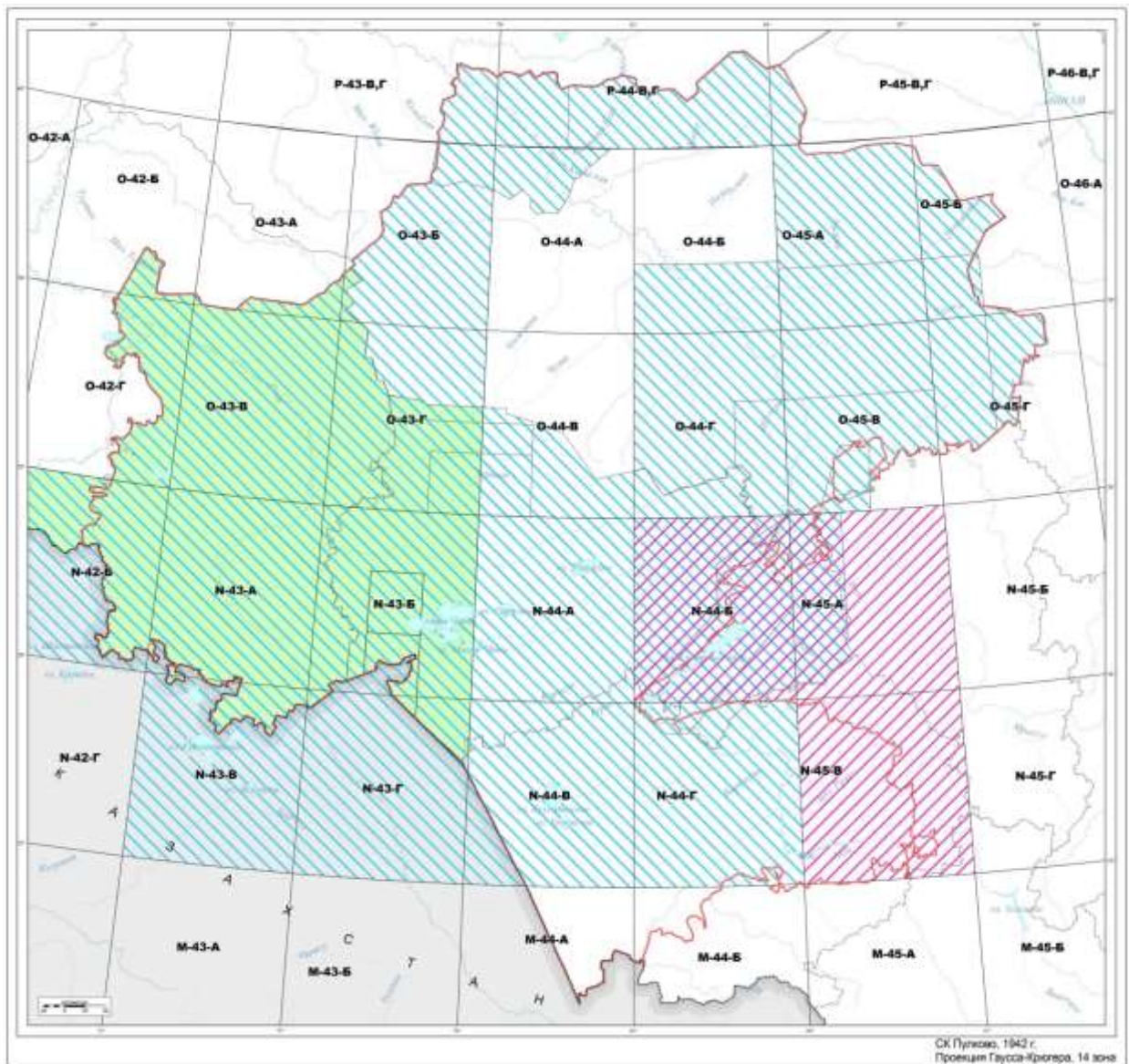




Рис. 2 Изученность исследуемой территории масштаба 1:1 000 000



СК Пулково, 1942 г.
Проекция Гаусса-Крюгера, 14 зона

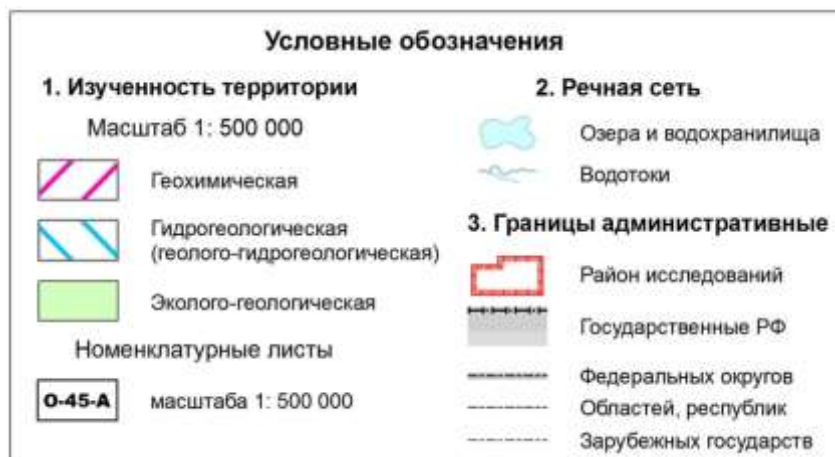


Рис. 3 Изученность исследуемой территории масштаба 1:500 000

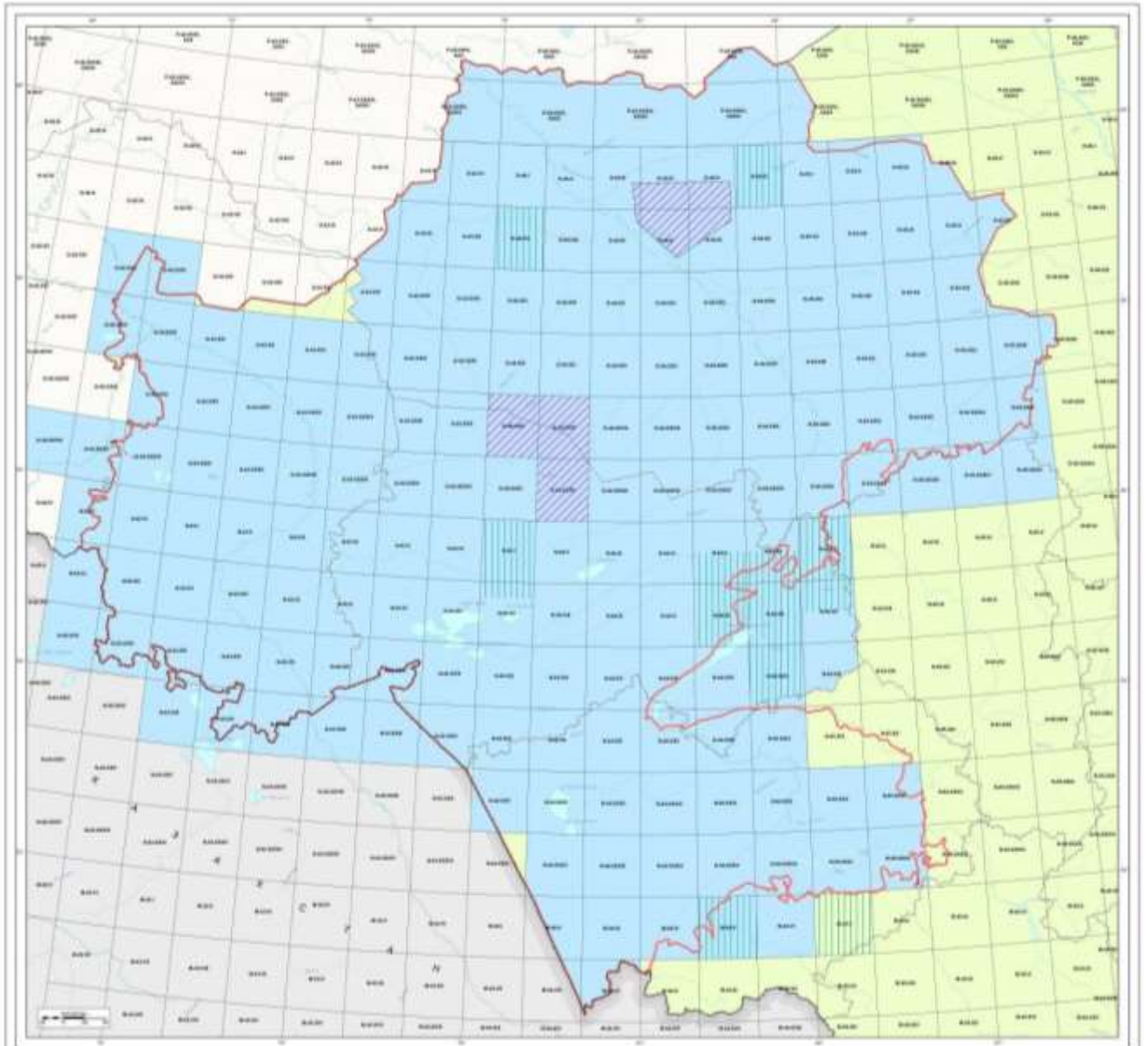


Рис. 4 Изученность исследуемой территории масштаба 1:200 000

В начале 60-х годов группой авторов под руководством Е.В. Михайловой были составлены гидрогеологические карты масштаба 1:2 500 000 и карты основных водоносных горизонтов масштаба 1: 500 000 Новосибирской и Омской областей. В 1962 г. Е.В. Михайловой и И.М. Земсковой была выполнена региональная оценка эксплуатационных запасов пресных и слабоминерализованных подземных вод в пределах Омской и Новосибирской областей.

В 1959–1962 гг. и 1965–1967 гг. Омской геологической экспедицией проведена комплексная геолого-гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемка масштаба 1:50 000 г. Омска и его окрестностей на площади 960 кв. км. В процессе работ, в том числе, выполнялся полуколичественный спектральный анализ грунтов в интервалах глубин 34-85 м (отложения таволжанской, абросимовской и журавской свит) и подземных вод в интервале глубин 4,0-123,0 м. В пробах пород в незначительных количествах выявлено присутствие следующих элементов: свинца, меди, цинка, никеля, бериллия, циркония, титана, марганца, лантана; в пробах воды - меди, свинца, никеля, марганца.

С 1965 по 1991 гг. на территории Алтайского края выполнялись детальные площадные гидрогеологические исследования масштаба 1:50 000 связанные с поисками и разведкой подземных вод для целей мелиорации (Новотроицкий, Златопольский, Бурлинский, Майский, Барнаульский, Шульгинский массивы орошения; Алейская, Кулундинская, Ивановская, Жилихинская, Славгородская оросительные системы).

В 1966-1970 гг. И.М. Земсковой для Новосибирской области выполнена работа по теме "Вода-II". Составлены специализированные гидрогеологические карты масштаба 1:500 000 и 1:100 000, дана оценка защищенности подземных вод территории области и областного центра, предложены рекомендации о водообеспеченности всех населенных пунктов. Позднее по материалам этой работы и специального обследования райцентров и других крупных населенных пунктов И.М. Земсковой и И.П. Карпицким составлены заключения и справочники по теме "Вода-III".

В Томской области также неоднократно проводилась оценка условий водоснабжения за счет подземных вод городов и населенных пунктов области в особый период в 1967-1970 гг. "Вода-II" и 1985-1987 гг. "Вода-III" с оценкой защищенности подземных вод от загрязнения. Рассчитаны максимальные производительности водозаборов для их эксплуатации в особый период и созданы справочники по условиям водоснабжения.

В 1972-1975 гг. В.А. Мартыновым, Г.Л. Самсоновым выполнено обзорное мелиоративно-гидрогеологическое районирование территории Новосибирской области в масштабе 1:500 000. Составлена серия специализированных карт грунтовых вод.

В 1973-1980 гг. в пределах Томской области выполнена региональная оценка эксплуатационных запасов подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского

бассейна [34], а в 1984-1989 гг. – региональная оценка прогнозных ресурсов подземных вод восточных районов Томской области [75]. В процессе проведения региональных работ по ресурсной части для каждого оцениваемого ВК (ВГ) оценены прогнозные ресурсы широко эксплуатируемых ВГ, составлены комплекты специализированных карт, характеризующие гидродинамические и гидрогеохимические показатели ПВ.

В 1971-1984 гг. по материалам гидрогеологических исследований прежних лет выполнена региональная оценка эксплуатационных запасов подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна (западная часть левобережья Томской области, Новосибирская и Омская области) по водоносным горизонтам и комплексам неогеновых, палеогеновых и верхнемеловых отложений [29, 94, 100]. На территории Алтайского края аналогичная работа проведена ПГО "Запсибгеология" [3].

В 1976-1982 гг. Ермашовой Н.А. на территории Томской области проведены работы по обобщению материалов по химическому составу питьевых ПВ в связи с повышенным содержанием в них Fe, Mn и других специфических для региона компонентов южной части Западно-Сибирского АБ [23-24]. При проведении работ оценены основные гидрогеохимические закономерности зоны активного водообмена, факторы и процессы формирования химического состава подземных вод Томской области.

В 1978-1996 гг. ВСЕГЕИ на основе анализа результатов геохимического изучения керна опорных, параметрических, нефтегазопоисковых и картировочных (при геологической съемке масштаба 1:200 000) скважин составлены детальные геохимические разрезы (по 20 химическим элементам в более, чем 50 опорных скважинах) практически без перерыва от доюрского фундамента до новомихайловской свиты (P_{3nm}) включительно. Выполнено геохимическое районирование площади листов N-43 и O-43 в составе сводной геохимической карты территории Западной Сибири с использованием моно- и полиэлементных геохимических карт в масштабе 1:2 500 000. Установлены эпохи накопления ряда элементов (вертикальная геохимическая зональность) и закономерные изменения их концентрации по латерали (горизонтальная геохимическая зональность).

В 1985-1989 гг. изучались водоносность и качество подземных вод меловых отложений леньковской и покурской свит в Кулундинской и Южно-Барабинской сельскохозяйственных зонах области [2].

В 1987 году по результатам многолетнего бурения эксплуатационных скважин осуществлено гидрогеологическое районирование верхнемелового комплекса Омской и Новосибирской областей для решения задач хозяйственного и питьевого водоснабжения сельхозпредприятий и населения. Приведены сведения по стратиграфии и особенно ценные – по прогнозной оценке меловых отложений на пресные воды.

За период 1988-1993 гг. проводилась работа по выявлению и оценке очагов загрязнения подземных вод на территории Томской области [114]. В результате определены основные критерии изучения и прогноза изменения состояния и качества подземных вод на участках, выделенных с учетом приоритетных видов хозяйственной деятельности: Северный участок – промышленный – эксплуатационная добыча нефти и газа, Западный – подготовка к промышленному освоению углеводородов, Южный – агропромышленный.

В 1989-1991 гг. ГПП «Берёзовгеология» выполнялись эколого-геохимические и эколого-радиометрические исследования в масштабе 1:50 000 и крупнее на территории г. Новосибирска. Ими же совместно с ФГУП «Новосибирская геологопоисковая экспедиция» проведены геоэкологические исследования и картографирование масштаба 1:200 000 в Новосибирском промышленном районе на площади 9 000 км² (1991-1997 гг.) и масштаба 1:1 000 000 на территории области (1993-98 гг.).

В 1990 г. на восточной окрестности г. Омска организован Ульяновский геоэкологический полигон, где до 1992 г. выполнялись наблюдения за загрязнением почв, пород зоны аэрации, подземных и поверхностных вод, растительности. Выявлены ореолы и источники загрязнения тяжёлыми металлами, пестицидами.

В 1991 г. в левобережной части г. Новосибирска и на прилегающих территориях ФГУП «Новосибирская геологопоисковая экспедиция» был организован опытно-производственный геоэкологический полигон общей площадью 160 км², который функционировал до 2004 г. В течение 13 лет по 28 наблюдательным скважинам, расположенным на 4 участках, приуроченных к крупным техногенным объектам-загрязнителям (ОАО «Кудряшовское», г.Обь и Толмачевская согра, ЗАО «Левобережное», совхоз «Обской» и Марусинская горсвалка) в северном левобережье Новосибирского промышленного района, ежегодно наблюдался уровень загрязнения грунтовых вод аллювиальных отложений долины р. Оби.

В 1991-1999 гг. ГП «Берёзовгеология» выполнены работы по геолого-экологическому картированию Омского промышленного района с оценкой техногенных изменений геологической среды и определением ее экологического состояния. Выполнено ландшафтно-геохимическое и функциональное районирование территории, охарактеризованы гидрогеологические и инженерно-геологические особенности различных ландшафтных подразделений, выявлены основные особенности миграции и накопления загрязнителей, определены основные источники загрязнения, масштаб и тенденции техногенного воздействия на геологическую среду. Составлены карты (масштаб 1:200 000): геолого-экологическая, ландшафтно-геохимического районирования, ореолов загрязнения химическими элементами почв, эколого-радиометрическая.

В 1994–1997 гг. проведена работа по оценке экологического состояния города Омска. В работе рассмотрено развитие процесса подтопления на территории г. Омска, приведена информация о качественном составе грунтовых вод.

В 1998 г. на основе систематизации геолого-гидрогеологических материалов в целях перспективного планирования и современных потребностей использования подземных вод для различных нужд народного хозяйства была составлена Карта подземных вод Новосибирской области в масштабе 1:500 000 [37].

В соответствии с Федеральной программой в 1994-2001 гг. каждый субъект РФ выполнял в своих границах работы по оценке обеспеченности населения ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. В процессе выполнения работ подготовлены материалы, в которых отражено современное состояние подземных вод по различным показателям и оценена величина естественных ресурсов подземных вод. После завершения этих работ ГИДЭК выполнил их обобщение в целом по России, в том числе подготовлены цифровые версии картографического материала (карта модулей подземного стока, защищенности). В пределах территории Алтайского края работы выполнены ОАО "Алтайская гидрогеологическая экспедиция" (Бородавко В.Г., Филонова О.П., Гарева Н.А.) [4], Новосибирской области – ОАО "Новосибирскгеология" (Колтунова Г.М.) [36], Омской области – ОАО «Омской геологоразведочной экспедицией» (Гавва Л.Е., Крутиков Г.Н.) [9] и Томской области – ОАО «Томскнефтегазгеология» ВНК, Филиал Томская геологоразведочная экспедиция (Степанова Т.Л.) [101].

Основной объем площадных геологоразведочных работ на территории проведен во второй половине XX века. В начале XXI века произошло их резкое сокращение. В 1990-х, начале 2000-х преобладающим направлением являлось гидрогеологическое, геолого-гидрогеологическое и инженерно-геологическое доизучение отдельных территорий в масштабе 1:200 000. В 2000 г. и 2001 г. выполнены работы по гидрогеологическому доизучению масштаба 1:200 000 листов О-45-XXXI (Междуречная площадь) и О-44-VII (Мыльджинская площадь).

В Омской области с 2001 г. по 2011 г. регулярно выполняются работы по геологическому доизучению территорий в масштабе 1:200 000 (ГДП-200) с целью создания обновленной геологической основы и подготовки Геолкарты-2000, а также ставятся тематические съемочные работы. В 2000 г. исследованы геолого-экологические условия Барабинско-Куйбышевского промышленного района в Новосибирской области.

С 1995 г. ежегодно выполняются территориальные и региональные работы по государственному мониторингу состояния недр на территории всех субъектов СФО. В рамках государственного мониторинга подземных вод изучается состояние подземных вод и его

изменение под влиянием природных и техногенных факторов, прогнозные ресурсы и запасы подземных вод, добыча и использование питьевых, технических и минеральных вод.

Главной характерной чертой периода является постановка специализированных, тематических работ, привязанных к локальным объектам под конкретные цели.

Широкое развитие получили работы нефтегазовой направленности. В 1997-2001 гг. выполнялись работы по изучению стратиграфических, гидрогеологических, литолого-фациальных и геохимических особенностей юрских отложений в связи с перспективами их нефтегазоносности.

В последние годы регулярно выполняются работы по оценке запасов пресных и соленых подземных вод для целей ХПВ и ППД, кроме этого выполняются гидрогеологические исследования для выбора пластов коллекторов и возможности размещения подтоварных и сточных вод с целью их захоронения.

Геологоразведочные работы в последние годы комплексировались с *геоэкологическими* исследованиями. Так, в Алтайском крае (2000 г.) проведены геолого-гидрогеологические работы с элементами геоэкологической направленности в масштабе 1:200 000 в пределах Рубцовско-Локтевского и Новоалтайско-Барнаульского территориально-промышленных комплексов.

В 2000 г. ГУП ТЦ Томскгеомониторинг начаты работы по созданию цифровой геоэкологической карты западной Сибири масштаба 1:1 000 000, на основании ранее выполненных работ ГЭИК в пределах отдельных субъектов, однако в 2001 г. работы остановлены из-за прекращения финансирования. В результате подготовлена цифровая версия геоэкологической карты по территориям Тюменской, Томской, Омской и Новосибирской областей и включала в себя комплект карт, состоящий из блоков:

- подземные и поверхностные воды;
- ландшафтно-геохимические условия;
- литогенная основа и геологические процессы;
- техногенные объекты и системы (комплексы);
- оценка экологического состояния геологической среды.

В 2000 г. Голышевым С.И. (Томское отделение Сибирского НИИ геологии, геофизики и минерального сырья) проведен комплексный анализ факторов, определяющих содержание жизненно необходимых (эссенциальных) микроэлементов в пресных подземных водах основных водоносных горизонтов южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна.

В 2000 г. ФГУП "Березовгеология" выполнены работы по оценке перспектив ураноносности плитного комплекса южной окраины Западно-Сибирской платформы с целью определения главных направлений поисков урановых месторождений. Выполненные работы

позволили выделить наиболее перспективный - палеодолинный тип гидрогенного уранового оруденения, к которому относится большая часть выявленных урановорудных объектов (Малиновское месторождение и др.). Выделены Мариинская, Кулундинская, Аболаковская перспективные площади для первоочередной постановки работ на уран масштаба 1:200 000-1:50 000, дана их характеристика и рекомендации по поискам уранового оруденения в мезозойско-кайнозойских отложениях. В ходе работ построены радиогидрогеохимические карты рассматриваемых водоносных горизонтов.

Ввиду активного развития хозяйственной деятельности в последнее время возникла необходимость в переводе населенных пунктов с водоснабжения из поверхностных источников и из незащищенного от поверхностного загрязнения четвертичного водоносного комплекса на водоснабжение из защищенных источников подземных вод.

В 2000 г. завершены работы по оценке обеспеченности населения Омской области ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. ФГУПП "Омская геологоразведочная экспедиция" Москаленко Т.С. и Бахаревым А.А. выполнены работы по изучению микрокомпонентного состава подземных вод основных эксплуатируемых водоносных комплексов Омской области.

В 2000-2001 гг. Зятевой О.Ф. выполнены работы по изучению гидрогеохимического режима проявлений минеральных вод в районах Томской области. В пределах г. Томска в 2001 и 2003-2004 гг. Назаровым А.Д. и Вертман Е.Г. выполнены работы по исследованию гидродинамического и гидрогеохимического режима родников [60-61].

В 2000–2002 гг. выполнены геолого-экологические исследования и картографирование (ГЭИК) различных масштабов в пределах Омской, Новосибирской, Томской областей.

В 2001 г. выполнены геолого-экологические исследования и картографирование территории Омской области масштаба 1:1 000 000 с целью оценки региональных и техногенных изменений геологической среды на основе изучения почвенного покрова, почвообразующих пород, донных осадков, подземных и поверхностных вод на территориях с различной степенью техногенной нагрузки. Проведено ландшафтно-геохимическое районирование территории, дана оценка интенсивности проявления экзогенных геологических процессов. Составлена геоэкологическая карта и с использованием современных компьютерных ГИС-технологий карта оценок экологического состояния геологической среды.

В 2002 г. в Омской области завершены работы по подготовке геохимической основы Госгеолкарты-1000/3 по листам N-43 (Омск) и O-43 (Тара). В процессе этой работы впервые на региональном уровне осуществлена систематизация разобщенных данных по геохимии территории и выполнена прогнозно-геохимическая оценка территории путем проведения

геохимического районирования с элементами прогноза, отражающего особенности проявления латеральной и вертикальной геохимической зональности.

Закончены работы по изучению микрокомпонентного состава подземных вод основных эксплуатируемых водоносных комплексов. Основной целью работы являлось получение гидрогеологического обоснования областной целевой программы обеспечения населения области питьевой водой. Выполнение работ в рамках поставленной задачи было направлено на выявление участков, где подземные воды соответствуют установленным нормативам по всем показателям, либо будут удовлетворять им после проведения комплекса мероприятий по подготовке подземных вод для ХПВ. Следуя этой концепции, построена карта районирования территории Омской области по качеству подземных вод. При этом районирование проведено только для подземных вод с минерализацией менее 1,5 г/л.

В Новосибирской области выполнены гидрогеологические работы с эколого-геологическими исследованиями и картографированием масштаба 1:200 000 (Тогучинский участок).

За период 2002-2005 гг. ОАО "Новосибирскгеология" проведена региональная оценка состояния, и использования подземных вод *мелового водоносного комплекса* южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна и обоснование локализации ресурсного потенциала этих вод как основного источника питьевого водоснабжения населения. В результате работ оценены эксплуатационные запасы подземных вод мелового водоносного комплекса южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна методом моделирования. Для водоносных отложений верхнемелового горизонта и ниже-верхнемелового комплекса в электронном виде составлены карта фактического материала, гидрогеологическая и гидрогеохимическая карты [38].

В 2003 г. было проведено районирование Новосибирской области по качеству подземных вод [32]. В результате были составлены гидрогеохимические погоризонтные карты 6-ти основных эксплуатируемых водоносных горизонтов и комплексов.

В 2003-2005 гг. ОАО «НГПЭ» и Новосибирский центр ГМГС под руководством Тарасова Г.П. и Казьмина С.П. выполнили работы по объекту: Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий и факторов подтопления населенных пунктов в пределах восточной части Новосибирской области (г. Бердск, с. Лебедевка Искитимского района, р. ц. Мошково).

В 2004-2009 гг. ОАО «Омская геологоразведочная экспедиция» на территории г. Омска проводился мониторинг подземных вод с целью оценки состояния подземных вод и прогноза его изменения под влиянием природных и техногенных факторов для своевременного выявления негативных изменений, их прогноза, предупреждения и устранения. Подтопление

территории города приводит к уменьшению зоны аэрации, к растворению вредных ингредиентов, поступающих из пород и почв в грунтовые воды.

В 2004-2010 гг. ОАО «Омская геологоразведочная экспедиция» Бахаревым А.А. выполнено эколого-геохимическое картографирование территории г. Омска в масштабе 1:50 000.

В 2005-2010 гг. в Томской области в пределах полигона «Томский» проводились комплексные специализированные исследования: водно-гелиевая съемка, определение содержания трития и изотопов кислорода в природных водах, изучение радиационного состояния подземных вод, радиогеохимические исследования, геолого-геофизическое доизучение территории.

Водно-гелиевые исследования проведенные ООО «ЛЭП» позволили установить связь между процессом миграции гелия и подтоком минеральных хлоридных натриевых и сульфатных магниевых вод, содержащих нефтяные углеводороды и связанные с ними радионуклиды [104].

Выполненные ООО «НТЦ ВСЕГИНГЕО» изотопно-гидрогеохимические исследования показали, что присутствие технологических вод СХК, закачиваемых в нагнетательные скважины на площадях подземного захоронения ЖРО, во всех пунктах опробования не прослеживается. Фронт загрязненных вод меловых отложений продвинулся не далее чем на 4 км, и за границы горного отвода СХК не вышли [90].

В Томской области МГП «Экогеос» выполнили работы по изучению радиоэкологической обстановки на территории Томской агропромышленной агломерации (ТАПА). В рамках работ выполнено лабораторное исследование подземных вод и почв. Радиоэколого-геохимическая оценка территории показала, что депонирующая среда представленная почвами несет на себе четкие признаки техногенной нагрузки, проявленные в наличии редких и редкоземельных элементов с учетом временного фактора, что со временем может привести к изменениям в почвах и загрязнению подземных вод [115].

Радиогеохимические исследования выполнялись сотрудниками Центра экологической оценки и мониторинга ТПУ. В результате исследований снегового покрова и почв установлено, что максимальные концентрации тяжелых металлов, редких, редкоземельных и радиоактивных элементов отмечаются в северо-восточном направлении от СХК. На почвенный и снежный покров оказывает влияние СХК в результате чего возможно дальнейшей загрязнение подземных вод путем инфильтрации талых вод [116].

Геолого-геофизическое доизучение территории полигона «Томский» проведено специалистами ООО «Геологоразведочная компания «ГЕОСФЕРА». В результате интерпретации имеющихся геофизических материалов на территории полигона выделены

различные системы разрывных нарушений, пликативные структуры и блоки фундамента, дайковые пояса и нескрытые интрузивные массивы. Основные результаты работ отражены на картографических материалах [107].

ФГУП «ВСЕГИНГЕО» в 2008 г. завершили работы по созданию гидрогеологической карты РФ масштаба 1:2 500 000. В рамках работы впервые был создан комплект гидрогеологических карт территории РФ: гидрогеологическая карта, сопровождаемая послыными картами, раскрывающими дополнительно ее содержание, карта структур зоны свободного водообмена, карта глубоких водоносных горизонтов, карта химического состава подземных вод, а также набор карт по минерально-сырьевой базе подземных вод [51].

Необходимо отметить, что в этом же году ТЦ ГМСН Тюменьгеомониторинг была выполнена работа по созданию гидрохимической основы территории Тюменской области масштаба 1:500 000 с оценкой современного состояния качества питьевых подземных вод [107]. Работа носила больше экологическую направленность, поскольку выполнена с акцентом на оценку качества подземных вод рассматриваемой территории.

В 2008-2009 гг. за счет государственных средств выполнены работы по поискам питьевых подземных вод в Кормиловском, Нижнеомском, Оконешниковском и Черлакском районах Омской области. На основе анализа имеющегося фондового материала установлено, что наибольший практический интерес для поисков пресных подземных вод в этих районах представляют подземные воды, приуроченные к неоген-четвертичным и олигоценным отложениям, в связи с чем все работы были направлены именно на изучение водоносности этих отложений. Работы включали в себя: площадные геофизические исследования, обследование эксплуатационных скважин и колодцев, бурение поисковых скважин, опробование, опытные гидрогеологические работы и режимные наблюдения за состоянием подземных вод.

В 2009 г. ОАО "Центргеология" выполнили работы по созданию гидрохимической основы масштаба 1:1 000 000 с оценкой современного состояния качества питьевых подземных вод центральной части Московского артезианского бассейна [54]. В ходе работ подготовлены карта гидрохимического районирования с типизацией выявленных гидрохимических аномалий природного и техногенного происхождения, погоризонтные гидрохимические карты основных эксплуатационных горизонтов и комплексов, а также карты оценки качества питьевых подземных вод. Рассмотрены особенности формирования подземных вод территории, выделены территории с подземными водами не соответствующими действующим нормативам по показателям природного генезиса. Проведена региональная оценка качества питьевых подземных вод основных эксплуатационных водоносных горизонтов.

В 2012 г. ФГУП «ВСЕГИНГЕО» завершили работу по теме: «Характеристика химического состава питьевых подземных вод территории Российской Федерации и разработка критериев его прогнозирования». В работе систематизированы сведения о химическом составе и качестве питьевых подземных вод по гидрогеологическим структурам, основным эксплуатируемым водоносным горизонтам и зонам. Выделены территории распространения пресных подземных вод с природным несоответствием их качества существующим требованиям, а также подвергающимся техногенному загрязнению [52].

1.3. Постановка проблемы исследований

Под влиянием естественных природных процессов в подземной гидросфере формируются подземные воды, разнообразные по химическому составу и содержанию нормируемых относительно питьевого качества химических элементов при некотором среднемноголетнем постоянстве (обеспеченности) ресурсной составляющей. Необходимость изучения и оценки соотношения ресурсного и гидрогеохимического потенциалов питьевых подземных вод, по-видимому, заслуживает все большего внимания в регионах нарастающего использования подземных вод. Пространственное обобщение материалов и районирование территорий интенсивного водопользования позволит проследить однородность гидрогеологических условий, оценить объемную гидрогеохимическую (горизонтальную и вертикальную) зональность, создавая, таким образом, новую более совершенную гидрогеохимическую основу для поисково – оценочных работ на питьевые подземные воды с теми или иными возможностями водопользования.

Подземные воды, распространенные и используемые для ХПВ на территории работ, не соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1110-02. В большинстве случаев они представляют собой растворы минеральных солей в воде с превышением содержания органических или неорганических компонентов над их нормативными предельно допустимыми концентрациями. Для питьевого водоснабжения подземные воды используются многие столетия, при этом долгое время основное требование к их качеству заключалось в том, что они должны быть пресными, отвечающими нормативным требованиям. Причем источник питьевых подземных вод может быть расположен на значительном удалении от потребителя.

В последние десятилетия перечень нормируемых показателей состава подземных вод постоянно расширялся за счет включения компонентов как природного, так и техногенного происхождения. Постоянное ужесточение нормативных требований к качеству питьевых вод, подаваемых населению, привело к уменьшению доли подземных вод, отвечающих этим требованиям.

Параллельно с существенным ужесточением требований к нормативному качеству питьевых вод наблюдался весьма существенный прогресс в разработке и реализации различных методов и технологий водоподготовки, что существенно расширило их реальное применение для доведения некондиционных подземных вод до кондиционных питьевых. Технологическую схему, метод водоподготовки воды выбирают на основе изучения сезонной изменчивости химического состава и физических свойств воды подземного источника, полевых опытно-технологических исследований, прогноза изменения качества воды при эксплуатации и сопоставления с требованиями потребителя к химическому составу воды. Изучение химического состава подземных вод должно быть выполнено по более широкому комплексу показателей, позволяющих обосновать исходные данные для выбора метода и проектирования водоподготовки, в т.ч. с определением неустойчивых компонентов химического состава подземных вод непосредственно в полевых условиях на участке работ.

В условиях сложности землеотвода и высокой стоимости земли, необходимости построения, обслуживания и ремонта водоводов, водоподготовка часто оказывается значительно более эффективной по сравнению с транспортировкой воды даже на несколько километров. Это касается не только мелких, но и крупных водопотребителей. В настоящее время приоритетной является задача получения необходимого количества воды на участке, максимально приближенном к водопотребителю и даже в техногенно нарушенных условиях, с последующей водоподготовкой подземных вод.

Территория юга Западной Сибири относится к не обеспеченной ни поверхностными, ни подземными питьевыми источниками в плане соответствия качества вод нормативным требованиям. Население части Омской и Новосибирской областей вынуждено употреблять некондиционную питьевую воду из р. Иртыша, Новосибирского водохранилища или солоноватую подземную воду, именно поэтому необходим алгоритм решения этой проблемы, поиск альтернатив использованию некондиционных вод.

В результате сложившегося положения зона свободного водообмена, как структурно-гидрогеологический объект, в границах которого формируются питьевые подземные воды, целенаправленно не изучается. Нет ни региональных, ни крупномасштабных (поисково-оценочные работы) карт систем дренирования земной коры, а, следовательно, и условий распространения питьевых подземных вод, факторов локализации их ресурсов, хотя по этой части принят нормативный документ [8], устанавливающий требования к ее изучению и характеристике.

На территории работ в целом не проводились специализированные исследования качества подземных вод, что негативно сказывается на прогнозировании состояния качества питьевых подземных вод. Отсутствие единого методологического подхода в проведении

локальных гидрогеохимических исследований и единой гидрогеохимической основы масштаба 1:1 000 000 привело к тому, что большинство из проведенных работ и составленных карт практически не коррелируют между собой в рамках одной гидрогеологической структуры как в плане геолого-гидрогеологических условий, так и в плане гидрогеохимических особенностей. Отсутствие автоматизированных и дистанционных методов наблюдения за режимом и качеством вод, слабая оснащенность аналитическим лабораторным оборудованием, использование полуколичественных методов анализов приводит к несопоставимости данных по качеству подземных вод за предыдущие годы. Применение единого методологического подхода к изучению природных и техногенных закономерностей формирования питьевых подземных вод необходимо для понимания механизмов трансформации качественного состава подземных вод и своевременного применения целенаправленных комплексных эффективных мероприятий по охране и рациональному использованию подземных вод. Поэтому на современном этапе актуальной задачей является оценка природных и техногенных закономерностей формирования качества питьевых подземных вод для улучшения хозяйственно-питьевого водоснабжения, базирующаяся на передовых методах изучения, отображения, хранения, анализа и прогнозирования гидрогеологических материалов.

Использование материалов изучения качества пресных подземных вод, полученных при проведении поисково-разведочных работ на питьевые воды, существенно дополняет исследования предыдущих лет и позволяет уточнить значимость выявленных гидрогеохимических провинций с санитарно-гигиенических позиций в связи с оценкой обеспеченности населения страны кондиционными по своему качеству подземными водами.

Кроме того, введение в действие СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» обусловило расширение числа контролируемых в водах нормируемых микрокомпонентов, некоторые из которых пользуются региональным распространением повышенных (> ПДК) фоновых концентраций и образуют обширные гидрогеохимические провинции.

В условиях антропогенного воздействия для применения мероприятий по охране и рациональному использованию подземных вод требуется более целенаправленное изучение качества подземных вод. В зонах влияния различных техногенных объектов (нефтебазы, нефтеперерабатывающие предприятия, нефтепромыслы, полигоны ТБО и промтоходов, городские очистные сооружения, предприятия теплоэнергетики и др.) необходимо определение приоритетных элементов загрязнения, обнаруживаемых в подземных водах. Сложившийся уровень антропогенного загрязнения является одной из основных причин, вызывающих деградацию депонирующих сред, приводящих к загрязнению подземных вод.

2. ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Исследуемая территория расположена в южной части Западно-Сибирской равнины. По административному делению включает в себя четыре субъекта Российской Федерации, входящие в состав Сибирского федерального округа, а именно: Томскую, Омскую, Новосибирскую области и Алтайский край. Район исследований на западе граничит с Тюменской областью, на севере – с Ямало-Ненецким автономным округом, юго-западе – с Казахстаном, на востоке – с Красноярским краем, Кемеровской областью, на юге – с Республикой Алтай (рис. 5).



Рис. 5 Схема административно-территориального деления района работ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

— граница района работ

В пределах Западно-Сибирской низменности хорошо прослеживается природная широтная зональность. Границы природных зон здесь простираются относительно параллельно друг другу. В геоморфологическом отношении, в пределах изучаемой территории выделяются средне-таежные, южно-таежные и подтаежные, лесостепные, степные, песчано-боровые ландшафтные зоны.

Геоморфологическая дифференцированность территории в значительной мере определяет закономерности формирования качества подземных вод.

2.1. Физико-географические условия

Климат

Район исследований, как и Западно-Сибирская низменность в целом, характеризуются ярко выраженным континентальным климатом с продолжительной холодной зимой и коротким сравнительно жарким летом. Будучи расположенной в центре Евразии, она испытывает влияние и континента, и океана. На климат оказывают влияние атлантические циклоны, приносящие с собой влагу, и континент, влияние которого выражается в большой повторяемости антициклональной погоды и в интенсивной трансформации воздушных масс летом и зимой [28].

В пределах территории работ весьма четко проявляется широтная зональность в распределении влаги и тепла, колебании климатических элементов и соответственном чередовании природных зон и подзон.

Годовой ход и распределение по территории метеорологических элементов определяются, в первую очередь, величиной солнечной радиации и особенностями рельефа. Радиационный баланс изменяется от 25 ккал/см² в северных районах до 35 ккал/см² в сухих степях южной части. Зимой на всей территории радиационный баланс принимает отрицательные значения [28].

Направление, характер переноса воздушных масс и условия их трансформации обуславливаются распределением атмосферного давления в различные сезоны года. Континентальность климата в значительной степени обусловлена преобладанием барометрического максимума на протяжении большей части года. Самое высокое давление наблюдается в декабре и январе и составляет 1015-1030 мб. Среднегодовое значение атмосферного давления по многолетним данным уменьшается с севера на юг (табл. 1) [62]. Зимой давление уменьшается с севера на юг, что объясняет преобладание южных ветров, особенно в середине зимнего сезона. В летнее время материк нагревается значительно сильнее, чем поверхность полярного моря, поэтому давление воздуха снижается, а градиент давления направлен к югу, т.е. преобладают ветры северных румбов, максимум которых приходится на июль. Среднемесячные скорости ветра изменяются в пределах 3,5-7 м/с, а средняя максимальная скорость ветра составляет 13-14 м/с [28].

Таблица 1

Среднее месячное и годовое атмосферное давление (мб) на уровне станции

Название станции	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Александровское	1014,7	1015,1	1012,6	1010,2	1007,1	1003,1	1001,9	1003,8	1006,4	1007,6	1012,0	1013,4	1009,0
Ванжиль-Кынак	1009,4	1010,1	1008,0	1003,9	1000,6	996,4	995,9	997,2	1001,7	1003,0	1006,8	1008,5	1003,4
Тара, ОГМС	1013,4	1014,4	1013,2	1009,4	1005,1	1000,8	999,4	1001,4	1005,9	1008,2	1012,1	1012,6	1008,0
Омск, ОГМС	1009,2	1009,6	1007,1	1004,0	999,6	995,3	992,9	995,9	1000,3	1003,3	1007,5	1008,9	1002,8
Средний Васюган	1012,7	1013,7	1012,1	1008,5	1005,0	1000,4	999,6	1001,0	1005,3	1007,0	1010,6	1012,2	1007,4
Колпашево	1013,9	1014,4	1012,8	1008,2	1004,1	999,7	998,6	1000,6	1005,8	1007,7	1011,2	1014,0	1007,6
Пудино	1011,2	1011,9	1010,5	1006,2	1002,0	997,4	996,4	998,3	1003,3	1005,6	1009,1	1011,2	1005,3
Бакчар	1010,5	1010,8	1009,1	1004,5	1000,0	995,8	994,4	996,5	1001,9	1004,7	1008,1	1010,3	1003,9
Барабинск	1010,6	1010,7	1008,4	1004,7	1000,0	995,4	993,1	995,9	1000,9	1003,9	1008,5	1010,4	1003,5
Бийск-Зональная	1001,0	1000,4	998,3	993,3	988,5	983,6	980,9	984,0	990,5	995,5	999,4	1001,3	993,2
Змеиногорск	985,4	984,8	982,9	978,1	973,8	968,8	966,2	969,4	975,8	980,5	984,4	985,9	978,0

В формировании температурного режима большое значение имеет открытость территории, способствующая как свободному проникновению холодного арктического воздуха с севера, так и выносу прогретых воздушных масс с юга на север, что приводит к резким изменениям температуры в течение года и даже суток [28]. Температурный режим закономерно изменяется по мере продвижения вглубь территории с севера на юг и с запада на восток.

Среднегодовые температуры воздуха по данным многолетних наблюдений колеблются в пределах от $-3,1^{\circ}\text{C}$ до $2,5^{\circ}\text{C}$ (табл. 2). Наиболее низкая температура воздуха приходится на декабрь-январь, где средняя температура воздуха на севере исследуемой территории достигает -21°C , а на юге – $-12,4^{\circ}\text{C}$. Средняя максимальная температура за год достигает $26,2^{\circ}\text{C}$, в свою очередь средняя минимальная температура достигает $-29,9^{\circ}\text{C}$ (табл. 2-3) [62].

Таблица 2

Средняя месячная и годовая температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$

Название станции	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Александровское	-21,0	-19,0	-11,0	-2,0	5,9	14,1	17,7	14,0	7,8	-0,9	-12,2	-19,1	-2,2
Ванжиль-Кынак	-22,4	-20,3	-11,2	-2,9	5,4	13,8	17,6	13,4	6,8	-2,1	-13,8	-20,6	-3,1
Тара, ОГМС	-19,2	-17,3	-9,9	1,3	9,9	16,0	18,2	15,1	9,3	1,2	-9,0	-16,4	-0,0
Омск, ОГМС	-18,5	-16,9	-9,8	2,1	11,5	17,3	19,2	16,4	10,6	2,2	-8,1	-15,7	0,9
Средний Васюган	-19,9	-17,7	-9,1	-0,2	7,8	15,1	18,3	14,5	8,4	0,0	-11,1	-17,9	-1,0
Колпашево	-20,2	-17,8	-9,8	-0,6	7,8	15,3	18,1	14,6	8,5	0,3	-10,9	-18,5	-1,1
Пудино	-19,8	-17,6	-9,4	0,5	8,7	15,2	17,7	14,3	8,4	0,7	-10,2	-17,7	-0,8
Бакчар	-19,3	-17,0	-9,2	0,8	9,1	15,4	18,1	14,5	8,8	0,8	-9,9	-17,1	-0,4
Барабинск	-19,1	-17,5	-10,8	1,0	10,6	16,6	18,7	15,7	9,8	1,6	-9,0	-16,4	0,2
Бийск-Зональная	-16,7	-15,6	-8,1	3,2	12,1	17,5	19,6	16,9	10,8	3,1	-7,2	-13,9	1,8
Змеиногорск	-14,6	-13,8	-7,4	3,4	12,1	17,4	19,2	16,8	11,3	3,8	-6,0	-12,4	2,5

Как видно из приведенных выше таблиц (табл. 2-3) зимний период отличается довольно устойчивыми отрицательными температурами воздуха. Число дней с оттепелью мало и значительно уступает дням с морозом, которые могут держаться непрерывно с октября по апрель. Переход температуры воздуха через ноль в зоне степных ландшафтов проходит в конце апреля, в лесных и таежных – в мае.

Наибольшая относительная влажность воздуха приходится на северную часть исследуемой территории и достигает 83-84 %. Юг же в свою очередь характеризуется невысокой относительной влажностью воздуха, где наименьшее значение приходится на июнь и составляет 64 %.

Средние максимальная (сверху) и минимальная температуры воздуха, °С

Название станции	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Александровское	-16,5	-14,0	-5,0	3,7	12,1	19,8	23,2	19,3	12,8	2,5	-8,3	-14,4	23,5
	-25,4	-23,8	-16,4	-6,9	1,3	9,2	12,9	9,5	4,1	-3,9	-16,1	-23,2	-28,2
Ванжиль-Кынак	-17,5	-14,0	-3,9	3,7	11,9	20,8	24,2	19,7	12,1	1,7	-9,2	-15,8	24,5
	-27,2	-25,7	-17,7	-9,3	-0,5	7,5	11,1	8,1	2,8	-5,4	-17,8	-25,2	-29,9
Тара, ОГМС	-14,2	-11,6	-3,5	6,8	16,6	22,2	24,0	20,7	14,8	5,5	-5,3	-11,7	24,5
	-23,5	-22,6	-15,4	-3,4	4,0	9,9	12,6	9,8	4,5	-2,2	-13,1	-20,8	-26,1
Омск, ОГМС	-13,5	-11,8	-4,3	8,1	18,3	23,7	25,0	22,2	16,5	7,2	-4,3	-11,1	25,6
	-22,1	-21,2	-14,2	-2,0	5,3	11,1	13,5	10,8	5,5	-1,3	-11,6	-19,5	-24,2
Средний Васюган	-15,3	-12,3	-3,1	5,7	13,9	21,2	24,1	20,1	13,7	3,8	-7,3	-13,7	23,3
	-23,8	-22,6	-14,9	-5,6	2,4	9,9	12,6	9,6	4,4	-2,9	-14,6	-22,1	-26,7
Колпашево	-15,6	-12,5	-3,6	5,3	14,1	21,1	24,1	20,2	13,8	3,9	-7,1	-13,8	24,3
	-24,3	-22,4	-15,3	-5,4	2,8	9,7	12,7	9,8	4,5	-2,9	-14,7	-22,3	-26,8
Пудино	-14,6	-10,8	-2,5	6,7	15,7	22,0	24,2	20,6	14,4	5,0	-6,0	-12,9	24,5
	-24,7	-23,2	-16,1	-5,2	2,3	8,3	11,3	8,6	3,5	-2,7	-14,1	-22,3	-27,3
Бакчар	-14,3	-10,7	-2,6	6,8	16,1	22,2	24,5	20,8	14,8	5,1	-5,8	-12,3	24,9
	-23,9	-22,1	-15,4	-4,5	2,9	8,9	11,9	9,0	3,9	-2,7	-13,7	-21,3	-26,0
Барабинск	-14,5	-12,7	-5,2	6,6	17,4	23,3	25,1	22,1	16,0	6,6	-5,0	-11,8	25,4
	-23,3	-22,2	-15,3	-3,3	4,6	10,5	13,1	10,3	4,8	-1,8	-12,6	-20,4	-25,4
Бийск-Зональная	-11,3	-8,7	-1,9	9,4	19,4	24,3	26,3	24,0	18,0	9,1	-2,4	-9,1	26,0
	-22,4	-21,0	-14,2	-2,2	5,2	10,6	13,1	10,5	4,9	-1,3	-11,5	-19,1	-24,4
Змеиногорск	-8,8	-7,4	-1,2	9,9	19,6	24,5	26,1	24,2	18,7	9,9	-1,0	-7,0	26,2
	-19,6	-19,3	-12,7	-1,7	5,3	10,5	12,9	10,3	4,8	-0,8	-10,3	-16,9	-22,5

В целом, в течение года прослеживается понижение среднего значения относительной влажности воздуха от осени к лету. Так, относительная влажность воздуха достигает своего максимума в ноябре-декабре, тогда как минимум приходится на период с мая по июль (табл. 4) [62].

Таблица 4

Средняя месячная относительная влажность воздуха, %

Название станции	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Александровское	81	80	76	70	66	69	73	79	81	83	83	82
Ванжиль-Кынак	81	78	73	67	67	69	74	81	83	84	85	82
Тара, ОГМС	78	76	72	65	57	64	71	76	75	77	81	80
Омск, ОГМС	80	78	77	66	53	59	67	71	70	74	82	81
Средний Васюган	81	78	71	64	62	66	73	79	80	81	84	82
Колпашево	80	78	72	65	63	67	73	78	80	80	83	81
Пудино	80	77	70	64	61	67	73	78	78	79	82	81
Бакчар	80	77	72	63	58	66	73	78	77	78	82	81
Барабинск	80	79	79	69	58	64	71	74	73	77	83	82
Бийск-Зональная	78	77	77	68	60	67	71	72	72	75	80	80
Змеиногорск	74	74	75	66	59	64	69	69	67	70	75	75

Количество и внутригодовое распределение осадков на рассматриваемой территории определяется особенностями циркуляции атмосферы и характером рельефа. Урал не является климатической границей, и, тем не менее, влияет на климат, забирая часть влаги, переносимой с Атлантики. Мощным конденсатором влаги является Алтай, где количество осадков увеличивается до 900 мм. В пределах исследуемой территории годовое количество осадков изменяется от 650 мм в зоне тайги до 500 мм в лесной зоне и до 400-350 мм в степной зоне. Меньше всего осадков приходится на Прииртышье [28].

Распределение годового количества осадков по сезонам однообразно. Наибольшее количество осадков выпадает с мая по октябрь, что составляет 70-75 % от годовой суммы. На холодный период, с ноября по март, приходится лишь 25-30 % годового количества осадков. Особенно обильное количество осадков приходится на период июль-август в лесной зоне и составляет 60-70 мм. В лесостепной зоне количество осадков в зимний период увеличивается до 125-150 мм, а в лесной зоне – до 175-180 мм. Годовой минимум осадков попадает на февраль и составляет 15-20 мм в степной и лесостепной зоне, а в лесной зоне – 20-25 мм.

Устойчивый снежный покров образуется в середине ноября. Высота снежного покрова невелика. Для степной зоны на закрытых участках она не превышает 24-30 см, при полном отсутствии в течение зимы на отдельных открытых местах. Глубина промерзания почвы достигает 320 см. Полное оттаивание почво-грунтов происходит в конце мая-начале июня.

Северная часть территории относится к зоне с достаточным увлажнением (до 650 мм), центральная - с умеренным увлажнением (350-400 мм до 500 мм) и южная – к засушливой зоне с недостаточным увлажнением (<350 мм). Среднегодовые температуры воздуха изменяются от $-3,5^{\circ}\text{C}$ на севере Томской области до $+4^{\circ}\text{C}$ в южной части Алтайского края. С севера на юг радиационный баланс изменяется от 30 до $110 \text{ ккал}/\text{см}^2$, сумма температур воздуха в вегетационный период – от 1700 до 2150°C ; коэффициент увлажнения (отношение влагоресурсов к теплоресурсам) – от 0,33 до 1,0 и более, при оптимальном сочетании тепла и влаги равном 1 (рис. 6) [62].

В *таежной зоне* среднегодовая температура воздуха изменяется от минус $0,8^{\circ}\text{C}$ в северных районах до $0,6^{\circ}\text{C}$ – в южных районах. Максимальная температура отмечается в июле, минимальная – в январе. Наибольшее количество осадков выпадает в летний период (июль-август – 71-82 см), зимой количество их уменьшается (январь – 21-28 см). Суммарная годовая величина осадков средне-, под- и южнотаежной зон изменяется от 540, 436 и 484 мм, в среднем составляя 487 мм.



Рис. 6 Схема климатического районирования по степени увлажненности

- Режим увлажнения
- избыточного увлажнения
 - умеренного увлажнения
 - недостаточного увлажнения
- >1 Цифры: коэффициент увлажнения

В лесостепной зоне самый холодный месяц – январь, со средней многолетней температурой воздуха от $-18,6^{\circ}\text{C}$. Средняя температура самого теплого месяца июля составляет $+19,6^{\circ}\text{C}$. Характерны муссонообразные смены летних северных и зимних южных ветров с преобладанием юго-западных и северо-западных. Средняя месячная скорость ветра 3–5 м/с, а средняя максимальная – 13–14 м/с. Среднее годовое количество осадков на севере – 500–650 мм, на юго-западе – 350–400 мм. Средняя высота снежного покрова сокращается с севера на юг от 60 - 50 до 20-15 см. Глубина промерзания почв возрастает от 80-160 до 140-220 см.

Существенной частью водного баланса является испарение, максимум которого (95 %) приходится на теплое время года; в среднем оно составляет 60-85 % от годовой суммы осадков и изменяется от 350 мм на юго-западе до 450 мм – на востоке.

Отличительной особенностью климата региона является засушливость как результат несоответствия между количеством влаги и тепла.

Самый продолжительный безморозный период не превышает 115 дней.

Степные районы отличаются значительной сухостью воздуха. В зоне недостаточного увлажнения находятся Кулундинская низменность и южная часть Приобского плато. Среднее годовое количество осадков здесь составляет 100-300 мм, из которых 50-70 мм выпадает в виде снега. К востоку и северо-востоку количество осадков увеличивается. Основная масса их выпадает в июле и августе.

В годовом ходе температуры воздуха для всей территории края характерно ее очень интенсивное повышение от марта к апрелю и резкое снижение от октября к ноябрю. Переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C в юго-западной сухостепной части происходит в начале апреля, в степных районах – в первой декаде, в лесостепной и лесной зонах – во второй декаде этого месяца. Самый продолжительный безморозный период (больше 140 дней) наблюдается в юго-западной части степной зоны.

Кулундинская низменность – наиболее засушливая зона Алтайского края. Количество осадков за год составляет 180-360 мм. Сумма осадков за период вегетации составляет 140-160 мм. Сумма температуры воздуха за период с температурой выше 10°C равна 2200-2400°C, а гидротермический коэффициент равен 0,8-0,6.

Для Обь-Чумышской возвышенности и предгорных равнин, имеющих умеренно-засушливый климат, среднее годовое количество осадков составляет 450-550 мм, из них на апрель – октябрь приходится 350-370 мм, из которых 250-300 мм приходится на летний период.

Преобладающим является юго-западное направление ветров, которое отличается и наибольшей скоростью (до 20-25 м/с). Реже отмечаются ветры северо-восточного направления.

Рельеф

Западно-Сибирская низменность представляет собой плоскую, наклоненную на север слаборасчлененную равнину, несколько поднятую на периферии. На юго-востоке к ней примыкают Колывань-Томская складчатая зона, отроги Салаирского кряжа, Горного Алтая, северо-западная часть Кузнецкой котловины.

Западно-Сибирская низменность сочетает в себе самостоятельные впадины и возвышенности. Она состоит из двух плоских чашеобразных сильно заболоченных котловин (Северной и Южной) с приподнятыми краями. Исследуемая территория располагается в пределах Южной котловины.

На формирование рельефа значительное влияние оказали эрозионно-аккумулятивные процессы, а также процессы заболачивания, суффозии и эоловой деятельности. В зоне

избыточного и достаточного увлажнения на севере территории строение рельефа приводит, с одной стороны, к обильному стоку и проявлению эрозионно-аккумулятивных процессов, а с другой стороны – к скоплению поверхностных вод в болотах и озерах.

В степных районах, в условиях дефицита влаги эрозионные процессы развиты слабо, широко развиты процессы переноса водорастворимых солей, засоление почв и грунтов в низинах.

В лесостепной и степной зонах формирование рельефа происходит под воздействием суффозии и карстообразования. Образуются многочисленные мелкие западины, спорадически заполняющиеся водой и имеющие солончаковое дно. Развитие болот приводит к образованию микрорельефа в виде невысоких гряд, бугров и кочек.

На южной окраине исследуемой территории в формирование рельефа существенную роль играют эоловые процессы, приводящие к образованию дюн и гряд.

По характеру рельефа, геодинамическим процессам, сформировавшим этот рельеф, и геологическому строению на территории работ выделяется ряд геоморфологических провинций (рис. 7).



Рис. 7 Схема геоморфологических провинций Западно-Сибирской равнины.

Кеть-Тымская наклонная равнина расположена севернее р. Кети в зоне тайги. На междуречье рр. Кети и Тыма на востоке абсолютные отметки не превышают 180 м, а в юго-западном направлении они снижаются до 115 м. Равнина слаборенерированная, характеризуется слабовыпуклой или плоской поверхностью, с глубиной вреза долин рек – 30-70 м. Равнина сравнительно плоская, с сильным уклоном к р. Оби, на правобережье р. Кети сильно заболочена.

Чулымская наклонная пологоувалистая равнина занимает бассейн нижнего и среднего течения р. Чулыма с его крупными правыми притоками Чичка-Юлом и Улу-Юлом. Расположена южнее р. Кети, с глубиной вреза рек до 130 м. Абсолютные отметки поверхности здесь колеблются от 150 до 180 м, а в верховьях Чичка-Юла достигают 193 м. Поверхность равнины пологоволнистая, на юге – увалистая с небольшими плоскими участками. Для Чулымской равнины характерны линейные формы рельефа – ложбины древнего стока, ориентированные с северо-востока на юго-запад.

Кетско-Тымская и Чулымская равнины характеризуются весьма дифференцированным тектоническим строением, с чередованием положительных и отрицательных структур разного порядка. Амплитуды новейших поднятий в пределах впадин – 50-150 м, на положительных структурах – до 150-200 м.

Приаргинская наклонная равнина расположена в зоне крутого погружения древних структур Кузнецкого Алатау и занимает в пределах Томской области бассейны рек Чети, Кии и Томь-Яйское междуречье. Абсолютные высоты ее изменяются от 150 до 250 м, местами – более. Глубина расчленения – до 100 и более м. В тектоническом плане это наклонная на север и северо-запад структура с локальными поднятиями. Амплитуда новейших поднятий – 100-200 м.

Васюганская плоская слаборасчленённая заболоченная равнина расположена на западе Томской области, на севере и северо-западе Новосибирской и Омской областей, в зоне достаточного увлажнения с абсолютными отметками рельефа 130-150 м. Глубина расчленения рельефа обычно не превышает 10-20 м, доходя местами до 30 м. Горизонтальная расчлененность рельефа на большей части равнины – до 0,6 км/км². Широко развит болотный микрорельеф, сложенный биогенными осадками (торфом, сапропелем). Образование этого микрорельефа целиком связано с голоценовыми болотообразовательными процессами.

Равнина Тобольского материка занимает северо-западную часть правобережья р. Иртыша и является приледниковой областью аллювиальной и озерной среднечетвертичной аккумуляции, расчлененной современной гидрографической сетью. В ее пределах выделяются Имгытский болотный и Бича-Туйский расчлененные районы. Имгытский болотный район расположен на плоских водоразделах Тобольского материка, с абсолютными отметками от 123

м на севере, до 106 м – на юге, и из которого вытекают многочисленные реки, впадающие в р. Иртыш. Бича-Туйский район примыкает к широтному участку долины р. Иртыша с севера. Район глубоко расчленен речными долинами.

Ишимская наклонная равнина занимает широкую полосу в средней части Иртыш-Ишимского междуречья. Абсолютные отметки поверхности составляют 110 – 120 м, незначительно снижаясь по направлению на север, а также к долине реки Иртыш и Камышловского лога. В пределах равнины отсутствует современная речная сеть, что и обуславливает слабую расчлененность поверхности. Это денудационно-аккумулятивная равнина с преобладанием плоско-западного рельефа, с обилием озер и болотных понижений. В центральной части равнины хорошо выделяется врезанная долина Камышловского лога и древние ложбины стока широтного направления (Федоровская, Березовская), на юге – глубокооврезанная котловина озера Эбейты.

Нижнеиртышская (Иртыш-Кондинская) равнина – обширная низменная территория на левобережье р. Иртыша включает вторую и третью надпойменные террасы р. Иртыша и аккумулятивную озерно-аллювиальную равнину. Абсолютные высоты ее варьируют от 70 до 100 м, высота над урезом р. Иртыша – до 25 м. Равнина полого-волнистая, со слабым уклоном на север и в сторону р. Иртыша. Территория сильно заболочена. На поверхности много западин, озер, озерно-болотных понижений и болот с рядами.

Среднеиртышская равнина занимает долины рек бассейна р. Иртыш. Долинный комплекс включает пойменные и надпойменные террасы р. Иртыша. Река Ишим характеризуется разработанной поймой и первой надпойменной террасой. Для долинного комплекса свойственна значительная заболоченность.

Западно-Барабинская пологоволнистая и плоская денудационно-аккумулятивная равнина имеет пологоволнистое и плоское строение поверхности с абсолютными высотами в пределах 105-128 м. Общая ориентировка основных неровностей здесь теряется. Распространёнными формами рельефа являются гривы. Невысокие пологие широкие междуречные пространства чередуются с котловинами и ложбинами. Отмечается господство замкнутых котловин, многочисленных бессточных понижений с озерами и низовыми болотами. Долины местных рек на данной территории исчезают.

Восточно-Барабинская пологогрядовая аккумулятивная равнина представляет собой пологогрядовую поверхность с неглубоким эрозионным расчленением. Максимальные отметки рельефа, равные 150-170 м, наблюдаются в районе водораздельной полосы Обь-Иртышского междуречья. По обе стороны на З-ЮЗ и В-СВ отсюда опускаются невысокие широкие междуречные пологие аккумулятивные гряды с ложбинами, по дну которых проходят долины

местных рек с весьма пологими склонами. Наиболее пониженная часть района, западная, ограничена изогипсой 125 м.

Приобская крупногрядовая (увалистая) аккумулятивная равнина (плато) расположена западнее Новосибирского водохранилища и представляет собой часть аккумулятивных увалистых (грядовых) образований Восточной Кулунды, формирование которых происходило в результате неравномерного по площади накопления субэральных отложений в неоплейстоценовое время. Увалы, вместе с разделяющими их ложбинами, строго вытянуты в ВСВ направлении. Склоны их пологие и местами расчленены неглубокими ложбинами, суходолами и балками. По дну ложбины в пределах Новосибирской области протекает р. Карасук. На востоке правильность увалисто-ложбинной поверхности нарушена системой существенно врезанных верховьев долин местных рек (Чика, Тулы, Ирмени, Шарапа, Орды). Здесь эрозионные формы заметно преобразовали первичные склоны увалов и ложбин. Абсолютные отметки составляют на увалах 200-235 м, в Карасукской долине – 130-160 м.

На территории Алтайского края *Приобское плато* относительно четким уступом высотой 50-100 м отделяется от Кулундинской низменности. Плато расчленено широкими и глубокими древними долинами стока юго-западного направления на увалы. Ширина долин изменяется от 10 до 12 км при глубине вреза – 50-100 м. В большинстве этих долин заложены современные реки, которые текут в р. Обь (рр. Барнаулка, Касмала, Алей) или в сторону Кулундинского (рр. Кулунда, Кучук, Суетка) и Бол. Топольного озер (р. Бурла). Абсолютные отметки поверхности плато изменяются в пределах 150-300 м.

Кулундинская низменность представляет собой плоскую равнину озерного, озерно-аллювиального и аллювиально-дельтового происхождения, с господствующими абсолютными отметками 100-130 м. В пределах восточных и южных окраин отметки увеличиваются до 150 м. Территория характеризуется бессточностью, незначительным развитием современной гидрографической сети, большим количеством крупных и мелких соленых и солоноватых озер, многие из которых имеют промышленное значение, а в некоторых залегают гипс, используемый для мелиорации солонцов. Урезы воды в наиболее глубоких котловинах находятся на абсолютных высотах от 79 м (оз. Бол. Яровое) до 98 м (оз. Кулундинское).

Долина р. Оби на территории Томской области занимает *Обь-Иртышскую низменность*. Абсолютные отметки поверхности – от 40 м на севере до 100 м – на юге. Отрицательная унаследованная морфоструктура. Амплитуда новейших поднятий изменяется от 0-50 м в центральной части до 50-100 м в прибортовых зонах и до 100-200 м на юге долины. Развиты три надпойменных и пойменная террасы. Высота террас над урезом рек: третьей – 15-30 м; второй – 7-20 м; первой – 3,5-10 м; поймы – 6-7 м.

В пределах Новосибирской области *долина р. Оби* хорошо разработана, местами ширина её – более 20 км. Основными геоморфологическими элементами в строении долины Оби являются пойма и четыре надпойменные речные террасы. В долине развито множество стариц, проток, озёр, заторфованных болот и западин. Абсолютные отметки поверхности снижаются от 120-140 м на юге до 60-80 м на севере.

На территории Алтайского края *долина р. Оби* имеет хорошо развитую пойму и 5 надпойменных террас. Ширина долины изменяется от 10 до 60 км. Поверхность поймы изрезана старыми руслами р. Оби и ее притоками, изобилует озерами и старицами. Абсолютные отметки поверхности составляют 110-200 м. Поверхность террас расчленена густой сетью прямолинейно вытянутых с северо-востока на юго-запад ложбин. Ложбины широкие и разделены между собой сравнительно узкими гривами. Глубина вреза ложбин – 6-10 м, ширина – 100-200 м.

Обь-Чумышская возвышенность имеет пологоувалистую поверхность, расчленена многочисленными правыми притоками реки Оби, преимущественно, юго-западного простираия; имеет абсолютные отметки 300-500 м, которые снижаются на запад и северо-запад. Поверхность расчленена глубокой и разветвленной эрозионной сетью. Глубина вреза рек Оби, Бии, Чумыша по отношению к максимальным высотам (400-500 м) более 150 м; долин рек второго порядка – 80-90 м, балок – 40-60 м. Благодаря глубокому расчленению рельеф приобрел холмисто-увалистый облик. Междуречья здесь широкие, плоские, с многочисленными понижениями, занятыми берёзовыми лесами.

Вблизи горного обрамления Алтая и Салаира выделяются предгорные равнины. *Предсалаирская равнина* отделена от Обь-Чумышской возвышенности долиной р. Чумыша. Поверхность ее волнистая (абсолютные отметки — 200-300 м). Равнина густо и глубоко (более 100 м) расчленена речными долинами притоков р. Чумыша. *Предалтайская предгорная равнина* является переходной зоной между равнинной частью края и Алтайскими горами. Поверхность ее слабо наклонена на север. Абсолютные высоты составляют 270–350 м вблизи гор и 200–250 м – по северной периферии.

Гидрография

Гидрографическая сеть исследуемой территории хорошо развита и относится к бассейну Карского моря. Поверхностные воды, согласно гидрографическому районированию РФ, относятся к Верхнеобскому и Иртышскому бассейновым округам (рис. 8). Реки, преимущественно, текут с юга на север и принадлежат к системе р. Оби.



Рис. 8 Схема гидрографического районирования района работ

- Границы
- бассейновых округов
 - речных бассейнов

Речная сеть наиболее развита в зоне тайги и лесной зоне. Мелкая густая речная сеть характерна для лесостепи. Основными водными артериями являются рр. Обь (река I-го порядка), Иртыш, Томь, Чулым, Васюган, Парабель, Тым, Кеть, Шегарка, Омь, Парбиг, Бия, Катунь (реки II-го порядка). В реки Обь и Иртыш впадает свыше 1900 притоков длиной более 50 км [96-98].

По характеру питания и водному режиму реки рассматриваемой территории, и Западной Сибири в целом, подразделяются на степные, таежные и тундровые. В целом для них преобладает снеговое питание [12-13].

Речная сеть *таежной зоны и лесной зоны* представлена правыми и левыми притоками Средней Оби, а именно реками Чулым, Чая, Кеть, Парабель, Васюган, Тым и др., и Нижним Иртышом с его притоками Туртас, Демьянка, Конда. Реки данной зоны характеризуются сильной извилистостью и малыми уклонами (до 10 см на 1 км) и слабо выраженными водоразделами [28].

Густота гидрографической сети составляет 0,34-0,45 км/км². Долины рек слабо разработанные, неясно выраженные, ассиметричные, имеют серию надпойменных террас, которые чередуются с гривами и замкнутыми котловинами, занятыми озерами. Ширина долин изменяется от 0,5- 1 км в верховьях до 10-12 км в низовьях, преобладающая ширина – 4-6 км. Основным источником питания рек являются зимние осадки. Большинство рек на севере относится к таёжному типу, на которых в весенний период происходит затопление поймы. Болота на территории распределены повсеместно. Имеется много озер-стариц в поймах рек, их количество возрастает к северу. Имеются также внутриводораздельные остаточные озера, сохранившиеся в процессе развития болотных массивов. Самое крупное озеро этого типа – оз. Мирное с площадью зеркала 18,3 км².

В *лесостепной зоне* гидрографическая сеть представлена транзитными участками крупных рек, или маловодными и мелкими реками. Густота речной сети составляет 0,1-0,2 км/км². На междуречье рр. Оби и Иртыша располагаются области замкнутого стока, внутри которых речная сеть развита очень слабо. Реки здесь либо впадают в озера, либо теряются, пересыхают (рр. Каргат, Чулым, Баган, Карасук). Здесь характерно присутствие искусственно созданных водохранилищ и прудов, заполняемых весенними водами. Размеры водохранилищ невелики, за исключением Новосибирского водохранилища, площадь которого равна 1082 км². Реки Приобской лесостепи (Бакса, Тула, Ояш) и такие как Тара, Омь с ее притоками имеют равнинный характер, течение их спокойное, поймы их широкие, часто заболочены. Описываемые реки во многом похожи на реки лесной зоны. Пересекающие рассматриваемую зону долины крупных рек – Оби, Иртыша, Ишима, Тобола – образуют три области замкнутого стока. Внутри каждой из них речная сеть развита слабо. Основная часть этих рек либо заканчивает свое течение в озерах, либо теряется.

Большинство рек в этой зоне летом пересыхают. Наиболее крупными реками Обь-Иртышского междуречья являются реки Чулым, Каргат и Сума, которые принадлежат к внутреннему бессточному бассейну оз. Чаны. Бассейны этих рек узкой полосой вытянуты с северо-востока на юго-запад. Долины рек открытые, преимущественно ящикообразные, местами У-образной формы, шириной 0,1-5 км. Поймы рек двухсторонние, шириной 0,2-0,5 и до 4 км, заболочены и заозерены.

Гидрографическая сеть *степной части* исследуемой территории характеризуется наличием преимущественно временных водотоков, имеющих сток в период весеннего снеготаяния. Густота сети в среднем менее $0,1 \text{ км/км}^2$. Рек с постоянным стоком мало. В пределах значительной части степной зоны района исследований водотоки почти отсутствуют. Реки текут в широких, слабо выраженных долинах, дно которых местами занято большими заболоченными участками, а также более или менее крупными проточными озерами. Большинство рек заканчивают свое течение в крупных водоемах или в заболоченных понижениях и мелких степных озерах. Русла рек мелкие, сильно извилистые, заросшие. Наиболее значительные реки этой зоны – рр. Алей, Кулунда, Бурла и низовья р. Карасук, хотя и сток и этих рек в маловодные годы не доходит до их устьевых участков. Основная часть водотоков в летний период имеет пересыхающие участки русел, зимой реки промерзают [28].

Главная водная артерия района исследований *р. Обь*, которая имеет общую протяженность 3650 км при площади бассейна 2990 км^2 . Река Обь представляет собой равнинную реку с малыми уклонами и широкой террасированной долиной. Средние скорости течения составляют $0,5-0,7 \text{ м/с}$. В верхнем течении в нее впадают реки Чарыш, Алей, Чумыш, Бердь. На участке от г. Барнаула до г. Новосибирска Обь не принимает ни одного большого притока с левого берега. Угол наклона реки здесь 7 см на 1 км. Протекает она в высоких обрывистых берегах. У г. Новосибирска расположено водохранилище с восемнадцатиметровой плотиной и ГЭС мощностью 400 тыс. кВт. От г. Новосибирска до устья р. Иртыша падение реки составляет 4 см на 1 км. На этом обширном участке Обь принимает притоки равномерно слева и справа. Долина ее расширяется до 10 км, русло разбивается на многочисленные протоки. Ниже устья Томи река Обь течет в лесисто-болотистых берегах. Среднеголетний расход Оби увеличивается с юга на север от $1470 \text{ м}^3/\text{с}$ до $10000 \text{ м}^3/\text{с}$ [28].

По условиям питания река Обь и ее горные притоки относятся к группе рек со смешанным питанием. Летом в питании этих рек участвуют воды тающих ледников и дождевые воды, зимой питание рек идет за счет подземных вод. Характерным для режима р. Оби и ее притоков является наличие двух волн половодья: одна вызывается таянием снега на равнинных частях бассейна, вторая (июнь) – таянием горных снегов и ледников. Половодье длится до 4 месяцев. В период половодья река Обь на 1-2 месяца затапливает обширную пойму (6-15 км), песчаный состав отложений которой создает весьма благоприятные условия для восполнения запасов грунтовых вод современных аллювиальных отложений р. Оби и гидравлически связанных с ними подземных вод первого от поверхности горизонта четвертичных отложений.

Река Иртыш пересекает с юга на север всю территорию южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна, берет начало на территории КНР и впадает в р. Обь на расстоянии 1162 км от ее устья. Река Иртыш имеет глубоко врезанную и хорошо

сформированную долину, шириной 5-19 км, в пределах которой выделяются четыре надпойменных и пойменных террасы. Русло реки делится на ряд рукавов и обладает большим количеством перекатов, местами встречаются пороги. Форма русла извилистая, ширина русла по мере приближения к г. Омску увеличивается от 240 до 1000 м, максимальная глубина – 5-9 м, уклон – порядка 0,03 м на километр. Скорость течения в межень – 0,5-0,8 м/с. Урез воды над уровнем моря на севере составляет 46 м, на юге – 80 м. Максимальная амплитуда колебаний уровня воды в течение года достигает 7,6 м.

Основным источником питания притоков р. Иртыша являются зимние осадки, которые формируют от 48 до 90 % годового стока. Участие дождевой влаги в питании рек уменьшается с севера на юг от 34 до 20 %; в том же направлении идет уменьшение доли грунтового питания. Водный режим характеризуется весенним половодьем, захватывающим и часть лета. Максимумы уровней отмечаются в паводок (конец апреля - начало июня), минимумы приходятся на зимнюю межень (ноябрь-март). Для большинства рек летняя межень приходится на конец июля-сентября. Основными притоками р. Иртыша являются реки Тобол, Туртас, Демьянки, Носки, Алымки, Конды, Омь.

Солевой состав и минерализация воды р. Иртыша на всем протяжении однотипны: гидрокарбонатный кальциевый, реже натриевый с минерализацией 0,15-0,33 г/л. Воды притоков р. Иртыша весьма пресные и пресные с незначительным увеличением минерализации в зимние месяцы за счет подтока грунтовых вод, а в летние месяцы – за счет испарения. Все притоки Иртыша также имеют гидрокарбонатный кальциевый, реже магниевый или натриевый состав воды, но несколько отличаются по величине минерализации. Воды северных правых притоков весьма пресные с минерализацией 0,2- 0,5 г/л. Воды левых притоков пресные, с минерализацией 0,5 - 0,9 г/л.

В целом, реки рассматриваемой территории по характеру водного режима можно отнести к следующим основным типам: 1 – реки с весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года; 2 – реки с весенним половодьем и паводками в теплое время года и 3 – реки с резко выраженным весенним половодьем и низким стоком в остальное время. Весенне-летнее половодье и паводки в теплое время года характерны для рек лесной и таежной зон, рек правобережья р Иртыша в лесостепной части территории и для рек Алтайского края. Начало половодья приходится в среднем на вторую половину апреля. Окончание половодья наблюдается в среднем в конце июня - начале июля на средних и малых реках, а на больших – в начале августа. Летне-осенняя межень почти ежегодно нарушается прохождением дождевых паводков. Начало зимней межени на реках приходится в конце октября – начале ноября, окончание относится к началу подъема половодья. Межень устойчива, продолжительность ее составляет в среднем 140-170 дней [28].

Отдельную группу составляют *реки Обь-Иртышского междуречья* (Кулунда, Кучук, Бурла), впадающие в озера Кулундинской низменности. Равнинность рельефа и сухой климат низменности определяют ее гидрографию – крайне редкую речную сеть, густота ее составляет менее $0,1 \text{ км/км}^2$. Река Кулунда имеет малые уклоны, небольшие скорости течения: в межень – $0,1-0,3 \text{ м/с}$, в половодье – $0,5-1 \text{ м/с}$. Русло ее очень извилистое, неглубокое. Весеннее половодье невысокое кратковременное, уровни в летнюю и зимнюю межень низкие. Река Бурла также имеет малые уклоны и небольшие скорости течения. На большей части своего течения она представляет собой цепочку озер, нередко переходящих в займища и заросшие озера.

Вскрытие многих рек происходит в конце второй или начале третьей декады апреля, реже в первой декаде мая. Очищение рек от льда наблюдается в третьей декаде апреля, иногда в первой декаде мая. В период половодья в долинах рек Обь-Иртышского междуречья наблюдается интенсивное питание водоносных горизонтов аллювиальных отложений долин путем инфильтрации талых вод.

Первые ледовые образования появляются в конце октября - начале ноября. В первую очередь замерзают реки с малыми скоростями и расходами (Кулунда, Касмала) – в первой декаде ноября. В конце ноября замерзают все реки. Основная масса стока на большинстве рек происходит в период апрель – июль. Минимальный сток наблюдается в летне–осенние и зимние месяцы. Реки Кулунда и Касмала в связи с малым зимним стоком почти ежегодно перемерзают.

По химическому составу воды рек, в основном, относятся к гидрокарбонатному классу с преобладанием среди катионов кальция и магния. Воды р. Оби и ее притоков имеют минерализацию $0,2-0,7 \text{ г/л}$. В лесостепной и степной части воды рр. Кулунды, Кучук и Бурлы имеют повышенную минерализацию, достигающую $1-2 \text{ г/л}$, хлоридного состава. Испарение с водной поверхности невелико и составляет: в июле – $19-21\%$, в августе – $14-16\%$, в сентябре – $12-14\%$, в октябре – $9-11\%$ от годовой величины испарения.

Многочисленные *озера* весьма разнообразны по происхождению, размерам, конфигурации и минерализации. Основная масса озер приходится на центральную лесостепную и северную лесостепную зоны. Озера в основном приурочены к заболоченным плоским водораздельным плато, а также к поверхностям надпойменных и пойменной террас крупных рек.

Питание озер осуществляется за счет снеготалых вод, атмосферных осадков, в меньшей степени – за счет грунтовых вод. У некоторых крупных озер Кулундинской и Барабинской низменности основная часть питания формируется за счет речного стока, постоянного или сезонного (реки Кулунда, Кучук и др.). Озера характеризуются сезонными колебаниям уровней: от весеннего пополнения озер талыми водами с последующим постепенным

сокращением водной поверхности в летний период вплоть до полного высыхания в засушливые годы.

Значительная часть озер имеет площадь 3 – 10 км² и даже более. Наиболее крупные по площади озера находятся в степной зоне. К их числу относятся: Чаны (3500 км²), Кулундинское (722 км²), Убинское (430 км²), Кучукское (181 км²), Салтаим (146 км²), Эбейты (113 км²), Большое Топольное (76,6 км²), Большое Яровое (66,7 км²). Их средняя глубина не превышает 4,4 м (Большое Яровое).

Озера, распространенные в степной зоне, солоноватые, соленые и горько-соленые. Озера водно-эрозийного и водно-аккумулятивного происхождения. Водно-солевой режим озер степной части территории работ определяется соотношением величины поверхностного питания озера и испарения, проточностью озера и другими факторами, главным образом наличием и характером связи озера с грунтовыми водами.

Минерализация и химический состав вод озер очень разнообразен. Наиболее высокоминерализованное – озеро Эбейты, с содержанием растворенных солей от 45 до 450 г/л. Минерализация воды подвержена сезонным колебаниям и связана со спецификой растворенных в ней солей. Химический состав озерных вод, в зависимости от минерализации, изменяется от гидрокарбонатного, хлоридно-гидрокарбонатного до гидрокарбонатно-хлоридного, гидрокарбонатно-сульфатного и хлоридного. Минерализация вод озер Кулундинской равнины изменяется от 0,5 до 300 г/л, преобладают углекислые, хлоридные, сульфатные ионы. Выделяются важные в промышленном отношении бессточные озера Кулунды: сульфатные (Кучукское, Большое Яровое), хлоридное (Бурлинское), углекислотные (Петуховское, Михайловское).

Характерной особенностью Западной Сибири является большое распространение *болот* преимущественно в зонах тайги, подтайги и северной лесостепи. Плоский слаборасчлененный рельеф, замедленный сток рек, превышение осадков над испарением являются причиной столько сильной заболоченности исследуемой территории, особенно ее северной части. Средняя заболоченность территории составляет 20 %, а в отдельных районах и бассейнах рек – до 70-75 % (Васюганский район). С севера на юг прослеживается смена широтных болотных зон. В зависимости от условий водно-минерального питания болота подразделяются на верховые (олиготрофные), переходные (мезотрофные) и низинные (эвтрофные)

Широкое развитие различных типов болот определяется следующими основными причинами:

- соотношением элементов водного баланса (зона переменного и избыточного увлажнения),

- слабой эрозийной расчлененностью рельефа и малыми уклонами поверхности, затрудняющими поверхностный сток,
- преимущественно низкими фильтрационными свойствами водовмещающих пород верхней части разреза, что в значительной мере затрудняет отток грунтовых вод с междуречий к речным долинам.

Зона верховых выпуклых олиготрофных (сфагновых) болот занимает северную часть территории работ. Болота занимают в основном обширные водораздельные пространства и широкие террасы крупных рек. Заболоченность в этой зоне достигает 50 % [22]. Питание болот – атмосферное. Крупнейшее в мире Васюганское болото площадью 53 тыс. км². Верховые болота расположены обычно на плоских водоразделах, питаются только за счёт атмосферных осадков, где очень мало минеральных веществ, вода в них резко кислая. Широко распространены рямы и мари, покрытые угнетенными формами сосны и лиственницы, багульником и сфагновым мхом. Из-за накопления торфа поверхность болота со временем может стать выпуклой.

Южнее распространена зона вогнутых эвтрофных и засоленных болот. Здесь, в северных районах зоны, болота распространяются в междуречьях и в долинах рек в южных котловинах, речных старицах и депрессиях. Зона плоских низинных (эвтрофных) и переходных (мезотрофных) (осоко-гипновых и лесных) болот, заболоченность которых составляет около 20 %. Низинный тип болот с атмосферным и грунтовым питанием преобладает на склонах равнин, поймах рек, по берегам озёр и в различных понижениях рельефа. Характерная растительность — ольха, берёза, осока, тростник, рогоз, зелёные мхи.

Переходные болота по характеру растительности и умеренному минеральному питанию находятся между низинными и верховыми болотами, в основном грунтового питания, но развивающиеся на бедном минеральном субстрате. Обычно располагаются широкой полосой по окраинам верховых болот или в виде отдельных участков на бедных песчаных грунтах в сопровождении низинных. Из деревьев обычны берёза, сосна, лиственница.

Общей закономерностью внутригодового распределения хода уровня на болотах всех типов является повышение уровня весной в период таяния снега, последующее постепенное его снижение после весеннего максимума, летний минимум (вторая половина августа), осеннее повышение уровня в сентябре-октябре, зимнее незначительное снижение уровня, которое продолжается до начала весеннего снеготаяния [28].

2.2. Геологические условия

Западно-Сибирская плита имеет гетерогенный фундамент, перекрытый чехлом платформенных мезозойско-кайнозойских отложений.

В *тектоническом отношении* чехол Западно-Сибирской плиты на территории работ подразделяется на 2 крупные надпорядковые региональные тектонические структуры: Внешний тектонический пояс и Центральная тектоническая область.

Территория Внешнего тектонического пояса занимает южную, юго-восточную и юго-западные окраины Западно-Сибирской плиты, глубина до фундамента не превышает 2 км. Здесь преобладают незамкнутые и полужамкнутые структуры типа выступов, моноклиналей.

Центральная тектоническая область соответствует Обской ступени. В пределах Центральной тектонической области преобладают замкнутые структуры I и II порядков типа сводов, мегавалов, валов, куполовидных поднятий, мегавпадин, мегапрогибов, впадин и прогибов. Своды и мегавалы имеют амплитуду по поверхности фундамента до 400-600 м, при этом вверх по разрезу амплитуда их уменьшается примерно в 10 раз по отложениям верхнего мела и палеогена.

Платформенные структуры чехла наследуют структуры фундамента, но степень и характер унаследованности определяется типом и возрастом структур фундамента. Если структурные элементы фундамента образованы в позднем палеозое и раннем мезозое, то унаследованные тектонические движения сохраняются в них до палеогена. Если они образованы в конце каледонского и в начале герцинского циклов, то их тектоническая активность проявлялась только в мезозое. И начиная с палеогена и позднего мела в верхней части чехла формируется новый структурный план, не связанный со структурным планом фундамента. В подтверждение этому на современной поверхности плиты выделяются крупные структурные формы, простирающие которых дискордантно простираению структур фундамента и платформенного чехла по юрским и меловым отложениям.

В *геологическом строении* бассейна принимают участие кайнозойские и мезозойские отложения мощностью до 3500 м, образующие платформенный чехол и несогласно залегающие на размытой поверхности доюрских образований.

Поскольку наибольший интерес для водоснабжения представляют подземные воды, приуроченные к отложениям мелового и более молодого возраста, характеристика геологического строения приводится, начиная с ниже-верхнемеловых отложений покурской свиты и ее аналогов.

Геологическая стратификация разреза приводится в соответствии с обновленной легендой Омско-Кулундинской подсерии Западно-Сибирской серии листов Госгеолкарты-200 [58] и с действующей легендой Обской подсерии Западно-Сибирской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000, утвержденной НРС МПР в 2000 г. [50].

Мезозойская эратема

Меловая система

Меловая система представлена мощной толщей переслаивающихся морских и континентальных отложений.

Толща континентальных ниже - верхнемеловых отложений *покурской свиты* (K_{1-2pk}) апт-сеноманского (апт-туронского) ярусов развита практически повсеместно, исключая юго-восточную часть характеризуемой территории. Представлена неравномерно чередующимися песками, глинами и алевролитами с прослоями песчаников. Породы серые, светло-, темно- и зеленовато-серые. В западной части территории работ объема покурской свиты отвечают *викуловская* (K_1vk), *ханты-мансийская* (K_1hm) и *уватская* (K_2uv) свиты. Нижняя – *викуловская* представлена чередованием мелкозернистых песчаников, алевролитов и алевролитовых глин с прослоями углей. Средняя – *ханты-мансийская* – преимущественно, глинистая и аргиллитовая толща морского генезиса с единичными прослоями песков, алевролитов, известняков. Верхняя – *уватская* - чередующиеся светло-серые алевролиты, глины, пески и песчаники. В восточной части территории работ верхняя часть покурской свиты замещается глинами и песками *кийской свиты* (K_{1-2ks}), которые далее на восток сменяются песками *пировской свиты* (K_{1-2pr}). Покурская свита, преимущественно, песчаная мощностью до 1000 м. В юго-восточном направлении покурская и кузнецовская свиты фациально сменяются озерно-аллювиальными и делювиально-пролювиальными отложениями *леньковской свиты* (K_{1-2ln}) мощностью до 250 м.

Верхнемеловые отложения *кузнецовской свиты* (K_2kz) турон-коньякского ярусов с размывом перекрывают континентальные *покурскую* и *уватскую* свиты и, несмотря на небольшую мощность (до 60 м), литологически выдержаны и выделяются на всей территории, выклиниваясь в ее восточной части. Слагают свиту глины серые, темно- и зеленовато-серые с редкими прослоями алевролитов и песков.

В восточной части Томской области отложения *кузнецовской свиты* замещаются отложениями *симоновской свиты* (K_2smn), сложенной, в основном, светло-серыми, зеленовато-серыми мелкозернистыми кварц-полевошпатовыми песками с линзами и прослоями песчаников, глин серых и пестроцветных. Мощность свиты изменяется от 50 до 300 м, местами достигает 500 м.

Верхнемеловые отложения *ипатовской свиты* (K_2ip) коньяк-сантонского ярусов, с размывом залегающие на кузнецовской, выделяются в центральной части, выклиниваясь на востоке. Они представлены зеленовато-серыми и серыми песками, песчаниками, алевролитами с прослоями глин. В западной части возрастному объему *ипатовской свиты* отвечает нижняя подсвита *березовской свиты* (K_2br_1), сложенная глинами опоковидными и опоками голубовато-

и темно-серыми с прослоями песчаников и алевролитов. Мощность *ипатовской* свиты – до 200 м, *нижнеберезовской* подсвиты – до 100 м.

Верхнемеловые морские отложения *славгородской свиты* (K_2sl) кампанского яруса, с локальным размывом залегающие на *ипатовской*, сложены, в основном, глинами зеленовато - и коричневатого-серыми и серыми, алевролитистыми с прослоями песчаников серых. В западной части возрастному объему славгородской свиты соответствует морская верхняя подсвита *березовской свиты* (K_2br_2), согласно залегающая на нижней подсвите, и представленная глинами серыми и зеленовато-серыми, алевролитистыми, участками кремнистыми, часто опоковидными. Мощность *славгородской* свиты – до 160 м, *верхнеберезовской* подсвиты – до 100 м.

Верхнемеловые морские отложения *ганькинской свиты* (K_2gn) кампан-маастрихт-датского ярусов имеют повсеместное распространение, с местным размывом залегают на *славгородской* свите и *верхнеберезовской* подсвите и представлены, преимущественно, глинами серыми, зеленовато - и темно-серыми с прослоями мергелей, мергелистых глин и мелкозернистых, глинистых песчаников, железорудных песчаников и железных руд. Мощность отложений ганькинской свиты – до 250 м.

В восточной части территории Томской области отложения ганькинской свиты замещаются отложениями *сымской* свиты, залегающей на отложениях симоновской свиты. Перекрывается разными свитами палеогенового возраста. Сложена свита светло-серыми песками с прослоями белых и серых каолинистых и гидрослюдистых глин, обогащенных обугленными растительными остатками. Мощность свиты достигает 700 и более метров.

По периферии Центрально-Кулундинской впадины морские отложения ипатовской, славгородской и ганькинской свит замещаются континентальными аллювиально-озерными, аллювиальными и делювиально-пролювиальными отложениями *сымской* свиты мощностью до 150 м.

Кайнозойская эратема

Палеогеновая система

Палеогеновая толща представлена морскими отложениями палеоцена, эоцена и континентальными – олигоцена.

Талицкая свита (P_1tl) палеоцена, развитая в северо-западной части территории работ, повсеместно трансгрессивно перекрывает *ганькинскую* и сложена глинами темно-серыми до черных, серыми и зеленовато-серыми, аргиллитоподобными с линзами и прослоями песчаников. Мощность свиты – до 160 м. В центральной (Нарымской) части Томской области талицкая свита замещается глинами, песками и песчаниками с прослоями железных руд *парабельской свиты* мощностью до 80 м.

Люлинворская свита (P_{1-2ll}) верхнего палеоцена – нижне-среднего эоцена, развитая повсеместно, за исключением восточной части территории, постепенно сменяющая *талицкую* и с размывом – *ганькинскую* свиты, представлена глинами зелеными, голубовато-серыми и серыми, плотными, жирными, в нижней части опоковидными, с редкими маломощными прослоями песчаников и темно-серых глинистых алевритов. Мощность отложений – до 200 м. В южной части Томской области в этот период накапливались прибрежно-морские и континентальные отложения *кызуровской свиты* ($P_{1-2 kz}$), а по востоку области – нерасчлененные палеоцен-эоценовые отложения (P_{1-2}).

Тавдинская свита (P_{2tv}) среднего-верхнего эоцена, с размывом залегающая на *люлинворской*, распространена повсеместно, за исключением восточной части территории, где отложения свиты замещаются прибрежно-морскими породами *юрковской свиты*. Свита сложена достаточно однородной толщей глин зеленых, голубовато-зеленых и зеленовато-серых, плотных, жирных с редкими тонкими прослоями мелкозернистых песков и глинистых алевритов с зернами пирита и конкрециями сидерита. Мощность свиты – до 250 м.

Кусковская свита (P_{2ks}) выделена на небольшой площади к северо-востоку от г. Томска (Притомский район) и довольно отчетливо делится на две толщи: нижнюю, сложенную светлыми кварцевыми, каолинизированными песками, и верхнюю, представленную черными, обогащенными органикой, песками с линзами лигнита. В кровле свиты местами отмечаются кремнистые песчаники. Мощность свиты не превышает 50 м.

Юрковская свита (P_{2jr}) верхнего эоцена залегает на глинах *люлинворской* и *тавдинской* свит. Распространена на большей площади работ, выклиниваясь в восточном, юго-восточном направлении. Отсутствуют отложения свиты на площади крупных структурных поднятий. Сложена свита, в основном, разнозернистыми с гравием песками серыми, желтовато-серыми, бурыми, коричневатыми, хорошо промытыми. В основании свиты местами встречаются гравийно-галечниковые породы кремнисто-кварцевого состава с окатышами глин. Мощность свиты – до 90 м.

Исилькульская свита (P_{3is}) нижнего олигоцена озерного и аллювиального генезиса развита на большей части Омской области и с размывом залегает на *тавдинской*. Представлена она неравномерно переслаивающимися глинами и алевритами с подчиненными прослоями песков и редкими маломощными - бурых углей. Породы буровато-серые, коричневатые-серые и серые, неясно - горизонтальнослоистые. Бурые угли неплотные, листоватые и чешуйчатые. Мощность отложений – до 35 м.

Атлымская свита (P_{3at}) нижнего олигоцена, преимущественно, аллювиального генезиса пользуется широким распространением на территории работ, выклиниваясь в ее восточной и юго-восточной частях. Она с размывом перекрывает *тавдинскую* и представлена,

преимущественно, песками с подчиненными прослоями алевритов, глин и редкими - бурых углей. Породы от светло- до темно-, реже голубовато-серых и буровато-серых. Мощность отложений – до 90 м.

Новомихайловская свита (P_{3nt}) нижнего олигоцена развита повсеместно на территории, согласно залегает на *исилькульской (атлымской)* и сложена неравномерно чередующимися глинами, алевритами с подчиненными прослоями песков и редкими маломощными – бурых углей. Породы от коричневатого-бурого до серых и темно-серых. Мощность отложений до 120 м.

Черталинская свита (P_{3čr}) нижнего олигоцена – нерасчлененная толща, соответствующая объему *исилькульской (атлымской)* и *новомихайловской* свит, пользуется ограниченным распространением на северо-западе, с размывом залегает на тавдинской и представлена неравномерно чередующимися коричневатого-серыми и серыми алевритовыми глинами, глинистыми алевритами, тонко-мелкозернистыми песками с редкими прослоями бурых углей. Для пород характерна, преимущественно, горизонтальная слоистость, обычна засоренность их обугленным растительным детритом. Мощность отложений – до 200 м.

Журавская свита (P_{3žr}) верхнего олигоцена развита повсеместно, за исключением северных и северо-восточных частей территории, с локальным размывом (местами согласно) залегая на *новомихайловской и черталинской*. В толще преобладают алевриты, неравномерно переслаивающиеся с песками и подчиненными прослоями глин. Для пород характерна зеленоватого-серая до светло-серой (обычно для песков) окраска, тонкослоистость. Мощность ее – до 70 м. На северо-западе журавская свита замещена *туртаской свитой*, представленной толщей однородных зеленоватого-серых алевритов с прослоями глин и с редкими линзами песков мощностью 40-70 м.

Лагернотомская свита (P_{3lt}) верхнего олигоцена распространена на большей части территории Томской области, представлена песками, глинами и алевритами с линзами и прослоями лигнитов. Пески серые, зеленоватого-серые тонко-, мелкозернистые, в основании свиты – гравий, окатыши глин и сидеритов. Глины серые, зеленоватого-серые, реже коричневые и черные. Мощность свиты изменяется от 50 до 120 м.

Неогеновая система

Неогеновая система представлена континентальными миоценовыми и плиоценовыми отложениями.

Абросимовская свита (N_{1ab}) нижнего миоцена развита на большей части территории, за исключением наиболее врезанных частей долин рек Иртыша, Оби и их крупных притоков. Она с локальным размывом залегает на *журавской* и представлена неравномерно чередующимися буровато-серыми и серыми глинами, алевритами и песками. Характерны обильный растительный детрит, фрагменты обугленной древесины. Мощность свиты не превышает 50 м.

Бецеульская свита ($N_1b\delta$) нижнего-среднего миоцена аллювиально-озерного генезиса развита на большей части Новосибирской области, за исключением крайней северной части территории работ и прирусловой, наиболее врезанной части рек Иртыш, Тара, Уй, Шиш. Она с размывом перекрывает *абросимовскую* и сложена переслаивающимися тонкослоистыми коричневато-серыми алевритами, песками и глинами с редкими прослоями бурых углей. Мощность свиты – до 30 м. Отложения *бецеульской свиты* местами замещаются образованиями *таганской свиты*, сложенной песками разнотернистыми, глинами, гравелитами мощностью не более 10-20 м.

В восточной части Томской области в нижне-среднемиоценовое время накапливались отложения *бельской* и *кирнаевской свит*. *Бельская свита* формировалась в озерных условиях и представлена, в основном, глинами алевритистыми, каолиновыми, иногда углистыми, со стяжениями сидерита. На отдельных участках встречаются пески. Мощность свиты – до 60 м. Аллювиальные отложения *кирнаевской свиты* представлены песками разнотернистыми с прослоями охристых глин, галечниками, конгломератами. Мощность образований – до 30 м.

Отложения небольшой мощности (до 25 м), объединенные под названием *ютымасские* слои, выделены на ограниченной площади в юго-западной части Томской области. В литологическом отношении – это глины серые, коричневато-серые, алевритистые, часто карбонатные, суглинки бурые, серые, пески мелкозернистые.

Таволжанская свита (N_1tv) среднего-верхнего миоцена представлена озерными, реже аллювиальными отложениями, развитыми в южной половине территории (примерно до 56°СШ), согласно залегают на *бецеульской свите* и представлены, преимущественно, глинами, реже алевритами с прослоями песков. Окраска пород зеленовато-, голубовато-, реже светло-серая и серая до темно-серой. Породы обычно с известковыми конкрециями. Мощность свиты – до 40 м.

Павлодарская свита (N_1pv) верхнего миоцена озерного, реже аллювиального, генезиса развита в южной части на площади, несколько сокращенной по сравнению с площадью развития *таволжанской свиты*. Она с размывом перекрывает последнюю и представлена пестроокрашенными (от бурых и темно-бурых до красно-, зеленовато-, желтовато-, темно-серых и серых) глинами, реже песками и алевритами. Мощность ее – до 30 м.

Чановская свита ($N_2\epsilon n$) нижнего-верхнего плиоцена, имеющая ограниченное распространение в южной части в виде обособленных участков различной площади и конфигурации и выделяемая, в основном, благодаря, преимущественно, песчаному составу, залегают на размытой поверхности *новостаничной свиты* и перекрывается четвертичными покровными образованиями. Сложена свита песками, супесями с прослоями суглинков и глин.

Породы серые до грязно- и темно-серых, желтовато- и зеленовато-серые, реже желто-бурые и ржаво-желтые. Мощность ее – до 20 м.

Четвертичная система

Четвертичные отложения развиты повсеместно и представлены эоплейстоценовыми, неоплейстоценовыми и голоценовыми отложениями. Ниже дана характеристика наиболее развитых на территории области отложений четвертичного возраста.

Эоплейстоценовые озерные, аллювиальные и лессовые отложения каргатской (кочковской) свиты (l, a, LQ_E кс), как и *чановская свита*, развиты в виде обособленных участков разных размеров и морфологии на лево- и правобережье р. Иртыша, на правобережье р. Оби. Свита с размывом залегает на неогеновых образованиях и представлена глинами и суглинками с редкими маломощными прослоями песков и горизонтов погребенных почв. Пески серые мелкозернистые встречаются в виде прослоев или линз мощностью 2-12 м, часто переходящие в алевриты. Породы бурые, желто- и красновато-бурые, зеленовато-, буровато-, сизовато- и темно-серые. Мощность ее до 20 м, местами достигает 40 и более метров. В местах развития отложений древних ложбин стока сокращается до 5 м.

Верхнеэоплейстоценовые отложения убинской свиты ($lQ_{E-луб}$) озерного генезиса пользуются ограниченным распространением в юго-западной левобережной части р. Иртыша и незначительным – у восточной границы (О-43-XXIX). Они с размывом залегают соответственно на *навлодарской* и *бецеульской* свитах и представлены, в основном, глинами и суглинками с редкими прослойками супесей и песков. Преобладающая окраска пород коричневатобуровато-серая и серая. Мощность отложений – до 20 м.

Эоплейстоценовые-среднеэоплейстоценовые отложения смирновской толщи ($lQ_{E-лsm}$) озерного генезиса пользуются широким распространением в северной части правобережья р. Иртыша, в пределах водораздельных пространств левобережья р. Оби. По правому берегу р. Оби смирновская свита окаймляет отложения кочковской свиты по водоразделам крупных рек Кети, Тыма, Чулыма. Денудационными процессами образования смирновской свиты полностью уничтожены в прадолинах и долинах современной речной сети. Свита сложена однообразной толщей плотных, пропитанных гидроокислами железа, глин от бурого до зеленовато-серого и серого цвета. Мощность отложений в зависимости от рельефа поверхности изменяется от 4 до 46 м. Толща с размывом перекрывает *бецеульскую* и *абросимовскую* свиты и сложена глинами, суглинками, реже супесями, в основании местами аллювиальными песками. Преобладающая окраска пород зеленовато-темно-серая, реже желто-и буро-серая. Мощность отложений – до 46 м.

Нижнечетвертичные отложения (aQ_I). Развивающиеся в этот период процессы эрозии привели к формированию обширной долины Праоби шириной до 100 км на крайнем севере и в

центре Томской области, сужающейся к горному обрамлению до 20-40 км. В этот период закладывались правобережные притоки р. Оби, сформировавшие прадолины рр. Тым, Кеть, Чулым, Томь. Выработанные долины заполнились мощной толщей аллювиальных накоплений. В южных районах области до широты Колпашевского Приобья в разрезе преобладают грубо-крупнозернистые пески с гравием. Такой же грубозернистый материал присутствует в северо-восточной части области и в Томском Приобье. В остальных районах области эти отложения сложены песками серыми, реже зеленовато-серыми тонко-мелко-среднезернистыми, реже грубозернистыми. Редкие прослой и линзы глин и суглинков мощностью от 0,5 до 5,0 м отмечаются в верхней части разреза. Мощность нижнечетвертичных отложений изменяется от нескольких метров до 20 м.

Нижне-среднеплейстоценовые отложения сладководской свиты (dp, lQ_{1-11sv}). Делювиально-пролювиальные, в меньшей степени озерные, отложения развиты в юго-западной относительно повышенной части левобережья р. Иртыша. Она согласно залегает на *убинской* и, с местным размывом – на *новостаничной* свитах и сложена, преимущественно, суглинками и глинами, реже супесями, редко песками буровато-желтыми, буровато- и желто-серыми, серыми до темно-серых. Мощность отложений до 20 м.

Нижне-среднеплейстоценовые отложения федосовской свиты (lQ_{1-11fd}) озерного, реже аллювиального, генезиса пользуются достаточно широким распространением на водораздельных пространствах, согласно залегают на *кочковской* и с размывом – на неогеновых образованиях и представлены глинами, суглинками, супесями с редкими прослоями песков. Представлена свита озерными и озерно-аллювиальными отложениями. Верхняя часть свиты сложена глинами голубовато-серыми, серыми, темно-серыми до черных, часто иловатыми, алевритистыми, карбонатизированными. Встречаются суглинки желтовато-бурые, буровато-серые с пятнами гидроокислов железа. В основании свиты часто встречаются линзы и горизонты песков буровато-серых и серых от мелко- до грубозернистых. Мощность осадков изменяется от нескольких метров до 30 м, в пределах Обь-Томского междуречья мощность достигает 50 м.

Среднеплейстоценовые отложения тобольской свиты (aQ_{11tb}). Аллювиальные отложения занимают площадь на крайнем севере Омской области (правобережье р. Иртыша) и в Томской области приурочены к древним эрозионным врезам, и вскрываются в естественных обнажениях по берегам рек Обь, Васюган, Нюролька, Салат. Они с размывом залегают на *абросимовской* и *журавской* свитах. Представлены отложения аллювиальными русловыми и реже, в верхах разреза, пойменными фациями. Пойменный аллювий сложен маломощными прослоями и линзами сизых, голубовато-серых суглинков, супесей и иловатых глин. Русловой

аллювий сложен песками серыми разнозернистыми (от мелко- до грубозернистых, иногда гравелистых). Мощность отложений свиты колеблется от первых метров до 20-30 м.

Среднеплейстоценовые отложения сузгунской толщи (laQ_{IIsz}) озерно-аллювиального генезиса выделяются в приледниковой зоне, занимая объем *бахтинского* надгоризонта. Развита отложения в долине р. Оби, где занимают полосы шириной 100-125 км (Колпашевское и Нарымское Приобье), а также далеко заходят в верховья её правых и левых притоков, где ширина полос уменьшается до 5-15 км. Представлены осадки сузгунской толщи суглинками, песками, супесями, глинами с гумусированными прослоями и погребенными почвами. Мощность толщи увеличивается от верховьев рек к долине р. Оби, соответственно, от 8 до 42 м. Они без видимого перерыва залегают на *тобольской* свите и сложены неравномерно переслаивающимися глинами, суглинками, редко песками, лессами с прослоями погребенных почв. Породы желто-, буровато-, зеленовато-, темно-серые и серые. Мощность отложений – до 35 м.

Средне-верхнеплейстоценовые отложения древних ложбин стока Томской области выделены под названием пайдугинская свита ($aQ_{II-IIIpd}$). Формирование образований происходило при массовом таянии ледников, расположенных восточнее и севернее территории Томской области. Ложбины стока четко выражены в рельефе по своим грядово-грядным формам и протягиваются на сотни километров, пересекая современные речные долины, обрываясь р. Оби. Повсеместно древние ложбины стока сложены мелко- и тонкозернистыми песками желтовато-серого, серого цвета. В северо-восточных районах Томской области в базальных горизонтах ложбин стока вскрываются пески крупно-грубозернистые с гравием и галькой. Часто пески в кровле пропитаны гидроокислами железа, иногда отмечается каолинизация песков. Мощность пайдугинской свиты увеличивается с северо-востока на юго-запад от 2-4 до 20-22 метров.

Флювиогляциальные отложения (fQ_{II-III}) имеют ту же природу, что и древние ложбины стока, формировались на пологих склонах водораздельных равнин и носят покровный характер. Выделены отложения на северо-востоке области, в верховьях рр. Чурбига, Райга, Лисица, представлены они песками мелкозернистыми желтовато-серыми, серыми полевошпатово-кварцевыми с прослоями суглинков и супесей. Мощность отложений – 17-20 м.

Верхнеплейстоценовые отложения представлены аллювиальными террасовыми образованиями современной речной сети. *Аллювиальные отложения третьей террасы (a^3Q_{III})* сохранились в низовьях рр. Тыма и Кети и в долине р. Чузик Васюган-Тымского Приобья. В составе отложений третьей надпойменной террасы преобладают пески, которые переслаиваются с иловатыми глинистыми песками, суглинками, глинами и алевритами. Мощность отложений изменяется от 14-16 до 30 м, местами сокращаясь до 4-8 м. *Аллювиальные*

отложения вторых надпойменных террас (a^2Q_{III}) широко развиты в долинах всех крупных рек. В строении террасы принимают участие, в основном, пески тонкозернистые желтовато-серые, коричневатого-серые, супеси, суглинки, глины. Мощность отложений – 5-19 м. *Аллювиальные отложения первых надпойменных террас (a^1Q_{III})* имеют локальное распространение по долинам крупных водотоков. В составе террас преобладают песчаные разности пород с прослоями суглинков, реже глин. Встречаются линзы погребенных торфяников. Пески разнозернистые желтовато-серые хорошо промытые и отсортированные. Мощность отложений – от первых метров до 20 м.

Среднеплейстоценовые озерно-аллювиальные отложения четвертой террасы р. Иртыша (la^4Q_{II}) развиты в северной половине Омской области в виде полосы шириной до 30 км вдоль правого его берега ($56^{\circ} 01' - 57^{\circ} 25' \text{ СШ}$) и на левобережье (О-43- XXX1) в виде полосы северо-западного простирания шириной до 29 км, залегающая на размытой поверхности *бецеульской, абросимовской и журавской* свит. Сложена терраса песками, суглинками, глинами и супесями серыми, светло-серыми, буровато-серыми, светло-бурными. Мощность отложений – до 33 м.

Средне-верхнеплейстоценовые отложения карасукской свиты ($laQ_{II-IIIkr}$) выполняют древние ложбины стока, погребенные озерные котловины и пониженные участки равнины, в основном, в южной половине Новосибирской области и на территории Алтайского края. Озерные и озерно-аллювиальные (речные) отложения с размывом залегают на подстилающих неогеновых и четвертичных образованиях и представлены неравномерно чередующимися суглинками, глинами, супесями и песками. Породы буровато-, желтовато-, зеленовато-, синевато-, грязно-серые и серые. Мощность отложений до 55 м.

Верхнеплейстоценовые озерно-аллювиальные отложения третьей террасы р. Иртыша (la^3Q_{III}) достигают широкого развития, в основном, на левобережье реки, особенно в северной половине Омской области, где ширина ее достигает 90 км. Аллювий террасы залегают на размытой поверхности неогеновых и олигоценых отложений и представлен песками, суглинками, супесями и глинами. Для пород характерна буровато- и желто-серая, буровато-желтая (в верхней части) до серой, зеленовато- и голубовато-серой (в нижней части) окраска. Мощность аллювия достигает 40 м.

Верхнеплейстоценовые озерно-аллювиальные отложения вторых террас (la^2Q_{III}), протягиваются непрерывной полосой шириной до 37,5 км по левому берегу р. Иртыша и в виде отдельных нешироких (до 8,5 км) сегментов по правому его берегу и обоим берегам рек Омь, Тара, Шиш, Уй и Ишим. Как и третья терраса, они залегают на размытой поверхности неогеновых образований и журавской свиты, обычно имеют двучленное строение с песками и супесями русловых фаций в нижней части и пойменными суглинками, реже глинами - в

верхней. Окраска пород в верхней части буровато- и желто-серая, ниже серая, голубовато- и зеленовато-серая. Мощность отложений – до 30 м.

Верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения первых террас р. Иртыша (a^1Q_{III}) развиты в виде сравнительно нешироких, редко до 8 км (О-42-XXIV, у с. Усть-Ишим), обособленных сегментов, вытянутых по обоим берегам рек Иртыш, Омь, Тара, Уй, Шиш, Туй, Кыртовка, Оша и Ишим. Аллювий террас, с размывом залегающий на неогеновых отложениях и журавской свите, в долине р. Иртыша сложен, преимущественно, песками, в долинах его притоков имеет более глинистый состав (супеси, суглинки, глины). Цвет пород серый, светло-желтовато- и голубовато-серый, буровато- и зеленовато-серый. Мощность отложений – до 28 м.

Верхнеплейстоцен-голоценовые лессовые отложения и покровные образования (lQ_{III-n}) пользуются широким распространением, перекрывая плащом незначительной (обычно до 3-4, редко до 10 м) мощности новостаничную свиту и все вышеописанные четвертичные образования (за исключением отложений первых и, частично, вторых террас). большей частью они являются продуктом переработки верхней части подстилающих отложений под воздействием элювиальных, делювиальных, пролювиальных и эоловых процессов. Переход к подстилающим отложениям в большинстве случаев постепенный. Представлены они суглинками, глинами, реже супесями и песками.

Голоценовые озерно-болотные отложения (l, lbQ_H) развиты на всех геоморфологических поверхностях, особенно в северной части территории. Они с размывом залегают на подстилающих неогеновых и четвертичных образованиях и представлены суглинками, глинами, супесями, торфом, сапропелями, имеющими голубовато- до сизовато- и темно-грязно-серую окраску, в основании нередко сажисто-черные, иловатые. Мощность отложений – до 11 м.

Голоценовые аллювиальные отложения пойменных террас (aQ_H) наибольшего развития достигают в долинах рр. Оби и Иртыша, где они залегают на размывной поверхности неогеновых отложений и журавской свиты, в долинах других рек – местами на более древних четвертичных образованиях и представлены песками, супесями, суглинками, реже глинами. Пески выполняют обычно нижнюю часть разреза поймы и представляют русловую фацию аллювия. Породы буровато-, желто-, голубовато-, темно-серые и серые с взаимопереходами одной разности в другую и горизонтами частого переслаивания. Мощность пойменного аллювия достигает 25 м.

2.3. Гидрогеологические условия территории исследований

В строении Западно-Сибирского артезианского бассейна выделяются 2 структурных яруса. Нижний – складчатый палеозойский фундамент с распространенными, в основном, в зоне древнего выветривания и тектонических разломов напорными трещинными и трещинно-

жильными водами. Верхний – эпипалеозойский чехол, содержащий напорные, преимущественно, и безнапорные пластово-поровые воды в рыхлых слабоуплотненных осадках кайнозоя и мезозоя. Подземные воды фундамента, залегающего на больших глубинах, не изучены и на данном этапе исследований практического интереса не представляют. Отдельные скважины, каптирующие палеозойские отложения, при опробовании показали низкую водообильность.

В разрезе Западно-Сибирского артезианского бассейна пластовых вод выделяется региональный водоупор верхнемел-палеогенового возраста мощностью до 400-800 м, разделяющий водонасыщенную мезозойско-кайнозойскую толщу на два гидрогеологических этажа с резко различными условиями формирования подземных вод. В краевой зоне бассейна, в восточной-юго-восточной части рассматриваемой площади региональный водоупор выклинивается, и отложения представляют здесь единую водоносную толщу.

Условия формирования подземных вод ЗАБ своеобразные и довольно сложные. В региональном плане территория ЗАБ относится к зоне активного водообмена и транзита подземных вод в более глубокие части бассейна в северо-западном направлении.

Верхняя гидродинамическая зона (этаж) интенсивного водообмена охватывает водоносные комплексы, подземный сток которых формируется под дренирующим воздействием местной эрозионной и речной сети.

Характер распределения величин подземного стока зоны интенсивного водообмена в целом определяется климатическими особенностями, геоморфологическими условиями, литолого-фациальным строением водовмещающих толщ и структурно-гидрогеологическими условиями.

Климат придает распределению величин подземного стока черты ярко выраженной широтной зональности, т.к. величина питания подземных вод определяется количеством атмосферных осадков, особенно в крайней южной части бассейна, где возможность питания подземных вод определяется соотношением суммы осадков и величины возможного суммарного испарения.

Зональность распределения величин подземного стока проявляется наиболее четко при переходе от зоны недостаточного увлажнения к зонам умеренного и избыточного увлажнения. В зоне недостаточного увлажнения характерно уменьшение величин подземного стока, что связано с сокращением количества осадков и уменьшением степени эрозионной расчлененности рельефа.

По условиям питания подземных вод АБ выделяются внешние и внутренние области питания. Вдоль обрамления бассейна в районах Семипалатинского Прииртышья, Горного Алтая, Салаира и Колывань-Томской складчатой области формируются мощные потоки

пресных подземных вод, которые идут транзитом к центральной части бассейна, лишь частично дренируясь в долинах рек Оби, Иртыша и их крупных притоков. Здесь происходит активный водообмен как по площади, так и в разрезе бассейна. В предгорье Рудного Алтая наблюдается замедленный водообмен, обусловленный, преимущественно, глинистым составом мезозойско-кайнозойских отложений, являющихся экраном затрудняющих взаимосвязь трещинных вод палеозойского фундамента с порово-пластовыми водами платформенного чехла.

Обширной областью питания ПВ является правобережье р. Оби. Преимущественно песчаный разрез зоны аэрации, небольшая ее мощность, отсутствие выдержанных в пространстве горизонтов глинистых пород, приподнятость территории – все это создает оптимальные условия для глубокой инфильтрации атмосферных осадков вплоть до верхнего мела и ниже. На территории Кеть-Чулымского, Обь-Чулымского, Обь-Томского междуречий создана мощная зона пресных ПВ (до 1,5-2,0 км).

К внутренним областям питания относятся водораздельные пространства на площадях приподнятых участков плоских междуречных пространств, склонов речных долин за счет инфильтрации атмосферных осадков. На каждом междуречном пространстве формируется обособленный поток подземных вод, и разгрузка их осуществляется по местным речным долинам и многочисленным озерным котловинам в южной части бассейна.

Основной сток направлен к речным долинам, озерным котловинам и эрозионным понижениям, по которым происходит полная разгрузка ПВ.

На юге территории бассейна в зоне недостаточного и умеренного увлажнения питание подземных вод происходит, преимущественно, в весенний период при таянии снега и меньше – в осенний период при выпадении интенсивных дождей. Дополнительное питание водоносного горизонта получают из поверхностных вод рек во время весеннего паводка в долинах и в придолинных частях рек, о чем свидетельствует повышение уровня подземных вод с повышением уровня поверхностных вод. Подземные воды первых от поверхности водоносных горизонтов дренируются в долинах рек и местных понижениях рельефа.

Разгрузка ПВ происходит по долинам рр. Оми, Тара, Иртыша, Оби, Томи, Чулыма, Кети, Тыма, Васюгана, Чаи и в котловинах озер Кулундинского, Кучукского, Большого и Малого Ярового, Топольного и других, а также путем перетекания из горизонта в горизонт через «окна» в водоупорах за счет разности напоров.

Поток напорных верхнемеловых вод имеет региональную направленность к базису эрозии всего бассейна – к акватории Карского моря.

2.3.1. Гидрогеологическое районирование

Территория работ относится к Иртыш-Обскому АБ II порядка, по геолого-структурному принципу районирования относящийся к Западно-Сибирскому сложному артезианскому бассейну I порядка.

Иртыш-Обский артезианский бассейн характеризуется многослойным строением зоны свободного водообмена, характеризующейся этажным развитием водоносных отложений, разделенных субрегиональными водоупорными горизонтами. В структуре геологического пространства зоны свободного водообмена отчетливо проявляется влияние водоупорных отложений. Водоупоры образуют ярусную структуру субрегиональных бассейнов – внутренних элементов зоны свободного водообмена. Подошвой зоны свободного водообмена является региональный турон-приабонский водоупор, расположенный значительно ниже региональной дрены, с единым региональным подземным стоком зоны свободного водообмена, полностью разгружающимся в гидрографическую сеть. В региональные дрены (конечный базис дренирования) нередко разгружается подземный сток нижнего этажа, а с верхних этажей подземный сток дренируется системой притоков разного порядка.

2.3.2. Основные водоносные комплексы

В пределах Западно-Сибирского артезианского бассейна на территории работ основными источниками питьевых подземных вод являются водоносные горизонты четвертичных аллювиальных отложений долин рр. Оби, Иртыша и их притоков, нижнеэоплейстоценовых отложений каргатской свиты (кочковской свиты), неогеновых отложений павлодарской, таволжанской, бещеульской, болотнинской и абросимовской свит, палеогеновых отложений журавской, туртаской, исилькульской, лагернотомской, новомихайловской, атлымской, тавдинской, юрковской и островновской свит, меловых отложений сымской, симоновской, ипатовской, кийской, покурской и леньковской свит.

Четвертичный водоносный комплекс

Первыми от поверхности на разных площадях залегают слабоводоносные полигенетические горизонты современных и верхнечетвертичных отложений надпойменных террас мелких рек, современных болотных и озерно-болотных отложений; неоплейстоценовых отложений карасукской, федосовской, сладководовской, красnodубровской свит, эоплейстоценовых – смирновской и кочковской свит. Водовмещающими являются суглинки, супеси, прослойки песков. Их мощность изменяется, в основном, от нескольких метров до 30 м, иногда достигает 60-80 м. Маловодообильные и бесперспективные для хозяйственно-питьевого водоснабжения водоносные горизонты в настоящей работе не рассматриваются.

Основными водоносными горизонтами, используемыми и наиболее значимыми для водоснабжения, являются водоносные горизонты:

- верхнеоплейстоцен-голоценовых аллювиальных отложений долин рек (aQ_{III-IV});
- средне-верхнеоплейстоценовых аллювиальных отложений ложбин стока пайдугинской ($aQ_{II-IIIpd}$), касмалинской ($aQ_{II-IIIks}$), большереченской ($aQ_{II-IIIbr}$) свит;
- среднеоплейстоценовых отложений тобольской ($aQ_{II}tb$) и ниже-среднеоплейстоценовых отложений монастырской свит (aQ_{I-IImp});
- эоплейстоценовых отложений каргатской ($aQ_{E}kg$) и кочковской ($aQ_{E}k\check{c}$) свит.

Водоносный голоценовый аллювиальный горизонт долины реки Иртыш и её крупных притоков наиболее развит на левобережье, где ширина долинного комплекса достигает 20-40 км. На правобережье ширина долинного комплекса изменяется от первых сотен метров до 10 км. Подземные воды приурочены к осадочным породам русловой и старичной фаций, представленным тонко-мелкозернистыми, в основании разреза поймы – средне-крупнозернистыми песками. Мощность водовмещающих песков изменяется от 0,5 до 24 м, с преобладающими значениями – 5-10 м.

Подземные воды аллювиальных отложений имеют свободную поверхность. На отдельных участках, где в кровле горизонта залегают глинистые и суглинистые отложения, воды напорные и слабонапорные. Уровни их устанавливаются на глубине 0-6 м. Абсолютные отметки уровней имеют значение 52-115 м, снижаясь в сторону русел рек. Дебиты разведочно-эксплуатационных скважин изменяются от сотых долей до 4,4 л/с при понижениях уровня на 1,0-22,7 м и удельных дебитах – 0,002-1,66 л/с. Дебиты скважин, вскрывших воды в хорошо отсортированных песках пойменного аллювия, достигают 8,8-10,2 л/с при понижениях уровня на 0,1-10,0 м и удельных дебитах до 10,0 л/с. В зависимости от гранулометрического состава, коэффициент фильтрации водовмещающих пород изменяется: в пределах надпойменных террас – от 0,003 до 10,9 м/сут; в пойме – от 0,008 до 25,0 м/сут, достигая на отдельных участках величины 50,0-200 м/сут.

Водоносный голоценовый аллювиальный горизонт долины р. Оби приурочен к нижней части разреза пойменной и надпойменных террас и вскрывается на глубинах до 40 м. Представлен песками от мелко- до средне-крупнозернистых с галькой и гравием. В окраинной южной части бассейна (Алтайский край) водовмещающие пески представлены тонко-, мелко- и среднезернистыми разностями, гравийно-галечниковыми отложениями с песчаным заполнителем. Более крупнозернистый состав и максимальные мощности песков (до 42 м) приурочены к центральной части долины Новосибирской области. Здесь аллювиальные отложения характеризуются наибольшей водопроницаемостью. В Томской области в основании поймы встречаются гравийно-галечниковые отложения мощностью 3-15 м.

Мощность водовмещающих отложений изменяется от нескольких метров до 40, реже до 100 м, преобладают мощности до 10-30 м.

Подземные воды безнапорные и слабонапорные с высотой напора до 10-15, редко – до 30 м на высоких террасах. В ряде случаев в долине р. Оби и по ее притокам наблюдается самоизлив. Уровни подземных вод прослеживаются на глубине, преимущественно, до 6 м в пределах поймы и до 5-30 м на высоких террасах.

Водопроницаемость пород уменьшается с юго-востока на северо-запад вниз по долине от 1000 до 40 м²/сут. Удельные дебиты скважин в верхней (Алтайской) части долины – 0,5-29 л/с, в Новосибирской части – в основном, 3,0-4,0 л/с, в Томской области – от сотых долей – до 4 л/с.

Водоносный горизонт средне-верхнеоплейстоценовых аллювиальных отложений ложбин стока пайдугинской (aQ_{II-IIIrd}) свиты распространен в восточной части Томской области. Водоносные отложения представлены песками от тонкозернистых до мелко-среднезернистых, с редким включением гравия, часто глинистыми и с прослоями суглинков и глин. Мощность водоносных песков изменяется от 1-2 до 20 м.

Воды повсеместно безнапорные.

Дебиты изменяются от 0,1 до 0,86 л/с при понижениях 1,2 и 1,36 м. Коэффициенты фильтрации составляют 4,8-10,5 м/сут, водопроницаемости – 58-234 м²/сут.

Водоносный среднеоплейстоценовый аллювиальный горизонт тобольской свиты приурочен к древней долине Пра-Оби.

Водовмещающие отложения представлены, преимущественно, мелкозернистыми песками. Мощность водовмещающих отложений колеблется от 3 до 47 м. Водоносные пески залегают на песках и глинах нижнечетвертичного и верхнеолигоценового возраста, иногда – на песках миоцена.

Воды свиты напорно-безнапорные. Статические уровни устанавливаются на глубинах от 3,5 до 12 м. Удельные дебиты скважин изменяются от 0,04 до 1,8 л/с.

Водоносный эоплейстоценовый горизонт каргатской и кочковской свит широко распространен в районе Приобской, Восточно-Барабинской, южной части Васюганской равнин, на Обь-Томском и Обь-Чулымском междуречьях. Залегает на глубине от 6-12 м до 100 м и более. Водовмещающие породы представлены тонко-мелкозернистыми, а вдоль долины р. Оби – мелко-среднезернистыми песками, иногда с гравием и галькой. Горизонт подстилается глинистыми отложениями павлодарской, таволжанской или бещеульской свит, в восточной краевой части – абросимовской свиты.

На большей площади распространения водоносный горизонт каргатской и кочковской свит защищён от загрязнения с поверхности глинами убинской (или верхнекочковской подсвиты) или смирновской свит мощностью от 5 до 60 м, чаще 10-20 м.

Водоносный горизонт имеет мощность от 3 до 30 м, преимущественно – 10-15 м. На отдельных участках на севере Новосибирской области (Кыштовский, Северный, Колыванский районы), где песчаные отложения каргатской и бещеульской свит не разделены глинистыми осадками, выделяется единый водоносный горизонт этих свит. Суммарная мощность обводненной толщи – 20-58 м.

Воды слабонапорные и напорные, высота напора – от 4 до 45 м, иногда 100 м и более на Приобском плато и Обь-Чумышской возвышенности. Уровни вод устанавливаются на глубинах от 2-58 м ниже от поверхности земли до 0,5-10,5 м – выше. Самоизлив отмечается в долинах рек Карасук, Чик, Бакса, Чулым в Новосибирской области.

Средние удельные дебиты скважин – 0,1-0,5 л/с. Водопроницаемость горизонта изменяется от 20-50 до 200-800 м²/сут. Наибольшие ее значения отмечаются на участках распространения водоносного горизонта каргатской и бещеульской свит.

Водоносный комплекс неогеновых отложений

Водоносный комплекс неогеновых отложений (N) имеет широкое распространение в пределах характеризуемой территории и является вторым от земной поверхности, а на отдельных площадях – первым. В разрезе комплекса выделяется от 1 до 6 горизонтов песков, стратиграфически приуроченных к кулундинской свите (N_{2kl}), павлодарской (N_{1pv}), таволжанской (N_{1tv}), бещеульской (N_{1bš}) свитам и их аналогам.

Водоносный верхнемиоценовый горизонт кулундинской свиты (N_{2kl}) приурочен к аллювиальным отложениям Кулундинской степи мощностью 1,2-33 м. Водовмещающие отложения – пески преимущественно мелко-среднезернистые, реже гравийно-песчаные. Воды безнапорные, реже напорные. Удельные дебиты – 0,3-1 л/с.

Водоносный верхнемиоценовый горизонт павлодарской свиты (N_{1pv}) приурочен к выдержанным по простиранию и мощности мелко-среднезернистым пескам и распространен в западных и южных районах области на глубине от 5-10 до 100-120 м и более. Пески составляют, в основном, до 30-40 % разреза свиты и тяготеют к его низам. Мощность водоносного горизонта изменяется от 5-10 до 20-30 м. Статический уровень воды в скважинах устанавливается на глубинах от 30 м до +2,8 м выше поверхности земли. Средние удельные дебиты скважин – 0,1-0,3 л/с. Водопроницаемость горизонта колеблется в пределах от 2 до 290 м²/сут, в основном, – 50-70 м²/сут.

Относительно водоупорный средне-верхнемиоценовый горизонт (N_{1²⁻³}) таволжанской (N_{1tv}) и павлодарской (N_{1-2pv}) свит распространен в западной части на территории Омской области на водораздельной равнине южнее линии, проходящей через сс. Крутинка-Тюкалинск-Трубчевка-Радищево. До широты г. Омска в долине реки Иртыш он выделяется только в ее тыловой части. Сложен горизонт глинами плотными, жирными, которые в гидрогеологическом

отношении представляют собой местный водоупор мощностью до 80 м, разделяющий грунтовые и напорные воды. Единичные прослои и линзы песков, алевритов, скопления известково-мергелистых конкреций мощностью 0,2-16,0 м, залегающие в толще водоупорных глин на глубине от 2,0 до 95,0 м, обводнены в той или иной степени. Водообильность линз низкая. Дебиты скважин изменяются от тысячных долей до 1,7 л/с при понижении уровня на 1,0-50,0 м и удельном дебите 0,0004-0,47 л/с. Коэффициент фильтрации, как правило, не превышает 0,5 м/сут, в отдельных случаях достигая величины 5,0-8,0 м/сут, водопроницаемость изменяется от 0,2 до 12,2 м²/сут. Местами в верхней части глинистой неогеновой толщи среди солоноватых вод встречаются линзы пресных и маломинерализованных; они обнаружены электроразведкой и гидроскопом на глубинах 5-40 м.

Глубина залегания кровли неогенового комплекса в Алтайском крае варьирует от нескольких метров до 240 м. Водовмещающие породы представлены разнородными песками с суммарной мощностью чаще 30-50 м. Подземные воды, в основном, напорного характера. В долинах рек Оби, Бурла, Кулунда, а также в озёрных понижениях центральной части Кулунды пьезометрические уровни на момент бурения скважин устанавливались выше поверхности земли на 0,2-13,5 м. В настоящее время естественный режим фильтрации нарушен работой многочисленных водозаборов. На участках наиболее длительно (50-70 лет) и интенсивно эксплуатируемых водозаборов, выработались обширные депрессионные воронки со сработкой напора до 14-34 м (гг. Барнаул, Новоалтайск, Яровое). Для остальных районов сработка напоров незначительная и находится в пределах 1-5 м.

Водообильность отложений комплекса относительно высокая. Дебиты скважин колеблются от 0,2 до 40 л/с, чаще составляют 2-20 л/с. Для комплекса характерны удельные дебиты 0,2-2 л/с.

Водопроницаемость изменяется в широких пределах – от 50 до 1000 м²/сут и выше, наиболее широко распространены поля со значением 200-700 м²/сут.

Разгрузка подземных вод комплекса происходит в долинах рек Оби, Иртыша, в древние речные долины и озёрные котловины Кулундинской и Барабинской равнин.

Водоносный нижне-среднемиоценовый горизонт бецеульской свиты (N₁bš) широко распространен в Новосибирской и Омской областях, на северо-западе Алтайского края, отсутствует лишь в долине р. Иртыша на севере Омской области, в низовьях рек Тара, Уй, Шиш, Туй, в восточной части Алтайского края. Представлен прослоями тонко-мелкозернистых песков в алевритах и глинах. Мощность прослоев – до 10-15 м при общей мощности свиты около 30 м. На остальной территории он сложен, преимущественно, песками. К северо-востоку от г. Чулыма, где нижнемиоценовые отложения абросимовской свиты и верхнеплиоценовые отложения журавской свиты представлены песками, выделяются единые водоносные горизонты

абросимовской и бещеульской, а также журавской, абросимовской и бещеульской свит. Водоносный горизонт бещеульской свиты залегает от 1-7 до 120 м, плавно погружаясь в южном направлении. Мощность водовмещающих отложений изменяется от 1 до 30 м. Статический уровень воды в скважинах устанавливается на глубинах от 2-35 м на водоразделах до +1,5-+2,6 м выше поверхности земли в долинах рек Оби, Оми, Тара. Водообильность горизонта невысокая. Удельные дебиты скважин, преимущественно, 0,1 - 0,3 л/с. Водопроницаемость изменяется от 5 до 218 м²/сут, чаще 30-60 м²/сут.

Водоносный нижне-среднемиоценовый горизонт болотнинской свиты N_1bl (N_1^{1-2}) имеет ограниченное распространение на территориях Болотнинского и Мошковского районов Новосибирской области. Залегает в понижениях палеозойского фундамента на глубинах от 16 до 100 м (чаще 60-80 м). Водовмещающие отложения представлены песками от мелкозернистых до гравелистых. Они перекрывают глинистые образования коры выветривания или непосредственно трещиноватые породы палеозоя, реже в переуглубленных местах палеозойского рельефа – осадки новомихайловской свиты. Глубина залегания уровня подземных вод на водоразделах изменяется от 14 до 40 м, в долинах рек – от 4 до 11 м. Удельные дебиты скважин составляют 0,01-3 л/с, в среднем, – 0,8-1,5 л/с. Водопроницаемость по площади изменяется от 13 до 347 м²/сут.

Водоносный нижнемиоценовый горизонт абросимовской свиты N_1ab (N_1^1) распространен на всей территории Томской и Омской областей. На территории Новосибирской области горизонт характеризуется сплошным распространением в северной части, а локальным развитием – в центральной и южной частях (Каргатский и Краснозерский районы). Представлен тонко-мелкозернистыми, часто пылеватыми песками и алевритами. Глубина залегания кровли изменяется от 14-26 до 100-120 м с четко выраженной тенденцией увеличения в южном и юго-восточном направлениях. Мощность песков колеблется от 4-10 до 15-20, реже 25-30 м. В подавляющем большинстве ее значения не превышают 6-12 м. Статический уровень устанавливается на 0,8-39 м ниже поверхности земли, местами отмечается самоизлив от + 0,5 до +3,5 м. Водообильность песков невысокая. Удельные дебиты – 0,06-0,4 л/с при средних значениях 0,1-0,25 л/с. Водопроницаемость, преимущественно, до 50 м²/сут.

Водоносный комплекс палеогеновых отложений на территории имеет повсеместное распространение, за исключением крайней юго-восточной части, и представлен мощной толщей пород, сформировавшихся в различные циклы трансгрессивно-регрессивных процессов. В литологическом отношении комплекс представлен неравномерно чередующимися как в плане распространения, так и по разрезу песками, глинами, алевритами.

На крайнем западе в морских условиях происходило накопление глинистых пород, отнесенных к журавской ($P_3žr$), туртаской (P_3tt) и черталинской ($P_3čg$) свитам. В восточном

направлении континентальными аналогами этих свит являются лагернотомская (P_{3lt}), новомихайловская (P_{3nm}), атлымская (P_{3at}), исилькульская (P_{3is}), юрковская (P_{2jr}) и кусковская свиты (P_{2ks}).

Водоносный олигоценовый горизонт (P_3) распространен на всей территории работ. Частое неравномерное переслаивание пород различного литологического состава в отложениях атлымской (исилькульской) и новомихайловской свит нерасчлененных (P_{3at+nm} , P_{3is+nm}) или их аналога черталинской свиты ($P_{3\check{c}r}$), журавской (туртасской - $P_{3\check{z}r}$, P_{3tt}), к которым приурочен данный водоносный горизонт, привело к формированию в вертикальном и горизонтальном разрезе комплекса ряда водоносных и разделяющих их относительно водоносных горизонтов. При этом отдельные водоносные горизонты имеют относительно совершенную гидравлическую связь между собой на участках отсутствия разделяющих глинистых прослоев. В результате весь комплекс характеризуется едиными гидродинамическими и гидрогеохимическими показателями.

Водоносный верхнеолигоценовый горизонт журавской свиты $P_{3\check{z}r}$ (P_3^2) распространён в левобережной части р. Оби ограничено на территории Томской области, на территориях Омской и Новосибирской областей выклинивается в восточной части АБ. Представлен он тонко-мелкозернистыми песками, алевритами. Глубина залегания кровли изменяется от 10-20 до 200 м. Мощность горизонта – от 5 до 80 м, преимущественно, 30-40 м.

Подземные воды отложений журавской свиты напорные, с высотой напора над кровлей – от 5-15 м до 90-120 м. Статический уровень воды в скважинах устанавливается на глубинах 0,5-42 м, местами отмечается самоизлив от + 0,5 до +3,5 м. В долине реки Иртыш в центральной и северной частях Омской области отмечается слабый самоизлив. Водообильность горизонта невысокая. Удельные дебиты большинства скважин составляют 0,01-0,8 л/с. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород составляет 0,1-8,6 м/сут, водопроницаемость изменяется от 1-10 до 50-100 м²/сут, преимущественно, до 50 м²/сут.

На северо-западе Новосибирской области выделяется единый верхнеолигоцен-нижнемиоценовый комплекс журавской и абросимовской свит ($P_{3\check{z}r} + N_{1ab}$), представленный переслаиванием песков, алевритов и глин. Кровля комплекса вскрывается на глубинах в долинах рек 10-14 м, на водоразделах – 15-50 м. Водопроницаемость, в основном, до 50 м²/сут.

Водоносный верхнеолигоценовый горизонт лагернотомской свиты (P_{3lt}) (P_3^2) распространен в центральной и восточной частях территории Томской области. Водовмещающие породы представлены тонко- и мелкозернистыми песками и алевритами, чередующимися с глинистыми прослоями, в кровле горизонта часто залегают лигниты. Мощность водоносного горизонта – 10-60 м, глубина залегания – от 9 до 109 м. Воды напорные (до 90 м). Дебиты скважин обычно не превышают 1-6 л/с при понижениях уровня на 5,5-14,2 м.

Водоносный нижнеолигоценовый горизонт новомихайловской свиты (P_{3nt}) (P_3^1) распространен в пределах всего АБ, выклиниваясь в восточной части территории работ. Водовмещающими отложениями являются разномелкозернистые пески, преобладают тонко-мелкозернистые разности с суммарной мощностью 10-30, реже до 40-60 м. Отличительной особенностью являются максимальная изменчивость литолого-фациального состава и насыщенность органическим веществом.

Глубина залегания кровли изменяется от 25-40 м на севере и востоке до 150-200 м на юго-западе территории.

Водообильность их, преимущественно, невысокая, дебиты скважин – 0,1-5 л/с при понижениях уровня на 10-70 м. Удельные дебиты скважин – 0,03-0,2 л/с.

Водоносный нижнеолигоценовый горизонт атлымской свиты P_{3at} (P_3^1) имеет широкое развитие, выклиниваясь на востоке и юго-востоке территории АБ. Водовмещающими отложениями являются разномелкозернистые пески, преимущественно, средне-крупнозернистые, участками гравелистые, в западной и северо-западной части территории – мелкозернистые. Глубина залегания кровли горизонта изменяется от 100-150 м на востоке левобережья Новосибирской области до 300-350 м – в ее западных частях. Мощность песков – 25-45 м, редко – до 60 м. В зоне выклинивания глубина не превышает 30-40 м, мощность – 5-10 м. Статический уровень воды находится на глубинах от 50-70 м до +10 м выше поверхности земли. Водообильность горизонта значительная. Дебиты скважин – 0,2-10 л/с. Удельные дебиты, в основном, изменяются в пределах 0,3-1,5 л/с. Водопроницаемость песков колеблется от 20-50 до 1000-1250 м²/сут.

Водоносный верхнеоценовый горизонт юрковской, кусковской и тавдинской свит (P_{2jr} , P_{2ks} , P_{2tv}) распространен повсеместно и приурочен к многослойной фациально изменчивой толще песков, алевроитов, глин с прослоями и линзами лигнитов и бурых углей. Пески от крупно-грубозернистых с гравием и галькой в нижней части разреза до тонко-мелкозернистых в верхней. Для песчаной толщи характерно присутствие линз и прослоев глин, бурых углей, растительного детрита. Мощность водоносных отложений изменяется от 3-9 м (в краевых частях бассейна) до 103-200 м к центру, аналогично изменению и глубины залегания кровли – от 35 до 230 м. Выклинивание песков наблюдается в западном и северо-западном направлениях. Кровля горизонта вскрывается на глубине 250-330 м. Воды повсеместно напорные, величины напоров изменяются от 100 до 240 м. Статические уровни воды по скважинам устанавливаются от + 9,4 м выше – до 43 м ниже поверхности земли. Водообильность горизонта изменчивая. Удельные дебиты колеблются от 0,3 до 1,4 л/с, водопроницаемость – от 50 до 750 м²/сут. Коэффициенты фильтрации изменяются в очень широких пределах – от 0,06 м/сут (пески

мелко-тонкозернистые, глинистые) до 67,8 м/сут (гравийно-галечниковые отложения), коэффициенты водопроницаемости – от 3 до 2000 м²/сут и более.

Водоносный комплекс верхнемеловых отложений стратиграфически представлен ипатовской (K_{2ip}) и сымской (K_{2sm}) свитами или отложениями верхнего мела нерасчленённого (K_2). Коньяк-сантонский водоносный горизонт ипатовской свиты распространён в Томской и Омской областях, центральной и юго-западной частях Новосибирской, на северо-западе Алтайского края. Коньяк-маастрихтский водоносный горизонт сымской свиты распространён на значительной площади Алтайского края и Томской области. Турон-маастрихтский водоносный горизонт нерасчленённых отложений выделен в крайней северо-восточной части Новосибирской области.

В ипатовской и сымской свитах водовмещающие пески образуют один регионально выдержанный горизонт. Изменение коллекторских свойств, уменьшение зернистости водовмещающих песков и увеличение глинистости разреза закономерно отмечаются от предгорий Алтая и Салаира к центру бассейна на запад, север и северо-запад. На западе Томской области и на отдельных участках Новосибирской области весь разрез ипатовской свиты представлен глинами. Наиболее грубозернистые пески развиты вдоль палеозойского обрамления; с погружением к центральной части бассейна они переходят в разномзернистые, преимущественно, среднезернистые, затем в мелкозернистые и тонкозернистые с прослоями алевритов. Увеличение тонких фракций и глинистости песков характерно для Омской области и западной части Новосибирской, в гидрогеологическом отношении эта территория не изучена и горизонт не эксплуатируется.

Мощность водовмещающих отложений изменяется от первых метров вблизи границы выклинивания до 240 м. Увеличение мощности характерно для центральных частей Кулундинской и Прииртышской впадин и для Кеть-Чулымского междуречья.

Глубина залегания кровли горизонта увеличивается в западном и северном направлениях от 150-400 м до 900-1000 м.

В кровле водоносного горизонта на значительной территории залегают морские глины славгородской и ганькинской свит верхнего мела, люлинворской и тавдинской свит палеогена. Это мощная, преимущественно, глинистая толща, является на большей части характеризуемой территории региональным водоупором. К периферии бассейна происходит постепенное выклинивание слагающих комплекс свит, глины становятся песчаными, а мощность их сокращается. По периферии бассейна в кровле верхнемелового горизонта залегают песчаные отложения палеогенового, неогенового и четвертичного возраста. Водоупорный комплекс вскрывается скважинами на глубинах 100-429 м, мощность его изменяется от 10 м до 790 м. Минимальные мощности встречены в Алтайском крае.

В подошве водоносного горизонта залегают глины кузнецовской или покурской (леньковской) свит. Эта глинистая толща разделяет верхнемеловой водоносный горизонт и ниже-верхнемеловой водоносный комплекс. Вскрывается кузнецовская (леньковская) свита на глубинах 309-1000 м. Мощность отложений 3-50 м, сокращение мощности наблюдается по мере выклинивания горизонта. У границ выклинивания горизонта, вблизи палеозойского обрамления, пески верхнемелового горизонта нередко залегают непосредственно на трещиноватых породах палеозоя или глинах их коры выветривания.

Подземные воды высоконапорные со значениями напоров 133-640 м. Абсолютные отметки пьезометрического уровня постепенно снижаются в западном направлении от 140 до 105 м, на юго-востоке Кулундинской впадины они составляют 145- 155 м.

На начальный ненарушенный период эксплуатации мелового комплекса в 1978 г. статические уровни устанавливались на глубинах от 67 м на Приобском плато до +48,2 м в озёрных котловинах Кулундинской равнины с закономерным региональным снижением пьезометрической поверхности с юга-юго-востока на север-северо-запад от 153 до 136,8 м.

Дебиты скважин колеблются от 0,5 до 55 л/с при понижениях уровня на 1,6-79 м, удельные дебиты – 0,04-4,5 л/с.

Величина водопроницаемости закономерно увеличивается от обрамления к центру Кулундинской впадины до 1170 м²/сут, а затем уменьшается к центру Омской впадины до 15-45 м²/сут. Преобладают значения – 200-500 м²/сут. Коэффициент фильтрации изменяется от 2,8 до 9,5 м/сут.

Нижний гидрогеологический этаж

Водонасыщенная толща нижнего гидрогеологического этажа приурочена к отложениям, залегающим между водоупорным доюрским фундаментом и верхнемеловым-палеогеновым региональным водоупором. Гидрогеологические закономерности данного этажа обусловлены, прежде всего, геолого-структурными особенностями территории. В отличие от верхнего гидрогеологического этажа он характеризуется преобладанием в разрезе глинистых отложений к западу и песчаных – к востоку-юго-востоку от центральных районов, выдержанностью по площади, значительной мощностью и высокими напорами, распространением минеральных, термальных и промышленных вод, затрудненным и весьма затрудненным, а местами – застойным режимом. Наиболее благоприятные условия гидравлической связи между водоносными горизонтами этажа характерны для Кеть-Чулымского и Обь-Чулымского районов, где разрез меловых и юрских отложений представлен мощными толщами континентальных и прибрежно-морских, преимущественно, песчаных осадков. И только в этой части бассейна реки имеют дренирующее влияние на водоносные комплексы этажа.

На большей части рассматриваемой площади, во внутренней области бассейна нижний этаж делится в свою очередь водоупорным верхнеюрским-нижнемеловым горизонтом на две части, различающиеся между собой гидрогеохимическими и гидродинамическими условиями. Нижняя часть характеризуется резкой литологической изменчивостью и слабой проницаемостью песчаных пород, обогащением микрокомпонентами и высокой минерализацией подземных вод – до рассолов в нижней части разреза юрских отложений, залегающих непосредственно на фундаменте. Верхняя часть характеризуется значительно большей выдержанностью и проницаемостью отложений, распространением в значительной мере пресных и солоноватых вод.

В пределах нижнего гидрогеологического этажа, особенно в периферических частях бассейна, прослеживается пластовая гидрогеохимическая зональность подземных вод, выражающаяся в увеличении их минерализации по мере погружения и удаления от областей питания в краевой зоне бассейна. Во внутренней области бассейна выражена вертикальная зональность; инверсионные изменения солевого состава наблюдаются здесь в подземных водах юрских отложений, что связывается с миграцией водных растворов из фундамента.

Основное *питание* подземных вод этажа осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков по периферии бассейна (особенно в местах отсутствия регионального водоупора Кеть-Чулымского и Обь-Чулымского районов в восточной части Томской области) и за счет подтока ПВ из палеозойских образований складчатого обрамления плиты. В южной предалтайской части питание осуществляется на возвышенных участках Приобского плато путем фильтрации из верхних горизонтов, особенно на участках «боровых» песков.

Характер пьезометрической поверхности водоносных подразделений мезозойской геогидродинамической системы показывает, что движение подземных вод имеет сложный характер. *Движение* подземных вод осуществляется в направлении от краевых участков к центральным районам бассейна, вне сферы дренирующего влияния речной сети. Навстречу региональному потоку подземных вод из внешнего пояса плиты, из внутренних областей бассейна под воздействием геостатических и геодинамических напряжений к периферии идёт встречный поток подземных вод. Основным фактором является уменьшение проводимости разреза апт-сеноманских отложений от периферии к внутренним частям АБ.

Однако основная *разгрузка* ПВ происходит путем перетекания в вышележащие ВГ на всей площади распространения высоконапорных самоизливающихся ПВ и в пределах краевых участков бассейна по основным врезам территории (долина р. Оби выше Колпашево, глубокие котловины соленых озер, частично подземный поток разгружается также в долине р. Иртыша).

Нижне-верхнемеловой водоносный комплекс приурочен к отложениям симоновской ($K_2 smn$), кийской ($K_{1-2 ks}$), покурской ($K_{1-2 pk}$) и леньковской ($K_{1-2 ln}$) свит.

Сеноман-коньякский горизонт симоновской свиты распространён в центральной и восточной частях Томской области, апт-сеноманский горизонт кийской свиты – в юго-восточной части области. Апт-туронский водоносный горизонт покурской свиты распространён в Томской, Омской, Новосибирской областях и крайней северо-западной части Алтайского края. Апт-туронский горизонт леньковской свиты выделяется в Новосибирском Приобье и северо-западе Алтайского края. На территории Алтайского края ниже-верхнемеловой комплекс по сравнению с верхнемеловым горизонтом развит на значительно меньшей территории и залегает в наиболее погруженной части палеозойского фундамента.

Представлен комплекс мощной многослойной песчано-глинистой толщей континентального генезиса. В ней выделяется несколько горизонтов тонко-мелкозернистых, местами грубозернистых песков мощностью от первых метров до 70-80 м, чередующихся с линзами песчаников, алевролитов и разделённых слоями глин, алевролитов. Нами рассмотрена наиболее изученная верхняя 250-метровая толща комплекса.

Кровля водовмещающих отложений залегает на глубинах от 300 м (Приказахстанская моноклиза и вблизи восточного обрамления бассейна) до 1000 и более метров (Омская синеклиза). Суммарная вскрытая мощность песков в разрезе комплекса изменяется от первых десятков метров вблизи палеозойского обрамления во внешнем поясе плиты до 250 м на западе Кулундинской и юго-востоке Омской впадин. На положительных структурах (валы, выступы) эффективная мощность песков уменьшается до 50 м и менее. Суммарная мощность песков во вскрытой части разреза комплекса составляет 26-90 %. В кровле комплекса почти повсеместно залегают глины кузнецовской, реже (в краевой части) сымской и леньковской свит мощностью от 3 до 50 м, в подошве – разновозрастные глины, глины киялинской свиты нижнего мела, локально юрские отложения тюменской свиты и породы палеозойского фундамента.

Глубина залегания кровли комплекса изменяется от 40 м в Чулымо-Енисейской впадине до 1090 м – в Омской впадине. Подземные воды высоконапорные, напор вод закономерно возрастает от первых метров в периферической части бассейна до 770 м в Кулундинской и до 1000 м и более в Омской впадинах. Пьезометрические уровни в естественных условиях устанавливались от 59 м ниже (Обь-Томское междуречье) до 48,5 м выше поверхности земли (в 60-70 гг. в Кулундинской впадине). Уклон пьезометрической поверхности наблюдается с юго-востока на северо-запад, запад и север от отметок 159 до 110 м, достигая при этом минимальных значений (41-90 м) в глубоковрезанных котловинах озёр, являющихся местными очагами разгрузки.

В области питания (это, в основном, Приобское и Предалтайское плато) уровень вод устанавливается ниже, чем в вышележащих горизонтах с перепадом в 40 м. В этой зоне наблюдается опесчанивание разреза перекрывающей толщи.

Водообильность комплекса не выдержана по площади. Дебиты скважин изменяются от 0,7 до 50 л/с при понижении уровня на 2,5-75 м, удельные дебиты – 0,03-4,5 л/с. Величина водопроницаемости на значительной площади распространения комплекса 500-1000 м²/сут и более понижается до 28-290 м²/сут у границ выклинивания комплекса и к западу от линии Русская Поляна, Калачинск, Нижняя Омка до 200-440 м²/сут.

2.3.3. Ресурсы и использование подземных вод

Южная часть Западно-Сибирского артезианского бассейна в пределах 4 субъектов РФ на территории СФО (Алтайский край, Новосибирская, Омская, Томская области) обладает значительными ресурсами пресных и слабосолоноватых подземных вод, пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения. В рамках федеральной программы «Оценка обеспеченности населения Российской Федерации ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения» были оценены прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод (ПЭРПВ) в количестве 85,726 млн м³/сут. Более 90 % прогнозных ресурсов ПВ приходится на территории Алтайского края и Томской области.

Степень разведанности ПЭРПВ по субъектам в пределах южной части Западно-Сибирского АБ, в целом, невысока и составляет 4,43 %. В большей степени разведаны прогнозные ресурсы в Новосибирской области (17,11 %), в меньшей – в Томской области (2,12 %) [53].

Суммарные запасы подземных вод по состоянию на 01.01.2015 г. составляют 3 798,766 тыс. м³/сут, в том числе по категориям: А – 717,810 тыс. м³/сут, В – 1 318,946 тыс. м³/сут, С₁ – 954,105 тыс. м³/сут, С₂ – 807,905 тыс. м³/сут. Запасы подземных вод в количестве 3 187,448 тыс. м³/сут по 489 МПВ (УМПВ) утверждены ТКЗ и ГКЗ, и 611,318 тыс. м³/сут по 75 МПВ (УМПВ) – приняты к сведению НТС. Общее количество месторождений (участков) пресных и слабосолоноватых подземных вод составляет 564.

Почти половина запасов приурочена к территории Алтайского края (1 799,556 тыс. м³/сут). На территории Новосибирской и Томской областей утверждены запасы в количестве чуть более 800 тыс. м³/сут, а на территории Омской области – менее 400 тыс. м³/сут (табл. 5).

Кроме того, на территории южной части Западно-Сибирского АБ утверждены забалансовые запасы подземных вод в суммарном количестве 369 тыс. м³/сут по 13 месторождениям (участкам). Забалансовые запасы присутствуют на территории всех четырех субъектов, но основная их часть приходится на Новосибирскую область (табл. 6).

Таблица 5

Прогнозные ресурсы, запасы, добыча и использование подземных вод по субъектам РФ на территории южной части Западно-Сибирского АБ по состоянию на 01.01.2015 г.

Субъект Федерации	ПЭРПВ, тыс. м ³ /сут	Запасы, тыс. м ³ /сут.					Кол-во МПВ (УМПВ)		Количество водозаборов	Добыча подземных вод, тыс. м ³ /сут.		Степень разведанности прогнозных ресурсов, %	Степень освоения запасов подземных вод, %	Использование подземных вод, тыс. м ³ /сут.					Потери, тыс. м ³ /сут.
		по категориям				всего	всего	в т.ч. эксплуатирующихся		общие	в т.ч. на участках с разведанными запасами			Всего	В том числе				
		А	В	С ₁	С ₂										ХПВ	ПТВ	СХВ	Иные цели	
Алтайский край	39048,9	295,720	832,343	425,354	246,139	1799,556	382	240	1681	438,513	248,220	4,61	13,79	438,513	254,508	72,128	110,931	0,945	0
Новосибирская область	4699,6	63,295	192,729	306,150	242,150	804,324	48	32	1779	180,772	36,252	17,11	4,51	179,564	175,582	3,737	0,127	0,117	1.208
Омская область	3444,5	0	16,785	95,637	264,040	376,462	34	9	760	23,711	0,593	10,93	0,16	23,276	11,213	1,713	8,298	2,052	0.435
Томская область	38532,9	358,795	277,089	126,964	55,576	818,424	100	51	226	216,325	197,243	2,12	24,10	168,968	133,452	16,742	1,551	17,222	47.357
Итого	85726.0	717,810	1318,946	954,105	807,905	3798,766	564	332	4446	859,320	482,308	4,43	12,70	810,320	574,756	94,321	120,908	20,336	49,000

Таблица 6

Характеристика забалансовых запасов пресных и слабосоленоватых подземных вод и их добыча по состоянию на 01.01.2015 г.

Субъект Федерации	Количество месторождений (участков) ПВ	Эксплуатационные запасы подземных вод и их распределение по категориям, тыс. м ³ /сут					Количество		Количество извлеченной воды, тыс. м ³ /сут
		A	B	C ₁	C ₂	Всего	водозаборов	Скважин	
Алтайский край	2	0	6,7	31,45	0	38,15	0	0	0
Новосибирская область	6	0	157,75	126,95	0	284,7	0	0	0
Омская область	3	0	13,4	6,0	3,0	22,4	1	1	0,06
Томская область	2	0	20,9	0	2,85	23,75	0	0	0
Итого	13	0	198,75	164,4	5,85	369,0	1	1	0,06

Добыча подземных вод осуществляется 4 446 водозаборами и составляет 859,32 тыс. м³/сут. Из них 482,308 тыс. м³/сут добывается в пределах месторождений (участков) подземных вод, 377,012 тыс. м³/сут – на участках недр с неутвержденными запасами подземных вод. Всего эксплуатируется 332 месторождения (участка). Добыча подземных вод по субъектам РФ в пределах исследуемой территории представлена на рисунке 9. Кроме того, на территории Омской области осуществляется добыча забалансовых подземных вод в небольшом количестве – 0,06 тыс. м³/сут.

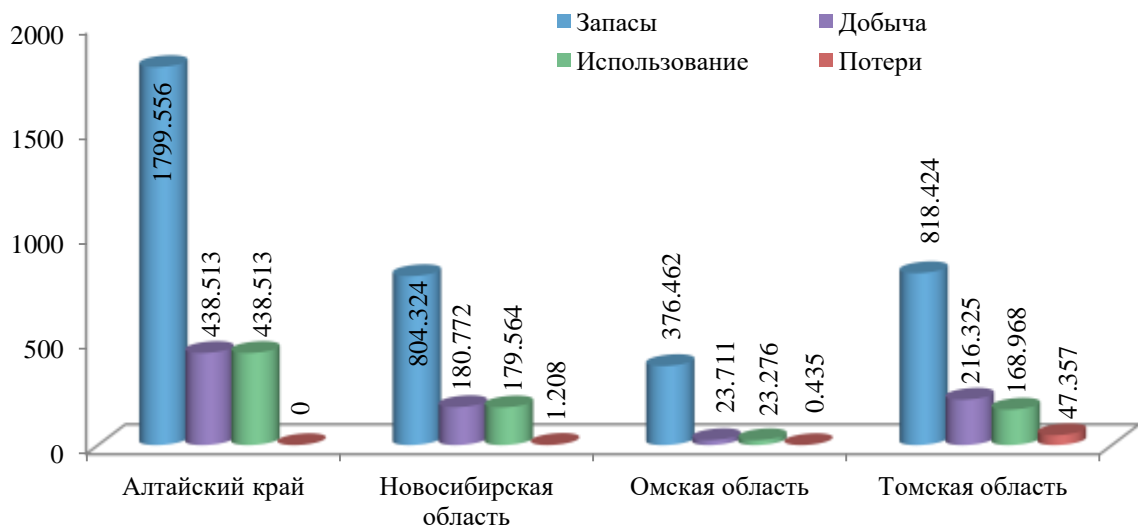


Рис. 9 Запасы, добыча и использование пресных и слабосоленоватых подземных вод в пределах южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна в 2014 г. (в тыс. м³/сут)

Степень освоения запасов в среднем по южной части Западно-Сибирского бассейна составляет 12,7 %, минимальная она в пределах Омской области – 0,16%, максимальная – в пределах Томской области (24,1 %).

Используется 94 % добытых подземных вод. Основным направлением использования подземных вод является хозяйственно-питьевое водоснабжение населения и предприятий. Помимо этого, подземные воды используются для сельскохозяйственных целей и производственно-технического водоснабжения. Объемы использования по целям представлены на рисунке 10.

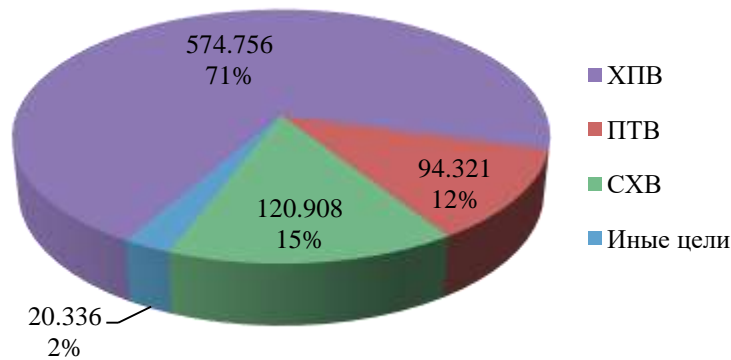


Рис. 10 Использование пресных и слабосоленых подземных вод по целевому назначению в пределах южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна в 2014 г. (в тыс. м³/сут)

Около 6 % (49 тыс. м³/сут) подземных вод сбрасывается без использования либо теряется при транспортировке к потребителю. Отсутствуют сброс и потери лишь на территории Алтайского края. Основная часть сброса и потерь приходится на Томскую область (табл. 5).

2.4. Водозаборы хозяйственно-питьевого водоснабжения

Водоснабжение населения в пределах рассматриваемой территории осуществляется крупными групповыми и мелкими, одиночными водозаборами и частными колодцами и забивными колонками (рис. 11). На крупных водозаборах работают системы водоподготовки, которые доводят добываемую подземную воду до соответствия требованиям действующих нормативов. В последние годы хозяйственно-питьевое водоснабжение население 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.

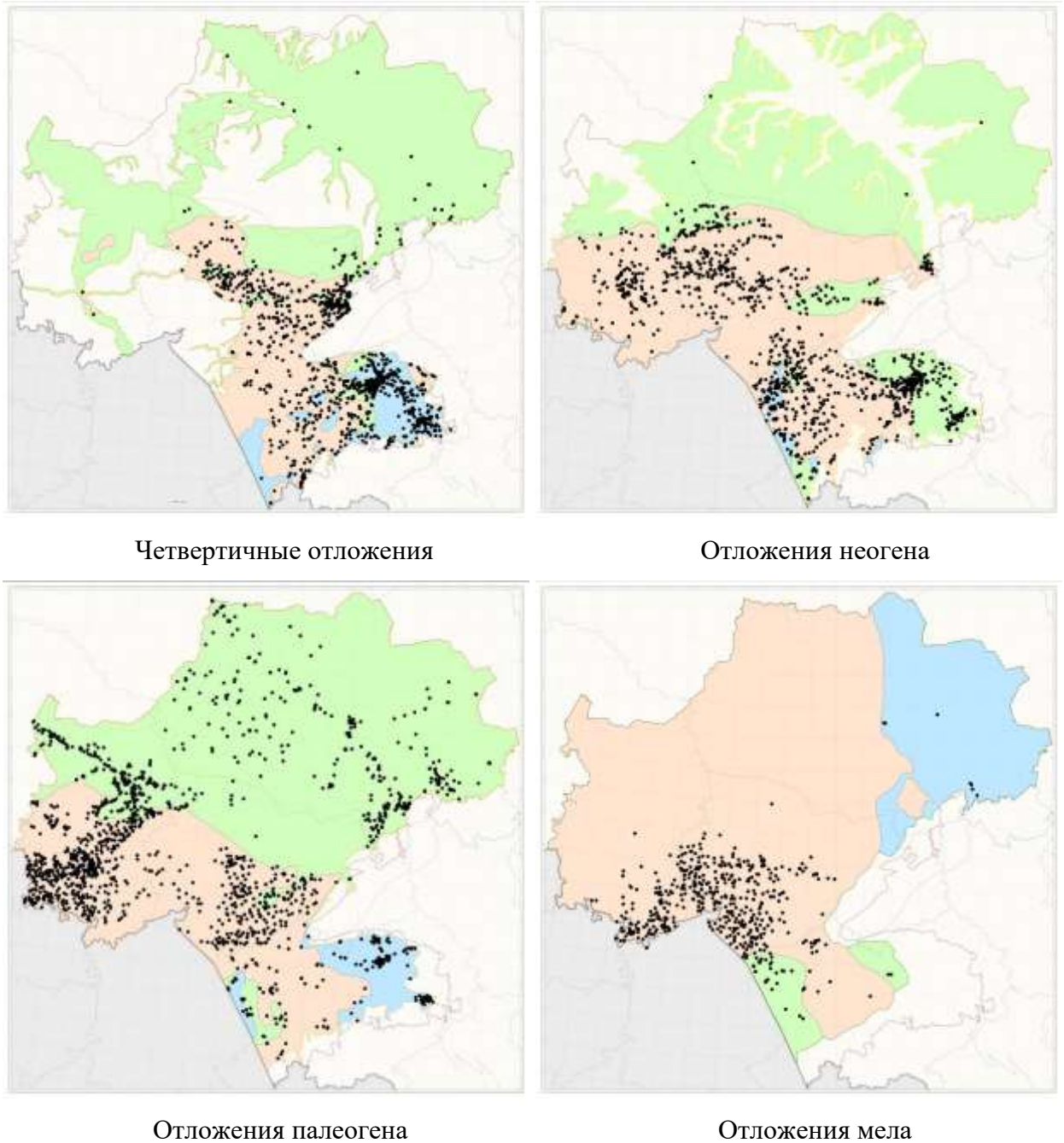


Рис. 11 Распределение водозаборов хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения в пределах рассматриваемой территории

Ниже приводится краткая характеристика наиболее крупных (значимых в пределах субъекта РФ) водозаборов, а также месторождений, в пределах которых работает ряд более мелких водозаборов в наиболее крупных населенных пунктах в пределах рассматриваемой территории. Усредненный химический состав подземных вод на рассматриваемых водозаборах представлен в таблицах 7-8.

Усредненный химический состав подземных вод водозаборов Алтайского края

Показатели	Алтайский край										
	МУП г. Бийска "Водоканал"	ОАО "Алтай- Кокс"	МУП "Водоканал" г.Славгорода				ООО "Бия- Синтез"	ЗАО "Горняцкий водоканал"	МУП "ЯТЭК" г.Яровое (Головной водозабор)		
			N+P	N	P	N			P	K	Q
Запах		0.0	0.0	0.3	1.0	1.0	1.0		0.0		1.5
Мутн	1.6	1.5	2.8	1.2	2.6	0.6	4.1	0.2	0.4	0.7	0.6
Цв	4.5	6.1	7.9	3.2	7.4	5.0	22.2	2.4	1.2	10.4	4.2
pH	7.5	7.8	8.0	7.9	7.9	7.9	7.3	7.4	8.1	8.1	8.0
Жестк	6.1	5.0	5.0	4.7	4.9	1.2	10.0	4.9	2.7	2.3	2.2
Ок. перм.	1.00	1.04	1.00	1.21	0.57	0.64	2.3	1.15	0.74	2.01	0.82
Сух ост	338.8	346.4	280.0	594.8	755.5	483.0	1024.7	366.0	441.8	554.5	460.7
HCO ₃				320.3	325.0	247.1	317.3	256.3	277.6	304.0	256.3
Cl	6.0	5.5	6.0	75.5	136.6	65.6	9.6	19.5	50.3	107.4	68.0
SO ₄	12.7	20.3	10.5	136.0	112.5	94.0	450.7	58.4	130.7	116.4	100.3
Ca				34.6	50.1	13.0	152.3	68.1	20.0	17.8	20.0
Mg				37.9	28.6	6.7	41.3	18.2	20.7	18.7	15.2
Na		37.0	36.3	129.9	141.5	135.0	298.0		126.7		
Fe	0.67	0.62	0.33	0.2	0.98	0.14	13.5	0.1	0.1	0.21	0.46
Mn	0.29	0.41	0.27		0.09		1.125				
Si				6.4	7.75	6	5.9	4.91	2.84		3.41
PO ₄				0.26	0.395	0.1	0.05				
Sr	0.27			0.46	0.61	0.32	0.7	0.1	0.94	0.53	0.88
NH ₄	1.20	0.624	0.62	0.07	0.065	0.05	1.83	0.05	0.05	0.23	0.67
NO ₂		0.007	0.008			2.63	0.02			0.005	0.13
NO ₃	0.44	0.20	0.16	1.18	14.13	1.03	0.74	8.47	1.42	0.21	0.91
Al				0.025	0.04	0.04	0.04	0.01	0.015	0.02	0.015
As	0.003	0.0005	0.0004	0.0038	0.002	0.002	0.024	0.005	0.0033	0.0018	0.0027
B	0.05			0.17	0.2	0.2	0.20	0.05	0.28	0.1	0.14
Ba				0.08	0.05	0.05	0.08				
Be				0.00013	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Br				3.0	2.9	1.3	0.4				
Cd	0.0002	0.0001	0.00013	0.00018	0.0005	0.0005	0.00035	0.0001	0.00023	0.00023	0.00023
Co				0.015					0.015	0.015	0.015
Cr				0.025				0.025	0.023	0.021	0.023
Cu	0.0006	0.01	0.0103	0.0044	0.0035	0.006	0.0013	0.0005	0.0037	0.0016	0.0037
F	0.20	0.38	0.38	0.588	0.505	0.3	0.28	0.25	0.71	0.51	0.28
Hg	0.0001	0.0001	0.0001	0.00008	0.00001	0.00001	0.00001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Li											
Mo		0.0086	0.023	0.0037	0.001	0.001	0.001	0.0025	0.0075	0.011	0.0075
Ni		0.015	0.015	0.013	0.01	0.01	0.01	0.015	0.015	0.015	0.015
Pb	0.0002	0.0014	0.001	0.0016	0.003	0.003	0.0016	0.0001	0.0007	0.0003	0.0007
Se	0.0001			0.0004	0.001	0.001		0.0001	0.0002	0.0002	0.0002
Zn	0.0006	0.019	0.013	0.0098	0.03	0.008	0.0043	0.0005	0.034	0.0016	0.0037

Усредненный химический состав подземных вод водозаборов
Новосибирской, Омской и Томской областей края

Показатели	Новосибирская область				Омская область	Томская область				
	ОАО "Кудряшовское"	МУП "Водоканал" г. Татарск	МУП ЖКХ г. Барабинска		ООО "Русводоканал" (Русская Поляна)	АО "Северский водоканал" (Водозабор №1)	АО "Северский водоканал" (Водозабор №2)	ООО "СТЭС"	ООО "Томскводоканал"	
	Эксплуатируемые водоносные отложения									
	Q	P	K	K	K	P	P	P	P	
Запах	1.8	1.2	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Мутн	3.2	4.4	0.4	0.4	0.9	0.8	0.5	1.5	6.8	
Цв	14.4	17.0	7.0	3.4	16.2	9.1	6.3	23.8	8.3	
pH	7.7	7.5	7.8	7.4	8.2	7.2	7.0	7.0	7.4	
Жестк	7.5	6.2	1.5	1.6	0.6	7.6	5.9	3.0	5.7	
Ок. перм.	2.78	2.25	1.76	1.64	2.25	2.13	1.35	5.71	1.65	
Сух ост	517.2	413.8	1657.0	1367.7	1273.1	346.2	253.9	238.9	333.7	
HCO ₃	622.1	443.2	931.3	661.0	845.9	292.7	223.7	228.1	374.4	
Cl	18.2	29.1	224.1	181.4	167.9	29.3	1.9	4.8	6.2	
SO ₄	12.8	13.2	214.5	235.3	212.8	9.2	6.0	0.0	1.0	
Ca	78.6	78.6		6.6	9.5	72.4	54.0	37.3	85.3	
Mg	42.2	26.8		3.2	1.8	13.3	11.1	9.5	19.1	
Na	70.3	36.5		532.5	499.8	7.4	4.0	23.2	12.3	
Fe	0.94	0.64	0.13	0.33	0.27	5.14	3.18	6.36	2.09	
Mn	0.12	0.11			0.06	0.4	0.35	0.26	0.17	
Si	8.2	5.3		4.4	2.4	11.4	11.6	15.9	10.8	
PO ₄	0.34	0.07			1.44	0.05		0.15		
Sr	1.04	0.83		0.16	0.13	0.31	0.15	0.25		
NH ₄	2.24	1.46	0.51	1.67	0.63	1.20	0.47	4.09	1.30	
NO ₂	0.008	0.036	0.076	0.036	0.17			0.008	0.007	
NO ₃	2.11	0.29	0.39	0.22	2.49	0.13	0.06	0.30	0.40	
Al					0.04					
As		0.0012			0.0026					
B	0.33	0.08	0.61	1.70	0.2			0.01	0.07	
Ba	0.12	0.2		0.02	0.05	0.13	0.06	0.08		
Be		0.000016			0.0002					
Br					3.9					
Cd					0.00018					
Co										
Cr	0.0023	0.00039			0.0095					
Cu	0.0037	0.0019		0.0017	0.0058	0.0004	0.0006		0.0022	
F	0.35	0.43	0.072	0.7	0.31	0.24	0.22	0.21	0.32	
Hg					0.00001		0.00002			
Li	0.002	0.001		0.023	0.002			0.007		
Mo		0.0007		0.0021	0.001					
Ni	0.0021	0.0011			0.006					
Pb	0.0044	0.0033			0.0012	0.0001	0.0001		0.0003	
Se	0.0011	0.0012		0.0085	0.0018					
Zn	0.0051	0.0027		0.023	0.0029	0.0024	0.0022	0.004	0.0038	

Алтайский край

Водозабор МУП «Водоканал» г. Бийска на Западнобийском участке Бийского месторождения (водозабор № 2) эксплуатирует верхнеолигоценовый-нижнемиоценовый водоносный горизонт ($P_3^2-N_1^1$). Запасы на месторождении оценены в 1972 г. (в сумме 60 тыс. м³/сут) и переоценены в 2013 г. (в сумме 20,5 тыс. м³/сут). В отчетном периоде наблюдается снижение добычи подземных вод с 7,56 тыс. м³/сут в 2011 г. до 6,09 тыс. м³/сут в 2014 г. Сведения по водоотбору за 2010 г. не поступали. На конец отчетного периода запасы месторождения осваиваются на 30 %. В составе водозабора в настоящее время насчитывается 9 скважин: 7 – действующие, 2 – резервные.

Литологический состав водоносного горизонта представлен гравийно-галечниковыми отложениями мощностью 10–39 м. Глубина залегания кровли водоносных отложений 83–108 м. Горизонт защищен от возможного загрязнения с поверхности. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциево-магниевые пресные с минерализацией 0,34–0,42 г/л, нейтральные (рН 7,1–7,6), средней жесткости (6,7–8,0 мг-экв/л).

Качественный состав подземных вод, в целом, удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормативам и остается неизменным, за исключением содержаний железа (0,8–2,9 мг/л), марганца (0,2–3,6 мг/л) и величины мутности (1,6–3,2 мг/л), обусловленных естественными причинами.

На водозаборе МУП «Водоканал» г. Бийска на Бийскоостровновском участке Бийского месторождения, территориально приуроченного к островам Нижний и Верхний реки Бия, эксплуатируется верхнеолигоценовый-нижнемиоценовый водоносный горизонт ($P_3^2-N_1^1$). Запасы месторождения утверждены в 1972 г. в количестве 166,1 тыс. м³/сут. Степень освоения запасов в отчетном периоде составляла 10–15 %. Водозабор также эксплуатирует водоносный ниже-среднеолейстоценовый аллювиальный горизонт (aQ_{I-II}), запасы на который не оценивались. Суммарный водоотбор из двух горизонтов ежегодно снижался с 29,94 тыс. м³/сут в 2011 г. до 20,11 тыс. м³/сут в 2014 г. Сведения о добыче подземных вод в 2010 г. не поступали. Водозабор состоит из 22 скважин: 19 – действующие, 1 – резервная, 2 – наблюдательные.

Водоносный ниже-среднеолейстоценовый аллювиальный горизонт (aQ_{I-II}) сложен песчано-гравийными отложениями общей мощностью 13–28 м. Глубина залегания кровли водоносных отложений 4,0–18,3 м. Горизонт условно защищен от возможного загрязнения с поверхности. По составу воды гидрокарбонатные кальциево-магниевые пресные с минерализацией 0,32–0,40 г/л, нейтральные (рН 7,2–7,5), средней жесткости (5,8–7,2 мг-экв/л).

Состав подземных вод формируется под влиянием региональных условий территории, в связи с чем наблюдаются повышенные содержания железа (до 6,4 мг/л), марганца (до 6,9 мг/л) и величины мутности (до 7,3 мг/л).

Верхнеолигоценый-нижнемиоценовый водоносный горизонт ($P_3^2-N_1^1$) представлен гравийно-галечниковыми отложениями мощностью 15,5–43,0 м. Глубина залегания кровли водоносных отложений 52–72 м. Горизонт защищен от возможного загрязнения с поверхности. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциево-магниевые пресные с минерализацией 0,32–0,47 г/л, нейтральные (рН 7,2–7,4), средней жесткости (5,5–6,5 мг-экв/л).

Отклонение качества подземных вод заключается в превышении концентраций железа (до 5,8 мг/л), марганца (до 5,9 мг/л) и величины мутности (до 3,9 мг/л), что связано с геохимическими особенностями водовмещающих пород.

В пределах *Бийского месторождения подземных вод* (г. Бийск) в результате длительной эксплуатации подземных вод несколькими водозаборами сформирована депрессионная область в нижне-среднеплейстоценовом аллювиальном и верхнеолигоценом-нижнемиоценовом горизонтах. Подземные воды Бийского месторождения эксплуатируются на трех разведанных участках с общими запасами 212,46 тыс. м³/сут. Режимная наблюдательная сеть расположена неравномерно по площади и сосредоточена непосредственно в пределах водозаборов, что затрудняет оценку размеров депрессии.

В отчетный период наблюдалось уменьшение суммарного водоотбора от 42,24 до 33,59 тыс. м³/сут, при этом добыча из четвертичного аллювиального горизонта сократилась практически в два раза. Сокращение добычи обусловило восстановление уровней к концу отчетного периода – на 1,40 и 2,37 м в нижне-среднеплейстоценовом аллювиальном и верхнеолигоценом-нижнемиоценовом горизонтах, соответственно. Наибольшее понижение наблюдалось в начале периода в 2010 г. и составляло 9,38 и 7,11 м. Отношение фактически достигнутых понижений к допустимым величинам за весь период не превышали 18 %.

Водозабор ОАО «*Алтай-Кокс*» располагается в с. Верхне-Камышенское и с. Омутная и эксплуатирует нижне-среднемиоценовый бурлинский (N_1br) и верхнеолигоценый водоносный горизонт некрасовской серии (P_3nk) на Верхне-Камышенском месторождении и нижне-среднемиоценовый бурлинский (N_1br) водоносный горизонт на Омутновском месторождении.

На Верхне-Камышенском месторождении запасы оценены в 2007 г. в количестве 23,25 тыс. м³/сут, в т.ч. для нижне-среднемиоценовых отложений бурлинской серии – 15,15 тыс. м³/сут, для верхнеолигоценых-нижнемиоценовых отложений некрасовской серии – 8,1 тыс. м³/сут.

Водозабор в с. Верхне-Камышенское работает с 1986 г. Водоотбор в отчетный период составлял 10,7–12,63 тыс. м³/сут. В 2014 г. степень освоения запасов месторождения достигала 48 %.

Водозабор в с. Омутная работает с 1991 г. Запасы оценены на нем только в 2007 г. для нижне-среднемиоценовых отложений бурлинской серии – 6,75 тыс. м³/сут. Наблюдается снижение водоотбора с 2,38 тыс. м³/сут в 2011 г. до 0,74 тыс. м³/сут в 2014 г. Сведения о водоотборе за 2010 г. не поступали. Степень освоения запасов в 2014 г. составила 11 %.

В целом, добыча подземных вод на водозаборе ОАО «Алтай-Кокс» за отчетный период снизилась с 15,02 до 11,95 тыс. м³/сут. В составе водозабора в настоящее время насчитывается 21 скважина: 19 – действующие, 2 – наблюдательные.

Нижне-среднемиоценовый водоносный горизонт бурлинской серии (N_{1br}) представлен песками и защищен от возможного загрязнения с поверхности. Мощность водовмещающих отложений варьирует в пределах 4–36 м (Верхне-Камышенское МПВ) и 9–32 м (Омутновское МПВ). Глубина залегания кровли водоносных отложений изменяется от 85–126 м (Верхне-Камышенское МПВ) и от 47,3 до 63 м (Омутновское МПВ). По составу воды гидрокарбонатные кальциево-натриевые пресные с минерализацией 0,38 г/л, нейтральные (рН 7,7–7,9), умеренно жесткие (4,8–5,6 мг-экв/л).

Верхнеолигоценый водоносный горизонт некрасовской серии (P_{3nk}) сложен песками и защищен от возможного загрязнения с поверхности. Мощность водовмещающих отложений изменяется в пределах 14,5–45 м. Глубина залегания кровли водоносных отложений изменяется от 97,5 до 185 м. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциево-натриевые пресные с минерализацией 0,30–0,35 г/л, нейтральные (рН 7,4–8), умеренно жесткие (4,5–4,7 мг-экв/л).

Качество подземных вод по большинству нормативных требований, установленных СанПиН «Вода питьевая...», соответствует их целевому назначению. Отклонения от норм касаются только содержаний железа и марганца. Для N_{1br} максимальные содержания железа и марганца достигают 1,86 и 3,7 мг/л (в среднем 0,68 и 0,55 мг/л) соответственно. Повышенные концентрации этих компонентов в подземных водах отмечаются на протяжении всего периода эксплуатации, причем по скважинам Омутновского водозабора они значительно выше (железо – до 6,7 мг/л, марганец – до 4,8 мг/л). В подземных водах палеогеновых отложений Верхне-Камышенского МПВ на протяжении последних пяти лет содержание железа и марганца в эксплуатируемом горизонте остается стабильным 0,37 и 0,28 мг/л.

В отдельных скважинах обнаруживаются нефтепродукты, иногда в сверхнормативных количествах. Для подземных вод неогеновых отложений содержание нефтепродуктов в воде остается стабильным, однако в палеогеновых отложениях отмечается тенденция к их росту, так

в 2010 г. их среднее содержание по Верхне-Камышенскому МПВ составляло 0,04 мг/л, а в 2014 г. выросло до 0,069 мг/л.

В результате интенсивной эксплуатации ОАО «Алтай-Кокс» Верхне-Камышенского, Омутновского и Сорокинского (с 2013 г. не эксплуатируется) месторождений подземных вод образована локальная Заринская депрессионная область в нижне-среднемиоценовых отложениях бурлинской серии и верхнеолигоценовых-нижнемиоценовых отложениях некрасовской серии.

Водоносный горизонт нижне-среднемиоценовых отложений эксплуатируется на Верхне-Камышенском и Омутновском месторождениях. В подземных водах горизонта понижение уровня с начала наблюдений (1974 г.) составило 24,4 м при допустимом 85 м. В течение отчетного периода прослеживается стабильное повышение уровня на 1,97–5,05 м, в центре депрессии – на 2,21 м. Повышение уровней связано, главным образом, с сокращением водоотбора на Омутновском месторождении, в водах которого отмечаются повышенные содержания железа и марганца. В пределах месторождения за последние пять лет наблюдается восстановление уровней на 8,58–10,03 м, понижение уровня составило 20,16 м при допустимом 65 м. В целом по горизонту в пределах Заринской депрессии отношение фактического понижения к допустимому за весь период не превышало 28 %.

Водоносный комплекс верхнеолигоценовых-нижнемиоценовых отложений некрасовской серии эксплуатируется с 1984 г. на Верхне-Камышенском месторождении. Водоотбор по горизонту относительно постоянный, на конец периода он составил 3,62 тыс. м³/сут. В отчетном периоде прослеживается стабильное повышение уровней подземных вод на 0,49–4,75 м, в центре депрессии – на 0,63 м. Сработка уровня с начала наблюдений (1974 г.) составила 6,66 м при допустимом понижении 120 м.

На *водозаборе ЗАО «Горняцкий водоканал»* осуществляется добыча подземных вод с целью хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения населения и организаций г. Горняка и хозяйственно-питьевого водоснабжения Жезкентского ГОКа Республики Казахстан. Водозабор эксплуатирует водоносный средненеоплейстоцено-голоценовый аллювиальный горизонт (aQ_{II-IV}) на Георгиевском участке Георгиевского месторождения. Запасы подземных вод на месторождении были оценены в 1968 г., а в 2012 г. произведена их переоценка. В настоящее время суммарные запасы составляют 24,2 тыс. м³/сут. Добыча подземных вод составляла 1,94–15,31 тыс. м³/сут. На конец отчетного периода запасы месторождения осваиваются на 31 %. Водозабор состоит из 20 действующих скважин.

По химическому составу подземные воды эксплуатируемого горизонта гидрокарбонатные смешанные по катионному составу пресные с величиной общей минерализации 0,27–0,46 г/л, нейтральные (рН 7,2–7,7), средней жесткости (4,5–6,8 мг-экв/л).

Несоответствие качества подземных вод относительно нормативных требований на водозаборе не отмечается.

Водозабор МУП «Водоканал» г. Славгород эксплуатирует подземные воды верхнемиоценовых-нижнеплиоценовых ($N_3^1-N_2^1$), средне-верхнемиоценовых (N_{2-3}^1), верхнеолигоценовых-нижнемиоценовых ($P_3^2-N_1^1$), нижнеолигоценовых (P_{3at}) и нижне-верхнемеловых ($K_{1a}-K_{2m}$) отложений. Однако оценка запасов выполнена только для нижне-верхнемелового апт-маастрихтского горизонта (Славгородское МПВ, протокол ТКЗ №442 от 04.12.1975 г.). В настоящее время, несмотря на то, что запасы Славгородского МПВ из-за ухудшения микробиологических показателей питьевой воды переведены с водоснабжения г. Славгорода на орошение земель совхозов вокруг города на последующие 25 лет после утверждения запасов по Восточнославгородскому месторождению (протокол ТКЗ ПГО «Запсибгеология» № 624 от 10.07.1991 г.), МУП «Водоканал» продолжает эксплуатацию этого месторождения для целей ХПВ.

В последние годы водоотбор на водозаборе стабильный, однако, отмечается изменение объема добычи по водоносным отложениям. В 2011 г. суммарный водоотбор составил 4,3 тыс. м³/сут (1,1 тыс. м³/сут – P_{3at} , 1,7 тыс. м³/сут – $K_{1a}-K_{2m}$). В последующие годы водоотбор увеличился почти в 2 раза и в 2014 г. составил 7,4 тыс. м³/сут (4,3 тыс. м³/сут – P_{3at} , 2,3 тыс. м³/сут – $K_{1a}-K_{2m}$).

Водозабор состоит из 23 скважин (21 – действующая, 2 – в резерве), из которых 10 каптируют подземные воды нижнеолигоценовых отложений, 8 – нижне-верхнемеловые отложения.

В целом, эксплуатируемые подземные воды (табл. 9) пресные с минерализацией 0,35–0,89 г/л (отмечается обратная вертикальная зональность минерализации) смешанного анионного состава, преимущественно, натриевые, рН вод 7,4–8,5, общая жесткость 0,9–4,7 мг-экв/л, в верхнемиоценовом-нижнеплиоценовом водоносном горизонте – до 9 мг-экв/л.

Таблица 9
Средний химический состав подземных вод водозабора МУП "Водоканал" г. Славгорода

Индекс ВГ	Тип воды	Минерализация, г/л	Общая жесткость, мг-экв/л	рН
$N_1^3-N_2^1$	смешанные как по анионному, так и по катионному составу	0,89	9,0	7,9
N_1^{2-3}	сульфатно-гидрокарбонатные, смешанные по катионному составу	0,36–0,69	2,9–3,4	8,1–8,2
$P_3^2-N_1^1$	смешанного анионного состава натриевые	0,69	4,7	8,0
P_{3at}	смешанного анионного состава натриевые	0,35–0,75	2,9–3,9	7,4–8,4
$K_{1a}-K_{2k}$	смешанного анионного состава натриевые	0,47–0,55	0,9–3,5	7,5–8,5

Водозабор МУП «Горводоканал» г. Яровое расположен на склоне озерной котловины оз. Большое Яровое. Водозабор эксплуатирует подземные воды водоносных верхнеолигоценового-нижнемиоценового ($P_3^2-N_1^1$), нижнеолигоценового (P_{3at}), верхнемелового коньяк-маастрихтского (K_2k-m) горизонтов Яровского месторождения. Запасы Яровского МПВ оценены 08.06.1973 г. общей суммой 91,9 тыс. м³/сут (10,3 – $P_3^2-N_1^1$, 52,8 – P_{3at} , 28,8 – K_2k-m). Суммарный отбор из всех горизонтов на месторождении в 2011–2014 гг. колебался от 2,32 до 3,53 тыс. м³/сут (в 2014 г. составлял 3,79 % от утвержденных запасов). Кроме этого водозабор эксплуатирует неутвержденные запасы верхнемиоценового-нижнеплиоценового горизонта ($N_1^3-N_2^1$). Водоотбор из него в 2011–2014 гг. составлял 0,43–0,88 тыс. м³/сут. Суммарная максимальная добыча подземных вод по четырем горизонтам отмечалась в 2012 г. и составляла 4,39 тыс. м³/сут. В составе водозабора в настоящее время насчитывается 17 скважин: 11 – действующие, 4 – резервные и 2 – наблюдательные.

Воды верхнемиоценового-нижнеплиоценового горизонта ($N_1^3-N_2^1$) сульфатно-гидрокарбонатные натриевые пресные с минерализацией 0,45 г/л, нейтральные (рН 7,8), мягкие (общая жесткость 2,6 мг-экв/л).

Водоносный верхнеолигоценовый-нижнемиоценовый горизонт ($P_3^2-N_1^1$) представлен песками с прослоями и линзами глин и алевритов. Мощность водовмещающих отложений изменяется от 4–25 м до 66 м. Глубина залегания кровли водоносных отложений также колеблется в пределах 116–150 м. Подземные воды защищены от возможного загрязнения с поверхности. По составу сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные натриевые пресные с минерализацией 0,6 г/л, щелочные (рН 8,2) мягкие (общая жесткость 2,2 мг-экв/л).

Водоносный горизонт атлымской свиты (P_{3at}) распространен повсеместно, выдержан по мощности и хорошо защищен от возможного загрязнения с поверхности. Водовмещающие отложения представлены песками общей мощностью 12–40 м. Воды горизонта напорные. Глубина залегания кровли водоносных отложений 238–268 м. По составу подземные воды пресные, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые пресные с минерализацией 0,42–0,62 г/л, нейтральные (рН 7–7,5), от мягких до умеренно жестких (2,5–4,7 мг-экв/л).

Воды верхнемелового коньяк-маастрихтского горизонта (K_2k-m) сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-натриевые пресные с минерализацией 0,55 г/л, щелочные (рН 8,4), умеренно-жесткие (4,0 мг-экв/л)

Состав подземных вод формируется под влиянием региональных условий территории, в связи с чем наблюдаются повышенные концентрации железа.

В районе гг. Славгорода и Яровое интенсивная эксплуатация подземных вод водозаборами привела к сработке уровня подземных вод и образованию единой области депрессии в трех водоносных горизонтах ($P_3^2-N_1^1$, P_{3at} , K_{1-2}). Славгородская депрессия

расположена в западной части Иртыш-Обского АБ в трансграничных условиях с Республикой Казахстан. Всего в пределах выделенной депрессии функционирует 17 водозаборов г. Славгорода и 7 водозаборов г. Яровое. Суммарный водоотбор на данной территории значительно меньше максимального разрешенного. Понижения по каждому из эксплуатируемых водоносных горизонтов не превышают допустимых величин, отношение фактического понижения к допустимому составляло 24, 14 и 12 % для каждого из горизонтов, соответственно. По верхнеолигоценному-среднемиоценовому горизонту наблюдается восстановление уровней на 3,96 м относительно начала наблюдений (1974 г.), в течение отчетного периода – незначительное повышение уровня на 0,17 м, при этом в центре депрессии уровни выросли на 1,32 м.

Новосибирская область

Водозабор ОАО «Кудряшовское» расположен в 1,5 км юго-восточнее п. Криводановки, в долине р. Оби, и эксплуатирует водоносный горизонт нижнеолигоценых отложений атлымской свиты (P_{3at}) на Кудряшовском месторождении с целью питьевого водоснабжения населения. Запасы месторождения утверждены в 1986 г. В 2011 г. проведена переоценка запасов, их количество составило 9,6 тыс. м³/сут. Эксплуатация подземных вод началась с 1971 года с постоянным наращиванием темпов водоотбора. Водоотбор подземных вод в отчетном периоде составлял от 5,39 тыс. м³/сут в 2013 г. до 6,52 тыс. м³/сут. В 2014 г. степень освоения запасов составила 57 %. В состав водозабора входит 17 скважин.

Эксплуатация водоносного горизонта ведется в условиях напорного неустановившегося режима фильтрации. В многолетнем периоде снижение пьезометрической поверхности, вызванное эксплуатацией подземных вод в периоды наибольшего водопотребления, поменяло вектор движения и в 2010–2014 гг. составляло в центре водозабора 18,13–18,47 м. Средние динамические уровни изменялись от 18,34 до 48,64 м ниже поверхности земли при допустимых значениях 43–51 м (кровля горизонта).

По составу подземные воды пресные (0,7 г/л) хлоридно-гидрокарбонатные магниевонариево-кальциевые слабощелочные (рН 8), средней жесткости (8,3 мг-экв/л). За период эксплуатации подземные воды в районе водозабора претерпели существенные изменения в качественном составе – воды стали более пресными (0,4 г/л) гидрокарбонатными магниевokalциевыми слабощелочными (рН 8), средней жесткости (6,1 мг-экв/л). Развитие депрессионной воронки повлекло изменение условий их питания. Под влиянием прямой гидравлической связи с грунтовыми водами и поверхностными р. Оби на востоке произошел процесс опреснения атлымских подземных вод на участке водозабора и прилегающей к нему территории. Начиная с 1990 г., химический состав подземных вод на водозаборе стабилен.

Осредненный химический состав вод на водозаборе на различные периоды характеризуется формулой:

Содержание ионов аммония в водах до 1989 г. не превышало 1–1,5 мг/л, редко до 2 мг/л. С 1989 г., когда был зафиксирован абсолютный максимальный водоотбор (12,1 тыс. м³/сут), концентрация изменялась в пределах 0–5 мг/л, в том числе в 2010–2014 гг. – 0,68–3,3 мг/л (до 1,7 ПДК). В предельно допустимых концентрациях в подземных водах зафиксированы фенолы (фенольный индекс), нефтепродукты и АПАВ.

Качественный состав подземных вод, в целом, удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормативам и остается неизменным, за исключением содержаний железа (до 1,85 мг/л), марганца (до 0,2 мг/л), аммония (до 3,3 мг/л), фтора (до 0,62 мг/л) и величин жесткости (до 9,4 мг-экв/л), цветности (до 42,1^о) и мутности (до 25,4 ЕМФ), обусловленных естественными причинами. В радиологическом и бактериологическом отношении воды чистые.

Водозабор МУП «ЖКХ» г. Барабинск эксплуатирует неутвержденные запасы водоносного верхнемелового горизонта ипатовской свиты (K₂ip) с 1964 г. В отчетном периоде подземные воды добывались в объеме от 1,3 тыс. м³/сут (в 2012 г.) до 1,89 тыс. м³/сут (в 2014 г.). Водозабор состоит из 9 скважин.

Водоносный горизонт (K₂ip) представлен песками, с прослоями и линзами глин. Глубина залегания кровли водоносных отложений 600–644 м. Мощность изменяется в широких пределах от 35 до 119 м.

Динамические уровни подземных вод находились на глубинах 21,2–46,2 м. Снижение уровней в эксплуатируемых скважинах относительно предыдущих лет обусловлено кольматацией фильтров железистыми соединениями. Пьезометрическая поверхность подземных вод находилась на средних глубинах 8,55–9,12 м и в течение наблюдаемого периода 1982–2014 гг. была относительно постоянной.

В целом, подземные воды солоноватые с минерализацией 1,2–2,0 г/л сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатного натриевого состава, от мягких до умеренно жестких (общая жесткость 0,4–5,7 мг-экв/л), Реакция среды близка к нейтральной до слабощелочной (рН 7–8,8). Из загрязняющих природных компонентов в водах присутствуют железо (до 1,6 мг/л), марганец (до 0,1 мг/л), аммоний (до 6,2 мг/л) и бор (до 2,7 мг/л).

Водозабор МУП «Водоканал», г. Татарск эксплуатирует водоносный горизонт нижне-верхнемеловых отложений покурской свиты (K₁₋₂рк) на участке недр Татарский. Запасы месторождения утверждены в 2003 г. в количестве 15 тыс. м³/сут. Водоотбор в 2010–2014 гг. возрос с 3,13 до 3,84 тыс. м³/сут. Водозабор включает в себя 9 действующих скважин.

Водоносный горизонт (K₁₋₂рк) представлен песками, с прослоями и линзами глин. Глубина залегания кровли водоносных отложений 980–1080 м. Мощность изменяется в широких пределах от 100 до 263 м.

За период эксплуатации динамические уровни эксплуатируемого водоносного горизонта понизились на 37,34 м. Сведений об изменении уровней за отчетный период нет.

Подземные воды солоноватые с минерализацией 2,0–2,3 г/л хлоридно-гидрокарбонатного натриевого состава. Воды очень мягкие с общей жесткостью 0,49–0,67 мг-экв/л, слабощелочные (рН 8,1–8,4), с повышенным содержанием бора (до 10,91 мг/л), брома (до 6,9 мг/л) и фтора (до 1,69 мг/л).

Томская область

Томский водозабор (ООО «Томскводоканал») располагается в пределах Обь-Томского междуречья. Эксплуатация ведется с декабря 1973 г. Водозабор состоит из 198 скважин, расположенных на трех линиях, и эксплуатирует утвержденные запасы водоносного комплекса палеоген-четвертичных отложений Томского, Междуречного и Северного участков Томского месторождения. Запасы подземных вод на данных участках утверждены в 1975 г. и переоценены в 2008 г. и составляют 260 тыс. В работе 128 скважин. Водозабор снабжает питьевой водой г. Томск. Добыча подземных вод за отчетный период существенно сократилась: с 173,07 тыс. м³/сут в 2010 г. до 132,51 тыс. м³/сут в 2014 г.

Качественный состав подземных вод продуктивного комплекса, в целом, удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормативам и остается неизменным, за исключением содержаний железа, марганца, кремния, фтора и величины мутности, обусловленных естественными причинами [31]. Минерализация и состав вод остаются стабильными в течение последнего десятилетия, так же как и с начала эксплуатации водозабора.

Подземные воды водоносного комплекса *четвертичных отложений* пресные, гидрокарбонатные кальциевые или кальциево-магниевые от очень мягких до жестких (жесткость 1,4–7,8 мг-экв/л). Величина общей минерализации (сухой остаток) изменяется в пределах от 88 до 449 мг/л. Реакция среды близка к нейтральной (рН 6,7–7,8).

Подземные воды водоносного комплекса палеогеновых отложений гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, пресные. Воды, в основном, нейтральные, изменяясь от слабокислых (рН 6,2–6,7) до слабощелочных (рН 7–7,9), умеренно-жесткие, (4,91 мг-экв/л). Величина минерализации находится в пределах 164 до 406 мг/л. Исключение составляет северная часть Обь-Томского междуречья, где в конце II линии Томского водозабора (д. Козюлино, скв. № №125э, 127э), постоянно отмечается измененный состав подземных вод на гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-натриевый. Изменение его обусловлено перетоком низзалегających солоноватых вод меловых отложений, усиленным работой Томского водозабора.

Водозабор № 1 (АО «Северский водоканал) эксплуатирует подземные воды палеогеновых отложений на участке № 1 Северского месторождения, запасы на котором утверждены в 2004 г. в количестве 26 тыс. м³/сут. Работает с декабря 1959 г. и состоит из 34 эксплуатационных скважин (в т.ч. 19 действующих), равномерно расположенных по площади. Водоотбор за отчетный период сократился с 22,25 тыс. м³/сут до 19,59 тыс. м³/сут.

В целом, подземные воды пресные с минерализацией 0,2–0,5 г/л, гидрокарбонатные (магниево)-кальциевые, преимущественно умеренно жесткие, нейтральные (рН 6,8–7,3).

В 10–13 км к северо-востоку от водозабора расположены водохранилища и полигоны захоронения ЖРО, причем водозабор № 1 расположен в пределах третьего пояса их санитарно-защитной зоны. К восточной части водозабора примыкают садовые участки. На расстоянии 800 м от водозабора расположен канал, принимающий стоки ТЭЦ и самого водозабора, являющийся источником загрязнения подземных вод.

Водозабор № 2 (АО «Северский водоканал) эксплуатирует подземные воды палеогеновых отложений и частично – верхнемеловой водоносный комплекс на участке № 2 Северского месторождения. Запасы подземных вод утверждены в 2004 г. в количестве 24,56 тыс. м³/сут. Водозабор работает с 1970 г. и включает в себя 27 скважин, из которых 21 – действующая. За отчетный период добыча подземных вод снизилась с 22,25 до 16,69 тыс. м³/сут.

Водозабор № 2 располагается в пределах III пояса ЗСО полигонов захоронения ЖРО. В данном районе, кроме СХК, расположены Томский нефтехимический комбинат (ТНХК), очистные сооружения г. Томска, полигон промышленных отходов, ТЭЦ-3, золоотвал и другие объекты, являющиеся источниками загрязнения окружающей среды. Все эти объекты находятся вверх по потоку подземных вод.

Воды палеогенового комплекса пресные, гидрокарбонатные (магниево)-кальциевые с минерализацией 0,2-0,3 г/л, умеренно-жесткие.

2.5. Антропогенная деятельность человека

Среди ведущих факторов особое значение в формировании химического состава природных вод приобретает антропогенная деятельность.

На исследуемой территории известны следующие виды загрязнений подземной гидросферы: промышленное, коммунально-бытовое, сельскохозяйственное.

Под воздействием разработки полезных ископаемых, строительства гидротехнических сооружений, мелиорации земель, эксплуатации крупных водозаборов подземных вод, а также сбросов загрязненных стоков, закачки жидких радиоактивных отходов, попадания

ядохимикатов, используемых в сельском хозяйстве, происходят изменения условий формирования естественного режима подземных вод.

В результате разработки месторождений полезных ископаемых состав подземных вод изменяется настолько, что коренным образом отличается от первоначального. Глубина окисляющего воздействия порой достигает нескольких километров (например, на нефтегазовых промыслах, где при заводнении в глубокие горизонты закачиваются целые реки).

Загрязнение коммунально-бытовыми отходами обнаруживается в верхних горизонтах, главным образом, в черте населенных пунктов. Оно приводит к локальному повышению минерализации грунтовых вод, увеличению в них азотистых соединений и даже вредных веществ. Происходит загрязнение питьевых подземных вод, т.к. население для водоснабжения использует, преимущественно, забивные неглубокие скважины и колодцы.

Сельскохозяйственное загрязнение, вызванное хранением удобрений, в том числе и ядохимикатов, временным складированием навоза на фермах, носит площадной либо даже региональный характер: из почвы в подземные воды попадают калий, фтор, ртуть, свинец, аммиак, формальдегид, азотсодержащие вещества и многие элементоорганические соединения, используемые при сельхозпроизводстве.

На территории округа находится значительное количество мест захоронения скотомогильников, многие из которых не соответствуют санитарным требованиям, что также усугубляет ситуацию в таких местах.

Гидротехническое строительство вызывает перераспределение подземного стока и изменение гидрогеохимического режима подземных вод. Благодаря этому нередко возрастает агрессивность подземных вод на участках, прилегающих к водохранилищам.

В процессе проведения мелиоративных работ происходит засоление подземных вод. На территории Алтайского края в сложившихся экономических условиях происходит процесс деградации орошаемого земледелия, в связи с чем многие пруды и водохранилища становятся невостребованными, снижается внимание к их правильной эксплуатации, и, как следствие, повышается возможность загрязнения вод прудов и водохранилищ.

Таким образом, рассматриваемая территория характеризуется достаточно разнообразными природными условиями, здесь хорошо прослеживается природная широтная зональность. Границы природных зон простираются относительно параллельно друг другу. С севера на юг широтно выделяются средне-таежные, южно-таежные и подтаежные, лесостепные и степные ландшафтные зоны, кроме этого на территории Алтайского края выделяются аazonальные боровые пески (песчано-боровые ландшафты). Таким образом, на рассматриваемой территории сочетается множество факторов, определяющих условия формирования подземных вод.

В естественных условиях источниками формирования химического состава подземных вод являются атмосферные осадки, наземная гидросфера, лито- и биосфера. Полная соленость подземных вод складывается из 30-35 % солей атмосферного происхождения, 35-10 % – солей (преимущественно, анионов) гидрогенно-биогенной природы и 55-30 % солей (преимущественно, катионов) – из горных пород [107].

В естественных условиях источниками качественного состава подземных вод являются породы, атмосферные осадки и органические вещества. Макро- и микрокомпонентный состав подземных вод прежде всего зависит от литолого-фациальных особенностей водовмещающих отложений и их геохимической специфики.

3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Фактический материал

Основой для выполнения исследований являются результаты выполненных ранее геологоразведочных работ различной направленности, хранящиеся в территориальных подразделениях ФГУНПП «Росгеолфонд».

В рамках сбора и систематизации использованы материалы, охватывающие следующие виды работ по геологическому изучению недр:

- региональные геологосъемочные работы;
- гидрогеологические, инженерно-геологические и комплексные съемки масштабов 1:500 000 и 1:200 000;
- государственный мониторинг геологической среды;
- поисковые и разведочные работы на подземные воды;
- эколого-геологические исследования и картографирование масштаба 1:1 000 000 (ГЭИК-1 000);
- тематические работы геологической, гидрогеологической, гидрогеохимической и геоэкологической направленности.

В северных и восточных районах практически полностью отсутствуют какие-либо наблюдательные пункты, транспортное сообщение с этими районами происходит водным или воздушным путем и имеет свои сезонные особенности. В населенных пунктах этих районов население использует для водоснабжения либо одиночные скважины, работающие на неогенных запасах, эксплуатирующие подземные воды неогенового или палеогенового водоносных комплексов, либо колодцы и забивные колонки, каптирующие подземные воды четвертичного водоносного комплекса. Поэтому информация о качественном составе подземных вод этих территорий обрывистая и весьма скудная, наиболее подробные химико-аналитические исследования вод проводились во время активного проведения геологосъемочных работ разной направленности. Химико-аналитические исследования подземных вод включали, в основном, определение показателей макрокомпонентного состава и ряда основных микрокомпонентов, причем часто определение микрокомпонентного состава подземных вод проводилось полуколичественным спектральным анализом, что не позволяет использовать эти данные для анализа.

Во время выполнения сбора данных и анализа собранного массива информации были отобраны наиболее представительные пункты наблюдения (рис. 12), по которым была собрана информация о содержании HCO_3 , SO_4 , Cl , Ca , Mg , Na ($\text{Na}+\text{K}$), а также Fe или Mn , или Si (минимальный набор показателей химического состава).

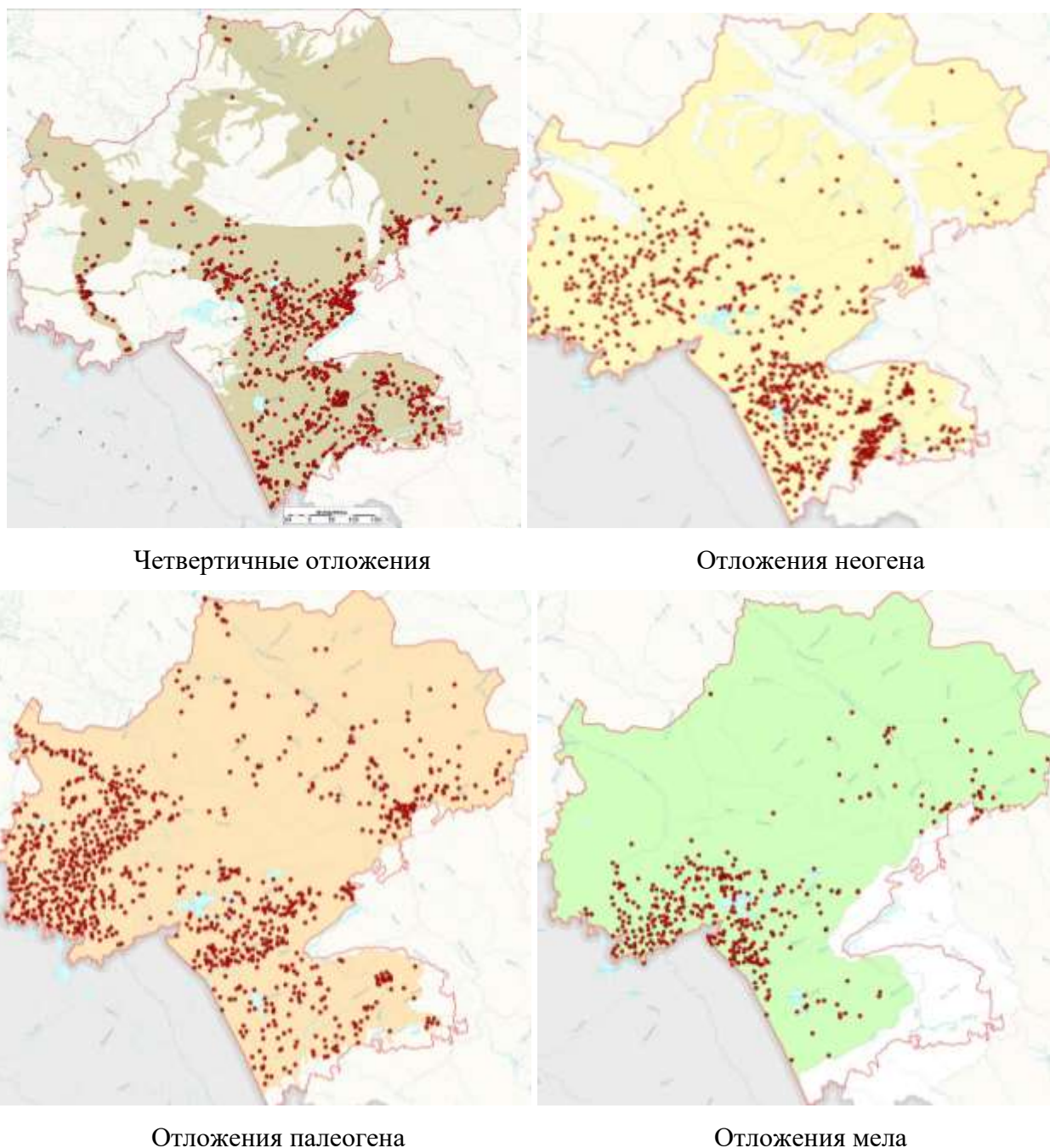


Рис. 12 Пространственное распределение наблюдательных пунктов с данными о макрокомпонентном составе подземных вод

Основные макрокомпоненты несут в себе информацию о базовом анионно-катионном составе подземных вод, его пространственных закономерностях и по ним в дальнейшем возможно делать выводы об особенностях формирования подземных вод. Железо, марганец и кремний являются для данной территории типичными показателями природного несоответствия качеству. Дальнейший отбор пунктов выполнялся по наличию химических анализов по остальным компонентам и глубине ряда наблюдений в пределах отдельных пунктов для возможности изучения временной изменчивости химического состава подземных вод (рис. 13-16).

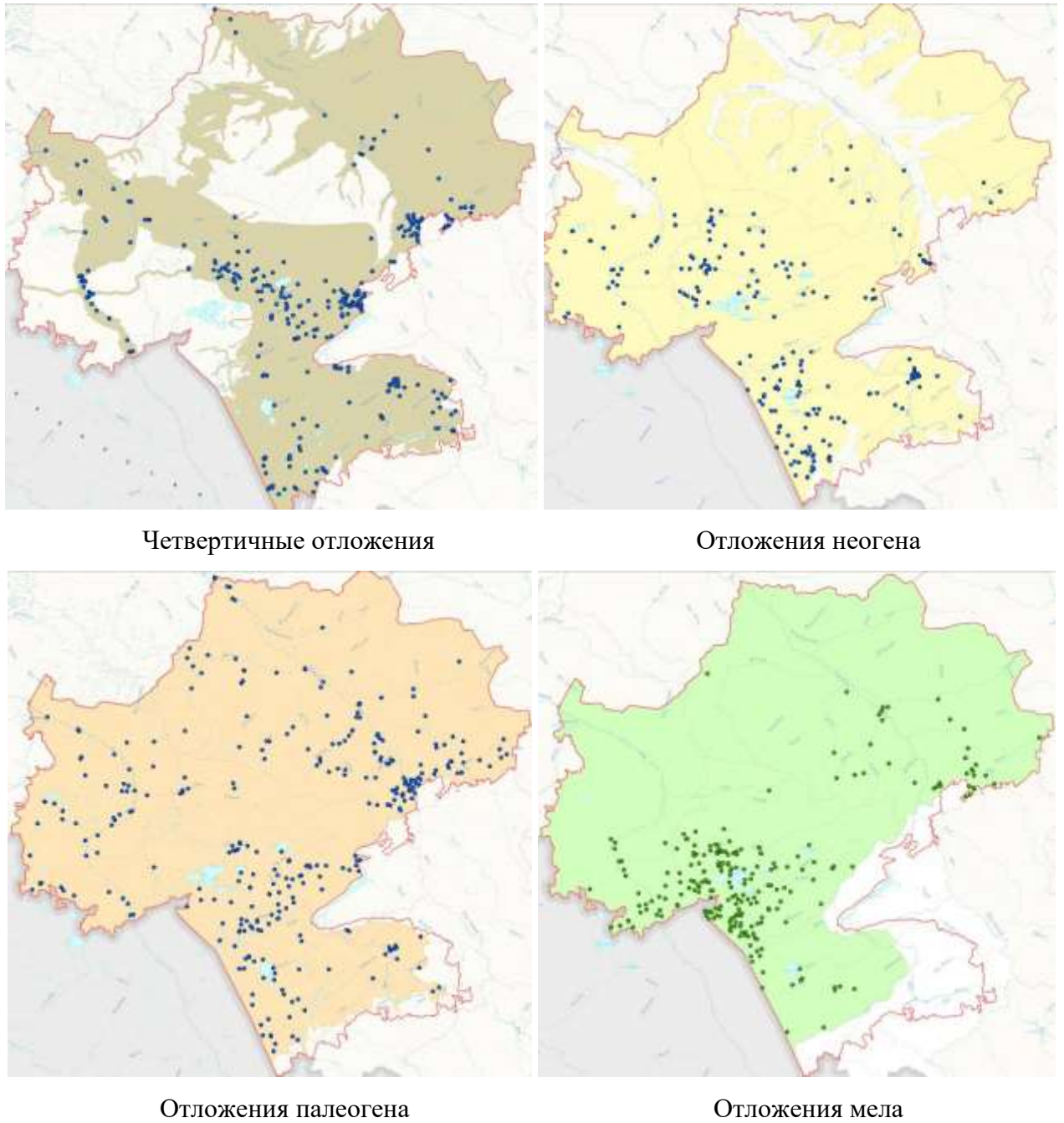
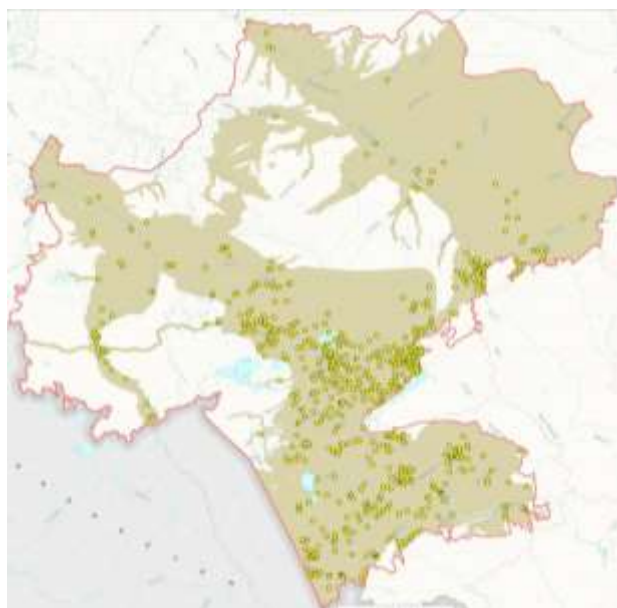
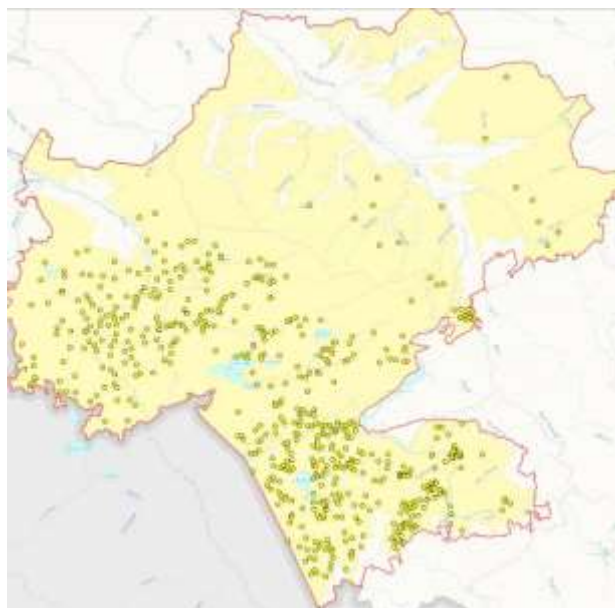


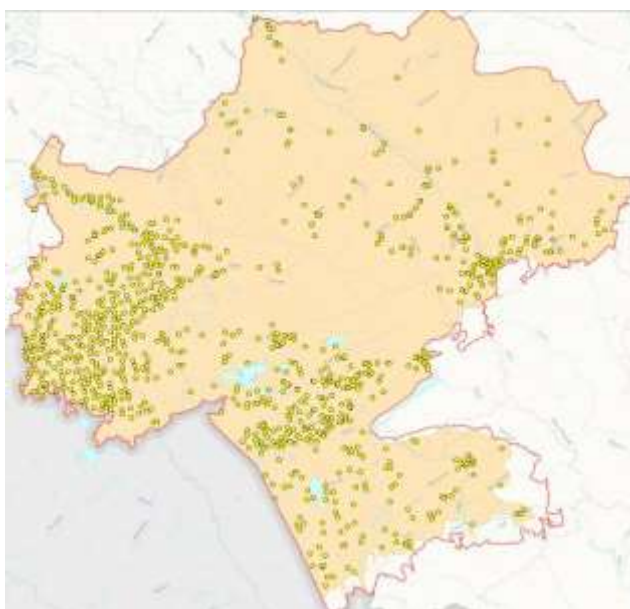
Рис. 13 Пространственное распределение наблюдательных пунктов с данными о микрокомпонентном составе подземных вод



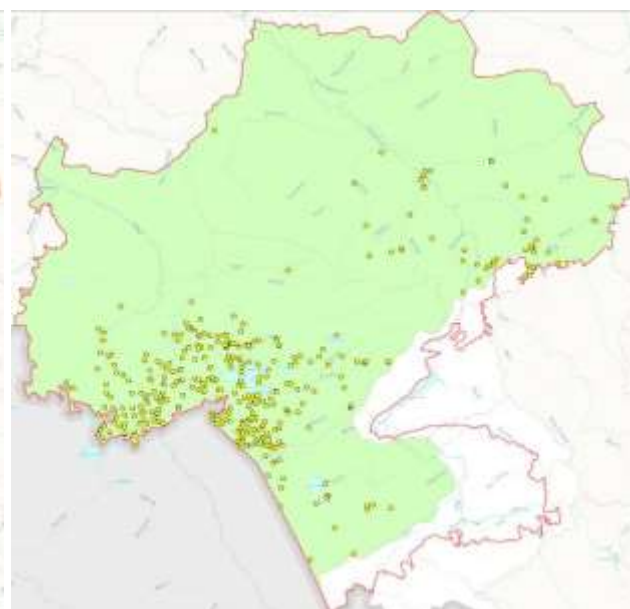
Четвертичные отложения



Отложения неогена



Отложения палеогена



Отложения мела

Рис. 14 Пространственное распределение наблюдательных пунктов с данными об азотистых веществах подземных водах четвертичных отложений

В результате сбора ретроспективной и архивной информации была сформирована база показателей химического состава подземных вод рассматриваемых комплексов. База включала 62 620 анализов подземных вод по 9 339 пунктам наблюдения.

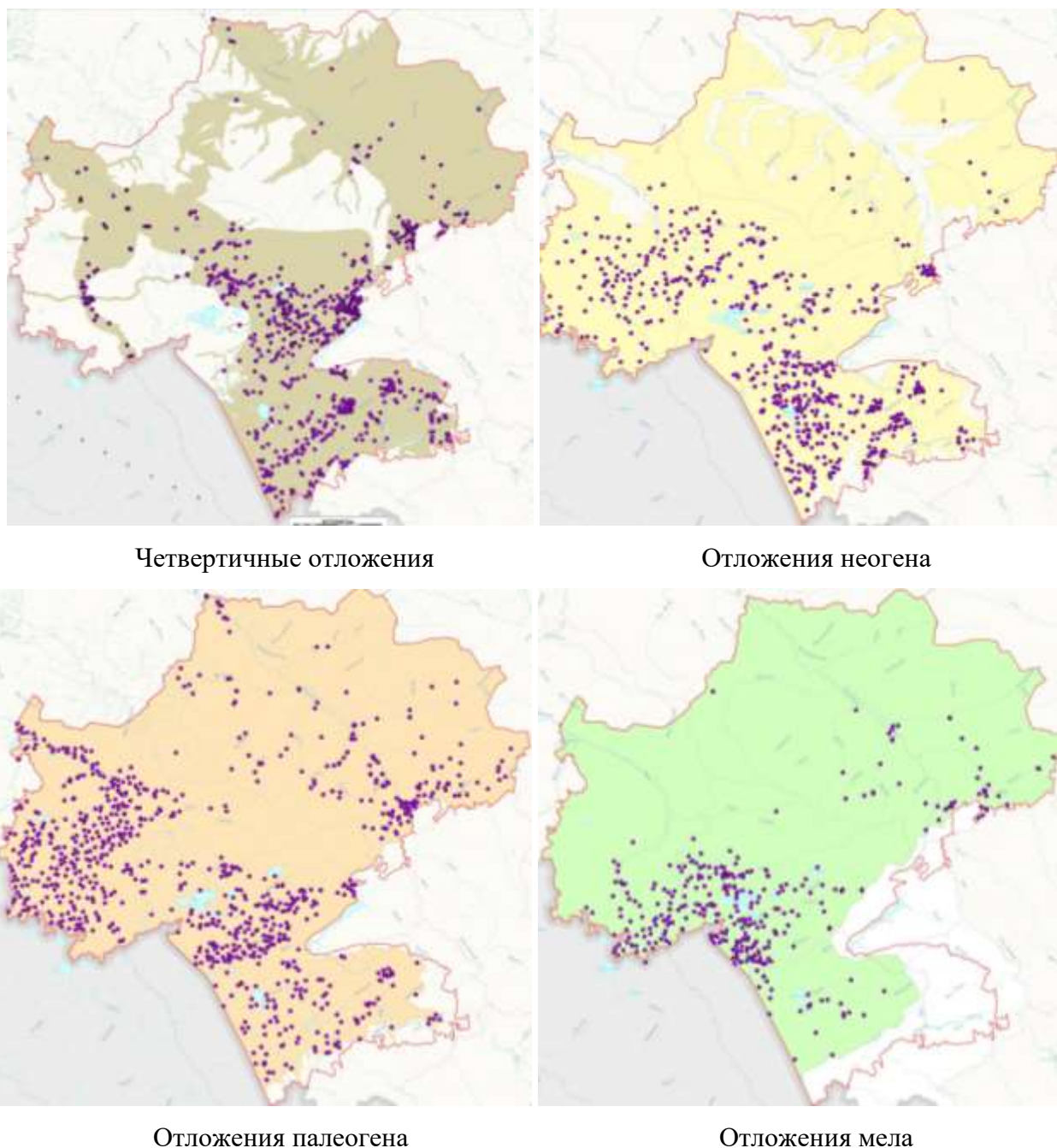


Рис. 15 Пространственное распределение наблюдательных пунктов с данными об органических показателях подземных вод четвертичных отложений

Собранные данные имеют большой временной разброс, начиная с 1960-х годов и до настоящего времени. Причем, как правило, наиболее старые анализы несут в себе большую информативность в территориальном отношении, т.к. именно в середине прошлого века выполнялись многочисленные масштабные работы, в рамках которых целенаправленно или попутно выполнялись химико-аналитические исследования состава подземных вод. Именно эти данные покрывают территории в настоящее время, не доступные для регулярного мониторинга состояния подземных вод ввиду своей низкой освоенности и обжитости.



Рис. 16 Пространственное распределение наблюдательных пунктов с данными о радиологических показателях подземных вод четвертичных отложений

Таким образом, на территории работ накоплен огромный массив данных, охватывающих четвертичный (2 476 водопунктов и водозаборов), неогеновый (1 886), палеогеновый (4 168) и меловой (809) водоносные комплексы (табл. 10). Следует отметить, что около 70 % всех пунктов располагаются на территориях, приуроченных к крупным населенным пунктам, промышленным агломерациям и зонам, поэтому большая часть северных районов недостаточно охвачена наблюдательной сетью ввиду своей слабой освоенности и крайне низкой транспортной доступности.

Характеристика базы данных химических анализов

Водоносный комплекс	Количество пунктов	Период наблюдений	Макс. период наблюдений по 1 пункту	Макс. кол-во анализов по 1 пункту
Q	2 476	1949-2015	42	494
N	1 886	1954-2015	30	100
P	4 168	1939-2015	45	981
K	809	1946-2015	46	487

Глубина накопленного архива данных (фактографической базы данных) достигает 1939 г., а наибольшая продолжительность наблюдений составляет до 46 лет. Количество накопленных данных по водопунктам и водозаборах достигает 981 анализа подземных вод для одного группового водозабора и 333 анализа для наблюдательного пункта. Это позволяет выполнять анализ пространственно-временных закономерностей химического состава подземных вод, т.е. как по территории, так и по опорным пунктам проследить изменение химического состава подземных вод во времени.

Четвертичный водоносный комплекс охвачен 2 476 водопунктами и водозаборами как групповыми, так и одиночными, причем до 90 % всех пунктов расположены в центральной и южной части территории и приурочены, в основном, к мелким населенным пунктам и крупным городам и промышленным центрам.

Более 50% всех пунктов территориально располагаются достаточно близко друг к другу, предоставляя подтверждающую, корректирующую и зачастую дублирующую информацию и поэтому, по большому счету, создают избыточную нагрузку на отдельных территориях, ввиду чего могут быть исключены из рассмотрения без потери территориальной нагруженности и вертикальной охваченности территории. Отобранные пункты содержат данные о химическом составе подземных вод с 1949 г. Максимальный период наблюдений по пункту достигает 42 года и составляет 494 анализа для водозабора и 333 анализа для водопункта.

Неогеновый водоносный комплекс на территории реже используется для водоснабжения и практически не охвачен (1 886) наблюдательными пунктами в северной части территории. Глубина архива наблюдений достигает 1954 г. и составляет максимально 30 лет. Объем накопленных данных по водозабору достигает 26 анализов, а по водопункту – 100.

Палеогеновый водоносный комплекс наиболее широко охвачен наблюдательной сетью – 4 168 водопунктов и водозаборов, которые содержат данные о химическом составе подземных вод с 1939 г. Максимальный период наблюдений по пункту достигает 45 лет и составляет 981 анализ для водозабора и 155 анализов для водопункта.

Меловой водоносный комплекс имеет ограниченное использование в пределах территории и охвачен 809 пунктами, содержащими данные о химическом составе подземных вод с 1946 г. Максимальный период наблюдений по пункту достигает 46 лет и составляет 487 анализов для водозабора и 98 анализов для водопункта.

3.2. Методика исследований

Полевые и химико-аналитические исследования

В процессе выполнения работ проведены полевые работы, включающие в себя обследование действующих водозаборов хозяйственно-питьевого водоснабжения населения с отбором проб воды из действующих наблюдательных и эксплуатационных скважин, а также опробование ПВ наблюдательных скважин ГОНС с их предварительной прокачкой. Основная цель проведения полевых работ заключается в получении отсутствующей гидрогеохимической информации и уточнении ретроспективной.

Необходимость дополнительного опробования подземных вод заключается в следующем.

Современное опробование качественного состава подземных вод позволит выполнить оценку качества питьевых подземных вод основных водоносных подразделений.

Ввиду того, что в работе используются материалы 30-50 – летней давности, то возникает необходимость выявления современного состояния подземных вод для подтверждения или корректировки ретроспективных данных, вызывающих при региональном анализе вопросы в достоверности. Это также позволит говорить о применимости материалов определенной давности для гидрогеохимического картирования.

Лабораторные работы разных лет выполнялись по разным методикам в различных лабораториях, информация о которых зачастую отсутствует, поэтому требуется уточнение полученных данных современными химико-аналитическими методами, особенно это важно для таких показателей, как $Fe_{\text{общ}}$, Fe^{2+} , Fe^{3+} , NH_4^+ , NO_3^{2-} , NO_2^- , перманганатная окисляемость, фенолы, нефтепродукты и др.

Химико-аналитические исследования в разных лабораториях проводились по совершенно разным перечням показателей, зачастую по строго сокращенным перечням основного макрокомпонентного состава, поэтому в отдельных случаях возникла необходимость доопробования подземных вод по показателям, регламентируемым СанПиН 2.1.4.1074-01.

Несмотря на активное выполнение съемочных работ различной направленности в предыдущие годы, некоторые территории, тем не менее, остались практически не охвачены данными, поэтому возникла необходимость получения информации о составе подземных вод данных территорий:

- контрольное опробование ряда пунктов, по которым в предыдущие годы были получены противоречивые данные.

- необходимость проследить временное изменение состава подземных вод по пунктам, в т.ч. и самоизливающимся скважинам.

- пополнение фактографической базы данных показателей состояния вод основных водоносных подразделений.

Планирование полевых работ выполнялось после подготовки предварительного варианта карты-схемы гидрогеохимического районирования, в соответствии с которой была подготовлена программа проведения полевых работ, намечены пункты опробования, перечень опробуемых показателей, в т.ч. определяемых экспресс-методами непосредственно в момент отбора пробы (рН, Eh, УЭП). В основу программы полевых работ положены характеристики степени изученности химического состава подземных вод основных водоносных подразделений, значимости и информативности водозаборов с точки зрения водоснабжения населенных пунктов. Выбор точек обследования и опробования выполнялся исходя из результатов предварительного анализа накопленных ретроспективных данных, в т.ч. данных ГМСН, т.е. точки опробования и обследования выбирались на тех участках, по которым накоплено незначительное количество данных или данные отсутствуют вообще, кроме этого выбирались территории, по которым накопленные данные некорректны и требуют уточнения или подтверждения.

Полевые работы были выполнены в период с января 2015 г. по август 2015 г. Всего было отобрано 326 проб, в т.ч. 31 контрольных. Отбор и консервация проб выполнялись в соответствии с ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб», а также в соответствии с требованиями нормативных документов на методику выполнения исследований (НД на МВИ).

Определение показателей общего химического состава, а также ряда микрокомпонентов (В, Br, I, H₂S, Al, Ba, Be, Cd, Li, Cu, Mo, As, Hg, Pb, Zn, Ni, Cr, Se) обусловлено необходимостью выявления фоновых показателей микроэлементов, имеющих наиболее широкое распространение в подземных водах территории. Кроме этого, данные показатели нормируются по [99], а, следовательно, их концентрации определяют класс качества подземных питьевых вод.

Определение азотистых соединений, фенолов, АПАВ и нефтепродуктов обусловлено тем, что эти элементы являются, по сути, индикаторами техногенного (промышленного или бытового) загрязнения и также нормируются по [15-16, 99].

При обследовании действующих водозаборов хозяйственно-питьевого назначения отбор проб выполнялся из эксплуатационных скважин, при опробовании наблюдательных скважин производилась их предварительная прокачка насосами марки «Малыш».

В полевых условиях определялись как общие физико-химические показатели химического состава подземных вод (минерализация, удельная электропроводность, температура), так и неустойчивые быстроменяющиеся показатели (рН и Eh). Определение выполнялось с помощью приборов-тестеров фирмы Hanna: HI 98129 – рН, удельная электропроводность, общая минерализация, температура, HI 98120 – Eh, температура и Kelilong PH-099 – рН и Eh (рис. 17).



Рис. 17 Полевые портативные тестеры

- а) Портативный тестер Hanna HI 98129
- б) Портативный тестер Hanna HI 98120
- в) Портативный мультимонитор Kelilong PH-099

Все химико-аналитические исследования проб подземных вод выполнены в аккредитованной лаборатории в г. Томск – Гидрогеохимическая лаборатория АО «Томскгеомониторинг» (аттестат аккредитации Госстандарта № РОСС RU.0001.511266 от 14.10.2014 г. и № РОСС RU.0001.511266 от 06.04.2015 г.) (табл. 11).

Перечень документов, регламентирующих методики выполнения лабораторных химико-аналитических исследований

Гидрогеохимическая лаборатория АО «Томскгеомониторинг» Аттестат аккредитации №РОСС RU.0001.511266 от 14.10.2014 г.		
№ п/п	Показатель	Документ, регламентирующий МВИ
1	pH	РД 52.24.495-2005
2	Сухой остаток	ПНД Ф 14.1:2:4.114-97*
3	Общая жесткость	ПНД Ф 14.1:2.98-97
4	Перманганатная окисляемость	ПНД Ф 14.1:2:4:154-99*
5	NH ₄	ПНД Ф 14.1.2.1-95
6	HCO ₃	ПНД Ф 14.2.99-97
7	Fe _{общ} , Fe ²⁺ , Fe ³⁺	ПНД Ф 14.1:2:4.139-98
8	Si	РД 52.24.432-2005
9	K	ПНД Ф 14.1:2:4.138-98
10	Ca	ПНД Ф 14.1:2.95-97
11	Mg	Расчетный метод
12	Na	ПНД Ф 14.1:2:4.138-98
13	Mn	ПНД Ф 14.1:2:4.139-98
14	Sr	ПНД Ф 14.1:2:4.138-98
15	NO ₃	ПНД Ф 14.1:2.4.4-95*
16	N(NO ₂)	РД 52.24.381-2006
17	SO ₄	РД 52.24.405-2005
18	PO ₄	ПНД Ф 14.1:2:4.112-97*
19	Cl	ПНД Ф 14.1:2.96-97, РД 52.24.402-2011*
20	F	ПНД Ф 14.1:2:3.173-2000
21	Запах	РД 52.24.496-2005
22	Цветность	РД 52.24.497-2005
23	Мутность	ПНД Ф 14.1:2:4.213-05
24	B	РД 52.24.389955МУ*
25	Br	ГОСТ 23268.15-78
26	I	ГОСТ 23268.16-78
27	H ₂ S	ГОСТ 26449.3-85
28	Al	ПНД Ф 14.1:2:4.166-2000
29	Ba	ПНД Ф 14.1:2.143-96*
30	Be	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98
31	Cd	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98
32	Li	ПНД Ф 14.1:2:4.138-98
33	Cu	ПНД Ф 14.1:2:4.139-98
34	Mo	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98
35	As	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98
36	Hg	ПНД Ф 14.1:2:4.136-98.
37	Pb	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98
38	Zn	ПНД Ф 14.1:2:4.139-98
39	Ni	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98
40	Cr	ПНД Ф 14.1.:2:4.139-98
41	Фенолы	ПНД Ф 14.1:2.105-97, РД 52.24.488-2006
42	АПАВ	ПНД Ф 14.1:2:4.138-98, РД 52.24.368-2006
43	Se	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98
44	Нефтепродукты	ПНД Ф 14.1:2:4.168-2000

Статистическая обработка данных

Одной из проблем обработки ретроспективных данных является отсутствие какой-либо подробной информации об условиях, методиках и лабораториях, проводивших химико-аналитические исследования. В настоящее время, ввиду активного технологического прогресса, регулярно происходит совершенствование как методик выполнения химико-аналитических

исследований проб воды, так и непосредственно лабораторного оборудования для выполнения этих исследований, поэтому привести все собранные данные к какому-то единому знаменателю не представляется возможным. Современные данные позволяют более точно отслеживать состояние подземных вод на территориях активного развития техногенеза и на прилегающих к ним. Таким образом, следует говорить, что ретроспективные данные предоставляют нам общую информацию о базовом составе подземных вод, а результаты современных химико-аналитических исследований позволяют корректировать ее с учетом активного развития хозяйственной деятельности. Кроме этого, для подтверждения и корректировки ретроспективных данных, которые вызывают сомнения, были спланированы полевые работы для отбора дополнительных проб и уточнения данных.

После формирования общей базы была выполнена ее проверка, корректировка и отбраковка некорректных данных.

Проверка выполнялась в несколько этапов:

1. Проверка погрешности анализов.

Проверка погрешности анализов выполнялась расчетом их электронейтральности. Вода – особый объект анализа. Вода – электрически нейтральна. В ней сумма компонентов–анионов (в мг-экв/л) равна сумме компонентов–катионов (в мг-экв/л). При контроле этого соответствия достоверность результатов анализа повышается.

Научный Совет по аналитическим методам анализа (НСАМ) (секция гидрогеохимическая) установил нормы допустимой погрешности (P_d) при анализе вод различной минерализации (табл. 12) [63].

Таблица 12

Величины допустимой погрешности при анализе вод различной минерализации

Содержание суммы анионов, мг-экв/л	Допустимая погрешность анализа (P_d), %
>15,0	2
15,0-5,0	3
4,9-3,0	7
2,9-2,0	10
<2,0	Не регламентируется

Фактическая погрешность (P_f) анализа вод рассчитывается по формуле:

$$P_f, \% = \frac{|\sum A - \sum K|}{\sum A + \sum K} * 100\%,$$

где $\sum A$ – сумма анионов макрокомпонентов воды, мг-экв/л;

$\sum K$ – сумма катионов макрокомпонентов воды, мг-экв/л.

В настоящее время контроль достоверности химического анализа выполняется в аккредитованных лабораториях в дополнение к другим внутренним лабораторным проверкам

точности измерений, которые регламентируются метрологическими характеристиками, указанными в нормативных документах на методику выполнения лабораторного исследования.

При величинах $P_{\phi} > P_{д}$ проводится корректировка результатов анализа макрокомпонентов вод с учетом интервала допустимой погрешности анализа каждого компонента ($\pm \Delta$) по использованной методике.

2. Проверка общей минерализации (по сухому остатку).

В настоящее время параметров, характеризующих содержание солей в подземных водах, достаточно много. Это и общая минерализация, и сухой остаток (экспериментальный), и сухой остаток (вычисленный), и прокаленный остаток. Естественно, что разные исследователи в своих работах пользовались разными показателями общего солесодержания вод. Кроме этого, в архивных данных, да и в относительно современных тоже, зачастую производится подмена одного понятия другим, ввиду чего привести к единому множителю все разнородные данные по минерализации не- возможно. Поэтому было принято решение использовать при анализе данных величину общей минерализации, рассчитанную на основании содержания основных макрокомпонентов химического состава подземных вод:

$$M = \sum \text{Катионов} (Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}) + \sum \text{Анионов} (0.5 * HCO_3^{-} + SO_4^{2-} + Cl^{-}).$$

3. Контроль общей жесткости.

Контроль общей жесткости выполнялся путем проверки ее значения расчетом суммы эквивалентных содержаний кальция и магния:

$$Ж_{общ} = \frac{[Ca^{2+}]}{20,04} + \frac{[Mg^{2+}]}{12,16}.$$

4. Проверка pH.

5. Отбраковка некорректных значений.

После сбора данных была проведена детальная их проверка с целью отбраковки некорректных данных. На этапе предварительной проверки отбраковывались пункты, содержащие некорректную координатную привязку, отсутствующую информацию по водоносному подразделению, неполные данные по химическому составу.

Выполнена визуальная проверка данных на наличие некорректных значений вызванных влиянием человеческого фактора при вносе данных в таблицы, протоколы. По возможности выявленные значения корректировались, а при не возможности – полностью исключался химический анализ.

Результаты, полученные при гидрогеохимических исследованиях, имеют стохастический (вероятностный) характер. Это приводит к тому, что в основе анализа гидрогеохимических данных должны лежать результаты статистической обработки множества наблюдений.

В настоящее время принято считать, что природные величины обязаны подчиняться нормальному распределению Гаусса. Этот закон принадлежит к непрерывным законам распределения и является частным случаем дифференциального уравнения кривых плотности вероятности Пирсона. В природе чрезвычайно распространены случайные величины, которые представляют собой сумму большого числа независимых или слабозависимых случайных величин, дисперсии которых малы по сравнению с дисперсией всей суммы. Из центральной предельной теоремы следует, что распределение таких случайных величин при весьма общих дополнительных условиях хорошо аппроксимируется нормальным распределением. Этим объясняется весьма широкое распространение последнего. Нормальное распределение применяется и в тех случаях, когда истинный закон распределения известен, но вычисления по этому закону затруднены, а аппроксимация его нормальным законом не приводит к большим ошибкам. Другими словами, случайная величина имеет нормальный закон распределения в том случае, если её значение определяется одной сильной причиной (воздействием параметра, величина которого постоянна или испытывает незначительные колебания), а также множеством маленьких, слабеньких, независимых друг от друга воздействий.

В общем случае нормальное распределение является двухпараметрическим, т.е. зависит от двух параметров: математического ожидания и среднего квадратичного отклонения. Для него коэффициент асимметрии равен нулю, а мода, медиана и математическое ожидание совпадают. Область возможных значений случайной величины, подчиняющейся нормальному распределению – от $-\infty$ до $+\infty$. Однако, природная величина не может иметь нормальное распределение, поскольку функция плотности вероятности его асимптотически приближается к оси x при стремлении значений величины к $\pm\infty$, т.е. сколько большое или малое значение случайной величины мы бы не взяли, соответствующая ей плотность вероятности будет отличаться от нуля. Значения же концентраций веществ в среде не могут быть меньше нуля или существенно превышать их растворимость. Тем не менее, принимается соответствие распределения случайной величины нормальному закону распределения, если имеет место совпадение эмпирического и теоретического распределений в окрестностях математического ожидания случайной величины. При этом игнорируется заведомое несовпадение «краев» распределений в областях низких и высоких значений случайной величины [102].

Статистическая обработка данных выполнялась в программном комплексе статистика. Данные проверялись на соответствие нормальному/логнормальному закону распределения по критериям Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса, Шапиро-Уилка и χ -квадрат.

Результаты обработки приведены в таблице 2.2 на примере общей минерализации.

Анализируя приведенную таблицу, можно сделать следующие выводы.

Характеристиками средних значений параметра являются, в той или иной степени, мода, медиана, среднее арифметическое и другие модификации среднего. При нормальном законе распределения мода, медиана и среднее арифметическое совпадают, однако из таблицы 13 видно, что медиана и среднее арифметическое сильно отличаются, а мода вообще далека от них. Это свидетельствует о том, что общая минерализация не подчиняется нормальному закону о том, что распределение скошено в одну сторону, вероятнее всего, в правую.

Таблица 13

Результаты статистического анализа величины общей минерализации
подземных вод палеогенового комплекса

Параметр	Минерализация, мг/л	Логарифм минерализации
Объем выборки	4168	4168
Мода	359,5000	2,555699
Среднее арифметическое	1293,500	2,930
Стандартная ошибка	18,47313	0,00630
Медиана	831,0000	2,9196
Среднее геометрическое	851,7241	
Усеченное среднее (5 %)	1184,716	2,932
Винсоризованное среднее (5 %)	1274,642	2,935
Дисперсия	1422358	0,165
Стандартное отклонение	1192,626	0,407
Минимум	56,70000	1,75358
Нижний квартиль	380,9600	2,5809
Верхний квартиль	1802,000	3,256
Максимум	4993,500	3,698
Квартильный размах	1421,040	0,675
Робастная оценка стандартного отклонения	667,184	0,502
Асимметрия	1,290215	0,058620
Стандартная ошибка асимметрии	0,037928	0,037928
Экссесс	0,632579	-0,902005
Стандартная ошибка эксцесса	0,075837	0,075837
Коэффициент вариации	92,20152	-
Коэффициент асимметрии	34,018	1,546
Коэффициент эксцесса	8,341	11,894
Критерий Колмогорова-Смирнова	d=0,17065, p<0,01	d=0,06322, p<0,01
Критерий Лиллиефорса	p<0,01	p<0,01
Критерий Шапиро-Уилка	W=0,82159, p=0,0000	W=0,97402, p=0,0000
Критерий χ -квадрат	3664,02785, степени свободы = 8 (скоррек- тированы), p = 0,00000	421,11114, степени свободы = 8 (скоррек- тированы), p = 0,00000

Медиана сильно отличается от среднего арифметического по концентрациям, но по логарифмам они близки, следовательно, распределение ближе к логнормальному, чем к нормальному.

Среднее геометрическое близко к значению медианы, следовательно, распределение стремится к логнормальному.

Нижний и верхний квартили распределены неравномерно: расстояние от верхнего квартиля до максимального значения (область верхних 25 %) превышает межквартильное расстояние (50 % выборки), что указывает на то, что распределение сильно асимметричное, с правой асимметрией (как и у логнормального).

Стандартное отклонение сильно завышено относительно его робастной оценки для содержаний. Следовательно, распределение резко ненормальное. В то же время обе оценки близки для логарифмов значений, следовательно, распределение ближе к логнормальному, но все же логарифмирование не нормализует его, т.к. разница остается существенной (0,502-0,407, т.е. >10 %). Можно предположить наличие аномальных значений, не позволяющих считать распределение нормальным даже для логарифмов. Это также подтверждает большая величина стандартного отклонения для логарифмов ($\sim 0,4$ – полпорядка) и, соответственно, его антилогарифма ($\sim 2,6$), т.е. дисперсия значений аномально велика.

Асимметрия положительна, следовательно, распределение смещено. Логарифмирование решает эту проблему.

Коэффициент вариации близок к 100 %, что указывает на большой разброс значений. Причиной может быть логнормальный характер распределения.

Асимметрия распределения положительна, как и логнормального распределения. Логарифмирование приводит ее в 95 % доверительный интервал нормального распределения (< 3), следовательно, распределение близко к логнормальному.

Экссесс не соответствует нормальному распределению, но логарифмирование приводит его в 95 % доверительный интервал нормального распределения (< 3), следовательно, распределение близко к логнормальному.

В соответствии с критериями Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса, Шапиро-Уилка и χ^2 -квадрат данные не соответствуют нормальному закону распределения с доверительной вероятностью 95%.

Выбросы были отсечены при непопадании значений в интервал “среднее $\pm 3\sigma$ ”, который статистически включает 99,73 % всех данных.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что исходные данные не подчиняются нормальному закону распределения. После отбраковки выбросов данные близки к логнормальному распределению (рис. 18), следовательно, с достаточной надежностью можно принять логнормальный закон распределения.

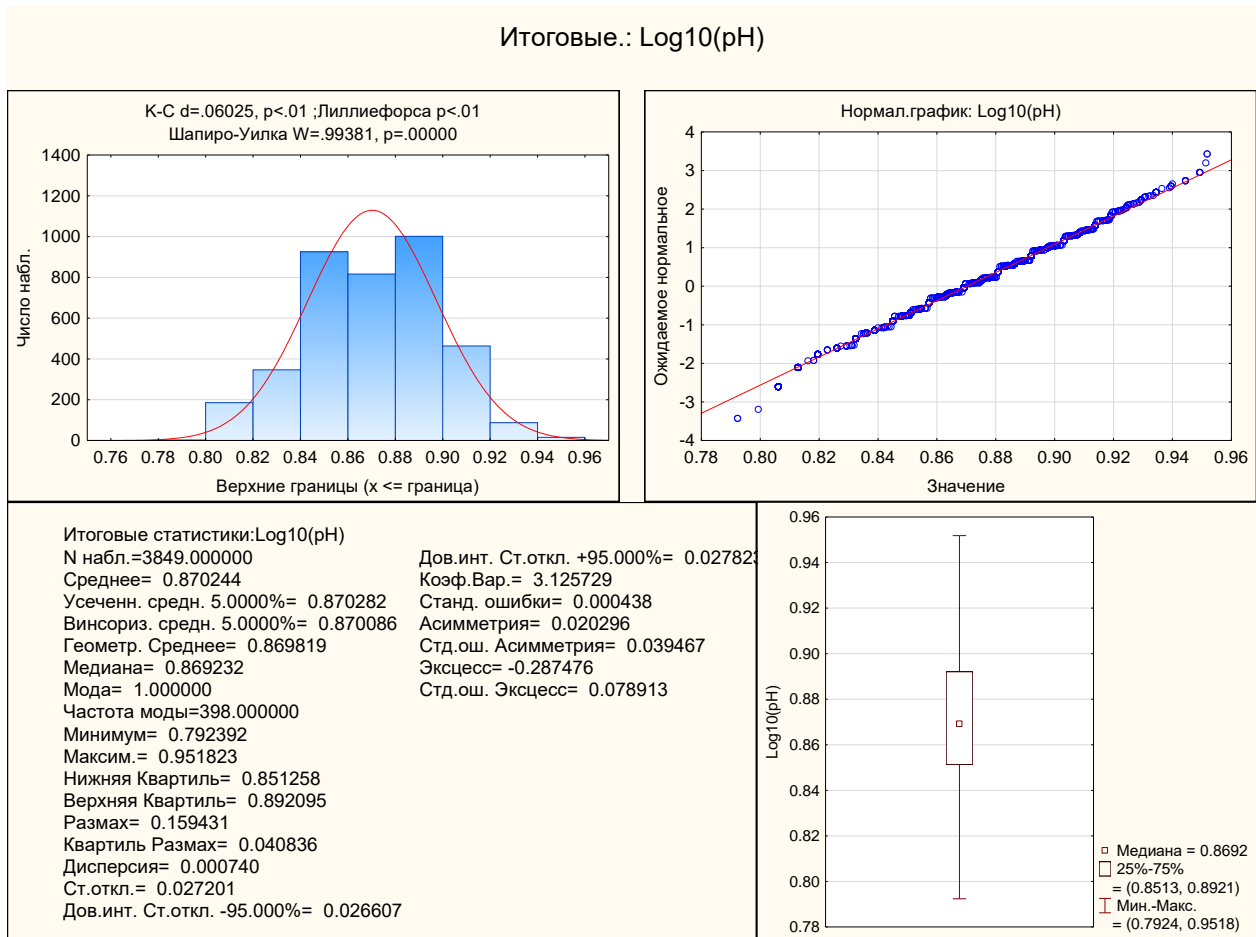


Рис. 18 Результаты статистической обработки и отбраковки значений рН в подземных водах палеогенового комплекса

Необходимо отметить, ввиду того, что в ходе проверки данных на нормальность нулевая гипотеза была отклонена, то в качестве характеристики среднего значения некорректно использовать такие параметры, как мода, медиана и среднее арифметическое. Характеристикой среднего значения при логнормальном законе распределения является среднее геометрическое, которое в точности равно среднему арифметическому логарифмированного ряда.

Как видно из таблицы 4, зробоные оценки среднего (усеченное среднее и винсоризованное среднее), которые наименее подвержены влиянию аномальных значений в выборке, практически не отличаются от среднего геометрического – 2,930 (851,14 мг/л) против 2,932 (855,07 мг/л) – усеченное среднее и 2,935 (860,99 мг/л) – винсоризованное среднее. В связи с этим, в качестве характеристики среднего значения было выбрано среднее геометрическое.

Таким образом, на этапе статистической обработки выполнена проверка данных по всем водоносным подразделениям. Распространение всех показателей в целом подчиняется логнормальному закону распределения. Отклонение показателей от обозначенных закономерностей обычно свидетельствует о том, что на показатель действуют внешние факторы, которые смещают распределение, например, техногенное воздействие.

Однородность подземных вод определяется их приуроченностью к определенным физико-географическим, геологическим и гидрогеологическим условиям. Статистический анализ выполнялся в целом по водоносным комплексам (четвертичный, неогеновый, палеогеновый и меловой), затем в пределах каждого комплекса (кроме мелового) по ландшафтными зонам (средняя тайга, южная тайга, лесостепи, степи и песчано-боровые ландшафты), внутри каждой ландшафтной зоны по элементам рельефа (Барабинская низменность, Кулундинская равнина, Средне-Иртышская низменность, Васюганская наклонная равнина и т.д.) и по элементам рельефа без деления на ландшафтные зоны. Для этого были сформированы отдельные выборки данных, включающие показатели основного макро- и микрокомпонентного состава, показатели геохимической обстановки подземных вод (рН, Eh), органическое вещество (перманганатная окисляемость, фенолы и фенольный индекс). Таким образом, выборки включали данные по 47 показателям химического состава подземных вод. Количество данных, как уже говорилось выше, определялось степенью изученности вод каждой отдельной территории.

Ввиду того, что степень изученности подземных вод как в плане, так и в разрезе весьма различна, резко отличается и представительность выборок. Следует отметить, что ввиду низкого количества данных некоторые выборки невозможно подвергнуть статистической обработке.

Статистическая однородность данных проверялась методами кластерного анализа, в частности, иерархического.

Результатом проверки и отбраковки некорректных данных является фактографическая база данных химического состава подземных вод в пунктах наблюдения, которая является основой для выполнения дальнейшего анализа.

Картографические построения средствами ГИС-технологий

Составление корреляционных таблиц гидрогеологической стратификации

В пределах Иртыш-Обского артезианского бассейна 2-го порядка на территории работ, как отмечалось выше, *геологическая* стратификация разреза приводится в соответствии с обновленной легендой Омско-Кулундинской подсерии Западно-Сибирской серии листов Госгеолкарты-200 [50] 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. [53].

Действующей и утвержденной НРС МПР России в 2002 г. схемой *гидрогеологической* стратификации является только легенда Омско-Кулундинской подсерии Западно-Сибирской серии листов Государственной гидрогеологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000.

В процессе проведения исследований действующие схемы стратификации приводились в соответствие с утвержденной Роснедра "Картой гидрогеологического районирования территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 и унифицированными схемами гидрогеологической стратификации территории Российской Федерации", со Стратиграфическим кодексом России, утвержденным Бюро МСК 18.10.2005 г, с Межрегиональными стратиграфическими схемами, утвержденными Постановлениями Межведомственного стратиграфического комитета (МСК) России (Выпуск 38).

На территории Иртыш-Обского АБ в пределах СФО выделены следующие объекты **гидрогеологической стратификации** (табл. 14). В соответствии с особенностями разреза на территории объекта в схему гидрогеологической стратификации внесены следующие уточнения - по действующей схеме стратификации водоносный горизонт покурской или леньковской свит относится к апт-сеноманскому возрасту, но, согласно Межрегиональной стратиграфической схеме нижне-верхнемеловых отложений территории России, этот горизонт отнесен к апт-туронскому водоносному горизонту. Мощный разрез покурской и леньковской свит, содержащий, преимущественно, глинистые отложения (чередование алевритов, песков, прослойки песчаников, глин), отнесен к *апт-туронскому* водоупорному горизонту.

Наименования объектов гидрогеологической стратификации
водоносных подразделений Иртыш-Обского АБ

Водоносный этаж	Водоносный комплекс	Водоносный горизонт
1	2	3
Мезозойско-кайнозойский (MZ-KZ)	Четвертичный	Водоносный голоценовый аллювиальный, плейстоцен-голоценовый аллювиальный, флювиогляциальный
		Водоносный средне-верхнеоплейстоценовый аллювиальный водоносный горизонт древних ложбин стока (пайдугинская свита) $aQ_{II-III}pd$
		Водоносный средне-верхнеоплейстоценовый флювиогляциальный водоносный горизонт fQ_{II-III}
		Водоносный средне-верхнеоплейстоценовый аллювиальный водоносный горизонт касмалинской свиты $aQ_{II-III}ks$
		Водоносный средне-верхнеоплейстоценовый аллювиальный водоносный горизонт большереченской свиты $aQ_{II-III}br$
		Водоносный среднеоплейстоценовый аллювиальный водоносный горизонт тобольской свиты $aQ_{II}tb$
		Водоносный нижнеоплейстоценовый аллювий переуглубленных долин aQ_I
		Водоносный ниже-среднеоплейстоценовый аллювиальный и озерный монастырской свиты $a, I Q_{I-II}mn$
		Водоносный эоплейстоценовый верхнекочковской свиты (убинская подсвита) $laQ_{E-II}ub(kč_2)$
		Водоносный эоплейстоценовый нижнекочковской свиты (каргатская подсвита) $laQ_{E-I}kg(kč_1)$
		Водоносный эоплейстоценовый кочковской свиты (каргатская подсвита) $aQ_{E}kč_1 aQ_{E1}kč_1(kg) aQ_{E1}kg(kč_1)$
		Водоносный и водоупорный плиоценовый (ютымасской свиты N_2jt)
	Водоносный и водоупорный средне-верхнеплиоценовый (чановской $N_2^{2-3}cñ$, или кулундинской $N_2^{2-3}kl$ свит)	
	Водоносный и водоупорный верхнемиоценовый-нижнеплиоценовый павлодарской $N_{1-2}pv$ свиты ($N_1^3-N_2^1$)	
	Водоносный и водоупорный средне-верхнемиоценовый (таволжанской - N_1tv , рубцовской N_1rb свит)	
	Водоносный и водоупорный ниже-среднемиоценовый (бещеульской - $N_1^1bš$ или таганской - N_1^1tg , или кирнаевской - N_1^1kr , или каськовской N_1^1ks , или сузунской N_1^1sz , или болотнинской свит N_1^1bt)	
	Водоносный и водоупорный нижнемиоценовый (абросимовской свиты - N_1^1ab)	
	Водоносный и водоупорный верхнеолигоценовый – среднемиоценовый (крутихинской свиты- $P_3^2-N_1^1kr$)	
	Водоносный и водоупорный верхнеолигоценовый – нижнемиоценовый (батуровской свиты $P_3^2-N_1^1bt$)	
	Водоносный и водоупорный верхнеолигоценовый лагернотомской свиты P_3^2lt	
	Водоносный и водоупорный верхнеолигоценовый туртаской свиты P_3^2tt	
	Водоносный и водоупорный верхнеолигоценовый журавской свиты $P_3^2žr$	
	Водоносный и водоупорный нижеолигоценовый атлымской свиты P_3^1at	
	Водоносный и водоупорный нижеолигоценовый исилькульской свиты P_3^1is	
	Водоносный и водоупорный нижеолигоценовый новомихайловской - P_3^1nm , или черталинской - $P_3^1čr$ свит	

1	2	3		
Мезозойско-кайнозойский (MZ-KZ)	Меловой	<p>Водоносный верхнеэоценовый юрковской свиты P_2^{3jg} Водоносный среднеэоценовый тавдинской свиты P_2^{2-3tv} Водоносный среднеэоценовый кусковской свиты P_2^{2ks}</p>	<p>Дат-приабонский водоупорный горизонт $Z(P_{1-2} d-p)$</p> <p>Водоупорный среднеэоценовый тавдинской свиты P_2tv Водоупорный верхнепалеоценово-среднеэоценовый танет-лутецкий (люлинворский - $P_{1-2} ll$ и кызуровский - $P_{1-2} kz$) Водоупорный палеоценовый дат-танецкий (талицкий - P_1tl или парабельский - P_1pr)</p>	
		<p>Водоносный верхнепалеоцен-среднеэоценовый люлинворской свиты $P_{1-2} ll$ Водоносный верхнепалеоцен-среднеэоценовый кызуровской свиты - $P_{1-2} kz$ Водоносный верхнепалеоцен-эоценовый алейской свиты $P_{1-2} al$ Водоносный палеоцен-эоценовый островновской свиты $P_{1-2} os$</p>		
		<p>Водоносный и водоупорный палеоценовый талицкий - P_1tl Водоносный и водоупорный палеоценовый парабельский - P_1pr</p>		
		<p>Водоносный кампан-маастрихтский (ганькинской свиты K_2gn, или верхнесымской подсвиты K_2sm_3)</p>		<p>Водоносный коньякско-маастрихтский (сымский - K_2sm)</p>
		<p>Водоносный коньяк-сантонский (ипатовской свиты K_2ip)</p>	-	
		<p>Водоупорный туронско-коньякский (кузнецовский - K_2kz или верхнесимоновский - K_2smn_2)</p>		
Мезозойский 9(MZ)		<p>Водоносный сеноман-туронский (сеноман-коньякский) (симоновский - K_2smn) Водоносный альб-сеноманский (нижнекийский - $K_{1-2}ks_1$) Водоносный апт-туронский покурской (леньковской) свиты $K_{1-2}pk$ ($K_{1-2}ln$) Водоносный апт-альбский пировской свиты K_1pr</p>		

При обработке имеющегося архивного материала нами проведено сопоставление наименований устаревших, не используемых местных стратиграфических подразделений из отчетов и материалов зональных корреляций. Перечень этих водоносных горизонтов приведен в таблице 15.

Таблица 15

Сопоставление стратиграфических индексов водоносных подразделений

Местные стратиграфические подразделения (устаревшие названия)	по Омско-Кулундинской и Обской подсериям
a ¹ Q _{III-IV} аллювиальные отложения первой надпойменной террасы малых рек	a ¹ Q _{III} аллювиальные отложения первой надпойменной террасы
Q _{II-III} krs (ks)	aQ _{II-III} kr карасукская
Q космолинская свита (древняя ложбина стока)	aQ _{II-III} kr карасукская (аналог)
N ₂ -Esmr, IN ₂ -Q _I sm смирновская толща	Q _{E-II} sm, IQ _{E-II} sm смирновская
Eub, IQ _E ub	Q _{EII} ub(kč ₂), IQ _{EII} ub убинская
aQ _{II} mn	a, I Q _{I-II} mn монастырская
Q _{II-III} krd	rgQ _{I-II} kd краснодубровская
IN ₂ -Q _I sm	IQ _{E-II} sm смирновская
aN ₂ kr	aQ _E kg каргатская
aN ₂ kč, N ₂ -Q _E kč	aQ _E kč кочковская
IdQ _E kč ₂	IQ _{EII} kč ₂ верхнекочковская подсвита
aN ₂ kč ₁	aQ _E kč ₁ нижнекочковская подсвита
N ₂ kln	N ₂ kl кулундинская
N ₁₋₂ ns новостаничная	N ₁₋₂ pv павлодарская
N ₁ bšê	N ₁ bš бещеульская
N ₁ ksk	N ₁ ks каськовская
N ₁ sz	N ₁ sz сузунская
N ₁ blt	N ₁ bl болотнинская
N ₁ klk калкаманская	N ₁ tv таволжанская
N ₁ ar аральская	N ₁ tv таволжанская
P ₃ ab	N ₁ ¹ ab абросимовская
P ₃ čgr чаграйская	P ₃ žr журавская (аналог)
P ₃ zn знаменская	P ₃ žr журавская (аналог)
P ₃ gr	P ₃ žr журавская
P ₃ tt (P ₃ tr)	P ₃ tt туртасская
P ₃ -N ₁ bt	(P ₃ -N ₁) bt батуринская
P ₂₋₃ čg чеганская	P ₂ tv тавдинская (аналог)
P ₂ jur	P ₂ jr юрковская
K ₂ -P ₁ gn	K ₂ gn ганькинская
K ₂ -P ₁ sm (sms)	K ₂ sm сымская

Подготовка карт распространения основных эксплуатируемых водоносных комплексов

В пределах Иртыш-Обского артезианского бассейна на территории работ при составлении карт распространения основных эксплуатируемых водоносных комплексов были проанализированы материалы обобщающих гидрогеологических региональных и мониторинговых работ. Картированию подлежали границы выклинивания водоносных комплексов на востоке и юге бассейна и на северо-западе Омской области.

На карте распространения водоносного комплекса *четвертичных* отложений маловодообильные и бесперспективные для хозяйственно-питьевого водоснабжения водоносные полигенетические горизонты современных болотных и озерно-болотных отложений; средне-верхнеоплейстоценовых и ниже-среднеоплейстоценовых отложений карасукской, федосовской и красnodубровской свит, эоплейстоцен-среднеоплейстоценовых отложений смирновской толщи и верхнеоплейстоценовых отложений убинской свиты (или верхнекочковской подсвиты) не отображены.

В водоносном комплексе четвертичных отложений наиболее используемыми являются водоносные горизонты, преимущественно, аллювиального генезиса. Подземные воды аллювиальных отложений долин рр. Оби, Иртыша и их притоков имеют повсеместное распространение на изучаемой территории. На водораздельных пространствах водоносный четвертичный комплекс включает в себя подземные воды:

- средне-верхнеоплейстоценовых аллювиальных горизонтов ложбин стока пайдугинской, касмалинской, большереченской свит;
- среднеоплейстоценового горизонта тобольской и ниже-среднеоплейсто-ценового монастырской свит;
- нижнеоплейстоценового горизонта переуглубленных отложений долин,
- эоплейстоцен-среднеоплейстоценового аллювиального горизонта смирновской свиты;
- эоплейстоценового горизонта каргатской (кочковской) свиты.

На территории Томской области к водоносному четвертичному комплексу относятся водоносные горизонты аллювиальных отложений пайдугинской и тобольской свит, переуглубленных отложений долины р. Оби, отложений смирновской и кочковской свит. Первым от поверхности на территории Новосибирской области в районе Приобской, Восточно-Барабинской и южной части Васюганской равнин широко распространен водоносный горизонт каргатской свиты.

Водоносный горизонт аллювиальных отложений ложбин стока касмалинской и карасукской свит распространен на территории Приобского плато Алтайского края.

Водоносный комплекс неогеновых отложений в пределах характеризуемой территории распространен практически повсеместно, являясь вторым от земной поверхности, залегающим под четвертичным водоносным комплексом. Отсутствует комплекс лишь под долиной р. Оби в Томской и Новосибирской областях, под долиной р. Томи и на северо-западе под долиной р. Иртыш в Омской области. В юго-западной части Западно-Барабинской равнины неогеновый комплекс является первым от земной поверхности.

Водоносный комплекс включает в себя подземные воды:

- водоносного плиоценового горизонта ютымасских слоев,
- водоносных средне-верхнеплиоценовых горизонтов чановской и кулундинской свит;
- водоносного верхнемиоцен-нижнеплиоценового горизонта павлодарской свиты;
- водоносного средне-верхнемиоценового горизонта таволжанской и рубцовой свит;
- водоносных ниже-среднемиоценовых горизонтов бещеульской, каськовской, сузунской, болотнинской свит;
- водоносного нижнемиоценового горизонта абросимовской свиты.

На севере Томской области неогеновый комплекс представлен преимущественным распространением водоносного горизонта абросимовской свиты, отсутствующего лишь под долиной р. Оби. На западе области локально распространен водоносный горизонт ютымасских слоев.

Южнее, на территории Новосибирской, Омской областей и Алтайского края, наиболее значимыми для водоснабжения в разрезе комплекса являются пески, стратиграфически приуроченные к павлодарской, таволжанской, бещеульской и абросимовской свитам.

Водоносный ниже-среднемиоценовый горизонт болотнинской свиты имеет ограниченное распространение на территориях Болотнинского и Мошковского районов на северо-востоке Новосибирской области.

В юго-западной части Барабинской равнины вплоть до Прииртышья первым от поверхности является водоносный горизонт чановской свиты. На северо-востоке Барабинской равнины распространен горизонт каськовской свиты.

Водоносные горизонты кулундинской и сузунской свит распространены на территории Кулундинской равнины Алтайского края.

Водоносный комплекс палеогеновых отложений в пределах характеризуемой территории распространен практически повсеместно, выклиниваясь вдоль горного обрамления на востоке и юге территории бассейна. Воды палеогенового комплекса стратиграфически приурочены к преимущественно континентальным верхнеолигоценым отложениям журавской, исилькульской, лагернотомской, новомихайловской, атлымской свит, среднеэоценовым – тавдинской и кусковской свит, верхнеэоценовым – юрковской.

Водоносный горизонт *журавской свиты* распространен, преимущественно, на территории Новосибирской (кроме ее северо-востока) и Омской областей. На севере Алтайского края ее аналогом является водоносный горизонт батуровской свиты. Отсутствует водоносный горизонт на северо-западе Омской области под долиной р. Иртыша и практически на всей территории Томской области.

Водоносный горизонт *лагернотомской свиты* распространен в центральной части Томской области и северо-востоке Новосибирской области, выклиниваясь в восточных частях бассейна.

Водоносный горизонт *новомихайловской свиты* распространен практически повсеместно.

Водоносный горизонт *атлымской свиты* распространен повсеместно, выклиниваясь на востоке и юге бассейна, отсутствуя под обской долиной. На юге и западе ее литофациальным аналогом является относительно водоносный горизонт *исилькульской свиты* (юго-восток Приобского плато и Прииртышская часть запада Барабинской равнины).

Водоносный горизонт *юрковской (кусковской) свиты* распространен в центральной и восточной частях Томской области, выклиниваясь в крайней южной части бассейна. Водоносный горизонт *тавдинской свиты*, являющийся аналогом юрковской свиты, распространен по окраинам бассейна в ее периферийной части.

Водоносные горизонты континентальных фаций нерасчлененной *островновской свиты* и нижних частей *алейской свиты* картируются в восточной части Кулундинской и Предалтайской равнин.

Границы распространения водоносного комплекса откартированы по выклиниванию континентальных отложений:

- по Томской области – *новомихайловской, юрковской и кусковской свит*;
- по Новосибирской области – *атлымской свиты*;
- по Алтайскому краю – *островновской свиты*.

Водоносный комплекс *меловых* отложений имеет широкое распространение в пределах характеризуемой территории, включающий в себя водоносный коньяк-маастрихтский горизонт *сымской свиты*, коньяк-сантонский горизонт *ипатовской свиты*, сеноман-туронский горизонт *симоновской свиты*, альб-сеноманский горизонт *кийской свиты*, водоносный *апт-туронский* и *апт-коньякский* комплекс *покурской и леньковской свит*.

Водоносный горизонт *сымской свиты* распространён на значительных площадях Томской области и Алтайского края. Водоносный горизонт *ипатовской свиты* распространён в западной части Томской области, в Омской области, центральной и юго-западной частях Новосибирской, северо-западе Алтайского края.

Сеноман-коньякский горизонт *симоновской свиты* распространён в центральной и восточной частях Томской области, а в ее юго-восточной части – альб-сеноманский горизонт *кийской свиты*. Водоносный *апт-туронский* горизонт *леньковской свиты* выделяется в Новосибирском Приобье и северо-западе Алтайского края. На территории Алтайского края *нижне-верхнемеловой комплекс* по сравнению с *верхнемеловым горизонтом* развит на

значительно меньшей территории и залегает в наиболее погруженной части палеозойского фундамента. Водоносный комплекс покурской свиты распространён в Омской, Новосибирской областях и крайней северо-западной части Алтайского края.

Восточные границы распространения комплекса картировались по выклиниванию водоносного горизонта симоновской свиты (Томская область), покурской свиты (Новосибирская область), верхнемеловых отложений (Алтайский край).

Разработка легенд цифровых гидрогеохимических карт масштаба 1:1 000 000

При составлении легенд использованы:

- Методические рекомендации по использованию компьютерных технологий при построении гидрогеологических карт. МПР России, 2001 г.
- Требования к цифровым гидрогеологическим картам масштабов 1:1 000 000, 1:200 000 и разрезам к ним. МПР России, 2001 г.
- Методические рекомендации по составлению карт гидрогеологического районирования масштаба 1:2 500 000, схем гидрогеологической стратификации и классификаторов объектов гидрогеологического районирования и стратификации (методическое письмо). МПР России, 2002 г.
- Основные положения по составлению серийных легенд государственных гидрогеологических карт масштабов 1:200 000 и 1:1 000 000. ВСЕГИНГЕО, 2001 г.
- Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третьего поколения). ВСЕГЕИ. С.-Петербург, 2003 г. (Распоряжение Минприроды России от 06.10.2009 г. № 55-р).
- Единые требования к составу, структуре и форматам представления в НРС Роснедра комплектов цифровых материалов листов Государственных геологических карт масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000. ФГУП «ВСЕГЕИ», СПб, 2011 г.
- Инструкция по подготовке цифровой геозоологической карты Западной Сибири масштаба 1:1000000. ГУП ТЦ Томскгеомониторинг, 2001 г.

Создание современной цифровой гидрогеохимической основы масштаба 1:1 000 000

Современная цифровая гидрогеохимическая основа масштаба 1:1 000 000 территории подготовлена в виде комплекта специализированных карт:

- карта факторов формирования химического состава питьевых подземных вод основных водоносных подразделений масштаба 1:1 000 000, на ней отражены ландшафтная, климатическая зональность, защищенность грунтовых подземных вод от поверхностного

загрязнения, модули подземного и поверхностного стоков, степень и характер техногенной нагрузки;

- карты гидрогеохимического районирования масштаба 1:1 000 000, которые содержат следующую информацию по каждому из 4-х основных водоносных комплексов:

- минерализация подземных вод в грациях;

- типы преобладающего анионного, катионного или смешанного состава;

- ареолы распространения подземных вод с некондиционными показателями качества.

- карты оценки качества питьевых подземных вод основных водоносных подразделений масштаба 1:1 000 000, на которых картируются классы качества подземных вод, контуры распространения подземных вод с превышением содержания нормируемых компонентов, водозаборы подземных вод с информацией о водоотборе и наименованием компонентов, содержания которых превышают питьевые нормы.

Комплект гидрогеохимических и вспомогательных карт гидрогеологического содержания составлен в интерактивном режиме. Базовыми слоями комплекта карт являются слои распространения водоносных комплексов на изучаемой территории.

Химический состав подземных вод является интегральным отражением условий его формирования. Основой формирования химического состава подземных вод являются физико-химические процессы в миграционных системах «подземная вода – порода – газ», «подземная вода – порода», «подземная вода – органическое вещество». Химический состав подземных вод водоносных горизонтов с различными условиями залегания, приуроченных к различным гидрогеологическим структурам и к разным ландшафтно-климатическим условиям, формируются посредством комплекса процессов.

Типизация природных подземных вод по условиям формирования химического состава требует изучения источников образующихся в них компонентов; факторов, обуславливающих длительное состояние источников; характера процессов.

Границы химических типов вод определяются литолого-минеральным и химическим составом пород, геохимическими свойствами компонентов и их соединений, региональными гидродинамическими и структурно-тектоническими условиями, рельефом.

При создании гидрогеохимической основы первоначально по каждому водоносному комплексу устанавливалась картина распределения отдельных компонентов химического состава (характер их проявления), затем они увязывались с природными условиями. Анализ взаимосвязи и взаимообусловленности гидрогеохимических закономерностей с конкретными природными условиями позволил выделить из них факторы, обуславливающие закономерности формирования химического состава.

Карта факторов формирования химического состава подземных вод

На карте отражены основные факторы, влияющие на природное состояние подземных вод. На ней показано распространение типов природных ландшафтов, геоморфологических провинций, климатических зон, модулей поверхностного и подземного стоков, состояние защищенности грунтовых вод и техногенная нагрузка.

Ландшафтно-климатическое районирование проведено для характеристики особенностей физико-географических условий формирования химического состава подземных вод на территории объекта (рис. 19). Совокупность однородных признаков определяет ее географический ландшафт. В географической зональности проявляются одни и те же факторы (геологическое строение, геоморфологические условия, климат, почвы, растительность). Однородные в ландшафтно-климатическом и гидрогеологическом отношении территории определяют близкие условия формирования химического состава подземных вод с устойчивыми соотношениями элементов водного, солевого и теплового балансов, интегральных характеристик климата и ландшафта.

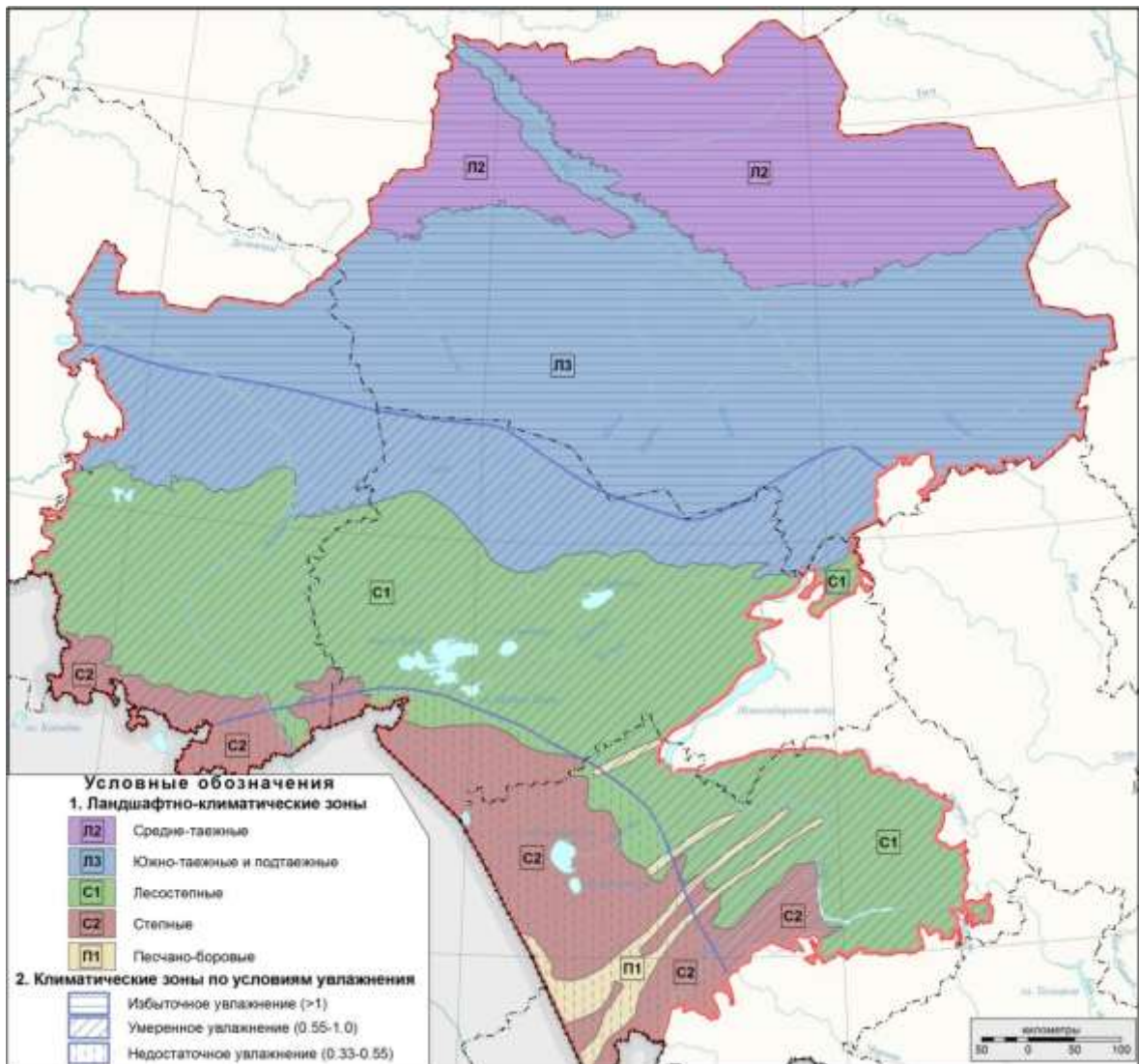


Рис. 19 Ландшафтно-климатическое районирование территории

В пределах Западно-Сибирской низменности хорошо прослеживается природная широтная зональность. Границы природных зон здесь простираются относительно параллельно друг другу. В пределах изучаемой территории выделяются средне-таежные, южно-таежные и подтаежные, лесостепные, степные, песчано-боровые ландшафтные зоны, характеризующиеся единством зональных климатических условий, определенным рельефом и геологическим строением. Разные ландшафты характеризуются различными условиями миграции химических элементов.

Геоморфологические провинции обладают специфическими морфологическими и геодинамическими особенностями, определяющими ландшафтно-геохимические черты территории (рис. 19). Выделенные морфоструктуры характеризуются определенным типом водообмена подземных вод с атмосферой – инфильтрационным и инфильтрационно-испарительным.

Области инфильтрационного питания приурочены к возвышенным участкам рельефа и водораздельным пространствам, где выпадает наибольшее количество атмосферных осадков – это Кеть-Тымская, Чулымская, Приаргинская и Васюганская равнины. Инфильтрационно-испарительный тип водообмена характерен для Ишимской, Западно-Барабинской, Восточно-Барабинской, Приобской равнин и Кулундинской низменности (рис. 20).

По соотношению количества *осадков и величины испаряемости* с севера на юг на территории работ выделяются зоны избыточного, умеренного и недостаточного увлажнения. Зона избыточного увлажнения занимает территории Кеть-Тымской, Чулымской, Приаргинской и Васюганской равнин, Обь-Иртышской низменности. В зоне избыточного увлажнения характерен обильный сток и накопление поверхностных вод в болотах и озерах, что обуславливает обильное питание подземных вод. Зона умеренного увлажнения занимает северные окраины Ишимской, Западно-Барабинской, Восточно-Барабинской, Приобской равнин. Зона недостаточного увлажнения занимает южные окраины Ишимской, Барабинской равнин и Кулундинской низменности, здесь характерно крайне незначительное пополнение ресурсов подземных вод, интенсивное засоление почв, грунтов, поверхностных и подземных вод.

В зоне избыточного увлажнения плоский рельеф и наличие на междуречных пространствах многочисленных понижений, способствующих застою вод, слабая инфильтрация атмосферных осадков, обусловленная чередованием песчано-глинистых отложений, малые уклоны поверхности, падение и продольные уклоны рек, слабый врез речных долин, редкая речная сеть — все это затрудняет процессы *поверхностного стока*, значительно замедляет влагооборот. Коэффициент поверхностного стока в этой зоне увеличивается с юга от 0,2 до 0,5.

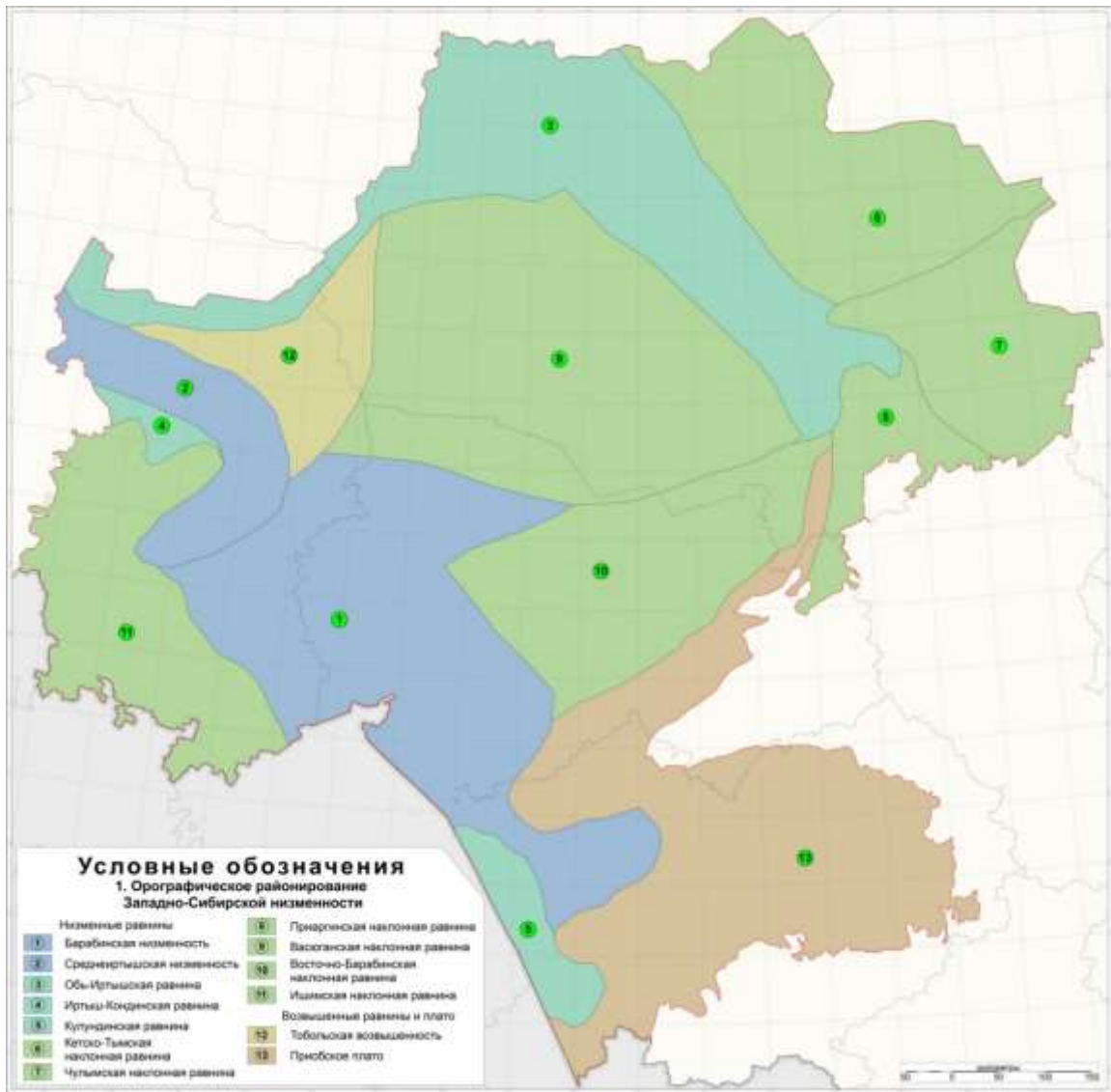


Рис. 20 Орографическое районирование Западно-Сибирской низменности

В зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения испарение лимитируется количеством осадков и уменьшается к югу. Коэффициент поверхностного стока снижается к югу от 0,1 до 0,02 (рис. 20). Поверхностный сток в этой зоне ведет к потере влаги, поэтому является неблагоприятным элементом водного баланса. Поверхность остается без влаги большую часть вегетационного периода, так как выпадающие летом осадки очень быстро испаряются и в почву почти не поступают. В промежуточной зоне умеренного увлажнения коэффициент поверхностного стока изменяется от 0,1 до 0,2.

Количественной мерой питания служит значение *подземного стока* (рис. 21). Характер распределения величин подземного стока зоны интенсивного водообмена в целом определяется климатическими особенностями, геоморфологическими условиями и литолого-фациальным строением водовмещающих толщ. Зональность распределения величин подземного стока проявляется наиболее четко при переходе от зоны умеренного и избыточного увлажнения к зоне недостаточного увлажнения.



Рис. 21 Среднегодовой коэффициент поверхностного стока и среднегодовой модуль подземного стока

В северной части рассматриваемой территории в зонах умеренного и избыточного увлажнения значения среднегодового модуля подземного стока зоны интенсивного водообмена изменяются от 0,5-1 до 3,0-3,5 л/с*км². На правобережье р. Оби высокие значения модуля подземного стока (2,0 л/с*км² и более) характерны для Кеть-Тымской, Чулымской равнин. Наименьшие величины модуля подземного стока (0,1 л/с*км² и менее) характерны для южных частей Барабинской низменности, Кулундинской и Ишимской равнин. Благоприятные условия формирования подземного стока в южной части характерны для придолинных участков междуречных пространств и широких долин крупных современных рек Оби и Иртыша. Высокие значения модуля подземного стока (более 2 л/с*км²) характерны для Обь-Чумышской возвышенности.

Оценка условий защищенности грунтовых водоносных горизонтов территории южной части АБ проведена на основе выделения категорий защищенности (рис. 22).

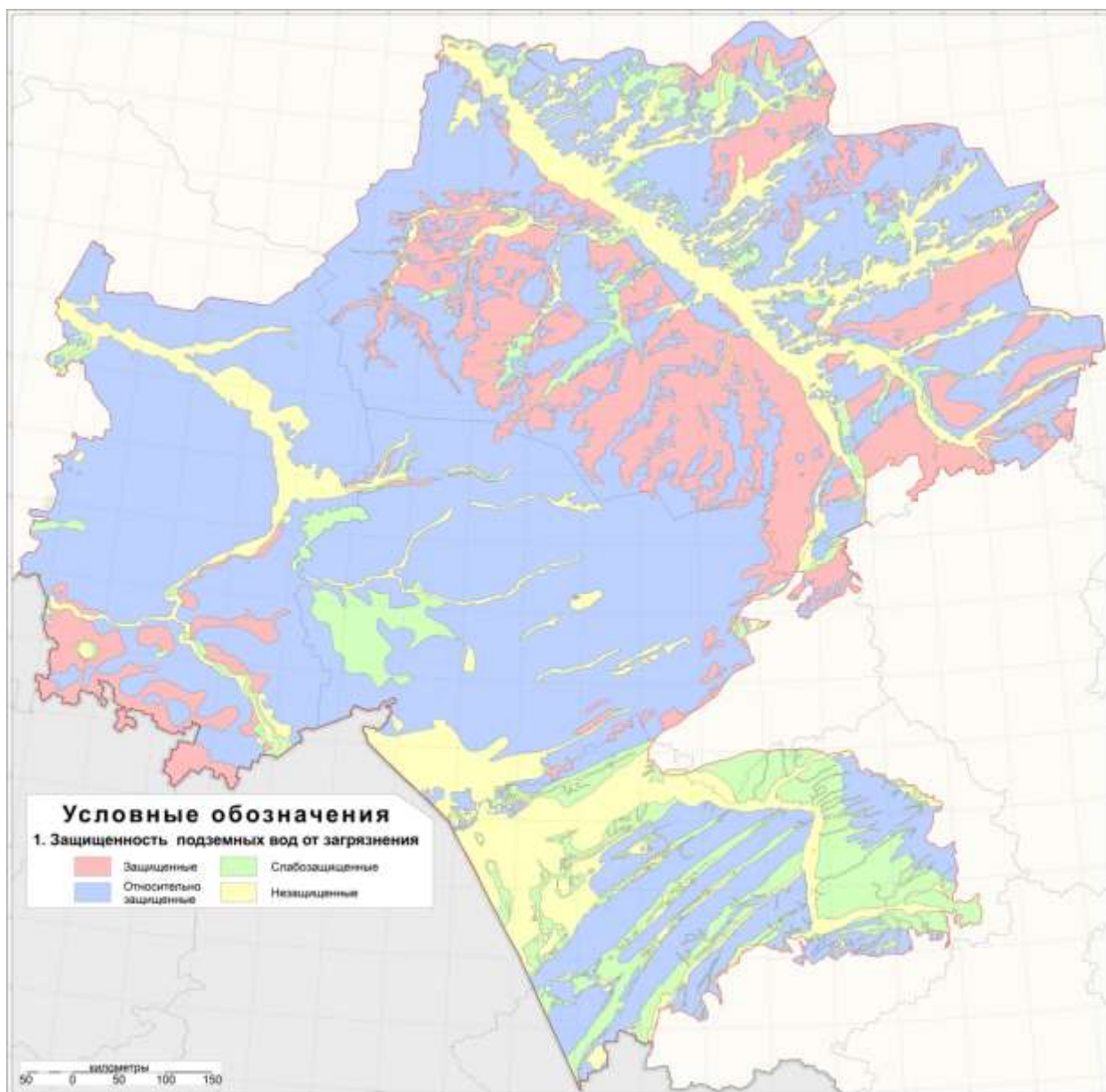


Рис. 22 Защищенность подземных вод

Категории естественной защищенности подземных вод выделены в соответствии с «Методическим руководством по охране подземных вод от загрязнения», одобренным Постоянной Комиссией СЭВ по геологии в мае 1979 г. и с учетом положений СанПиН 2.1.4.1110-02. «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения», при этом выделено три *степени защищенности*:

- *защищенные подземные воды*, к которым относятся напорные и безнапорные подземные воды, имеющие сплошную водоупорную кровлю и для которых исключается возможность загрязнения;

- *условно защищенные (или недостаточно защищенные) подземные воды: относительно защищенные и слабозащищенные*, к которым относятся напорные и безнапорные подземные воды, не имеющие сплошной водоупорной кровли и для которых не исключается возможность

загрязнения через гидрогеологические окна различного генезиса или через проницаемые породы кровли из горизонтов незащищенных подземных вод;

- *незащищенные подземные воды*, к которым относятся напорные и безнапорные подземные воды, имеющие непосредственную гидравлическую связь с поверхностными водотоками и водоемами или имеющие в кровле проницаемые породы, не исключающие возможность загрязнения от поверхностных источников загрязнения техногенного характера.

Первые от поверхности (грунтовые) водоносные горизонты, не перекрытые водоупорными породами, как правило, защищены значительно меньше, чем нижележащие напорные водоносные горизонты и обычно принимают основную часть инфильтрующихся с поверхности загрязнений. Из грунтовых вод загрязнения могут затем проникать в более глубокие горизонты с пониженными (например, вследствие работы водозабора) напорами – через литологические окна в водоупорах, при перетоке через слабопроницаемые водоупорные горизонты и т.д. Защищенность первых от поверхности водоносных горизонтов, во многом определяет степень защищенности нижележащих водоносных горизонтов (комплексов).

Антропогенный фактор в современных условиях является мощной и быстродействующей силой, приводящей к значительным изменениям химического состава подземных вод, сформировавшегося за длительный период под влиянием природных факторов (табл. 16). Локальные техногенные аномалии формируются вследствие поступления в водную среду инородных вредных веществ техногенного происхождения (НП, АПАВ, ФИ, NH₄, NO₃, NO₂, Рb, Cd) и (или) приводящих в нарушенных под влиянием техногенеза условиях к росту величин таких природных показателей, как перманганатная окисляемость (выше ПДК), сульфаты и хлориды (более 20 %-экв).

Таблица 16

Объекты комплексного техногенного воздействия
на подземные воды – урбанизированные зоны

Наименование зоны	Загрязняющие вещества, отмеченные в подземных водах
Новосибирская	Al, Cd, Co, Li, Cu, As, Ni, Hg, Pb, Ti, B, Be, Ba, SO ₄ , F, Cl, Zn, азотистые соединения, НП, СПАВ, фенолы
Омская	Al, Se, F, Fe, НП, фенолы
Томская	Ba, Be, Br, Li, Mo, As, Hg, Cl, Cr, NH ₄ , НП, альфа-активность, формальдегид. Закачка в подземные горизонты жидких радиоактивных отходов
Барнаульская	НП, Ж, Ок, Cr

Воздействие *техногенной деятельности* на питьевые подземные воды можно условно подразделить на прямое и косвенное. Прямое воздействие происходит в случаях целенаправленного отбора подземных вод из водоносного горизонта или при сбросе (закачке)

вод в подземные водные объекты. К прямому воздействию на подземные воды относят следующие виды деятельности:

- добыча подземных вод с целью их последующего использования в системе хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, в бальнеологии, для розлива, в теплоэнергетике, а также для извлечения ценных компонентов;
- извлечение подземных вод при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, нефти и газа, при водопонижении в процессе строительства и эксплуатации промышленных и гражданских объектов, при вертикальном дренаже мелиорируемых земель и подтопленных территорий;
- сброс (захоронение) сточных и жидких радиационных отходов в глубокие водоносные горизонты;
- закачка вод в нефтесодержащие пласты при законтурном и внутриконтурном заводнении нефтяных месторождений (для ППД).

Косвенное воздействие на подземные воды осуществляется при техногенной деятельности, не связанной с непосредственным отбором подземных вод или сбросом вод в недра. К таким случаям относится поступление вод в водоносный горизонт при фильтрационных утечках из водонесущих коммуникаций, полигонов твердых бытовых отходов, свалок, сельскохозяйственных площадок; оросительных вод и т.д.

Интенсивный водоотбор для хозяйственно-питьевого водоснабжения приводит к формированию *обширных депрессионных воронок*. На территории работ наиболее крупными являются Томская, Барнаульская, Славгородская, Заринская.

Томский водозабор начал свою работу в декабре 1973 г. В настоящее время он состоит из 198 эксплуатационных скважин, расположенных на трех его линиях. Водозабором добываются подземные воды водоносного комплекса палеоген-четвертичных отложений Томского месторождения. Запасы подземных вод утверждены в количестве 260 тыс. м³/сут. За более 40-летний период добычи состав подземных вод не изменился, по-прежнему соответствует нормативным требованиям, за исключением содержания железа общего, марганца, мутности, часто кремния. По содержанию фтора – не соответствует нормативным требованиям в связи с его малой концентрацией. В процессе водоподготовки качество воды доводится практически до нормативного.

На площади *Барнаульского месторождения питьевых подземных вод* в результате длительной эксплуатации (более 80 лет) выработалась обширная депрессионная воронка подземных вод палеоцен-эоплейстоценового комплекса, радиус которой варьирует от 30 до 50 км. На месторождении добывается 29 % подземных вод от общей добычи в целом по Алтайскому краю. При этом на подземные воды месторождения оказывается наибольшее

антропогенное воздействие. На территории месторождения расположен крупнейший в крае Новоалтайско-Барнаульский территориально промышленный комплекс с развитой химической промышленностью и машиностроением. В окрестностях Барнаула расположены: крупнейший полигон ТБО, крупнейшие поля фильтрации, крупнейший золоотвал. В результате данных наблюдений ГМСН за последние годы в районе полей фильтрации наблюдается изменение концентрации некоторых компонентов эоплейстоценового водоносного горизонта (табл. 17).

Таблица 17

Изменение концентраций некоторых элементов в подземных водах эоплейстоценового водоносного горизонта на барнаульском участке загрязнения (мг/л)

Элемент	Год			
	2011	2012	2013	2014
Сухой остаток	483	311	284	291
Сульфаты	60,49	76,95	119,3	96,1
Гидрокарбонаты	463,6	140,34	65,9	109,8
Нитраты	4,8	0,44	2,2	2,2
Нитриты	0,005	0,029	0,49	3,38
Аммоний	0,23	0,32	1,25	0,4

Но на самом Барнаульском месторождении изменений химического состава подземных вод по используемым водоносным горизонтам за время эксплуатации, по данным ведения ГМСН и по материалам, представленным к лицензионным соглашениям, не обнаружено. В эксплуатируемых горизонтах воды отвечают нормам и требованиям к качеству питьевых вод. По химическому составу они гидрокарбонатные с величиной минерализации до 1 г/л. На отдельных водозаборах месторождения наблюдается повышенное содержание таких компонентов как: мутность – до 5,3 мг/л, железо общее – до 2,66 мг/л и марганца – до 0,27 мг/л. На водозаборах, где обнаружено превышение ПДК по железу, марганцу, жесткости, осуществляется водоподготовка. Содержание других микрокомпонентов находится в пределах нормы.

Омутновское и Верх-Камышенское месторождения эксплуатируются с 1980 и 1986 года соответственно. В добываемых водах обоих месторождений фиксируются повышенные содержания в подземных водах марганца (до 0,53 мг/л) и железа (до 0,92-1,9 мг/л), поэтому производится водоподготовка ее на станции обезжелезивания. Среди обобщенных показателей превышений концентрацией ПДК и значительных изменений их содержания за весь период эксплуатации не наблюдалось. Из органолептических показателей превышений предельно допустимых норм не зафиксировано. Остальные микрокомпоненты, санитарно-токсикологические и радиоактивные показатели качества находились в пределах намного ниже нормативных значений.

Водозаборы размещены вне населенных пунктов. Объектов, влияющих на загрязнение подземных вод, в районе водозаборов нет.

В добываемых водах мелового и олигоцен-миоценового комплексов *Славгородского и Яровского* месторождений, эксплуатирующихся с 1961 и 1973 гг. соответственно, величина основных показателей солевого состава (сухой остаток, общая жесткость) не превышает нормы и не изменяется во времени. Большинство микрокомпонентов имеет стабильные во времени низкие концентрации. Отмечено превышение нормативных показателей содержания железа в подземных водах нижнеолигоценового водоносного горизонта – до 5,6 мг/л.

Величина таких органолептических показателей для мелового комплекса как запах при 20⁰, цветность и мутность не постоянна, в отдельные периоды превышает предельно допустимую норму до 1,5-3,5 ПДК. Повышенное значение такого показателя, как запах до 3 ПДК связано с наличием в воде в этот период сероводорода.

Добываемые воды с 1955 года на *Бийском месторождении* верхнеолигоцен-нижнемиоценового водоносного горизонта имеют постоянный состав. Показатели солевого состава (сухой остаток, сульфаты, натрий), как и компоненты, являющиеся индикаторами загрязнения подземных вод (окисляемость, нитриты, нитраты, аммоний), соответствуют нормам, их изменения во времени не замечены. Микрокомпоненты имеют концентрации, соответствующие нижнему пределу допустимого содержания. Содержание основных химических компонентов не превышает предельно допустимых концентраций и стабильно во времени. Исключением является содержание железа, величина которого в последние годы составила в среднем 1,12 мг/л, марганца с содержанием в среднем 0,31 мг/л и мутности в среднем 6,5 мг/л. Повышенное содержание железа и марганца имеет региональный характер и является природной особенностью подземных вод артезианского бассейна.

Наиболее широко используется в Новосибирской и Омской областях водоносный комплекс *нижне-верхнемеловых отложений*, являясь иногда единственным источником питьевого водоснабжения. В многолетнем цикле наблюдений региональное снижение пьезометрической поверхности мелового комплекса в западных и юго-западных районах Новосибирской области и юго-востоке Омской области, вызванное эксплуатацией подземных вод, в последние годы происходит менее активно, чем в периоды наибольшего водопотребления, а на отдельных участках оно приостановилось или поменяло вектор движения. На Убинском, Куйбышевском, Барабинском, Татарском, Купинском, Баганском водозаборах сохраняется тенденция к подъёму пьезометрической поверхности подземных вод. На Чановском, Карасукском, Чистоозёрном водозаборах наблюдается снижение пьезометрических уровней. Значительных изменений в составе меловых вод всех рассматриваемых водозаборов не произошло.

Энергетический комплекс рассматриваемой территории представлен объектами:

- Барнаулэнерго – ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3;
- Новосибирскэнерго – ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, ТЭЦ-4, ТЭЦ-5;
- Бийскэнерго – Барабинская ТЭЦ и Бийская ТЭЦ;
- Омскэнерго – ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, ТЭЦ-4, ТЭЦ-5, ТЭЦ-6;
- Томскэнерго – ТЭЦ-3, ГРЭС-2.

Основные элементы-загрязнители подземных вод – Al, Mn, Fe, NH₄, нефтепродукты, АПАВ, единично обнаруживались повышенные концентрации нитритов, сульфатов, Be, Pb, Cd, F, Cr.

Транспортный комплекс представлен автомобильными, магистральными нефте-, газо- и продуктопроводами. В пределах территории Томской области действует магистральный нефтепровод «Александровское-Анжеро-Судженск», проходящий через поселок Парабель. Протяженность нефтепровода составляет 840 км, причем из них 600 км приходится на болота и тайгу. Кроме того, за последние 10 лет были построены нефтепроводы «Киев-Еганское месторождение – ПСП Завьялово», «Ай-Кагальское месторождение – Лугинецкая ПСП», «Южно-Черемшанское месторождение – Колотушное месторождение», «Крапивинское месторождение – Васюганский ЦПС», магистральный газопровод «Лугинецкое месторождение – Парабель» и межпромысловый нефтепровод «Средне-Нюрольское месторождение – Лугинецкое месторождение». Также существует конденсатопровод Северо-Васюганское – Мыльджинское – Лугинецкое. Конденсат после стабилизации поступает в резервуары товарной нефти Лугинецкого нефтегазоконденсатного месторождения, откуда закачивается в нефтепровод Лугинецкое нефтегазоконденсатное месторождение – Парабель и смешивается с нефтью, поступающей в магистральный нефтепровод Александровское–Томск–Анжеро-Судженск.

Транспорт газа осуществляется по магистральному газопроводу «Нижевартовский НГПЗ – Парабель – Кузбасс» с пропускной способностью 8,2 млрд. м³ газа в год. К нему по не связанным друг с другом газопроводам поступает газ с Мыльджинского, Северо-Васюганского газоконденсатных и Лугинецкого нефтегазоконденсатного месторождений.

Основными веществами, поступающими в окружающую природную среду вследствие штатной эксплуатации газо- и нефтепроводов, являются соединения железа. Аварийные ситуации сопровождаются залповыми выбросами в окружающую природную среду нефтепродуктов. Так, по данным ОАО «Томскнефть», на объектах которого в 2014 г. произошло 229 некатегорийных отказов трубопроводов (600 отказов в 2012 г.), во время отказов вытекло 5,5 т нефти и 5,7 т высокоминерализованной жидкости, общая площадь загрязненных земель составила 1,6 га.

Водохозяйственный комплекс включает в себя природно-технические системы,

состоящие из собственно техногенных объектов – гидротехнических сооружений различных типов: Новосибирского водохранилища и небольших дамб, сформированных в результате возведения техногенных объектов на поверхностных водных объектах. Последние оказывают существенное влияние на гидрогеологические условия и состояние подземных вод.

Сельскохозяйственный комплекс. Сельскохозяйственные угодья представляют собой ведущий тип землепользования для южной части территории. Другим значимым фактором деятельности сельскохозяйственного комплекса, влияющим на состояние окружающей природной среды, является животноводство и птицеводство.

Потенциальную опасность для подземных вод представляет закачка и хранение *радиоактивных отходов* АО «Сибирский химический комбинат» в г. Северске. По состоянию на начало 2013 г. в эксплуатации находилось 21 (из 45) хранилище ТРО и 6 открытых бассейнов-хранилищ ЖРО (2 бассейна выведены из эксплуатации и находятся в стадии консервации). Глубинное захоронение ЖРО осуществляется на 2 площадках (для низко- и среднеактивных ЖРО) в два пористых песчаных горизонта, залегающих на глубине от 270 до 390 м и перекрытых глиняными водоупорами. С 1963 г. общий объем закачанных ЖРО составил более 40 млн м³. По результатам проводимого на предприятии мониторинга влияния хранилищ за пределами промышленных площадок комбината не выявлено. В настоящее время на АО «СХК» выводятся из эксплуатации остановленные ядерные реакторы, выводятся из эксплуатации и консервируются хранилища ТРО и ЖРО, создаются дополнительные барьеры безопасности хранилищ, ведется реконструкция схемы обращения с ЖРО и создания установок переработки радиоактивных отходов и т.д.

Промышленный комплекс (табл. 18) представляет собой сложное сочетание техногенных объектов и сооружений, отличающихся собственными, не связанными с природной средой, условиями функционирования. В целом, промышленный комплекс территории включает в себя ряд территорий "концентрации" техногенных объектов промышленного назначения – промышленных узлов. На основании обобщения имеющихся материалов на рассматриваемой территории были выделены промузлы: Новосибирский, Омский, Томский и Барнаульский.

Таблица 18

Типизация комплексов техногенных объектов Иртыш-Обского артезианского бассейна
(по характеру влияния на гидрогеологические условия)

№ пп	Класс	Техногенная нагрузка и вызываемые изменения гидрогеологических условий	Возможные загрязняющие вещества
1	2	3	4
1	Селитебный	1) Техногенное изменение рельефа, изменение площади водосбора и условий питания подземных вод 2) Механическое перемещение горных пород, создание частично водонепроницаемых горизонтов 3) Сработка (с формированием депрессионных воронок) и изменение качества (изменение минерализации и загрязнение) подземных вод первого от поверхности (грунтовых) и основных водоносных горизонтов 4) Складирование и захоронение отходов (преимущественно бытовых)	Азотсодержащие вещества (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), H_2S , органические кислоты, Fe, Mn, B, Cd, Hg, Cu, Pb, Zn, Cr, Ni, нефтепродукты
2	Промышленный	1) Техногенное изменение рельефа, изменение площади водосбора и условий питания подземных вод 2) Механическое перемещение горных пород, создание частично водонепроницаемых горизонтов 3) Сработка (с формированием депрессионных воронок) и изменение качества (изменение минерализации и загрязнение) подземных вод 4) Складирование и захоронение отходов (промышленных)	Хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты, карбонаты, ионы K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe, Mn, As, Al, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, S, Pb, Sn, Zn, Be, Sr, Ba, F, Mo, Ti, V, W, кремниевая кислота, азотсодержащие вещества (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), фосфаты, цианиды, сульфиды, роданиды, фенолы, формальдегид, бензол, нефтепродукты, сероводород
3	Сельскохозяйственный	1) Дегградация и загрязнение почвенного покрова 2) Активизация экзогенных геологических процессов, снижающих защищенность подземных вод первого от поверхности (грунтовых) и основных водоносных горизонтов – овражной эрозии, суффозии, плоскостного смыва 3) Техногенное изменение рельефа, изменение площади водосбора и условий питания подземных вод	Азотсодержащие вещества (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , фосфаты, сульфаты, хлориды, пестициды, гексахлоран, повышенная минерализация
4	Горнодобывающий	1) Техногенное изменение рельефа, сопровождаемое нарушением защищенности подземных вод и изменением условий их питания 2) Механическое перемещение горных пород, создание частично водонепроницаемых горизонтов 3) Создание водопроницаемых зон трещиноватости 4) Изменение качества (изменение минерализации и загрязнение) подземных вод первого от поверхности (грунтовых) и основных водоносных горизонтов 5) Перестройка гидродинамических условий с формированием обширных депрессионных воронок и куполов растекания 6) Складирование и захоронение отходов (хвостохранилищ и отвалов пустой породы)	Хлориды, сульфаты, ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , нефтепродукты, тяжелые металлы, микроэлементы, повышенная минерализация

1	2	3	4
5	Энергетический	<p>1) Техногенное изменение рельефа, сопровождаемое нарушением защищенности подземных вод и изменением условий их питания</p> <p>2) Механическое перемещение горных пород, создание частично водонепроницаемых горизонтов</p> <p>3) Изменение качества (изменение минерализации и загрязнение) подземных вод первого от поверхности (грунтовых) и основных водоносных горизонтов</p> <p>4) Сработка (с формированием депрессионных воронок) и изменение качества (изменение минерализации и загрязнение) подземных вод</p> <p>5) Складирование и захоронение отходов (промышленных)</p>	<p>Нефтепродукты, фенолы, хлориды, сульфаты, СПАВ, аммоний, Ni, Pb, Mn, Fe, Cu, Al, W, H₂SO₄; для атомной энергетики - изотопы ⁹⁰Sr, ⁸⁹Sr, ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs, ¹⁴⁴Cs, ¹⁰³Ru, ¹⁰⁶Ru, ⁶⁰Co, ¹³¹I, ³⁵S</p>
6	Транспортный	<p>1) Техногенное изменение рельефа, сопровождаемое изменением условий питания подземных вод первого от поверхности (грунтового) водоносного горизонта</p> <p>2) Изменение качества (изменение минерализации и загрязнение) подземных вод первого от поверхности (грунтового) водоносного горизонта</p>	<p>Нефтепродукты (бензин, керосин), масла, хлориды, Cd, Hg, Cu, Pb, Zn, Cr, Ni</p>
7	Водохозяйственный	<p>1) Техногенное изменение рельефа, сопровождаемое нарушением защищенности подземных вод и изменением условий их питания</p> <p>2) Механическое перемещение горных пород, создание частично водонепроницаемых горизонтов</p> <p>3) Изменение качества (изменение минерализации и загрязнение) подземных вод преимущественно первого от поверхности (грунтового) водоносного горизонта</p> <p>4) Перестройка гидродинамических условий с формированием депрессионных воронок, куполов растекания, зон подтопления и заболачивания</p>	<p>Азотсодержащие вещества (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻), ионы Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, фосфаты, сульфаты, хлориды, Fe, Mn, Pb, нефтепродукты</p>
8	Лесотехнический	<p>1) Влияние на состояние почвенного покрова</p> <p>2) Влияние на активность экзогенных геологических процессов, снижающих защищенность подземных вод первого от поверхности (грунтовых) и основных водоносных горизонтов – овражной эрозии, суффозии, плоскостного смыва</p> <p>3) Изменение качества (изменение минерализации и загрязнение) подземных вод преимущественно первого от поверхности (грунтового) водоносного горизонта</p>	<p>Азотсодержащие вещества (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻), ионы Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, фосфаты, сульфаты, хлориды, пестициды, гексахлоран, повышенная минерализация</p>

Карта гидрогеохимического районирования подземных вод

Главной целью составления карт гидрогеохимического районирования являлось установление региональных закономерностей изменения химического состава подземных вод, определяющих их основные качественные характеристики. При этом решались следующие задачи:

- определение зонального распределения катионного и анионного состава, величины минерализации;
- выявление участков азонального состава и источников их формирования;
- установление участков подземных вод с повышенным содержанием показателей, не соответствующих нормативам качества;
- выявление районов техногенного воздействия на формирование химического состава питьевых подземных вод (по содержанию хлоридов и сульфатов более 20 %-экв);
- комплексная оценка регионального распределения макрокомпонентов и обобщенных показателей химического состава, отражающих закономерности изменения химического состава питьевых подземных вод, с учетом изменений под влиянием техногенеза;
- выявление границ локализации гидрогеохимических аномалий в подземных водах эксплуатационных водоносных горизонтов;
- установление границ обобщенных гидрогеохимических аномалий элементов 1, 2 классов опасности (согласно СанПиН 2.1.4.1074-01).

На картах представлены типы вод по анионам, катионам, а также границы территорий с различной минерализацией подземных вод. Представлены контуры распространения компонентов подземных вод с превышением ПДК.

Типы подземных вод выделены по количественным соотношениям преобладающих ионов в соответствии со сводной легендой Омско-Кулундинской подсерии Западно-Сибирской серии листов Государственной гидрогеологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (табл. 19).

В основе проведения границ между подземными водами с различным анионным составом лежит закономерное изменение анионного состава вод по направлению их движения, отражающееся в пластовой гидрогеохимической зональности.

При составлении погоризонтных гидрогеохимических карт использованы:

- карты распространения водоупорных горизонтов;
- карты ландшафтного районирования;
- гидродинамические карты;
- структурно-тектоническая схема;

- карта техногенных объектов;
- карты защищенности основных водоносных горизонтов;
- карта дренированности территории;
- гидрогеохимические карты отдельных водоносных комплексов из отчетов по гидрогеологической съемке отдельных листов масштаба 1:200 000 и геолого-экологических работ масштаба 1:500 000.

Таблица 19

Типы подземных вод по анионному и катионному составу

Анионный состав		Катионный состав	
Тип воды	Соотношение ионов	Тип воды	Соотношение ионов
Гидрокарбонатный	$\text{HCO}_3 > 50\% \text{-экв};$ $\text{Cl}, \text{SO}_4 < 20\% \text{-экв};$	Кальциевый	$\text{Ca} > 50\% \text{-экв};$ $\text{Mg}, \text{Na} < 20\% \text{-экв};$
Сульфатно-гидрокарбонатный	$\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > 20\% \text{-экв} > \text{Cl}$	Магниево-кальциевый	$\text{Ca} > \text{Mg} > 20\% \text{-экв} > \text{Na}$
Хлоридно-гидрокарбонатный	$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > 20\% \text{-экв} > \text{SO}_4$	Натриево-кальциевый	$\text{Ca} > \text{Na} > 20\% \text{-экв} > \text{Mg}$
Сульфатный	$\text{SO}_4 > 50\% \text{-экв};$ $\text{HCO}_3, \text{Cl} < 20\% \text{-экв}$	Магниевый	$\text{Mg} > 50\% \text{-экв};$ $\text{Ca}, \text{Na} < 20\% \text{-экв};$
Гидрокарбонатно-сульфатный	$\text{SO}_4 > \text{HCO}_3 > 20\% \text{-экв} > \text{Cl}$	Кальциево-магниевый	$\text{Mg} > \text{Ca} > 20\% \text{-экв} > \text{Na}$
Хлоридно-сульфатный	$\text{SO}_4 > \text{Cl} > 20\% \text{-экв} > \text{HCO}_3$	Натриево-магниевый	$\text{Mg} > \text{Na} > 20\% \text{-экв} > \text{Ca}$
Хлоридный	$\text{Cl} > 50\% \text{-экв};$ $\text{HCO}_3, \text{SO}_4 < 20\% \text{-экв}$	Натриевый	$\text{Na} > 50\% \text{-экв};$ $\text{Ca}, \text{Mg} < 20\% \text{-экв};$
Гидрокарбонатно-хлоридный	$\text{Cl} > \text{HCO}_3 > 20\% \text{-экв} > \text{SO}_4$	Кальциево-натриевый	$\text{Na} > \text{Ca} > 20\% \text{-экв} > \text{Mg}$
Сульфатно-хлоридный	$\text{Cl} > \text{SO}_4 > 20\% \text{-экв} > \text{HCO}_3$	Магниево-натриевый	$\text{Na} > \text{Mg} > 20\% \text{-экв} > \text{Ca}$
Смешанный	$\text{HCO}_3 > 20\% \text{-экв}; \text{SO}_4 > 20\% \text{-экв}; \text{Cl} > 20\% \text{-экв}$	Смешанный	$\text{Ca} > 20\% \text{-экв};$ $\text{Mg} > 20\% \text{-экв};$ $\text{Na} > 20\% \text{-экв};$

При составлении гидрогеохимических карт учтены:

- гидрогеохимические закономерности распределения компонентов;
- подчиненность гидрогеохимической зональности артезианского бассейна (Br, B, Sr, Li, Ж, SO_4 , Cl, Mg, Na);
- парагенезис микрокомпонентов;
- гидродинамический фактор – направление потока подземных вод, наличие нарушенного режима и отрицательного соотношения уровней рассматриваемого и нижележащего водоносного горизонта;
- защищенность (в т.ч. распространение перекрывающего водоупора);
- наличие техногенной нагрузки.

Оценивая гидрогеохимические условия и их изменение по площади, необходимо учитывать, что типизация подземных вод по анионному и катионному составу является условной в силу постоянного массопереноса в жидкой фазе, смешения, изменения состава при взаимодействии с водовмещающими отложениями, а также под влиянием физико-химических процессов. В природе существует непрерывный ряд типов химического состава подземных вод, жестких границ между которыми не встречается. Кроме того, при близких значениях доли основных макрокомпонентов в составе, в течение года в одном и том же водопункте состав воды может меняться в пределах 2-3 близких типов. Поэтому представленную типизацию состава подземных вод необходимо рассматривать как обобщенную характеристику на межленивый период, а также способ установления и отображения региональных закономерностей изменения химического состава подземных вод.

При рассмотрении гидрогеохимических карт необходимо учитывать сезонные изменения содержания компонентов в первых от поверхности водоносных горизонтах и сезонность поступления отдельных компонентов с поверхности. Пик обнаружения нефтепродуктов в подземных водах связан с таянием снега и возрастанием плоскостного смыва в период весеннего половодья, в то время как в летне-осеннюю межень в подземных водах грунтового горизонта они могут отсутствовать. В то же время, в паводковый период при распреснении подземных вод грунтового горизонта уменьшается содержание всех компонентов состава, формирующихся естественным путем. Поэтому, учитывая направление движения вод и пространственное расположение основных источников вещественного состава, можно считать, что в целом распространение отдельных компонентов, отображенные на гидрогеохимических картах, отражают гидрогеохимическую ситуацию на территории.

Гидрогеохимические карты предназначены для оценки качественного состава подземных вод (макрокомпонентов и обобщенных показателей), характеристики условий формирования химического состава и степени изменения гидрогеохимических условий под влиянием техногенного воздействия.

Карта оценки качества подземных вод

Карты оценки качества питьевых подземных вод основных эксплуатационных комплексов составлены с целью изучения качества питьевых подземных вод территории. При этом решались следующие задачи:

- установление качества питьевых подземных вод на водозаборах;
- установление региональной картины распространения питьевых подземных вод разных классов качества.

Составление карт оценки качества питьевых подземных вод основных эксплуатационных водоносных подразделений проведено впервые, является в значительной

степени пилотным проектом, потребовавшим разработки методики и легенды карты. Для составления карт оценки качества питьевых подземных вод вначале была разработана методика и выполнена оценка качества подземных вод в водопунктах (эксплуатационных скважинах водозаборов, наблюдательных скважинах ГОНС), проведена статистическая обработка полученных данных.

Методика оценки качества питьевых подземных вод в водопунктах (эксплуатационных скважинах водозаборов).

Требования к качеству питьевых подземных вод водозаборов, предназначенных для централизованного водоснабжения населения, определяются СанПиН 2.1.4.1074-01 с учетом изменений, установленных ГН 2.1.5.1315-03 и ГН 2.1.5.2280-07. Указанные документы определяют лишь максимально допустимые значения ряда показателей качества воды, используемой для питьевого водоснабжения, и не предусматривают его (качества) интегральной оценки.

«Общероссийский классификатор полезных ископаемых и подземных вод» ОК 032-2002 предусматривает выделение 3-х классов питьевых подземных вод, обусловленное применением различных методов водоподготовки при превышении ПДК отдельных показателей качества воды.

В настоящей работе классификация качества подземных вод в водопунктах (эксплуатационных скважинах) с выделением *классов качества*, определенных ОК 032-2002 «Общероссийский классификатор полезных ископаемых и подземных вод», проведена по степени опасности превышающих ПДК показателей качества подземных вод (компонентов химического состава) и сложности технологии требуемой очистки (табл. 20).

К *первому классу качества* отнесены подземные воды, удовлетворяющие современным гигиеническим требованиям по всем показателям и пригодные к использованию для удовлетворения питьевых и хозяйственно-бытовых нужд без соответствующей водоподготовки.

Во *второй класс*, в качестве показателей, определяющих качество подземных вод, включены железо и марганец.

Из 3 600 анализов, в которых было выполнено определение железа и использованных при оценке качества подземных вод основных эксплуатационных водоносных горизонтов, содержание железа, превышающее 0,3 мг/л, отмечено в 65 % анализах от общего количества. По марганцу, из 1 387 анализов, превышение ПДК (0,1 мг/л) установлено в 28 %.

Классы качества подземных вод (по ОК 032-2002)

Класс качества	Назначение вод	Характеристика классов вод	Показатели качества и вещества (компоненты), определяющие класс качества подземных вод
I	Питьевые	Воды, качество которых по всем показателям удовлетворяет требованиям нормативов и стандартов в области качества подземных питьевых вод	–
II		Воды, качество которых имеет отклонения по отдельным показателям от требований нормативов и стандартов в области качества подземных питьевых вод, устранимые аэрированием, фильтрованием, обеззараживанием	Железо (более 0,3 мг/л), Марганец (более 0,1 мг/л), .
III		Воды, качество которых имеет отклонения от требований нормативов и стандартов в области качества подземных питьевых вод. Эти воды, кроме методов обработки, предусмотренных во 2-м классе, нуждаются в применении специальных методов обработки - фильтрование с предварительным отстаиванием, использование реагентов и т.д.	Минерализация (более 1000 мг/л), жесткость (более 7 мг-экв/л), азотсодержащие вещества (NO ₃ , NH ₄ , NO ₂), хлориды, сульфаты, окисляемость; вещества 3 класса опасности (Al - более 2,5 ПДК, Cu, Zn, Mo, Mg и др.), нефтепродукты, фенолы, фенольный индекс, АПАВ. Микрокомпоненты 1-2 классов опасности (1 - Be, Hg, As, U; 2 - Si, Ba, Br, B, Se, Sr, F, Ni, Cd, Co, Cr, Li, Mo, Pb, Tl, Na и др.),

К *третьему классу* качества отнесены подземные воды с минерализацией более 1000 мг/л, жесткостью более 7 мг-экв/л, а также с содержанием более ПДК веществ 3 класса опасности, 1 и 2 класса опасности в количествах, превышающих ПДК, даже при соответствии требованиям СанПиН по всем остальным показателям.

Необходимо признать, что оценка классов качества питьевых подземных вод обладает определенной степенью условности, т.к. на современном этапе практически любую подземную воду можно довести до питьевого качества.

Кроме того, требования к качеству воды централизованных и нецентрализованных систем водоснабжения существенно различаются. Это приводит к тому, что одна и та же вода может быть отнесена к разным классам. Так, в связи с тем, что в СанПиН 2.1.4.1175-02 нет прямого нормирования микрокомпонентов, при их наличии подземная вода должна быть отнесена к 1-му классу при использовании для *нецентрализованного* водоснабжения, и к 3-му – для *централизованного*.

Также и более высокие значения ПДК, устанавливаемые для вод нецентрализованного водоснабжения (мутность, цветность, величина ОМЧ и др.), могут стать причиной того, что вода будет отнесена ко 2-му классу при *централизованном* водоснабжении и к 1-му – при *нецентрализованном*.

4. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

4.1. Постранственная изменчивость химического состава подземных вод

Химический состав подземных вод четвертичный отложений

Водоносный комплекс четвертичных отложений распространен практически повсеместно в пределах рассматриваемой территории. Его водоносные горизонты имеют разнообразную стратиграфическую принадлежность и сложное литологическое строение.

Основными водоносными подразделениями четвертичного комплекса, используемыми и наиболее значимыми для водоснабжения являются водоносные горизонты аллювиальных отложений долин рек (aQ_{III-IV}) и горизонты междуречных пространств, включающие отложения пайдугинской ($aQ_{II-IIIpd}$), касмалинской ($aQ_{II-IIIks}$), большереченской ($aQ_{II-IIIbr}$), тобольской (aQ_{IItb}), монастырской (aQ_{I-IImn}), каргатской (aQ_{Ekg}) и кочковской (aQ_{Ekc}) свит.

Выделенные водоносные горизонты характеризуются неоднородностью литологического состава, выражающейся в разнообразной зернистости водовмещающих отложений (от тонкозернистых песков до гравийно-галечниковых, а иногда и валунно-галечниковых), а также большим разнообразием глубин залегания. Тем не менее, залегая первыми от поверхности, подземные воды всех рассматриваемых горизонтов обладают тесной связью и общностью условий формирования. Все они находятся в условиях влияния эрозионного вреза местной гидрографической сети и воздействия современных физико-географических и геолого-гидрогеологических факторов, осложненных антропогенным воздействием на локальных участках.

Основное питание воды комплекса получают за счет инфильтрации атмосферных осадков, а в пределах речных долин – дополнительно и за счет разгрузки залегающих ниже напорных водоносных горизонтов. Химический состав и степень минерализации подземных вод в этих условиях формирования во многом определяются химическими реакциями в системе “вода - породы зоны аэрации”, и временем контакта с породой, которое, в свою очередь, определяется мощностью зоны аэрации и ее литологическим составом.

Глубины залегания уровней увеличиваются от долин к центрам водоразделов, а в понижениях древних ложбин стоков воды залегают вблизи дневной поверхности. В этой связи фактор невыдержанности литологического состава пород, залегающих в кровле водоносных отложений, регулирует степень воздействия физико-географических и антропогенных условий на грунтовые воды, а, следовательно, для рассматриваемого комплекса наиболее важен в оценке условий формирования и изменчивости их химического состава.

Правобережье р. Оби на территории Томской области, за исключением южной части, характеризуется развитием существенно песчаной зоны аэрации небольшой мощности,

особенно в древних ложбинах стока, снижающей защищенность грунтовых вод от загрязнения. Исключение составляют Обь-Томское и южная часть Обь-Чулымского междуречий, которые имеют преимущественно суглинисто-глинистую зону аэрации большой мощности (до 30-40, иногда до 100 м), повышающую степень минерализации инфильтрационных вод и увеличивающую защищенность грунтовых вод от загрязнения с поверхности.

Правобережье Оби Алтайского края в пределах Обь-Чумышской возвышенности характеризуется развитием в основном супесчано-песчаной, реже, суглинистой зоны аэрации небольшой мощности (до 20 м), что также обуславливает слабую защищённость грунтовых вод от загрязнения.

На левобережье р. Оби, на большей части площади Приобской и Восточно-Барабинской равнин, где четвертичные отложения представлены каргатской свитой, горизонт защищён от загрязнения с поверхности глинистым верхнеэоплейстоценовым водоупором убинской свиты мощностью от 5 до 60 м, чаще – 10-20 м. Вместе с тем, здесь же, но в пределах древних долин, наблюдается маломощная преимущественно песчаная зона аэрации (до 5 м), которая создаёт слабую защищённость грунтовых вод от загрязнения.

Указанные особенности залегания и распространения водовмещающих пород грунтовых горизонтов являются основными факторами, определяющими состав заключенных в них вод. Важным фактором являются и условия дренирования, которые в сочетании с составом зоны аэрации регулируют интенсивность водообмена. Врез речной сети часто достигает подошвы горизонта, что усиливает водообмен и аэрацию грунтовых вод. Кроме того, изменчивость химического состава подземных вод зависит от сезонного характера инфильтрационного питания, интенсивность воздействия которого зависит от местоположения водоносных горизонтов: вблизи речных долин она имеет наиболее контрастный, а на водоразделах – менее выраженный характер. Особую роль, определяющую возможность изменения химического состава и загрязнения подземных вод и выражающуюся в увеличении концентраций хлоридов и нитратов, аммония, величины минерализации и ряда микрокомпонентов, играют вид и интенсивность антропогенной нагрузки, воздействие которой наиболее ярко проявляется на относительно небольших освоенных и обжитых площадях и территориях распространения песчаных пород зоны аэрации в долинах рек. Все это обуславливает сложность картирования нюансов химического состава четвертичных вод, в связи с чем на прилагаемых картах показаны его (химического состава подземных вод) фоновые характеристики.

Для подземных вод комплекса четвертичных отложений региона характерна достаточно четкая широтная гидрогеохимическая зональность, в соответствии с хорошо известными закономерностями которой наиболее пресные и кислые воды формируются в обстановке средней заболоченной тайги, а наиболее минерализованные и щелочные – в условиях

лесостепных и степных ландшафтов. Общие закономерности изменчивости химического состава и минерализации осложняются характером геологического строения и рельефа, а также местными особенностями ландшафтно-климатических условий.

В пределах распространения четвертичного комплекса воды имеют преимущественно гидрокарбонатный анионный и разнообразный по набору катионных компонентов состав. В тоже время в южных районах, в соответствии с закономерностями ландшафтно-климатической зональности, подземные воды приобретают облик типичный для территорий с недостаточным увлажнением и характеризуются в составе вод сульфатов и хлоридов, иногда вплоть до образования типичных хлоридных натриевых вод с высокой минерализацией (рис. 23-24).



Рис. 23 Пространственное распределение анионного состава подземных вод четвертичных отложений

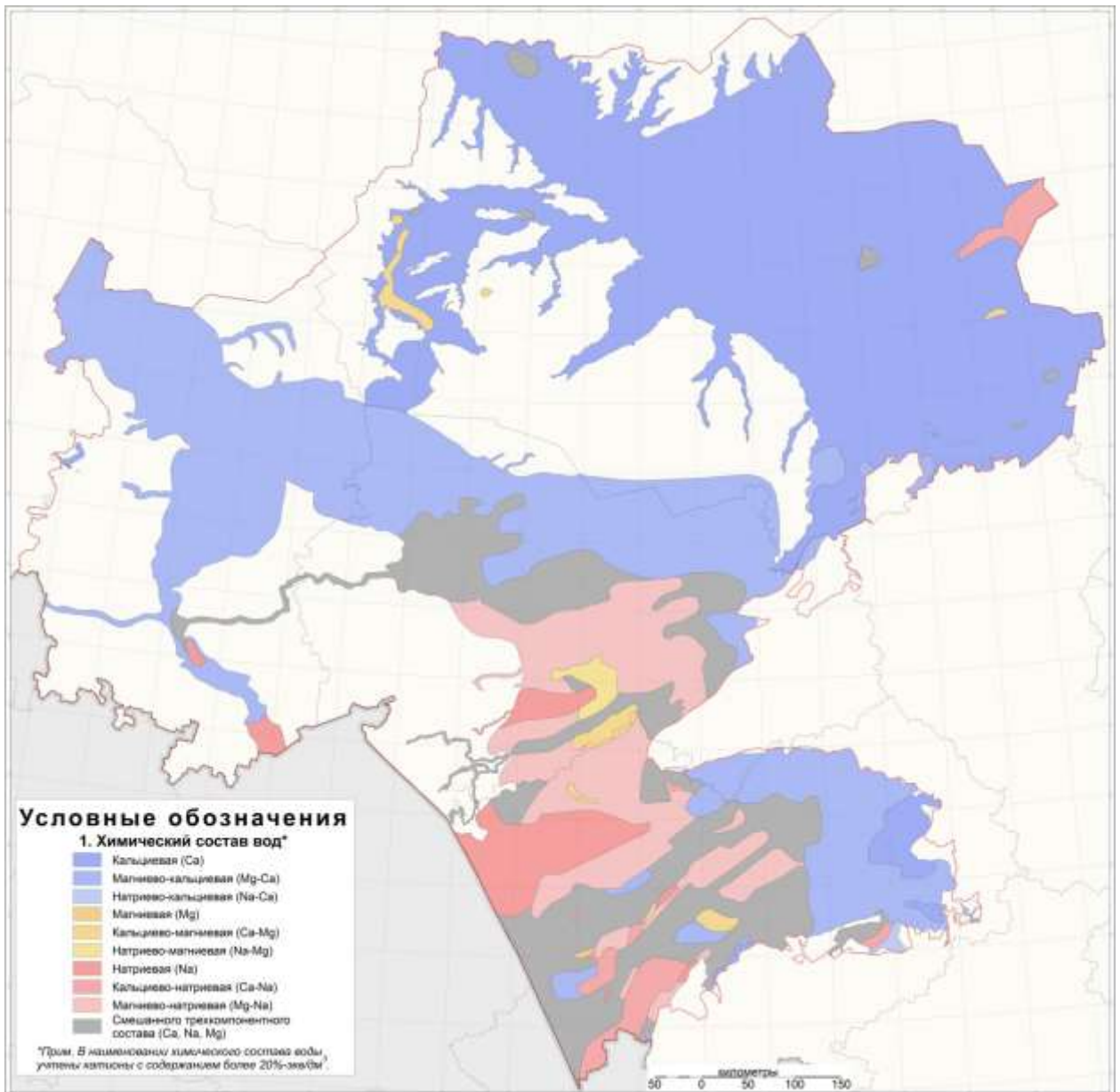


Рис. 24 Пространственное распределение катионного состава подземных вод четвертичных отложений

В направлении с северо-востока на юго-запад происходит увеличение минерализации и концентрации солей, состав вод комплекса меняется от гидрокарбонатных до хлоридных, возрастают значения рН, уменьшаются содержания железа и органических веществ (рис. 25). Общая минерализация подземных вод по комплексу в целом варьирует от 0,03 г/л (Кеть-Чулымская равнина) до 4,26 г/л в зоне степей и в среднем составляет 0,57 г/л (рис. 26-27, табл. 21).

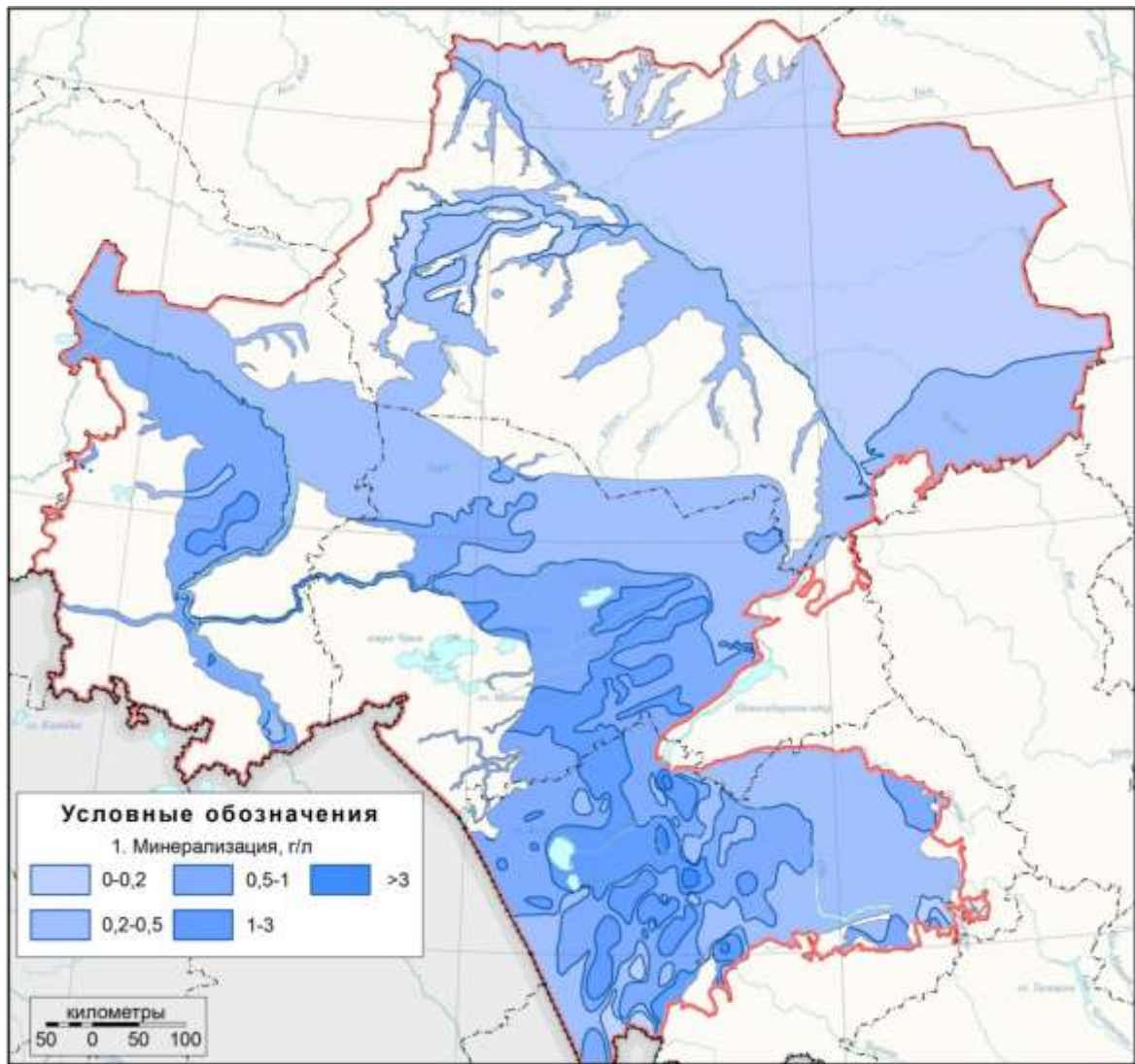


Рис. 25 Пространственное распределение минерализации подземных вод четвертичных отложений

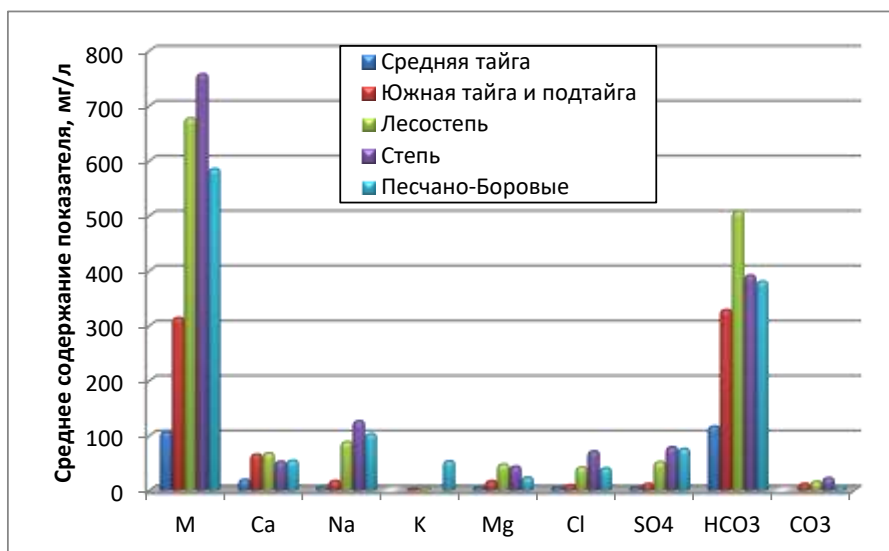


Рис. 26 Средние содержания показателей макрокомпонентного состава подземных вод различных ландшафтных зон

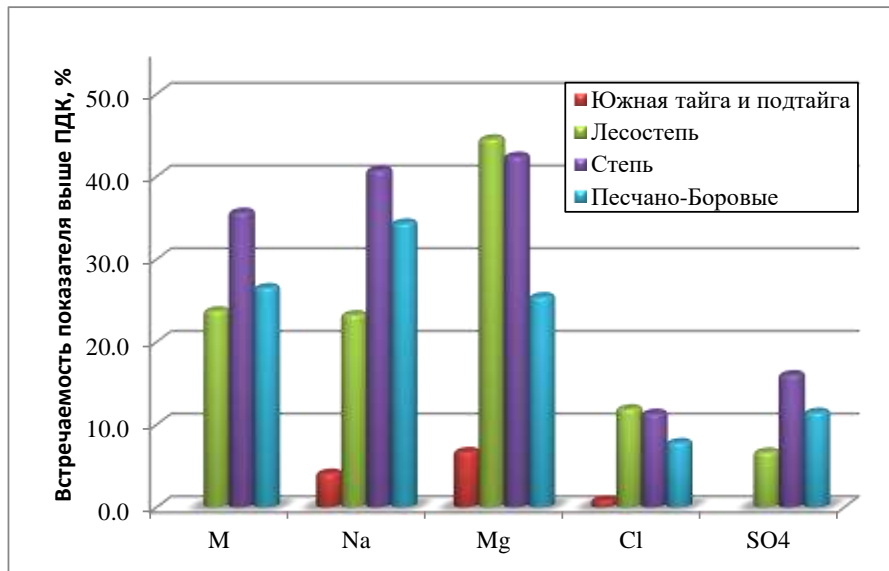


Рис. 27 Встречаемость показателей макрокомпонентного состава подземных вод различных ландшафтных зон

Пресные воды с минерализацией менее 0,5-1 г/л занимают 92,5% площади территории и распространены в северной части территории в пределах Кеть-Тымской, Чулымской равнин, Васюганской наклонной равнины, северной части Восточно-Барабинской наклонной равнины, а также в южной части на территории Кулундинской равнины и восточной части Приобского плато; с минерализацией 1-1,5 г/л – на юге Западно-Барабинской равнины и Приобского плато; с минерализацией более 1,5, 2 и 3 г/л – в алтайской части Приобского плато на участках непромывного и деструктивно промывного водного режима (7,3 % территории). Подземные воды с минерализацией более 3 г/л распространены на отдельных незначительных участках в центральной части Алтайского края и занимают 0,2 % площади территории.

В пределах зоны средней тайги, на территории Томской области, где преобладает избыточное увлажнение и недостаточное теплообеспечение и развиты процессы заболачивания, подземные воды пресные с минерализацией от 0,045 до 0,23 г/л, в среднем 0,11 г/л, по составу повсеместно гидрокарбонатные магниево-кальциевые. При переходе от средней тайги к южной состав вод не изменяется, здесь также развиты гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды, однако происходит увеличение их минерализации, достигающей в отдельных случаях 0,89 г/л, в среднем 0,31 г/л.

Характеристика химического состава подземных вод четвертичных отложений

Показатель, единица измерения		ПДК	№ набл.	Среднее	Минимум	Максимум	% выше ПДК
Обобщенные показатели	Минерализация, мг/л	1000	2475	575,43	44,7	4262,0	20,2
	pH, ед. pH	6-9	2366	7,49	6,1	10,0	-
	Eh, мВ	-	35	16,14	-113	197	-
	Общая жесткость, мг-экв/л	7	2386	6,86	0,4	41,0	50,2
	Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	5	1542	2,31	0,2	19,5	1,9
	Нефтепродукты, мг/л	0,1	326	0,028	0,0005	1,41	10,4
	АПАВ, мг/л	0,5	45	0,046	0,012	0,87	4,4
	СПАВ, мг/л	0,5	36	0,020	0,008	0,25	-
	Фенольный индекс	0,25	210	0,0017	0,00005	0,2	-
Фенолы, мг/л	0,001	64	0,0018	0,0001	1,0	43,8	
Макрокомпоненты	Гидрокарбонаты (HCO ₃ ⁻), мг/л	-	2473	448,46	30,5	1421,7	-
	Карбонаты (CO ₃ ²⁻), мг/л	-	355	15,27	0,3	420,0	-
	Хлориды (Cl ⁻), мг/л	350	2438	31,02	0,18	1418,0	9,5
	Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/л	500	2164	44,11	0,4	1606,5	6,6
	Кальций (Ca ²⁺), мг/л	-	2475	64,56	2,0	390,0	-
	Магний (Mg ²⁺), мг/л	50	2447	36,39	0,1	290,0	35,9
	Натрий (Na ⁺), мг/л	200	2456	63,49	0,23	1000,0	20,8
	Калий (K ⁺), мг/л	-	312	1,94	0,01	55,17	-
	Аммоний (NH ₄ ⁺)*, мг/л	1,5*	1099	0,30	0,001	37,25	3,0
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/л	45	764	1,25	0,003	85,6	0,6	
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/л	3	530	0,05	0,001	6,8	0,1	
Микрокомпоненты	Алюминий (Al), мг/л	0,5	204	0,043	0,0001	7,28	2,5
	Барий (Ba), мг/л	0,7	241	0,079	0,0001	0,67	-
	Бериллий (Be), мг/л	0,0002	147	0,000099	0,00002	0,00019	-
	Бор (B), мг/л	0,5	115	0,14	0,003	2,56	5,2
	Бромиды (Br ⁻), мг/л	0,2	55	0,086	0,007	1,28	3,6
	Железо общее (Fe), мг/л	0,3	416	0,22	0,001	50,6	89,4
	Закисная форма железа (Fe ²⁺), мг/л	-	299	1,72	0,02	49,4	83,0
	Окисная форма железа (Fe ³⁺), мг/л	-	269	0,94	0,001	15,4	53,2
	Йод (I), мг/л	-	80	0,13	0,001	3,62	-
	Кадмий (Cd), мг/л	0,001	232	0,00025	0,00001	0,007	1,7
	Кремний (Si), мг/л	10	407	4,9	0,14	12,86	3,7
	Литий (Li), мг/л	0,03	286	0,0056	0,00037	0,098	1,4
	Марганец (Mn), мг/л	0,1	649	0,056	0,001	2,52	31,5
	Медь (Cu), мг/л	1	330	0,0082	0,00015	0,9	-
	Молибден (Mo), мг/л	0,25	308	0,0031	0,00003	0,18	-
	Мышьяк (As), мг/л	0,05	72	0,0034	0,0002	0,048	-
	Никель (Ni), мг/л	0,1	312	0,0061	0,0002	0,09	-
	Полифосфаты (PO ₄), мг/л	3,5	157	0,062	0,001	2,5	-
	Ртуть (Hg), мг/л	0,0005	122	0,000076	0,000005	0,0003	-
	Свинец (Pb), мг/л	0,03	379	0,0023	0,00002	0,2	0,5
	Селен (Se), мг/л	0,01	64	0,00042	0,000015	0,0064	-
	Стронций (Sr), мг/л	7	395	0,398	0,0031	4,89	-
	Фториды (F ⁻), мг/л	1,5	514	0,22	0,005	2,0	0,4
Хром (Cr), мг/л	0,05	336	0,0063	0,0002	0,062	0,3	
Цинк (Zn), мг/л	5	530	0,017	0,0002	4,8	-	
Радиологические показатели	Общая α-радиоактивность, Бк/л	0,2	79	0,033	0,008	0,17	-
	Общая β-радиоактивность, Бк/л	1	69	0,074	0,005	0,8	-

П р и м е ч а н и е

* Нормируется по аммиаку (по азоту).

Региональные закономерности осложняются различиями состава грунтовых вод в пределах междуречных пространств и террасового комплекса речных долин. Первые из них 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 на химический состав грунтовых вод оказывает антропогенное загрязнение. На локальных участках, как правило, приуроченных к населенным пунктам, иногда появляются воды, не встречающиеся в естественных условиях, например, нитратно-хлоридные с содержанием нитратов до 160 мг/л, хлоридов – до 342 мг/л и с общей минерализацией до 0,8–1,0 г/л [23].

В зоне лесостепей в условиях умеренного увлажнения в составе подземных вод начинает значимую роль играть натрий и воды приобретают содовый характер. Средняя величина минерализации вод этой зоны составляет 0,68 г/л, максимальная достигает 2,14 г/л. Зона степей с недостаточным увлажнением и развитием процессов континентального засоления (южные части Новосибирской и Омской областей и территории Алтайского края) характеризуется широким распространением солоноватых и даже соленых вод, особенно в бессточных котловинах. Средняя величина минерализации вод этой зоны составляет 0,76 г/л, максимальная достигает 4,26 г/л. В целом по ионно-солевому составу воды этих районов преимущественно сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-натриевые, хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатные магниево-натриевые. При более высоких значениях минерализации они приобретают хлоридный натриевый состав.

Особое положение занимают аazonальные песчано-боровые ландшафты, встречающиеся отдельными узкими островами, распространённые в различных широтных зонах и выполненные эоловыми кварц-полевошпатовыми песками. В этих условиях, под лесными массивами, происходит более интенсивное атмосферное питание и водообмен, встречаются пресные воды. В районах развития песчано-боровых ландшафтов воды более пресные с минерализацией от 0,22 до 2,67 г/л, в среднем 0,58 г/л, по составу гидрокарбонатные кальциево-натриевые.

Формулы среднего солевого состава подземных вод:

Зона средней тайги:

$$M\ 0,11 \frac{HCO_3\ 88,9; Cl\ 6,6; SO_4\ 4,5}{Ca\ 55,6; Mg\ 26,5; Na\ 17,9} \text{ pH } 7,1; \text{ Ж } 1,6; \text{ Si } 3,9.$$

Зона южной тайги и подтайги:

$$M\ 0,31 \frac{HCO_3\ 91,8; Cl\ 4,3; SO_4\ 3,9}{Ca\ 60,4; Mg\ 25,4; Na\ 13,6; K\ 0,6} \text{ pH } 7,5; \text{ Ж } 5,0; \text{ Fe } 0,36; \text{ Mn } 0,46; \text{ Si } 6,35.$$

Зона лесостепей:

$M 0,68 \frac{HCO_3 78,8; Cl 11,1; SO_4 10,1}{Na 45,7; Mg 27,3; Ca 26,5; K 0,5}$ pH 7,5; Ж 7,8; Fe 1.56; Mn 0,16; Si 3,87.

Зона степей:

$M 0,76 \frac{HCO_3 57,8; SO_4 24,2; Cl 18;}{Na 47,2; Mg 30,5; Ca 22,3}$ pH 7,7; Ж 6,3; Fe 0,12; Mn 0,08; Si 3,5.

Зона степей (солончатые воды):

$M 1,61 \frac{SO_4 38,2; HCO_3 35,5; Cl 26,3;}{Na 61,2; Mg 25,1; Ca 13,8}$ pH 7,9; Ж 9,4; Fe 0,1; Mn 0,05; Si 3,2.

Песчано-боровые ландшафты:

$M 0,58 \frac{HCO_3 69,8; SO_4 17,6; Cl 12,6;}{Na 42,7; Ca 26,0; Mg 18,4; K 12,9}$ pH 7,6; Ж 5,2; Fe 0,11; Mn 0,02; Si 4,4.

Комплексное влияние различных факторов приводит к тому, что происходит определенная дифференциация геохимической обстановки подземных вод, что обеспечивает разнообразие условий накопления и миграции компонентов, а, следовательно, и всего состава подземных вод. Как видно из вышесказанного, это разнообразие проявляется даже в макрокомпонентном составе подземных вод, менее чувствительном к внешнему воздействию. Микрокомпонентный состав к внешнему воздействию более чувствителен, а потому и более контрастен.

Высокая изменчивость всех компонентов состава ПВ указывает на участие в их формировании разнообразных факторов, обеспечивающих неравномерность накопления. В результате этого в формировании компонентного состава подземных вод прослеживаются определенные ассоциации элементов, характеризующих источники и процессы, приводящие к их накоплению в растворе.

В северных районах территории, в условиях достаточного увлажнения, в пресных водах основными компонентами минерализации подземных вод является кальций и гидрокарбонаты, тесно связанные между собой, на это указывают высокие коэффициенты корреляции. При продвижении с севера на юг, при изменении ландшафтно-климатических условий происходит смена кальция и гидрокарбонатов на натрий, магний, хлориды, сульфаты и наблюдается закономерный рост минерализации подземных вод. Поэтому можно утверждать, что в северных районах минерализация вод формируется, главным образом, за счет ионов кальция и гидрокарбонатов, а в южных – натрия и хлоридов.

Термодинамические расчеты состояния равновесия подземных вод с различными алюмосиликатными минералами показывают, что все воды неравновесны с первичными минералами водовмещающих пород: полевыми шпатами, мусковитом, биотитом, гранатами,

пироксенами, роговыми обманками, эпидотом, хлоритом и другими, в тоже время они равновестны с монтмориллонитами, иллитами, каолинитом и другими глинами [109].

Обогащение вод кальцием и сравнительная бедность натрием в северных районах указывают на преимущественную роль в этом процессе эпидота, роговых обманок, пироксенов, а не натриевых полевых шпатов. Определенную роль здесь играет и растворение карбонатов, в первую очередь кальцита и сидерита, встречающихся по всему разрезу. Это подтверждается отсутствием на большей части территории углекислотной агрессии, свидетельствующей об их равновесном отношении с кальцитом. Это характерно для вод южных районов Томской области, имеющих повышенную минерализацию относительно северных и правобережных территорий, за счет присутствия в кровле горизонта лессовидных карбонатизированных суглинков. Высокая агрессивность вод характерна для ультрапресных вод правобережья р. Оби и ложбин стока, что объясняется отсутствием карбонатов в разрезе песчаной толщи.

Принимая во внимание тот факт, что на рассматриваемой территории основными породообразующими минералами являются алюмосиликатные и на отдельных территориях карбонатные минералы, можно сделать вывод, что именно водовмещающие породы являются ведущим фактором в формировании и эволюции состава подземных вод.

В долинах рек на фоне естественного формирования состава подземных вод большая роль принадлежит антропогенному фактору, который может приводить к созданию вод специфического облика, зачастую непригодных для использования.

Подземные воды водоносных горизонтов долины р. Иртыша характеризуются различной минерализацией и пестрым химическим составом (табл. 22).

В северной части долины, в зоне южной тайги и подтайги, в условиях гумидного климата, воды, преимущественно, пресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые и натриево-кальциевые, кальциево-магниевые, редко смешанного катионного состава с минерализацией от 0,045 до 0,51 г/л, в среднем 0,3 г/л, в отдельных случаях – до 0,83 г/л.

В лесостепной зоне южнее широты г. Омска, в условиях аридного климата, воды долины пресные с минерализацией от 0,5 до 1 г/л, в среднем 0,7 г/л, сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные кальциево-натриевые, магниевые-натриевые, кальциево-магниевые, реже, смешанного состава.

Таблица 22

Средний химический состав подземных вод в долинах рр. Обь, Иртыш и на междуречьях

Показатель	Долина р. Иртыш				Долина р. Обь					Междуречья (водоразделы)				
	в целом	южная тайга и подтайга	лесостепь	степь	в целом	средняя тайга	южная тайга и подтайга	лесостепь	степь	в целом	южная тайга и подтайга	лесостепь	степь	песчано-боровые
	количество точек				количество точек					количество точек				
	276	41	211	24	458	6	158	286	8	1623	291	1145	121	64
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
М	754,85	303,71	876,81	958,22	365,5	112,65	248,67	456,38	633,77	612,28	359,39	696,28	698,23	584,06
pH	7,41	7,46	7,4	7,47	7,41	6,9	7,39	7,42	7,99	7,51	7,51	7,49	7,74	7,6
ОЖ	6,91	4,1	7,81	6,45	5,92	1,73	4,16	7,37	6,34	7,2	5,67	7,92	6,24	5,24
Ca	61,01	45,2	65,97	51,21	68,85	17,08	60,43	77,01	46,9	65,59	70,51	66,44	54,61	53,65
Na	118,02	23,36	151,36	156,9	23,67	6,9	10,26	37,21	83,82	72,43	21,03	92,89	114,97	101,53
K	8,11	-	8,11	-	1,98	-	1,44	2,38	-	1,75	1,16	2,24	-	52,4
Mg	42,15	15,8	50,23	48,27	22,39	8,9	11,94	32,05	31,62	40,69	20,02	50,31	42,22	23,05
NH ₄	0,17	0,1	0,2	0,26	0,41	0,28	0,46	0,39	0,21	0,28	0,36	0,28	0,21	0,14
Cl	83,16	16,24	106,99	147,81	12,13	4,11	7,86	15,05	49,28	32,23	8,57	41,59	59,25	39,62
SO ₄	81,21	14,66	104,48	146,76	15,51	3,49	5,93	21,15	143,13	48,2	15,01	51,23	115,65	74,96
NO ₂	0,024	0,003	0,048	0,058	0,05	-	0,04	0,05	0,12	0,056	0,031	0,065	0,031	0,083
NO ₃	2,58	1,48	3,14	3,22	0,97	-	0,61	1,28	1,33	1,13	0,7	1,2	1,72	0,94
HCO ₃	407,29	281,24	439,92	389,9	369,16	130,84	255,22	463,56	343,34	487,65	386,46	538,77	390,54	379,38
CO ₃	13,47	21,81	11,5	26,65	4,72	-	3,56	4,43	26,35	21,17	12,44	23,82	19,45	6,78
Fe	5,83	5,68	8,16	2,13	3,2	-	6,33	0,54	0,87	0,99	5,36	1,79	0,14	0,11
Fe ²⁺	0,77	5,4	0,59	-	2,8	2,22	5,41	0,56	0,53	1,58	2,85	1,48	0,11	-
Fe ³⁺	2,95	-	2,95	-	1,08	1,32	1,2	0,83	0,2	0,84	1,12	0,83	-	-
Li	0,0032	0,0024	0,0067	0,0025	0,01	-	0,01	0,01	-	0,006	0,0049	0,0116	0,0039	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Be	0,0001	-	0,0001	-	0,0001	-	-	0,0001	-	0,000096	0,0001	0,000096	0,000092	0,0001
B	0,019	0,023	0,014	-	0,15	-	0,1	0,15	0,3	0,16	0,06	0,16	0,27	0,15
Al	0,01	0,021	0,01	0,04	0,059	-	0,055	0,063	0,017	0,027	0,041	0,028	0,016	0,017
Ni	0,003	0,0024	0,0039	0,0021	0,009	-	0,006	0,01	0,001	0,0058	0,0067	0,0059	0,0045	0,001
Zn	0,013	0,026	0,009	0,022	0,025	-	0,014	0,037	-	0,012	0,021	0,009	0,004	0,017
As	0,0037	0,005	0,0029	0,0055	0,0031	-	0,0031	0,003	-	0,0037	0,0031	0,0037	0,0048	0,0042
Se	0,0021	-	0,0021	-	0,0005	-	0,0001	0,0006	-	0,0003	0,00031	0,00044	0,0001	0,0001
Sr	0,29	0,22	0,4	0,11	0,47	-	0,32	0,54	-	0,38	-	0,57	0,3	0,1
Mo	0,0013	0,0008	0,0019	0,0029	0,0032	-	0,0024	0,0033	-	0,0036	0,0018	0,0046	0,0044	0,015
Cd	0,0002	0,00033	0,00012	0,00027	0,00029	-	0,00027	0,00032	0,00002	0,00024	0,00032	0,00027	0,00011	0,00004
Ba	0,082	0,041	0,149	0,011	0,07	-	0,12	0,06	-	0,084	0,066	0,1	0,1	
П.ок.	3,11	2,37	3,38	3,91	2,23	3,01	2,4	2,15	0,4	2,29	2,41	2,37	1,75	1,62
НП	0,0093	0,0098	0,0077	0,0015	0,027	-	0,049	0,02	0,091	0,023	0,037	0,018	0,024	0,005
АПАВ	-	-	-	-	0,10	-	0,03	0,11	-	0,033	0,019	0,034	0,037	-
СПАВ	-	-	-	-	0,026	-	0,026	-	-	0,018	0,018	-	-	-
ФИ	0,002	-	0,002	-	0,0023	-	0,0041	0,0014	-	0,0015	0,003	0,001	0,0005	-
Ф	0,0021	0,005	0,0013	0,015	0,0017	-	0,0007	0,0027	0,0005	0,0017	0,0087	0,0014	0,0007	0,0005
альфа	0,022	0,026	0,015	-	0,036	-	0,034	0,043	-	0,035	0,036	0,032	0,037	0,05
бетта	0,11	0,11	0,1	-	0,062	-	0,062	0,064	-	0,079	0,065	0,145	0,079	0,1
Si	1,88	-	1,88	-	5,94	5,39	6,46	6,04	1,58	4,6	6,28	3,33	3,74	4,36
PO ₄	0,016	0,015	0,016	-	0,082	-	0,091	0,039	-	0,066	0,093	0,022	0,2	
I	0,018	-	-	0,018	0,2	-	0,22	0,01	-	0,11	0,14	0,005	0,005	0,005
Pb	0,0019	0,0048	0,0012	0,0033	0,0034	-	0,0012	0,0046	-	0,0018	0,0024	0,0018	0,0007	0,0015
F	0,31	1,0	0,27	1,4	0,22	-	0,21	0,23	-	0,21	0,22	0,18	0,75	0,44
Br	0,055	0,055	-	-	0,011	-	0,11	-	-	0,074	0,074	-	-	-
Mn	0,042	0,031	0,051	0,052	0,12	-	0,17	0,11	-	0,047	0,093	0,035	0,084	0,017
Cu	0,0056	0,0033	0,0078	0,0028	0,011	0,25	0,014	0,009	0,015	0,007	0,011	0,006	0,003	0,01
Hg	0,00011	0,0001	0,0001	0,00013	0,00007	-	0,0001	0,00006	-	0,000067	0,00006	0,000064	0,0001	0,0001
Cr	0,0063	0,0056	0,007	0,0058	0,0074	-	0,0109	0,0072	0,002	0,0053	0,0068	0,0045	0,0079	0,002

При движении на юг минерализация вод увеличивается с ростом основных макрокомпонентов. Воды слабосоленоватые с минерализацией от 1 до 2 г/л, в среднем 1,3 г/л, сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-хлоридные магниевые-натриевые, кальциевые-натриевые и магниевые-кальциевые.

На участках с минерализацией от 2 до 3 г/л, в среднем 2,4 г/л, состав вод меняется на сульфатно-хлоридный, гидрокарбонатно-хлоридный, гидрокарбонатно-сульфатный магниевые-натриевый, кальциевые-натриевый, местами смешанный.

Более минерализованные (>3 г/л) воды отмечаются на отдельных территориях и имеют гидрокарбонатно-сульфатный, хлоридно-сульфатный, сульфатно-хлоридный кальциевые-натриевый, магниевые-натриевый состав.

Формулы среднего солевого состава подземных вод:

Зона южной тайги и подтайги:

$$M \ 0,3 \frac{HCO_3 \ 85,7; \ Cl \ 8,6; \ SO_4 \ 5,7}{Ca \ 49,4; \ Mg \ 28,4; \ Na \ 22,2} \ pH \ 7,5; \ Ж \ 4,1; \ Fe \ 5,4; \ Mn \ 0,03.$$

Зона лесостепей (минерализация 0,5-1 г/л):

$$M \ 0,7 \frac{HCO_3 \ 66,6; \ Cl \ 19,5; \ SO_4 \ 13,9}{Ca \ 45,3; \ Mg \ 28,1; \ Na \ 25,3; \ K \ 1,3} \ pH \ 7,4; \ Ж \ 7,4; \ Fe \ 0,59; \ Mn \ 0,13; \ Si \ 1,3.$$

Зона лесостепей (минерализация 1-2 г/л):

$$M \ 1,3 \frac{HCO_3 \ 42,4; \ Cl \ 34,8; \ SO_4 \ 22,8}{Na \ 59,2; \ Mg \ 23,7; \ Ca \ 14,8; \ K \ 2,3} \ pH \ 7,5; \ Ж \ 9,3; \ Fe \ 0,17; \ Mn \ 0,04.$$

Зона лесостепей (минерализация 2-3 г/л):

$$M \ 2,4 \frac{Cl \ 38,8; \ SO_4 \ 36,5; \ HCO_3 \ 24,7}{Na \ 55,8; \ Mg \ 28,8; \ Ca \ 15,0; \ K \ 0,4} \ pH \ 7,6; \ Ж \ 16,1; \ Fe \ 0,1; \ Mn \ 0,02,$$

$$M \ 3,68 \frac{SO_4 \ 55,6; \ Cl \ 25,3; \ HCO_3 \ 19,1}{Na \ 47,0; \ Mg \ 31,7; \ Ca \ 21,3} \ pH \ 7,5; \ Ж \ 25,9; \ Fe \ 0,08; \ Mn \ 0,05.$$

Соленоватые воды отмечаются в единичных точках на участках техногенного загрязнения (минерализация до 7,2 г/л на АЗС с. Зеленое поле Омской области).

Общая жесткость подземных вод изменяется от 0,8 до 29,0 мг-экв/л, в среднем 6,91 мг-экв/л, достигая максимальных значений в единичных скважинах южной части территории в зоне лесостепей и распространения вод смешанного, преимущественно, хлоридного натриевого состава с минерализацией более 1-1,5 г/л – г. Омск и д. Ульяновка.

Кислотно-щелочные условия вод изменяются в интервале 6,1-8,8, среднее – 7,41. Повышенные значения рН (>8) отмечаются, как правило, в содовых водах в зоне лесостепей.

Концентрации показателей основного макрокомпонентного состава варьируют в зависимости от минерализации (рис. 28). Содержание хлоридов изменяется от 2,7 до 1 418 мг/л, в среднем – 83,16. В северной части территории содержание хлоридов в целом не превышает

35-50 мг/л, достигая в единичных пунктах Усть-Ишимского района Омской области до 145 мг/л. В единичных пунктах в южной части территории в аридных условиях концентрация хлоридов достигает максимальных величин на территории Руско-Полянского района (д. Пограничное, с. Целинное).

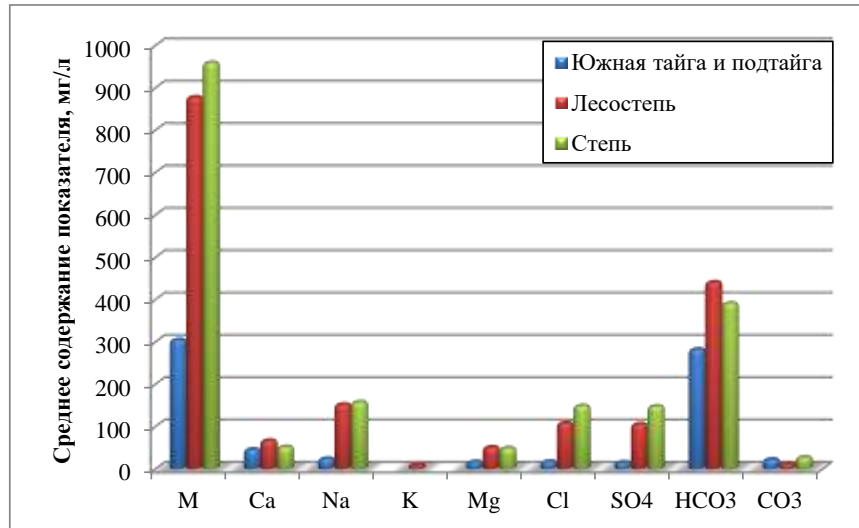


Рис. 28 Средние содержания показателей макрокомпонентного состава подземных вод различных ландшафтных зон поймы р. Иртыша

Содержание сульфатов в подземных водах изменяется от 2,4 до 1 560 мг/л, при средних значениях 81,21 мг/л, причем северные территории характеризуются низкими содержаниями сульфатов 2,4-39 мг/л, по единичным пунктам – до 245 мг/л (с. Усть-Ишим), а в южных территориях лесостепной зоны и особенно на территории Ишимской наклонной равнины содержания сульфатов составляют 4-1 560 мг/л, среднее 298,9 мг/л, максимальные значения отмечаются в подземных водах территории г. Омска.

На большей части территории воды имеют кальциевый и магниевый-кальциевый состав. Концентрации кальция составляют от 4 до 390 мг/л, в среднем 61,01 мг/л, причем в северной и центральной частях, где и распространены пресные кальциевые воды, содержание кальция не превышает 154 мг/л (с. Усть-Ишим). В южной части территории, где распространены солоноватые воды повышенной минерализации, концентрации кальция достигают в отдельных случаях 390 мг/л (с. Целинное, Русско-Полянский район). Содержания магния в целом изменяются от 2 до 271 мг/л, в среднем 42,15 мг/л, и его территориальное распространение в целом согласуется с распространением кальция, т.е. в северной части наблюдаются содержания магния до 95 мг/л (с. Усть-Ишим), а в южной с повышением минерализации содержание увеличивается и единичных случаях достигает 492 мг/л (с. Великорусское, Калачинский район). Содержание натрия изменяется от 1-999 мг/л, в среднем 62,5 мг/л, в северной части территории до 279 мг/л (Усть-Ишимский район), в южной части, на территориях Барабинской низменности

и Ишимской наклонной равнины содержание натрия достигает максимальных значений – 999 мг/л (г. Омск).

Азотистые соединения в подземных водах, как правило, отсутствуют за исключением зон распространения заболоченных территорий, где наблюдаются повышенные содержания аммония, связанные с природными условиями территории. В целом содержание аммония изменяется от 0,05 до 0,73 мг/л, в среднем 0,17 мг/л. Повышенные содержания аммония достигают 1,39 мг/л (с. Харламово) и зачастую связаны природными условиями формирования подземных вод, однако в единичных территориях содержание аммония достигает 14 мг/л (г. Омск), что вызвано дополнительным воздействием антропогенной деятельности человека на состояние подземных вод. Содержания нитратов в целом изменяются от 0,09 до 44,28 мг/л, в среднем 2,58 мг/л, однако в условиях антропогенной нагрузки в пределах территорий населенных пунктов, особенно в районах интенсивного развития сельского хозяйства, содержания нитратов могут превышать нормативы, наибольшие концентрации нитратов, как и аммония, наблюдаются в подземных водах территорий населенных пунктов с. Ульяновка, Омский район – 43,05 мг/л, г. Омск – 44,28 мг/л. Содержание нитритов изменяется от 0,001 до 2,7 мг/л, в среднем 0,024 мг/л.

Содержание железа (общего) в подземных водах составляет 0,01-10,63 мг/л, среднее – 0,11 мг/л (рис. 29). В целом содержание железа в подземных водах территории увеличивается с юга на север от 0,049-9,28 мг/л в южной части и до 12,56 мг/л в северной. Содержание марганца, геохимического спутника железа, в целом от 0,0025 до 0,63 мг/л, среднее 0,042 мг/л. В южных районах 0,0042-0,53 мг/л, в северных – 0,0025-0,63 мг/л.

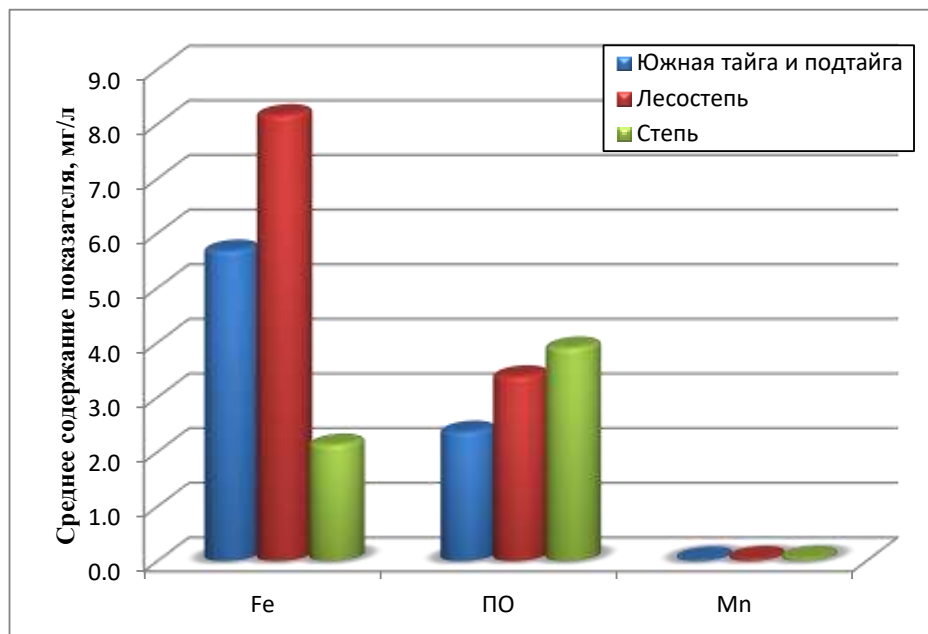


Рис. 29 Средние содержания показателей подземных вод различных ландшафтных зон поймы р. Иртыша

Кремний является одним из основных породообразующих минералов и поэтому в подземных водах распространен практически повсеместно в концентрациях от 0,48 до 2,86 мг/л, среднее – 1,88 мг/л. Полифосфаты фиксируются редко и обычно их содержания составляют 0,001-0,25 мг/л, среднее 0,016 мг/л. Стронций в подземных водах также практически не встречается 0,01-1,56, реже до 4,89 мг/л (д. Авлы, Убинский район), среднее 0,29 мг/л.

В пресных водах в единичных случаях отмечаются повышенные содержания фтора до 2 мг/л, в среднем 0,31 мг/л. С ростом минерализации содержание фтора не возрастает. Повышенные содержания фтора 1-2 мг/л отмечаются в южной части территории, г. Называевск – 2 мг/л, с. Ульяновка – 1,6 мг/л.

Содержание тяжелых металлов – медь, свинец, цинк в подземных водах зачастую на порядок ниже нормативов. Содержание меди – 0,0002-0,45 мг/л, среднее 0,0056 мг/л, свинца – 0,0001-0,039 мг/л, среднее 0,0019 мг/л, а цинка – 0,001-0,4 мг/л, среднее 0,013 мг/л.

Бериллий и ртуть в подземных водах фиксируются в единичных скважинах. Содержание бериллия составляет 0,0001 мг/л, ртути – 0,0001-0,00025 мг/л, среднее 0,00011.

Низкие концентрации также характерны и для молибдена до 0,041 мг/л (среднее 0,0013 мг/л), кадмия до 0,003 мг/л (среднее 0,0002 мг/л), лития до 0,052 мг/л (среднее 0,0032 мг/л), мышьяка до 0,01 мг/л (среднее 0,0037 мг/л), никеля до 0,057 мг/л (среднее 0,003 мг/л), селена до 0,0046 мг/л (среднее 0,0021 мг/л), алюминия до 0,04 мг/л, реже до 0,36 мг/л – д. Кутинка (среднее 0,01 мг/л) и хрома до 0,044 мг/л (среднее 0,0063 мг/л). Содержания бария варьируют от 0,0064 до 0,11 мг/л, среднее 0,082 мг/л. Содержание бора в подземных водах незначительное – до 0,2 мг/л, в среднем 0,019 мг/л, брома – до 0,2 мг/л, реже 4,2 мг/л (с. Ермак, Нововаршавский район), в среднем 0,055 мг/л. Содержания йода в пресных водах фиксируются до 0,018 мг/л.

Содержания фенолов в подземных водах практически не фиксируются, однако в отдельных случаях они отмечаются выше нормы для вод, подлежащих хлорированию (0,001 мг/л). Концентрации нефтепродуктов, в основном, невысоки и составляют 0,006-0,071 мг/л, в пределах территорий населенных пунктов и промышленных зон достигают 0,015 мг/л (Руско-Полянский район).

Подземные воды водоносных горизонтов долины р. Оби на всём её протяжении формируются в более благоприятных условиях питания и разгрузки и хорошей промытости водовмещающих отложений. Воды преимущественно весьма пресные и пресные гидрокарбонатного кальциевого, реже магниевого и натриевого состава с минерализацией от 0,045 до 0,5 г/л, реже на небольших участках в тыловых частях террас или на участках техногенно-изменённых вод до 1 г/л [39]. Хлоридно-гидрокарбонатные или сульфатно-гидрокарбонатные воды сформировались на небольших точечных площадках в районе

левобережной части г. Новосибирска под влиянием техногенных факторов (например, водозаборы ООО «Терминал Сибирь», ЗАО «Капитан»).

Химический состав подземных вод подчиняется ландшафтно-климатической зональности (рис. 30), в соответствии с которой происходит его изменение от ультрапресных гидрокарбонатных кальциевых вод в северных районах средней тайги гумидного климата до солоноватых гидрокарбонатных или хлоридных натриевых вод степей аридного климата.

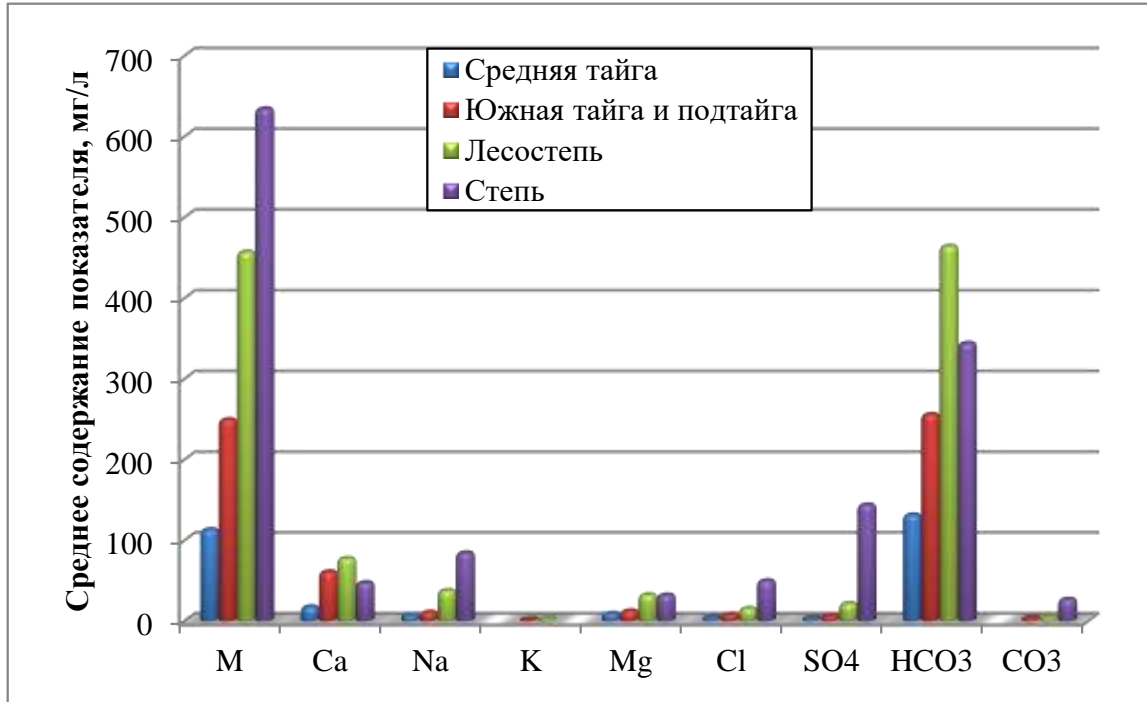


Рис. 30 Средние содержания показателей макрокомпонентного состава подземных вод различных ландшафтных зон поймы р. Оби

Формулы среднего солевого состава подземных вод:

В целом:

$$M \ 0,37 \frac{HCO_3 \ 90,1; Cl \ 5,1; SO_4 \ 4,8}{Ca \ 54,1; Mg \ 29,0; Na \ 16,2; K \ 0,7} \text{ pH } 7,4; \text{ Ж } 5,9; \text{ Fe } 3,2; \text{ Mn } 0,1, \text{ Si } 5,9.$$

Средняя тайга:

$$M \ 0,11 \frac{HCO_3 \ 91,9; Cl \ 5,0; SO_4 \ 3,1}{Ca \ 45,2; Mg \ 38,9; Na \ 15,9} \text{ pH } 6,9; \text{ Ж } 1,7, \text{ Si } 5,4.$$

Южная тайга:

$$M \ 0,25 \frac{HCO_3 \ 92,4; Cl \ 4,9; SO_4 \ 2,7}{Ca \ 67,3; Mg \ 21,9; Na \ 10,0; K \ 0,8} \text{ pH } 7,4; \text{ Ж } 4,2; \text{ Fe } 6,33; \text{ Mn } 0,2, \text{ Si } 6,5.$$

Лесостепь:

$$M \ 0,46 \frac{HCO_3 \ 89,8; SO_4 \ 5,2; Cl \ 5,0}{Ca \ 47,2; Mg \ 32,3; Na \ 19,8; K \ 0,7} \text{ pH } 7,4; \text{ Ж } 7,4; \text{ Fe } 0,54; \text{ Mn } 0,1, \text{ Si } 6,0.$$

Степь:

$M 0,63 \frac{HCO_3 56,2; Cl 13,9; SO_4 29,9}{Na 42,4; Mg 30,3; Ca 27,3}$ рН 8,0; Ж 6,3; Fe 0,87; Si 1,6.

На сравнительно небольшом участке в левобережье долины возле г. Камня-на-Оби имеют распространение смешанные (HCO_3 , SO_4 , Cl) кальциевые воды с минерализацией 1-2,2 г/л. Такой химический состав сформировался, по-видимому, на участках периодически промывного и непромывного водного режима, под влиянием техногенных факторов г. Камня-на-Оби.

Жесткость подземных вод достигает в 34,3 мг-экв/л (с. Марусино Новосибирской области), в среднем 5,92 мг-экв/л, достигая максимальных значений в единичных скважинах в зоне лесостепей с минерализацией более 1-3 г/л. Кислотно-щелочные условия вод изменяются в интервале 6,2-9,2, среднее 7,41.

Содержание хлоридов колеблется от 0,18 до 768 мг/л, в среднем 12,13. В северной части территории содержание хлоридов в целом не превышает 55,3-66,5 мг/л, достигая в единичных пунктах 268 мг/л (Каргасокский район Томской области). В единичных пунктах в центральной части территории концентрация хлоридов достигает максимальных величин – с. Марусино – 768 мг/л, с. Криводановка – 334 мг/л, Новосибирская область.

Сульфаты в подземных водах содержатся в концентрациях от 0,01 до 1 085 мг/л при средних значениях 15,51 мг/л, причем северные территории характеризуются низкими содержаниями сульфатов 0,01-34,5 мг/л, по единичным пунктам 156,37 мг/л (Каргасокский район, Томской области), а в лесостепной и степной зонах и особенно на территории Приобского плато содержания сульфатов составляют 0,01-1 085 мг/л (с. Марусино, Новосибирская область), среднее 55,74 мг/л. В южной части на территории Алтайского края содержание сульфатов достигает 943,66 мг/л – ст. Мамонтово Рубцовский район.

На большей части территории воды имеют кальциевый и магниевый-кальциевый катионный состав. Концентрации кальция составляют от 2 до 284 мг/л, в среднем 68,85 мг/л. В северной части содержания кальция не превышают 228,46 мг/л (г. Северск, Томская область), а к югу немного возрастают, что, вероятно, связано с увеличением общей солености подземных вод – 284 мг/л, с. Марусино, Новосибирская область. В самой южной части, на территории Алтайского края, концентрации кальция достигают 144,29 мг/л (с. Баюновские ключи), 134,27 (с. Ельцовка).

Содержания магния в целом изменяются от 1 до 220 мг/л, в среднем 22,35 мг/л, и его территориальное распространение в целом согласуется с распространением кальция, т.е. в северной части наблюдаются содержания магния до 63,8 мг/л (г. Томск), а южнее с повышением минерализации содержание магния увеличивается более резко, чем кальция и в

единичных случаях достигает 220 мг/л (с. Марусино, Новосибирская область), в южной части на территории Алтайского края содержания магния достигают 132,44 мг/л – ст. Мамонтово.

Содержание натрия изменяется в более широких пределах от 0,46 до 433,82 мг/л, в среднем 23,67 мг/л, в северной части территории до 142,77 мг/л на территории Обь-Томского междуречья, в 60 м. от скважины 19э Томского водозабора, в южной части на территории Приобского плато в единичных скважинах оно достигает максимальных значений – 433,82, ст. Мамонтово.

Органолептические свойства воды обычно не превышают допустимых норм. В некоторых пробах воды отмечаются повышенная цветность и мутность, что может быть связано с повышенным содержанием железа и марганца.

Окисляемость вод изменяется от 0,6 до 16 мгО₂/л. Наиболее высокие значения отмечаются в пределах территорий с. Криводановка, Новосибирская область (16 мгО₂/л), Обь-Томской междуречье (9 мгО₂/л), Каргасокский район, Томской области (4,2-4,9 мгО₂/л).

Азотистые соединения в подземных водах, как правило, отсутствуют, за исключением зон распространения заболоченных территорий, а также нефтегазоносных районов северной части, где наблюдаются повышенные содержания аммония, связанные с природными условиями территории. В водах повсеместно распространены ионы аммония от 0,01 до 0,98 мг/л, в среднем 0,41 мг/л. Повышенные содержания аммония природного происхождения достигают 1,5 мг/л (Каргасокский район), однако на локальных техногенно-нарушенных участках содержание аммония достигает 36 мг/л (с. Криводановка, Новосибирской области). Нитриты и нитраты присутствуют в водах в очень незначительных количествах или не обнаруживаются. Содержания нитратов в целом изменяются от 0,01 до 5-6 мг/л, в среднем 0,97 мг/л, однако в условиях антропогенной нагрузки в пределах территорий населенных пунктов, особенно в районах интенсивного развития сельского хозяйства содержания нитратов могут достигать 68 мг/л (г. Томск) [21] и 84,4 мг/л (с. Первомайское, Томская область). Содержание нитритов изменяется от 0,002 до 6,8 мг/л, в среднем 0,05 мг/л.

В подземных водах долины р. Оби интенсивно мигрирует железо, содержание которого обычно превышает нормативное (0,3 мг/л). Содержание железа (общего) в подземных водах составляет 0,001-47,39 мг/л, среднее 3,2 мг/л (рис. 31). В целом содержание железа в подземных водах территории увеличивается с юга на север от 0,001-24 мг/л в южной части и до 47,39 мг/л – в северной. Характерно почти повсеместное повышенное содержание марганца, геохимического спутника железа, в целом аналогичное от 0,001 до 2,52 мг/л, среднее 0,12. В южных районах 0,001-2,26 мг/л, в северных – 0,02-2,52 мг/л.

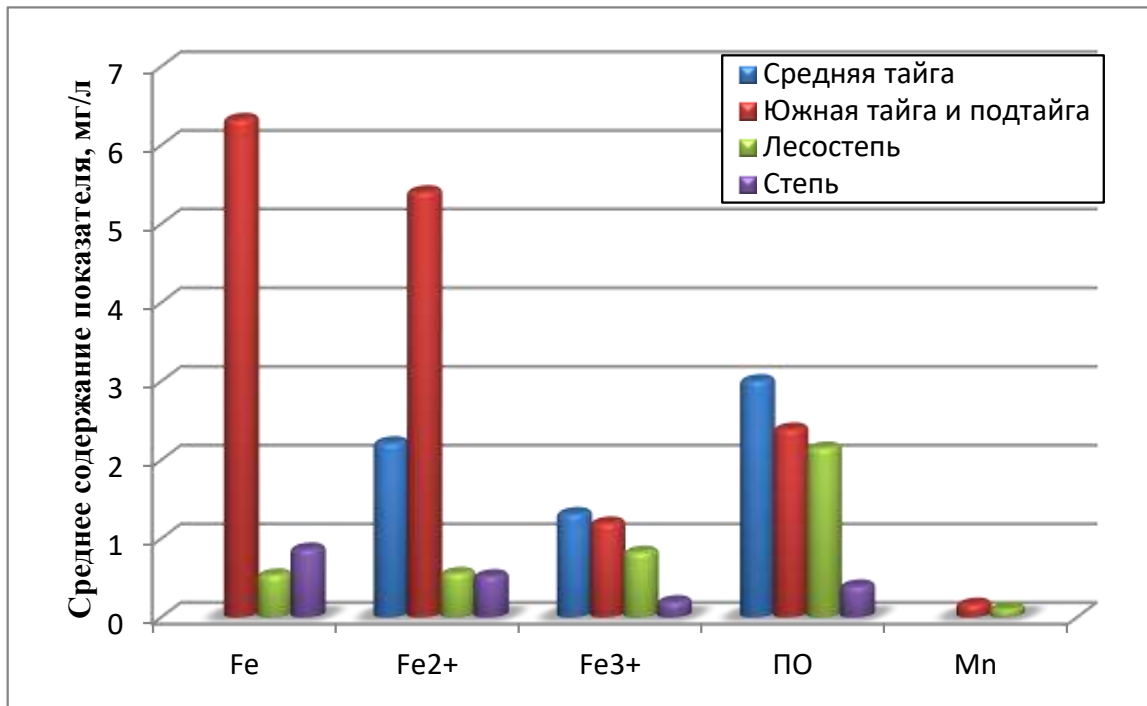


Рис. 31 Средние содержания показателей подземных вод различных ландшафтных зон поймы р. Оби

Кремний является одним из основных породообразующих минералов и поэтому в подземных водах распространен практически повсеместно в концентрациях от 1,03 до 12,86 мг/л, среднее 5,94 мг/л. Полифосфаты в подземных водах распространены редко, обычно их содержания составляют 0,01-1,45 мг/л, среднее 0,022 мг/л. Стронций в подземных водах также практически не встречается (0,06-0,86 мг/л), реже до 1,34 мг/л, среднее 0,47 мг/л.

Характерным для вод аллювиальных отложений долины р. Оби является пониженное содержание фтора относительно оптимального (1 мг/л). В водах в единичных случаях отмечаются повышенные содержания фтора до 1,29 мг/л, в среднем 0,22 мг/л. С ростом минерализации содержание фтора не возрастает.

Содержание тяжелых металлов (медь, свинец, цинк) в подземных водах низкое, зачастую на порядок ниже нормативов. Содержание меди обычно составляет 0,0006-0,38 мг/л, среднее 0,011, свинца – 0,00015-0,025 мг/л, среднее 0,0034 мг/л, а цинка – 0,0005-0,927 мг/л, среднее 0,025 мг/л. В пределах населенных пунктов и промышленных зон содержания этих элементов в единичных точках достигают по цинку 4,8 мг/л (с. Криводановка, Новосибирская область).

Бериллий и ртуть в подземных водах фиксируются в единичных скважинах. Содержание бериллия составляет 0,00008-0,00016 мг/л, среднее 0,0001 мг/л, ртути – 0,000005-0,0003 мг/л, среднее 0,00007.

Низкие содержания также характерны и для молибдена до 0,03 мг/л (среднее 0,0032 мг/л), кадмия до 0,0008 мг/л (среднее 0,00029 мг/л), лития до 0,023 мг/л (среднее

0,01 мг/л), мышьяка до 0,01 мг/л (среднее 0,0031 мг/л), в единичных случаях до 0,048 мг/л (г. Обь, Новосибирская область), никеля до 0,03 мг/л (среднее 0,009 мг/л), редко до 0,087 мг/л (с. Криводановка, Новосибирская область), селена до 0,006 мг/л (среднее 0,0005 мг/л), алюминия до 0,09 мг/л, реже до 0,2 мг/л – с. Красногломское, п. Павино, Новосибирская область (среднее 0,059 мг/л) и хрома до 0,047 мг/л (среднее 0,0074 мг/л). Содержания бария варьируют от 0,0011 до 0,67 мг/л, среднее 0,07 мг/л. Содержание бора в подземных водах до 0,48 мг/л, в среднем 0,15 мг/л. Содержания брома в целом невысокие до 0,11 мг/л, реже 1,28 мг/л (Обь-Томское междуречье), в среднем 0,011 мг/л. Содержание йода в пресных водах изменяется до 0,05 мг/л, в среднем 0,22 мг/л.

Содержания фенолов в подземных водах практически не фиксируются, однако в отдельных случаях они отмечаются выше нормы для вод, подлежащих хлорированию (0,001 мг/л). Концентрации нефтепродуктов, в основном, не высоки и составляют 0,002-0,06 мг/л, в пределах территорий населенных пунктов и промышленных зон достигают 1,41 мг/л (с. Зырянское, Томская область), в среднем 0,027 мг/л.

В связи со слабой природной защищённостью, в результате интенсивного техногенного воздействия подземные воды верхней слабообводнённой части аллювиальных отложений долины р. Оби подвергаются загрязнению в районах населенных пунктов и промышленных зон.

Воды пойменных отложений р. Томи в г. Томске, в районе Московского тракта, на протяжении многих лет несут следы загрязнения, выразившегося в повышенных концентрациях хлоридов (до 530 мг/л), натрия (до 252 мг/л), сульфатов (до 120 мг/л), аммония (до 60 мг/л), что, в свою очередь, повлияло на увеличение минерализации до 2 г/л, а в районе бывшего склада ядохимикатов и минеральных удобрений в д. Коларово в водах пойменных отложений минерализация может достигать в отдельные периоды 2 и более г/л, концентрации макрокомпонентов изменяются: хлориды – 0-1350 мг/л, сульфаты – до 300 мг/л, нитраты – до 480 мг/л, аммоний – 10-47 мг/л.

В период 1991-1993 гг. в левобережной части г. Новосибирска и на прилегающих территориях был организован опытно-производственный геоэкологический полигон [72]. Результаты наблюдений показали, что на обширной территории левобережья, прилегающей к г. Новосибирску, подземные воды характеризуются повышенным содержанием хлоридов до 54 мг/л, сульфатов – до 55 мг/л, алюминия – до 0,29 мг/л, величины перманганатной окисляемости – до 3,2 мгО₂/л, общей жёсткости – до 7,8 мг-экв/л, на отдельных участках – сезонным превышением ПДК аммония до 1,75 мг/л, нефтепродуктов.

Среди территорий распространения этих вод выделяются участки с более интенсивным загрязнением, приуроченные к крупным объектам-загрязнителям: Кудряшовский и Левобережный свинокомплексы, г. Обь и приёмник его сточных вод - Толмачёвская согра,

Марусинская горсвалка ТБО и строящаяся ТЭЦ-6. В течение 10 лет (1993-2004 гг.) по 28 наблюдательным скважинам, расположенным на участках, приуроченных к вышеперечисленным крупным техногенным объектам-загрязнителям, ежегодно наблюдался повышенный уровень загрязнения грунтовых вод аллювиальных отложений долины р. Оби [7]. Из-за малых площадей распространения эти участки практически не картируются.

Групповые водозаборы, эксплуатирующие нижнюю более обводнённую часть аллювиального комплекса, подвержены загрязнению в меньшей степени. Этому способствуют довольно высокие фильтрационные свойства водоносного комплекса, обеспечивающие быстрое возобновление естественных ресурсов и, соответственно, обуславливающие за счёт эффекта разбавления в целом стабильность существующей гидрогеохимической обстановки.

Подземные воды водоносных горизонтов междуречных пространств на севере территории в гумидной зоне пресные с минерализацией от 0,1 до 0,5 г/л гидрокарбонатного кальциевого, реже магниевого и натриевого состава.

В таежной зоне основными чертами фонового состава грунтовых вод являются их гидрокарбонатный кальциевый состав, повышенные содержания железа общего, органических веществ и марганца, а также аммония, особенно в северных районах.

На территории Томской области результаты предыдущих [33, 55, 74, 110] гидрогеохимических исследований и современных работ по опробованию в 2015 г. показали различие в составе грунтовых вод лево- и правобережья р. Оби, которое проявляется в разной степени их минерализации и ее составляющих компонентов.

На правобережье распространены весьма пресные воды с минерализацией до 0,1-0,2 г/л, в среднем 0,085 г/л. Лишь в южной части правобережья, а также на площади Обь-Томского междуречья, минерализация увеличивается до 0,5 г/л. Такая же насыщенность солями характерна для левобережья р. Оби. Граница зон с различной минерализацией грунтовых вод совпадает с границей развития песчаных осадков в кровле горизонта (зона аэрации). Песчаная зона аэрации обеспечивает свободную инфильтрацию атмосферных осадков и способствует формированию вод с минерализацией 0,045-0,1 г/л, распространенных на правобережье (особенно в центральной и северной частях) и имеющих сходство с составом метеорных вод. *На левобережье р. Оби*, за счет суглинистой зоны аэрации, минерализация грунтовых вод выше (до 0,3-0,5 г/л) и, соответственно, концентрации и распределение макрокомпонентов несколько отличаются.

Формулы среднего солевого состава подземных вод:

Правобережье (центр и север):

М 0,07 $\frac{HCO_3 \ 82,2; \ Cl \ 11,1; \ SO_4 \ 6,7}{Ca \ 55,3; \ Na \ 30,2; \ Mg \ 14,5}$ рН 7,0; Ж 0,8; Si 3,4.

Правобережье (юг):

$$M 0,28 \frac{HCO_3 97,0; Cl 1,6; SO_4 1,4}{Ca 70,4; Mg 21,4; Na 7,8} \text{ рН } 7,6; \text{ Ж } 5,0; \text{ Fe } 4,1; \text{ Mn } 0,1; \text{ Si } 6,3.$$

Левобережье (южная тайга):

$$M 0,44 \frac{HCO_3 92,9; SO_4 3,8; Cl 3,3}{Ca 53,5; Mg 28,8; Na 17,1; K 0,6} \text{ рН } 7,4; \text{ Ж } 6,6; \text{ Fe } 0,8; \text{ Mn } 0,03; \text{ Si } 6,1.$$

В южно-таёжной зоне Омской области, в северной части Восточно-Барабинской равнины Новосибирской области и на Приобском плато под влиянием избыточного увлажнения идёт интенсивное разложение растительных остатков и образование органических веществ кислотного характера. Нисходящие потоки воды выщелачивают легкорастворимые соли, а также и труднорастворимые карбонаты кальция, окислы железа и алюминия. Всё это приводит к формированию пресных, преимущественно, гидрокарбонатных магниево-кальциевых вод с минерализацией от 0,2 до 0,5 г/л, в среднем 0,36 г/л, значительно обогащённых гумусом и закисным железом (Fe^{2+} - 1,85 мг/л).

В целом, в южно-таежной зоне солёность вод увеличивается с севера на юг, при этом состав вод остается гидрокарбонатным магниево-кальциевым, но в пределах Восточно-Барабинской наклонной равнины и северной части Приобского плато в составе вод начинает значимую роль играть натрий (до 29,4%-экв) и воды приобретают смешанный по катионам состав.

Формулы среднего солевого состава подземных вод:

Южная тайга Омской области:

$$M 0,25 \frac{HCO_3 88,7; Cl 6,5; SO_4 4,8}{Ca 52,8; Mg 30,3; Na 16,9} \text{ рН } 7,4; \text{ Ж } 4,0; \text{ Mn } 0,03; \text{ ПО } 2,1.$$

Северная часть Восточно-Барабинской низменности:

$$M 0,48 \frac{HCO_3 94,0; SO_4 3,1; Cl 2,9}{Ca 41,8; Mg 32,8; Na 25,1; K 0,4} \text{ рН } 7,6; \text{ Ж } 6,6; \text{ Fe}^{2+} 1,5; \text{ Mn } 0,04; \text{ Si } 6,6; \text{ ПО } 2,2.$$

Северная часть Приобского плато:

$$M 0,56 \frac{HCO_3 87,4; SO_4 8,3; Cl 4,3}{Ca 33,2; Mg 38,1; Na 28,4; K 0,3} \text{ рН } 7,4; \text{ Ж } 7,4; \text{ Fe}^{2+} 1,1; \text{ Mn } 0,03; \text{ Si } 2,9; \text{ ПО } 2,2.$$

Отсутствие сетей централизованной канализации на территориях населенных пунктов, когда сброс бытовых и промышленных отходов происходит непосредственно на рельеф, приводит к повышению минерализации грунтовых вод (до 500-700 мг/л, иногда и более 1000 мг/л) и появлению характерных загрязнителей – хлоридов (30-709 мг/л), нитратов (15-153 мг/л), иногда нефтепродуктов, а также сульфатов (18-154 мг/л). Повышенные содержания сульфатов являются следствием загрязнения, связанного с дымовыми выбросами котельных. Не исключается и бактериологическое загрязнение подземных вод, вероятность которого высока.

Причем концентрации этих компонентов могут превышать не только природный фон, но и ПДК для ХПВ.

Загрязнение грунтовых вод в большей степени происходит через каптажные сооружения типа колодцев (Табл. 23), что подтверждает пестрота состава вод в пределах одного и того же населенного пункта, например, в г. Асино, пп. Новый Васюган, Парабель, Каргасок и др. и носит локальный характер, а в густо населенных районах может носить и площадной характер (долины средних течений рр. Чулыма и Васюгана). Данное загрязнение характерно в разной степени для всех мелких населенных пунктов, в которых нет систем централизованного водоснабжения.

Таблица 23

Сравнительный состав грунтовых вод, мг/л

Показатели	По работам за 1964 – 1985 гг.				ГЭИК, 1993-95 гг.	
	Левобережье	Долины рр. Обь, Томь, Чулым		Правобережье	аномальные значения	
		колодцы	скважины		без выброса	с выбросом
	<u>min-max</u> среднее	<u>min-max</u> среднее	<u>min-max</u> среднее	<u>min-max</u> мода	<u>min-max</u> среднее	<u>min-max</u> среднее
Минерализация	<u>118-1677</u> 506	<u>64-1383</u> 540	<u>98-651</u> 298	<u>20-1000</u> 50-200	<u>74-1600</u> 365	<u>74-605</u> 304
Сульфаты SO ₄ ⁻	<u>0-683</u> 31	<u>0-204</u> 30	<u>0-42</u> 2,8	<u>0-260</u> 3-6	<u>0-154</u> 20,7	<u>0-29</u> 7
Хлориды Cl ⁻	<u>4,2-283</u> 50	<u>0,8-301</u> 84	<u>0,3-201</u> 15,4	<u>1-237</u> 1-10	<u>1,7-709</u> 58,9	<u>1,7-72</u> 17
Нитраты NO ₃ ⁻	<u>0-46</u> 9	<u>0-58</u> 11	<u>0-9,1</u> 0,2	<u>0-220</u> 0-4	<u>0-153</u> 9,7	<u>0-31</u> 3,48
Аммоний NH ₄ ⁺	<u>0-5,0</u> 2,0	<u>0-120</u> 3,2	<u>0,1-13,2</u> 0,8	<u>0-30</u> 0,5-2,5	<u>0-3,14</u> 0,75	<u>0-3,1</u> 0,74
Железо общее	<u>0-10</u> 1,75	<u>0-12</u> 1,07	<u>0,05-50</u> 6,34	<u>0,3-20</u> 0,3-4,5	<u>0-60</u> 3,09	<u>0-60</u> 2,7
Жесткость общая	<u>3,9-26,6</u> 9,1	<u>0,7-23,7</u> 8,9	<u>0,7-10</u> 5,1	<u>0,3-22</u> 0,3-4,5	<u>1-28</u> 5,7	<u>1,0-9,88</u> 4,8
Перманганатная окисляемость	<u>1,36-11,2</u> 3,26	<u>1,3-52</u> 6,0	<u>0,8-28,8</u> 3,76	<u>1,5-45</u> 1,5-7,2	<u>0,7-8,7</u> 4,2	<u>0,7-8,7</u> 4,2
pH	<u>6,5-8,25</u> 7,2	<u>5,7-8,3</u> 7,1	<u>5,6-8,5</u> 6,8	<u>2,4-8,5</u> 6-7,8	<u>6,3-8,6</u> 7,6	<u>6,3-8,6</u> 7,6
Цинк	<u>0-0,6</u> 0,23	<u>0,14-0,2</u> 0,17	<u>0,01-0,39</u> 0,09	<u>0-0,28</u> 0 (0,04)	<u>0,005-4,6</u> 0,27	<u>0,005-1,34</u> 0,15
Медь	<u>0-0,08</u> 0,04	<u>0,001-0,02</u> 0,008	<u>0,01-0,4</u> 0,05	<u>0-0,16</u> 0-0,06	<u>0-0,18</u> 0,034	<u>0-0,12</u> 0,03
Марганец	<u>0,1-1,25</u> 0,44	<u>0,02-0,2</u> 0,04	<u>0,05-0,65</u> 0,39	<u>0,03-1,65</u> 0,1-0,35	<u>0-2,1</u> 0,34	<u>0-1,0</u> 0,27
Свинец	<u>0-0,006</u> 0,003	-	<u>0-0,04</u> 0,01	<u>0-0,04</u> 0-0,01	<u>0-0,2</u> 0,0086	<u>0-0,03</u> 0,0039
Фтор	<u>0-0,35</u> 0,15	<u>0,4-0,6</u> 0,5	<u>0,02-0,8</u> 0,32	<u>0-0,8</u> 0,15-0,3	<u>0-0,7</u> 0,19	<u>0-0,7</u> 0,19
Бериллий	-	-	-	<u>0-след</u> 0	<u>0-0,00018</u> 0,00001	<u>0-0,00018</u> 0,00001
Ртуть	-	-	-	<u>0-0,0025</u> 0	<u>0-0,0004</u> 0,000013	<u>0-0,0004</u> 0,000013
Фенолы	-	-	-	<u>0-0,016</u> 0-0,003	<u>0-0,04</u> 0,0068	<u>0-0,02</u> 0,0056

В лесостепной зоне, при переходе в условиях гидротермического баланса территории от гумидного пояса к аридному, пресные воды сменяются на слабосоленоватые с величиной сухого остатка до 3 г/л, в среднем 0,7 г/л.

На территории водораздельных равнин Омской области по степени водообильности четвертичные комплексы являются относительно водоносными горизонтами. Входящие в состав комплекса водоносные горизонты, как правило, имеют локальное распространение в пределах вмещающих их стратиграфических подразделений. В центральных и южных районах распространены пресные, солоноватые и умеренносоленоватые воды сульфатного и хлоридного состава с минерализацией 2,3-3,2 г/л. Наиболее высокая минерализация подземных вод – до 15,5 г/л отмечается в юго-западных районах области. Она обусловлена крайне затруднённым водообменом с нижележащими водоносными горизонтами из-за повсеместного присутствия толщи слабопроницаемых неогеновых глин павлодарской (N_{1pv}) и таволжанской (N_{1tv}) свит. В центральной и южной части Омской области минерализация грунтовых вод достигает значений 34,5-98,9 г/л (Оконешниковский и Черлакский районы), что приводит к засолению территории и образованию соленых озер. Для водоснабжения эти горизонты не используются, поэтому не являются объектом работ и их характеристика не приводится.

Водоносный горизонт нижнеэоплейстоценовых отложений каргатской свиты (нижнекочковской подсвиты кочковской свиты) на преобладающей территории Восточно-Барабинской равнины Новосибирской области, в пределах северной лесостепи, имеет минерализацию 0,5-1 г/л, увеличивающуюся до 3 г/л в южной части в долинах рек Каргат, Чулым, Баган, Карасук, а также в озёрных займищах Суминское, Каргатское, Кайлинское.

По анионному составу в северной части воды, преимущественно, гидрокарбонатные магниево-натриевые, натриевые [57].

Формула среднего солевого состава подземных вод:

$$M 0,9 \frac{HCO_3 74; Cl 16; SO_4 10}{Na 55; Mg 26; Ca 19} .$$

В крайней южной части территории Восточно-Барабинской и крайней восточной части Западно-Барабинской равнин, а также на площади Приобского плато (зона южной лесостепи) в условиях аридного климата формируются воды от пресных до слабосоленоватых (до 3 и более г/л) пестрого химического состава. Воды гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-хлоридные, смешанные трехкомпонентные. Катионный состав обычно смешанный трехкомпонентный при доминировании натрия либо магния, встречаются натриевые, магниево-натриевые и натриево-магниевые воды.

Формирование химического состава в этой части территории происходит в условиях широкого развития процессов континентального засоления. Распределение пресных и

слабосолоноватых вод подчиняется определённым закономерностям. В результате формирования более минерализованных вод в ложбинах стока, котловинах озёр, в межгрядных и других понижениях, характеризующихся застойностью, происходит аккумуляция солей, приводящая к засолению почв и образованию поверхностных солёных водоёмов.

На этой территории минерализация подземных вод изменяется от 0,3 до 3,3 г/л при средней 1,2 г/л. Содержания анионов и катионов варьируют в широких пределах. Гидрокарбонат-ион – от 183 до 1232 мг/л при среднем значении 583 мг/л, сульфат-ион – от 2 до 684 мг/л при среднем 151 мг/л, хлор-ион – от 8 до 1344 мг/л при среднем 338 мг/л, кальций от 9 до 360 мг/л при среднем 117 мг/л, магний – от 17 до 298 мг/л при среднем 111 мг/л и натрий – от 2 до 982 мг/л при среднем 165 мг/л. На значительных площадях картируется превышение для питьевых вод по магнию, натрию, хлоридам и сульфатам. Общая жёсткость воды определяется в диапазоне 1,8-35 мг-экв/л при среднем 15 мг-экв/л. Величина рН характеризует близкую к нейтральной реакцию среды и в среднем составляет 7,5, изменяясь от 6,5 до 8,6.

Формула среднего солевого состава подземных вод:

$$M \ 1,2 \frac{HCO_3 \ 43; Cl \ 43; SO_4 \ 14}{Mg \ 41; Na \ 33; Ca \ 26} \ Ж \ 15.$$

На территории Кулундинской равнины подземные воды пресные преимущественно гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 0,2-0,5 г/л. На площадях, тяготеющих к солёным озерам, древним долинам, участкам непромывного и деструктивно-выпотного водного режима Кулундинской равнины и Приобского плато, на которых испарение превышает количество выпадающих осадков, состав вод разнообразный с минерализацией 0,5-1 и 1-3 г/л. Подземные воды хлоридно-гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные, преимущественно, смешанного анионного состава, (магниевые-натриевые, кальциевые-натриевые, чаще смешанного катионного состава).

В подземных водах междуречных пространств химический состав изменяется в зависимости от ландшафтно-климатических, гидрогеологических условий и антропогенной деятельности человека (рис. 32).

Общая жёсткость подземных вод изменяется от 0,2 до 41,0 мг-экв/л, среднее 7,2 мг-экв/л, достигая максимальных значений в единичных скважинах южной части территории в зоне лесостепей – п. Октябрьский Алтайский край (40,87 мг-экв/л), г. Барабинск Новосибирской области (40,88 мг-экв/л). Наименьшая жёсткость подземных вод отмечается в северной части территории на правом берегу р. Оби.

Кислотно-щелочные условия вод изменяются в интервале 6,1-9,6, среднее 7,51. Повышенные значения рН (>8) отмечаются, как правило, в содовых водах в зоне лесостепей – Алтайский край ст. Мамонтово, сс. Усть-Чарышская пристань, Валовой Кардон (9,5-9,6).

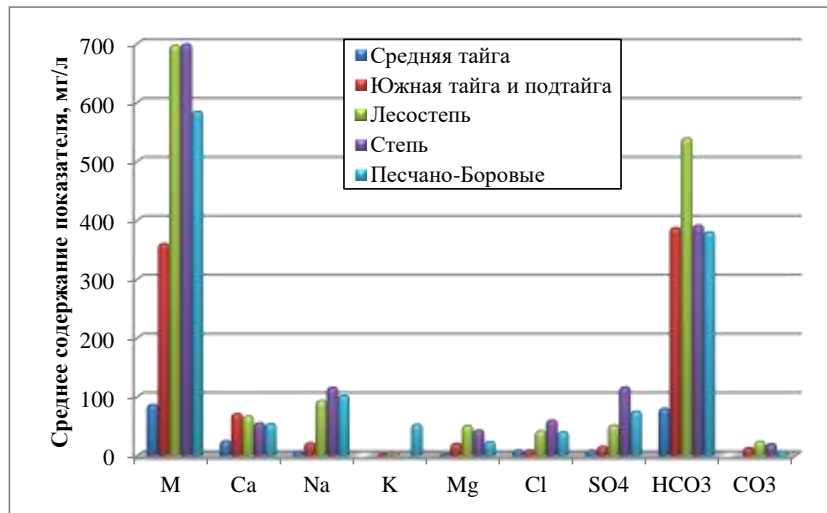


Рис. 32 Средние содержания показателей макрокомпонентного состава подземных вод различных ландшафтных зон междуречных пространств

Содержание хлоридов колеблется от 0,2 до 1 509 мг/л, в среднем 32,23 мг/л. В северной части территории содержание хлоридов в целом не превышает 40-50 мг/л, достигая в единичных пунктах 406 мг/л (с. Бергуль Новосибирской области). В единичных пунктах в южной части на территории Приобского плато в аридных условиях концентрация хлоридов достигает 903,1 мг/л – с. Подойниково Алтайский край, а максимальные величины содержания хлоридов отмечаются в центральной части в пределах лесостепной зоны на территории Восточно-Барабинской наклонной равнины – с. Сумы (1 509 мг/л), д. Старый Карапуз (1 483 мг/л). В зоне распространения песчано-боровых ландшафтов в целом отмечаются содержания хлоридов до 60,6 мг/л, реже до 782,87 мг/л – с. Мельниково Алтайский край.

Содержание сульфатов составляет 0,4-1 606,5 мг/л при средних значениях 48,2 мг/л, причем северные территории характеризуются низкими содержаниями сульфатов до 40-50 мг/л, по единичным пунктам 73,5 мг/л (с. Бакчар Томская область) и 84,8 мг/л (с. Подгорное Томская область), а в южных территориях лесостепной и степной зоны и особенно на территории Приобского плато содержания сульфатов составляют до 1 606,5 мг/л (с. Быково Алтайский край), среднее 135,82 мг/л.

На большей части территории воды имеют кальциевый и магниевый-кальциевый состав. Концентрации кальция составляют от 3 до 377 мг/л, в среднем 65,59 мг/л. В северной части содержания кальция не превышают 190,4 мг/л (г. Томск Томская область), а к югу немного возрастают до 336,7 мг/л (с. Подойниково Алтайский край), что вероятно связано с увеличением общей солёности подземных вод, наибольшие содержания отмечаются в Омском районе Омской области.

Содержания магния составляют 0,1-298 мг/л, в среднем 40,69 мг/л, и его территориальное распространение в целом согласуется с распространением кальция, т.е. в

северной части наблюдаются содержания магния до 51,1 мг/л, а в южной содержание магния увеличивается более резко, чем кальция и в единичных случаях достигает 283,8 мг/л. Наибольшие содержания магния отмечаются в лесостепной зоне Новосибирской области – п. Покровка.

Содержание натрия составляет 0,23-1 010 мг/л, в среднем 72,43 мг/л, в северной части территории до 98,78 мг/л, реже 232,2 мг/л – на территории Обь-Томского междуречья в конце второй очереди Томского водозабора, в пределах Восточно-Барабинской наклонной равнины в единичных скважинах натрий достигает максимальных значений – г. Куйбышев Новосибирская область.

Перманганатная окисляемость вод изменяется от 0,2 до 19,5 мгО₂/л. Более высокие значения окисляемости характерны для вод северных районов и вод, подвергающихся техногенному влиянию.

Азотистые соединения в подземных водах встречаются редко, за исключением зон распространения заболоченных территорий, а также нефтегазоносных районов северной части, где наблюдаются повышенные содержания аммония, вызванные природными условиями территории. В водах повсеместно распространены ионы аммония от 0,2 до 1 мг/л, в среднем 0,28 мг/л. Повышенные содержания аммония природного характера достигают 2,9 мг/л (с. Средний Васюган Томская область), однако в единичных случаях содержания аммония достигают 8,6 мг/л (г. Куйбышев Новосибирская область), что вызвано дополнительным воздействием антропогенной деятельности человека на состояние подземных вод. Нитриты и нитраты присутствуют в водах в очень незначительных количествах или не обнаруживаются. Повышенные содержания нитратов и нитритов являются показателями техногенного загрязнения подземных вод. Содержания нитратов в целом изменяются от 0,01 до 5-9 мг/л, в среднем 1,13 мг/л, но в районах интенсивного развития сельского хозяйства содержания нитратов могут достигать 85,6 мг/л (с. Велоярск Алтайский край). Содержание нитритов изменяется от 0,001 до 2,5 мг/л, в среднем 0,056 мг/л.

Железо, как и органическое вещество, является специфическим компонентом, свойственным всем пресным водам гумидной зоны. Содержание его изменяется в очень широких пределах 0,005-50,6 мг/л, среднее 0,2 мг/л (рис. 33). В целом содержание железа в подземных водах территории увеличивается с юга на север от 0,01-24,9 мг/л в южной части и до 50,6 мг/л в северной. Характерно также повышенное содержание марганца, геохимического спутника железа, в целом аналогичное – от 0,001 до 2,35 мг/л, среднее 0,047. В южных районах – 0,001-1,25 мг/л, в северных – 0,004-2,52 мг/л.

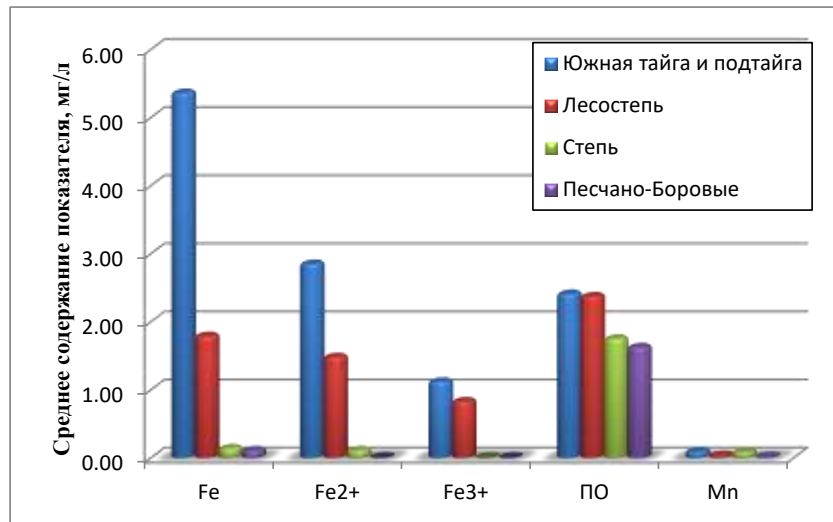


Рис. 33 Средние содержания показателей подземных вод различных ландшафтных зон междуречных пространств

Кремний в подземных водах распространен практически повсеместно в концентрациях от 0,14 до 12,7 мг/л, среднее 4,6 мг/л. Полифосфаты в подземных водах распространены редко, обычно их содержания составляют 0,005-2,5 мг/л, среднее 0,066 мг/л. Стронций в подземных водах также практически не встречается 0,02-0,97, реже до 3,6 мг/л, среднее 0,38 мг/л.

В водах в единичных случаях отмечаются повышенные содержания фтора до 1,16 мг/л, в среднем 0,21 мг/л.

Содержание тяжелых металлов в подземных водах низкое: медь - 0,00015-0,45 мг/л, среднее 0,007, свинца – 0,00002-0,0083 мг/л, среднее 0,0018 мг/л, а цинка – 0,0002-0,5 мг/л, среднее 0,012 мг/л. В пределах населенных пунктов и промышленных зон содержания этих элементов в единичных точках достигают по цинку 0,67 мг/л.

Бериллий и ртуть в подземных водах фиксируются в единичных скважинах. Содержание бериллия составляет 0,00002-0,00019 мг/л, среднее 0,000096 мг/л, ртути – 0,00001-0,00028 мг/л, среднее 0,000067.

Содержания бария варьируют от 0,0001 до 0,67 мг/л, среднее 0,084 мг/л. Содержание бора в подземных водах до 0,56 мг/л, в среднем 0,16 мг/л. Содержания брома в целом невысокие до 0,18 мг/л, в среднем 0,074 мг/л. Содержание йода в пресных водах изменяется до 0,6 мг/л, в среднем 0,11 мг/л.

Содержания фенолов в подземных водах практически не фиксируются, однако в отдельных случаях они отмечаются выше нормы для вод, подлежащих хлорированию (0,001 мг/л). Концентрации нефтепродуктов, в основном, не высоки и составляют 0,0005-0,09 мг/л, в пределах территорий населенных пунктов и промышленных зон достигают 0,54 мг/л, в среднем 0,023 мг/л.

Химический состав подземных вод неогеновых отложений

Водоносный комплекс неогеновых отложений (N) имеет широкое распространение в пределах характеризуемой территории и является вторым от земной поверхности, а на отдельных площадях – первым. В разрезе комплекса выделяются горизонты песков, стратиграфически приуроченных к павлодарской (N_{1pv}), таволжанской (N_{1tv}), бещеульской (N_{1bš}), болотнинской (N_{1bl}) и абросимовской (N_{1ab}) свитам.

Химический состав подземных вод неогеновых отложений на рассматриваемой территории весьма разнообразен, минерализация вод колеблется от 0,07 до 4,95 г/л при среднем значении 0,92 г/л (Табл. 24). Рост минерализации подземных вод происходит в юго-западном направлении в соответствии с изменением ландшафтно-климатических условий, а также по мере удаления от горного обрамления бассейна, т.е., по существу, от основных областей питания к областям разгрузки (рис. 34) [53]. В целом формирование химического состава этих вод обусловлено теми же факторами, что и вышележающего четвертичного комплекса.

Характеристика химического состава подземных вод неогеновых отложений

Показатель, единица измерения		ПДК	Кол-во анализов	Среднее значение	Минимальное	Максимальное	% выше ПДК
Обобщенные показатели	Минерализация, мг/л	1000	1886	916,58	70,44	4949,4	41,6
	pH, ед. pH	6-9	1759	7,58	6,2	10,4	-
	Eh, мВ	-	68	34,18	-193	264	-
	Общая жесткость, мг-экв/л	7	1831	7,79	0,1	64,27	57,8
	Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	5	1544	3,60	0,1	22	35,1
	Нефтепродукты, мг/л	0,1	110	0,02	0,0005	1,39	12,7
	АПАВ, мг/л	0,5	34	0,03	0,025	0,47	-
	СПАВ, мг/л	0,5	4	0,02	0,02	0,039	-
	Фенольный индекс	0,25	83	0,00005	0,00005	0,5	1,2
Фенолы, мг/л	0,001	12	0,0005	0,0005	0,001	25,0	
Макрокомпоненты	Гидрокарбонаты (HCO ₃ ⁻), мг/л	-	1885	484,75	10	1697	-
	Карбонаты (CO ₃ ²⁻), мг/л	-	211	16,08	0,2	456	-
	Хлориды (Cl ⁻), мг/л	350	1878	93,73	0,7	2716	24,4
	Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/л	500	1793	95,12	0,01	2366	10,3
	Кальций (Ca ²⁺), мг/л	-	1885	61,23	1,84	720	-
	Магний (Mg ²⁺), мг/л	50	1870	49,83	0,3	720	48,9
	Натрий (Na ⁺), мг/л	200	1863	160,16	0,23	1624	47,3
	Калий (K ⁺), мг/л	-	43	2,52	0,6	40	-
	Аммоний (NH ₄ ⁺), мг/л	1,5*	1230	0,32	0,01	9,49	16,6
	Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/л	45	645	1,01	0,001	90,5	0,2
	Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/л	3	788	0,03	0,0001	5,91	0,6
Микрокомпоненты	Алюминий (Al), мг/л	0,5	111	0,03	0,0001	0,95	4,5
	Барий (Ba), мг/л	0,7	100	0,09	0,001	0,46	-
	Бериллий (Be), мг/л	0,0002	64	0,00003	0,000005	0,0015	1,6
	Бор (B), мг/л	0,5	114	0,18	0,03	1,22	9,6
	Бромиды (Br ⁻), мг/л	0,2	25	0,58	0,012	7,05	80,0
	Железо общее (Fe), мг/л	0,3	1361	0,35	0,011	31,4	84,6
	Закисная форма железа (Fe ²⁺), мг/л	-	58	0,70	0,018	19,9	65,4
	Окисная форма железа (Fe ³⁺), мг/л	-	52	0,50	0,05	17,1	60,6
	Йод (I), мг/л	-	29	0,05	0,005	0,69	-
	Кадмий (Cd), мг/л	0,001	163	0,00007	0,00002	0,001	3,7
	Кремний (Si), мг/л	10	180	5,90	0,24	19	29,5
	Литий (Li), мг/л	0,03	28	0,01	0,001	13	7,1
	Марганец (Mn), мг/л	0,1	361	0,14	0,001	4,86	62,3
	Медь (Cu), мг/л	1	343	0,008	0,0004	1,8	0,6
	Молибден (Mo), мг/л	0,25	158	0,005	0,0002	0,34	-
	Мышьяк (As), мг/л	0,05	151	0,0009	0,0002	0,056	0,7
	Никель (Ni), мг/л	0,1	152	0,01	0,00039	0,033	-
	Полифосфаты (PO ₄), мг/л	3,5	79	0,06	0,001	3,03	-
	Ртуть (Hg), мг/л	0,0005	68	0,00004	0,000008	0,0003	-
	Свинец (Pb), мг/л	0,03	205	0,009	0,0001	0,02	-
	Селен (Se), мг/л	0,01	47	0,006	0,0001	0,005	-
	Стронций (Sr), мг/л	7	166	0,39	0,00812	5,58	-
	Фториды (F ⁻), мг/л	1,5	229	0,34	0,00048	1,33	-
Хром (Cr), мг/л	0,05	154	0,01	0,001	0,04	-	
Цинк (Zn), мг/л	5	271	0,01	0,0005	2,5	-	
Радиологические показатели	Общая α-радиоактивность, Бк/л	0,2	42	0,03	0,004	0,08	-
	Общая β-радиоактивность, Бк/л	1	44	0,12	0,01	0,8	-

Примечание

* Нормируется по аммиаку (по азоту).

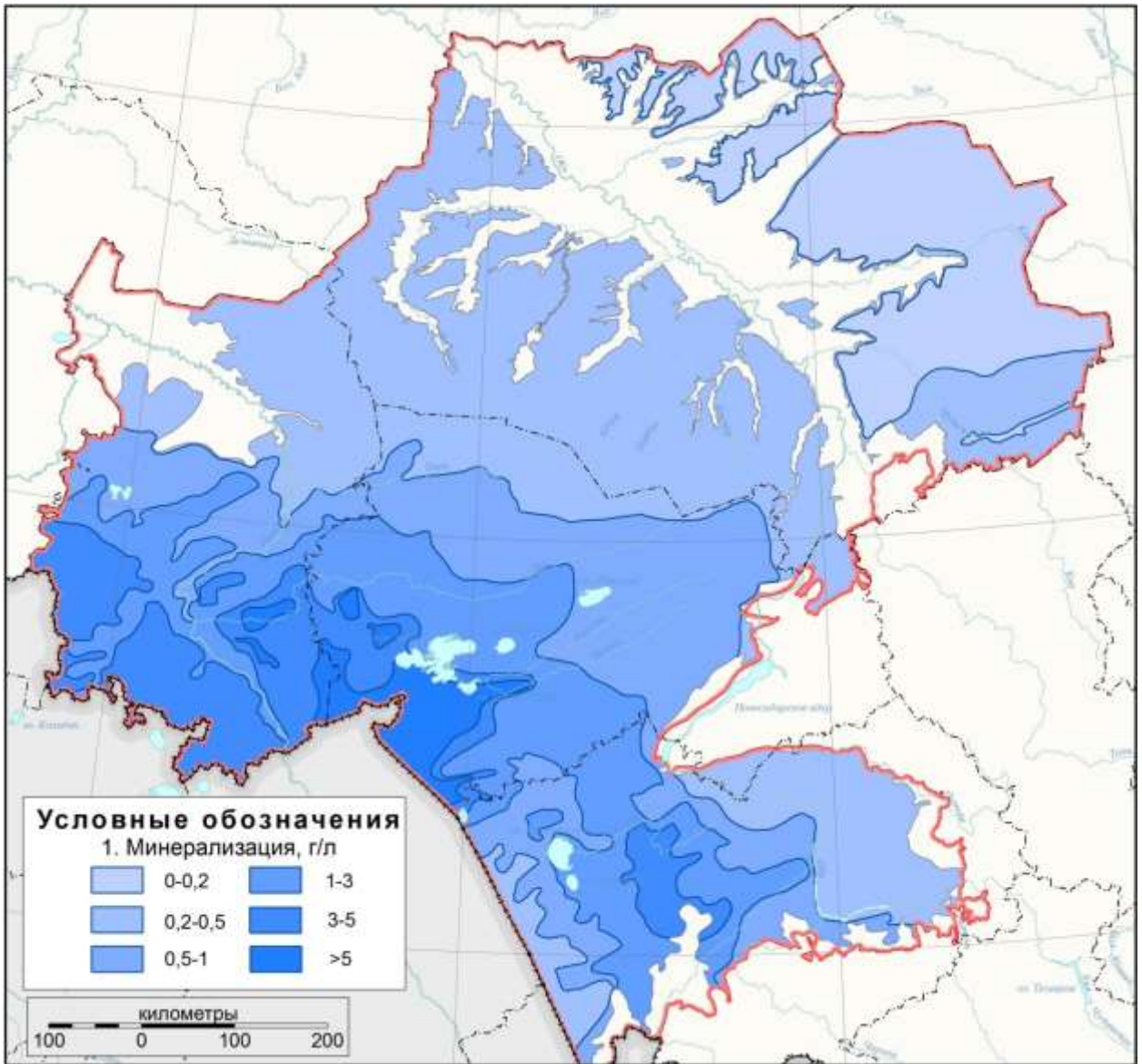


Рис. 34 Пространственное распределение минерализации подземных вод неогеновых отложений

Зона пресных вод с минерализацией до 1 г/л (72 % от всей площади распространения водоносного комплекса) занимает территорию Кеть-Тымской, Чулымской, Васюганской равнин, северной части Ишимской, Западно- и Восточно-Барабинской равнин, а также южной части Кулундинской равнины и восточной части Приобского плато. Пресные воды имеют преимущественно гидрокарбонатный магниево-кальциевый и кальциевый состав, местами сульфатно-гидрокарбонатный (Приобское плато), хлоридно-гидрокарбонатный (локальные участки северо-восточной части Барабинской низменности и южной части Кулундинской равнины) магниево-натриевый (северо-восток Барабинской низменности) (рис. 35-36).

Слабосоленоватые воды с минерализацией 1-3 г/л (16 % площади) распространены южнее зоны пресных вод в центральных частях Ишимской, Западно- и Восточно-Барабинской равнин, центральной части Приобского плато левобережья р. Оби, имеют преимущественно

хлоридно-гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-хлоридный (Барабинская равнина и Приобское плато), сульфатно-хлоридный (Приобское плато) магниевый и натриевый состав.

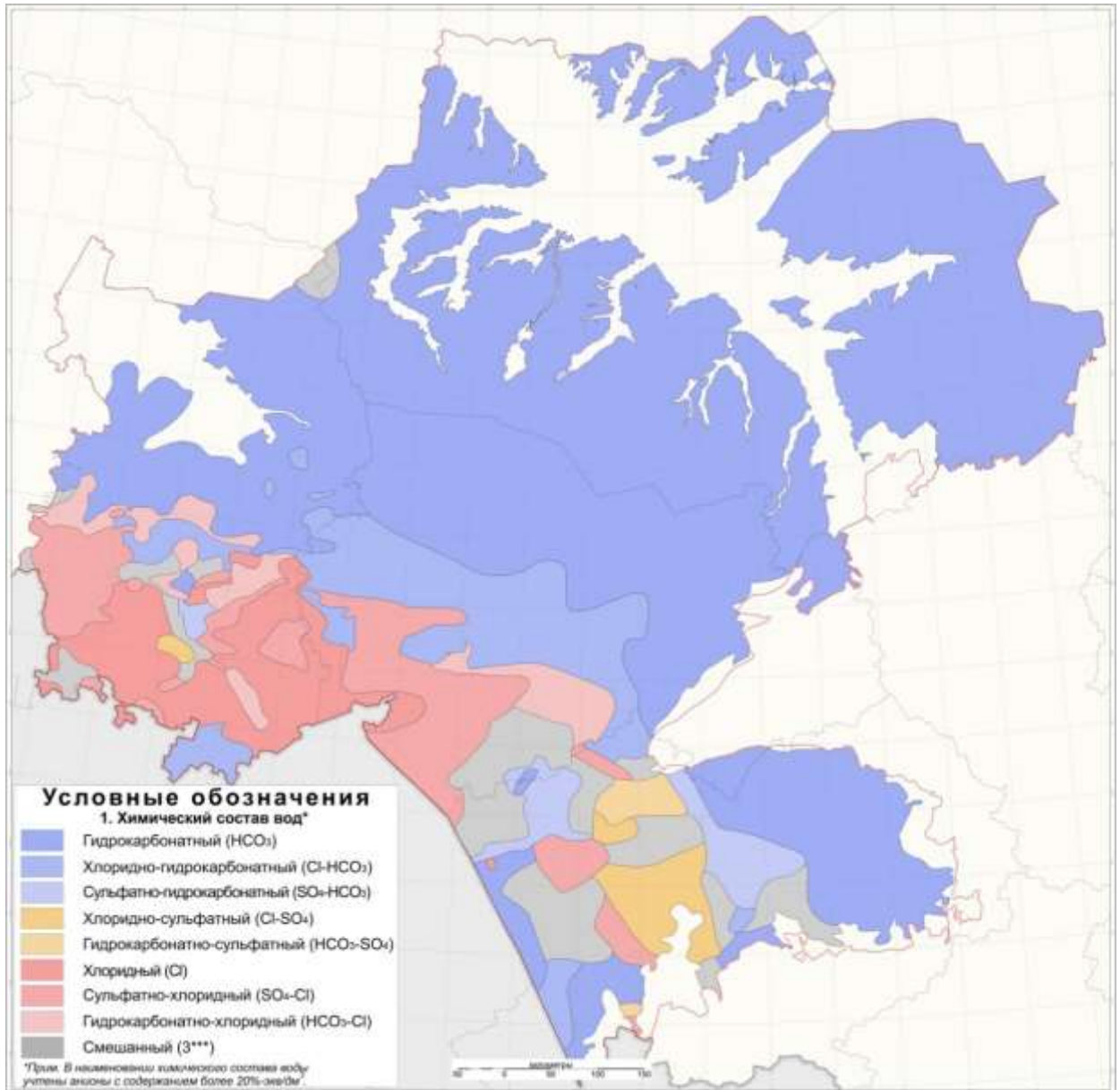


Рис. 35 Пространственное распределение анионного состава подземных вод неогеновых отложений

Умеренносоленоватые подземные воды с минерализацией 3-5 г/л (9% площади) картируются на территории Ишимской равнины, в южных частях Барабинской равнины и в районе соленых озер Горькое и Чернаково на юге Приобского плато и имеют сульфатно-хлоридный, хлоридный магниевый-натриевый, натриевый состав.

Соленоватые воды с минерализацией более 5 г/л (3% площади) распространены на крайнем юге и западе Западно-Барабинской равнины южнее оз. Чаны, имеют сульфатно-хлоридный, хлоридный магниевый-натриевый, натриевый состав.

При смене ландшафтных зон с изменением минерализации подземных вод происходит закономерное изменение показателей общего химического состава и смена типа вод.

В пределах *средней и южной тайги*, где преобладает избыточное увлажнение, недостаточное теплообеспечение и развиты процессы выщелачивания, распространены пресные воды гидрокарбонатного кальциевого и магниево-кальциевого состава с минерализацией от 0,07 до 0,17 г/л (в среднем 0,12 г/л) – в зоне средней тайги и с минерализацией от 0,099 до 1,18 г/л (в среднем 0,5 г/л) – в южно-таежной зоне.

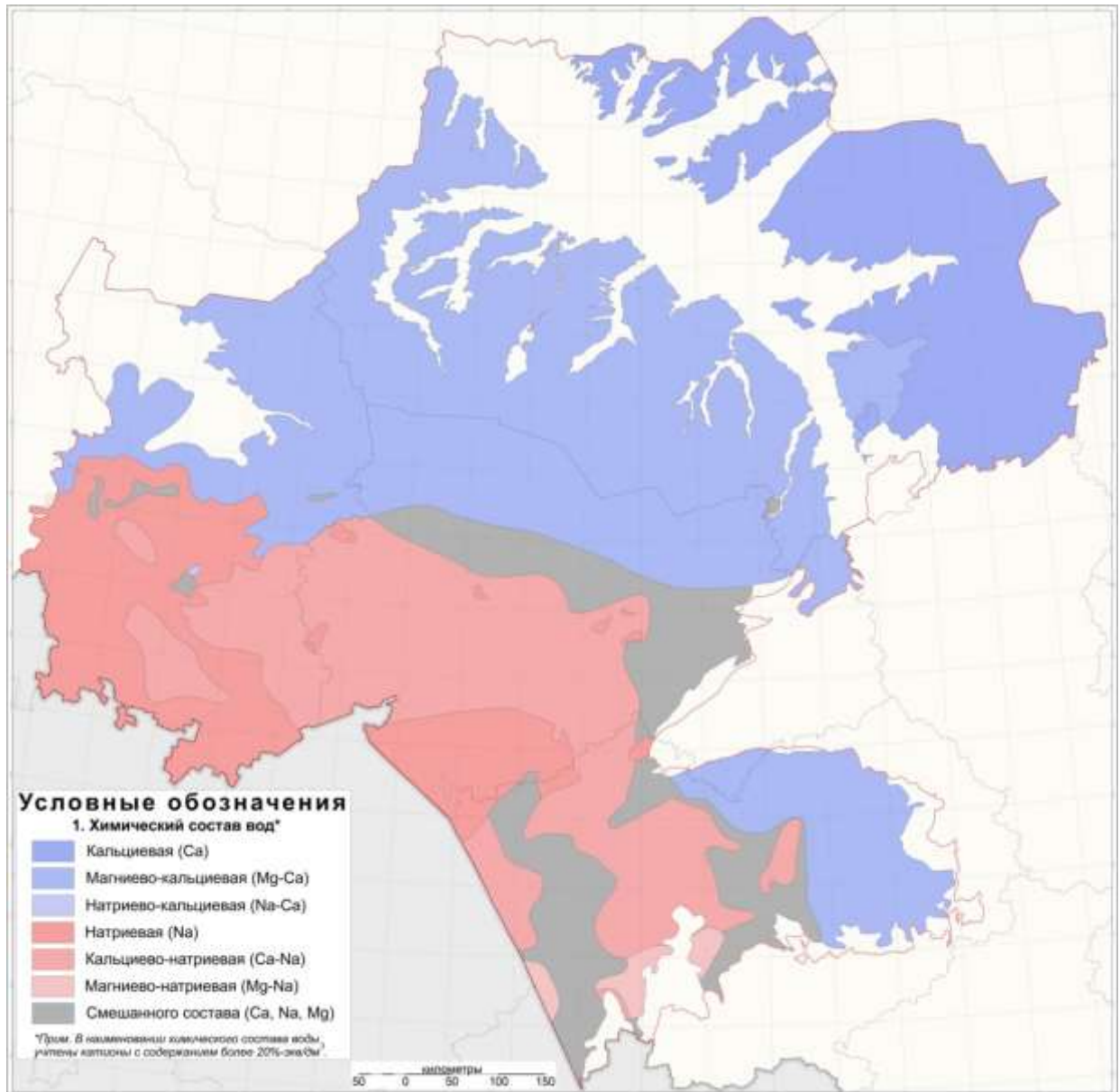


Рис. 36 Пространственное распределение катионного состава подземных вод неогеновых отложений

В переходной зоне северной *лесостепи* состав вод изменяется до гидрокарбонатного смешанного катионного состава с минерализацией 0,5-1 г/л, при среднем значении 0,73 г/л (в центральной и восточной частях Барабы, в северной половине Приобского плато).

В том же направлении происходит и смена катионного состава. В зоне увеличения минерализации до 1 г/л и более в катионном составе появляется натрий, роль которого с

повышением минерализации значительно увеличивается (рис. 37). Здесь доминируют магниевонариевые и натриевые воды.

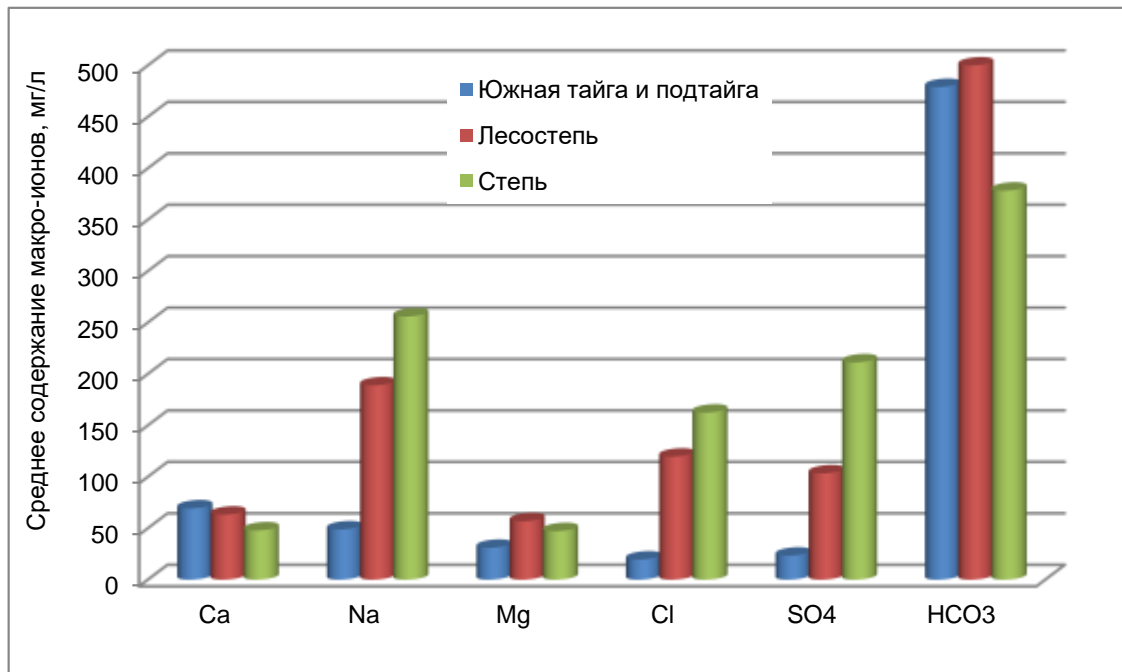


Рис. 37 Средние содержания макро-анионов и катионов в подземных водах неогеновых отложений в ландшафтных зонах

В *лесостепной части* воды неогеновых отложений отличаются пестротой химического состава, что объясняется влиянием процессов континентального засоления различной интенсивности, а также совокупностью ландшафтных и гидрогеологических условий. Минерализация вод в лесостепи изменяется от 0,26 до 4,95 г/л (в среднем 1,02 г/л), состав вод преимущественно хлоридно-гидрокарбонатный, сменяясь к ЮЗ на гидрокарбонатно-хлоридный, сульфатно-хлоридный, хлоридный смешанного катионного состава.

Формулы среднего солевого состава подземных вод в различных ландшафтах:

Зона южной тайги:

$$M\ 0,5 \frac{HCO_3\ 93,7; Cl\ 3,2; SO_4\ 3,1}{Ca\ 52,5; Mg\ 31,3; Na\ 15,3; K\ 0,8} \text{pH } 7,5; \text{ Ж } 5,8; Fe\ 0,6; Mn\ 0,1; Si\ 8,2.$$

Зона лесостепей:

$$M\ 1,02 \frac{HCO_3\ 73,8; Cl\ 14,0; SO_4\ 12,2}{Na\ 48,7; Mg\ 29,8; Ca\ 20,8; K\ 0,5} \text{pH } 7,6; \text{ Ж } 6,6; Fe\ 0,35; Mn\ 0,06; Si\ 5,4.$$

Зона степей:

$$M\ 1,09 \frac{HCO_3\ 44,1; Cl\ 33,6; SO_4\ 22,3}{Na\ 61,9; Mg\ 23,4; Ca\ 13,9; K\ 0,8} \text{pH } 7,6; \text{ Ж } 8,3; Fe\ 0,36; Mn\ 0,06; Si\ 5,8.$$

Пресные воды неогенового комплекса с минерализацией до 1 г/л распространены в восточной части Барабинской равнины и юго-восточной части Приобского плато, хотя анионный состав пресных вод меняется на хлоридно-гидрокарбонатный (локальные участки

Барабинской низменности) и сульфатно-гидрокарбонатный (в местах появления гипсоносных глин Приобского плато). Катионный состав пресных подземных вод лесостепи преимущественно магниево-натриевый.

Наибольшее распространение имеют *слабосоленоватые воды* с минерализацией 1-3 г/л. Они имеют пестрый состав в связи с многообразием интразональных ландшафтов – ландшафтов ложбин стока, озерных котловин различной солености. На территории Ишимской равнины воды сульфатно-хлоридные, хлоридно-сульфатные, хлоридно- и сульфатно-гидрокарбонатные натриевые и магниево-натриевые. На территории Барабинской равнины – хлоридно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-хлоридные, сульфатно-хлоридные, хлоридные магниево-натриевые. На территории Приобского плато состав вод преимущественно сульфатный: сульфатно-хлоридный, хлоридно-сульфатный, сульфатно-гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-сульфатный магниево- и кальциево-натриевый, иногда смешанный по содержанию катионов и анионов.

Умеренносолоноватые воды с минерализацией 3-5 г/л встречаются преимущественно на территории Ишимской (хлоридно-сульфатные, сульфатно-хлоридные, хлоридные натриевые и магниево-натриевые) и западной части Барабинской равнин (сульфатно-хлоридные, хлоридные магниево-натриевые).

Солоноватые воды с минерализацией более 5 г/л локально распространены в западной и юго-западной частях Барабинской равнины, они имеют хлоридный, сульфатно-хлоридный магниево-натриевый и натриевый состав.

В неогеновых осадках в южной засушливой лесостепной части территории широко распространен процесс биохимической десульфатизации в анаэробной (слабоглеевой) среде в присутствии органического вещества и сульфатов натрия. В результате обменных реакций и десульфуризации возникают содовые воды, что приводит к засолению территории и развитию солонцов и солодей. Сформированные здесь содовые (гидрокарбонатные натриевые) воды, при условии смешения с водами, содержащими сульфаты кальция, приобретают сульфатный натриевый состав.

Наименьшие величины минерализации имеют гидрокарбонатные воды, отражающие начальные фазы их метаморфизации, наибольшие – бессодовые хлоридные или хлоридно-сульфатные воды, образующиеся в результате процессов наиболее глубокой метаморфизации [72].

Таблица 25

Средний химический состав различных типов подземных вод Барабинской низменности, мг/л

Возраст водовмещающих отложений	Тип вод	Мин	pH	Жест	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻
Четвертичные отложения	Кол-во набл.	300	293	300	300	298	17	300	299	56	300	286	142	104	72
	Гидрокарбонатные воды	620,5	7,5	6,5	52,8	95,1	2,9	41,0	561,3	34,9	33,5	36,8	0,33	0,08	2,60
	Сульфатные воды	1705,3	7,7	9,2	61,6	388,7	4,0	63,3	346,7	11,6	148,4	754,2	0,43	0,11	11,85
	Хлоридные воды	1631,9	7,5	15,9	94,2	244,5	5,6	128,7	454,5	15,1	657,0	98,0	0,47	0,19	5,37
	Среднее	757,2	7,5	-	58,1	108,3	4,7	47,3	460,4	19,3	75,0	70,0	0,31	0,07	5,81
Неогеновые отложения	Кол-во набл.	969	912	957	968	952	18	967	968	79	969	942	689	456	350
	Гидрокарбонатные воды	685,1	7,6	6,8	54,0	109,2	3,7	43,0	564,6	22,9	50,1	53,9	0,30	0,04	1,01
	Сульфатные воды	1506,6	7,6	8,6	68,6	288,6	-	55,6	355,7	19,4	138,5	621,4	0,28	0,04	0,83
	Хлоридные воды	2436,8	7,5	17,3	118,6	542,8	5,8	126,4	426,6	11,6	988,3	216,2	0,58	0,06	0,98
	Среднее	1076,9	7,6	9,3	69,7	193,6	4,7	61,4	514,6	18,7	134,9	117,5	0,37	0,04	1,06
Палеогеновые отложения	Кол-во набл.	592	533	590	592	592	6	592	592	32	592	582	460	281	294
	Гидрокарбонатные воды	772,7	7,5	5,1	43,8	167,7	2,6	31,2	546,9	14,9	85,6	66,4	0,44	0,02	0,99
	Сульфатные воды	1178,2	7,5	5,4	49,9	266,5	-	31,7	308,4	6,0	109,5	477,1	0,25	0,25	0,10
	Хлоридные воды	2108,3	7,4	10,8	84,0	557,2	-	75,7	498,0	28,9	826,3	130,6	0,69	0,04	1,04
	Среднее	1201,4	7,5	6,7	55,4	291,7	9,9	43,2	502,8	15,8	205,1	133,7	0,47	0,03	0,89
Меловые отложения	Кол-во набл.	379	363	370	379	379	38	347	379	105	379	379	262	177	133
	Гидрокарбонатные воды	1124,1	7,9	0,7	6,4	433,0	6,0	4,2	696,8	29,5	169,8	117,6	0,52	0,10	0,73
	Сульфатные воды	897,5	7,2	0,4	6,0	333,0	-	1,0	307,0	24,0	99,0	293,0	1,50	-	-
	Хлоридные воды	2269,4	7,8	1,5	14,1	870,7	10,3	8,4	601,7	16,3	867,7	59,7	1,36	0,05	2,09
	Среднее	1106,8	7,9	0,8	7,4	414,2	5,2	4,3	572,8	25,9	188,1	126,3	0,62	0,09	0,68

Наибольшая устойчивость содовых растворов наблюдается в диапазоне минерализаций 1-4 г/л, что отражает реальную картину. Поскольку воды территории Барабинской равнины в разной степени подвергаются процессам континентального засоления, то в их составе отмечаются также повышенные содержания хлоридов и сульфатов. Как видно из таблицы 25, воды в целом характеризуются высокими значениями минерализации, которая закономерно растет в условиях низменных недренированных равнин и очень часто превышает 4-5 г/л.

Формирование вод с повышенной минерализацией обусловлено аридностью климата, бессточностью территории Западно-Барабинской равнины, близким к дневной поверхности залеганием водоупорных глин, преобладанием испарения над осадками, затрудненным, а на отдельных участках практически отсутствующим подземным стоком. Все это приводит к увеличению времени контакта воды с вмещающими песчано-глинистыми породами, в результате чего степень минерализации подземных вод увеличивается до 4-5 г/л и выше:

$$M \ 3,0 \frac{Cl \ 66,1; SO_4 \ 18,4; HCO_3 \ 15,5}{Na \ 63,9; Mg \ 24,0; Ca \ 11,7; K \ 0,4} \text{pH } 7,6; \text{ Ж } 18,2; \text{ Fe } 0,31; \text{ Mn } 0,1; \text{ Si } 5,8.$$

При достижении минерализации величины порядка 0,6 г/л, в водах замедляется накопление гидрокарбонатов и кальция, ввиду того, что достигается равновесие вод с кальцитом, и начинается опережающий рост остальных макрокомпонентов. Начиная с минерализации 1-2 г/л (Табл. 26, рис. 38) в подземных водах доминируют сульфаты и хлориды, что приводит к смене типично гидрокарбонатных вод на сульфатные, хлоридно-сульфатные и хлоридные, сульфатно-хлоридные разности. В целом же, содовые воды активно формируются при минерализации около 1 г/л, реже до 4 г/л [72].

Таблица 26

Химический состав подземных вод Барабинской низменности в градациях минерализации

Компонент	Интервалы минерализации, мг/л			
	<600	600-1000	1000-2000	2000-5000
Кол-во набл.	199	292	282	197
M	431,9	792,9	1362,1	3038,9
pH	7,5	7,6	7,6	7,5
Ж	6,0	7,5	9,1	20,4
HCO ₃	424,9	573,2	578,7	450,0
CO ₃	19,2	18,8	26,7	9,9
Cl	15,7	74,8	254,0	1139,9
SO ₄	23,4	88,3	207,1	385,0
Ca	54,1	55,9	64,4	139,1
Mg	31,0	49,8	65,4	151,9
Na	47,7	138,0	287,7	694,1
K	3,5	1,0	5,8	6,3

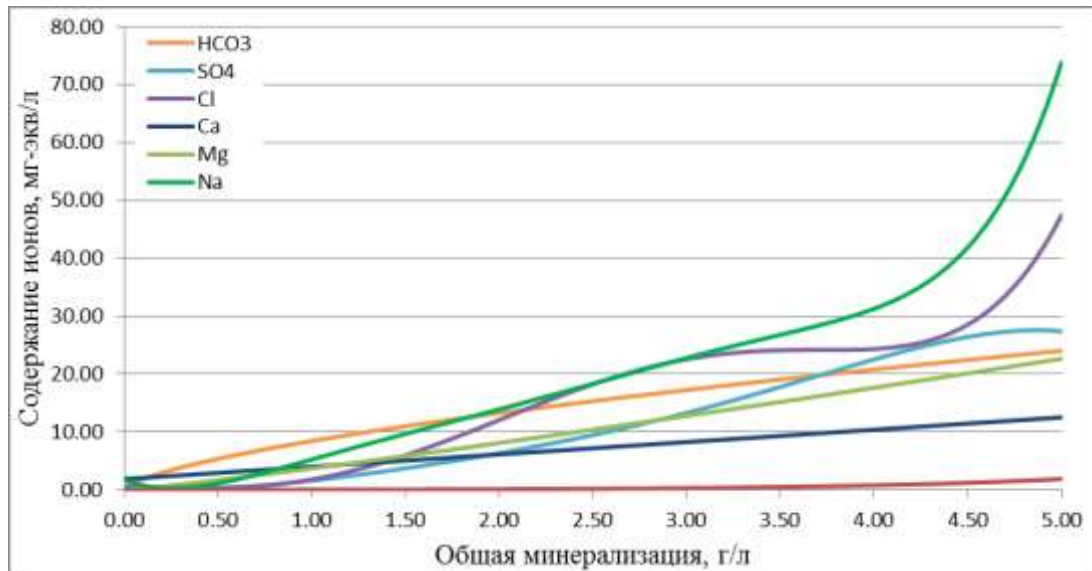


Рис. 38 Зависимость анионно-катионного состава подземных вод Барабинской низменности от степени минерализации

В степной зоне минерализация вод варьирует в значениях от 0,23 до 4,95 г/л (в среднем 1,09 г/л). В южной части Ишимской и Барабинской равнин воды неогеновых отложений преимущественно соленые с минерализацией более 3 г/л, они хлоридные, сульфатно-хлоридные натриевые.

На территории Кулундинской равнины благодаря опесчаниванию разреза минерализация вод неогенового комплекса редко достигает 1 г/л. Воды гидрокарбонатные, но на отдельных участках они хлоридно-гидрокарбонатные магниевые- и кальциево-натриевые, нередко смешанного анионного и катионного состава в восточной части равнины. На этих участках, как правило, развиты солонцовые и солончаковые почвы и соленые озера. В южной части Барабинской равнины воды с минерализацией более 5 г/л имеют аналогичный состав, как и в лесостепной части. В песчано-боровых ландшафтах воды неогеновых отложений весьма смешанного состава с минерализацией от 0,2 до 2,03 г/л (в среднем 0,67 г/л).

Ввиду природных особенностей формирования состава подземных вод неогенового комплекса, в них повышены содержания хлоридов, сульфатов, магния, натрия, железа, марганца, бора, брома, кремния, а также величины общей минерализации, рН, общей жесткости, перманганатной окисляемости. Аналогично четвертичному комплексу концентрации практически всех токсичных микрокомпонентов в целом не превышают нормативных значений, за исключением марганца, бора и брома. К показателям, содержания которых превышают нормы ПДК в результате техногенного воздействия, относятся нефтепродукты, фенолы, азотистые вещества (аммоний, нитраты, нитриты).

Как отмечалось выше, формирование солоноватых вод определяется аридностью климата, слабой расчлененностью рельефа и низкой дренируемостью, наличием в разрезе слабо

водопроницаемых пород (особенно в зоне аэрации). Рост содержаний основных макрокомпонентов Cl, SO₄, Na, Mg приводит к увеличению минерализации, в свою очередь высокие содержания Ca и Mg формируют повышенную жесткость подземных вод.

Содержание хлоридов колеблется от 0,7 до 2 716 мг/л, в среднем 93,7. В пресных и слабосоленоватых водах (<1,5 г/л) содержание хлоридов не превышает 798 мг/л, при среднем значении 46,9 мг/л. Максимальные содержания хлоридов фиксируются в лесостепи, а максимальная встречаемость повышенных содержаний хлоридов достигает до 31 % в аридных условиях степной зоны (рис. 39).

Содержание *сульфатов* в подземных водах изменяется от 0,01 до 2 366 мг/л, при средних значениях 95,7 мг/л. В пресных и слабосоленоватых водах (<1,5 г/л) содержание сульфатов не превышает 691,6 мг/л, при среднем значении 60,1 мг/л. Максимальные содержания сульфатов, как и хлоридов, фиксируются в лесостепи, а максимальная встречаемость повышенных содержаний (до 18 %) – в степи (рис. 39) [14].

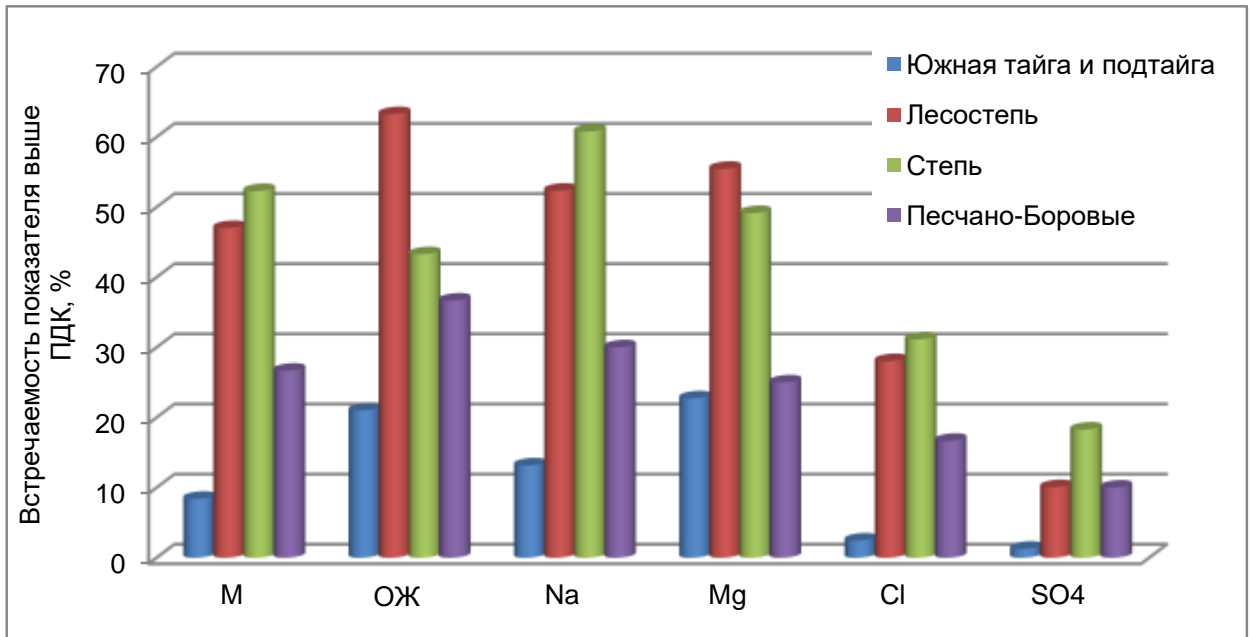


Рис. 39 Встречаемость повышенных показателей и ионного состава подземных вод по ландшафтным зонам

Содержания *магния* в целом изменяются от 0,3 до 720 мг/л, в среднем 49,8 мг/л. В северной части наблюдаются содержания магния до 136 мг/л, а в южной лесостепи – до 720 мг/л, встречаемость повышенных содержаний магния изменяется от 22 % в таежной зоне до 55 %– в лесостепи. Содержание *натрия* изменяется от 0,23 до 1624 мг/л, в среднем 160,2 мг/л, встречаемость натрия, как и магния, увеличивается до 61 % в степной зоне.

Общая жесткость подземных вод изменяется от 0,1 до 64,27 мг-экв/л, среднее 7,8 мг-экв/л, достигая максимальных значений юго-западной части территории в зоне лесостепей и

распространения вод смешанного преимущественно хлоридного натриевого состава с минерализацией более 3 г/л. Жесткость резко снижается в содовых водах с минерализацией около 1-1,5 г, при более высокой минерализации жесткость подземных вод резко возрастает. В пресных и слабоминерализованных водах с минерализацией менее 1-1,5 г/л жесткость изменяется от 6,8 мг-экв/л в таежной зоне до 6,2 мг-экв/л в южных районах, что, по-видимому, связано с более широким распространением содовых вод. Встречаемость повышенных значений жесткости изменяется от 21 % в таежной зоне до 63 % – в лесостепной (рис. 39).

Высокие содержания рН (до 10,4) отмечаются в содовых водах степных районов. В целом величина рН увеличивается в широтном направлении с севера на юг.

Железо широко распространено в подземных водах рассматриваемой территории. Химические свойства железа в подземных водах свидетельствуют о том, что в околонейтральных водах с низкими положительными значениями Eh железо преимущественно находится в закисной форме Fe^{2+} , гидроксиды которой имеют высокую подвижность в подземных водах [40-41, 59].

В северных и центральных районах территории, в районах широкого распространения заболоченных территорий, подземные воды содержат значительные концентрации органического вещества (фульво- и гуминовых кислот). Комплексные соединения окисного железа с фульво- и гуминовыми кислотами приводит к резкому усилению его миграционной способности, в результате чего в кислородсодержащих водах, имеющих высокие содержания органических веществ, концентрации железа могут достигать 10-20 мг/л и более, что реально и наблюдается в подземных водах. Только при значительных концентрациях OH^- (рН около 7,5-8,0) ион OH^- вытесняет анионы фульвокислот. Этот процесс разрушения комплексных соединений является достаточно длительным, поэтому подземные воды, содержащие органические соединения, труднее очищаются от железа. Такое поведение железа характерно для грунтовых вод гумидной зоны.

В условиях напорных водоносных комплексов в бескислородной среде с низкими положительными Eh (100-250 мВ) могут накапливаться максимальные концентрации железа. В таких водах основной миграционной формой железа является его закисная форма (Fe^{2+}). На территории Иртыш-Обского артезианского бассейна в условиях околонейтральных вод, в которых содержание карбонатов и гидрокарбонатов превышает содержание ионов OH^- , карбонаты железа являются главной миграционной формой. Однако карбонаты легко разрушаются при взаимодействии с кислородом воздуха, вследствие чего такие воды достаточно легко очищаются от железа аэрированием. Такое поведение железа характерно для бескислородно-бессульфидных напорных подземных вод артезианских бассейнов.

В целом железо в подземных водах неогеновых отложений изменяется от 0,011 до 31,4 мг/л, в среднем 0,35 мг/л, максимальная встречаемость железа (до 85 %) отмечается в условиях южной и средней тайги (рис. 40).

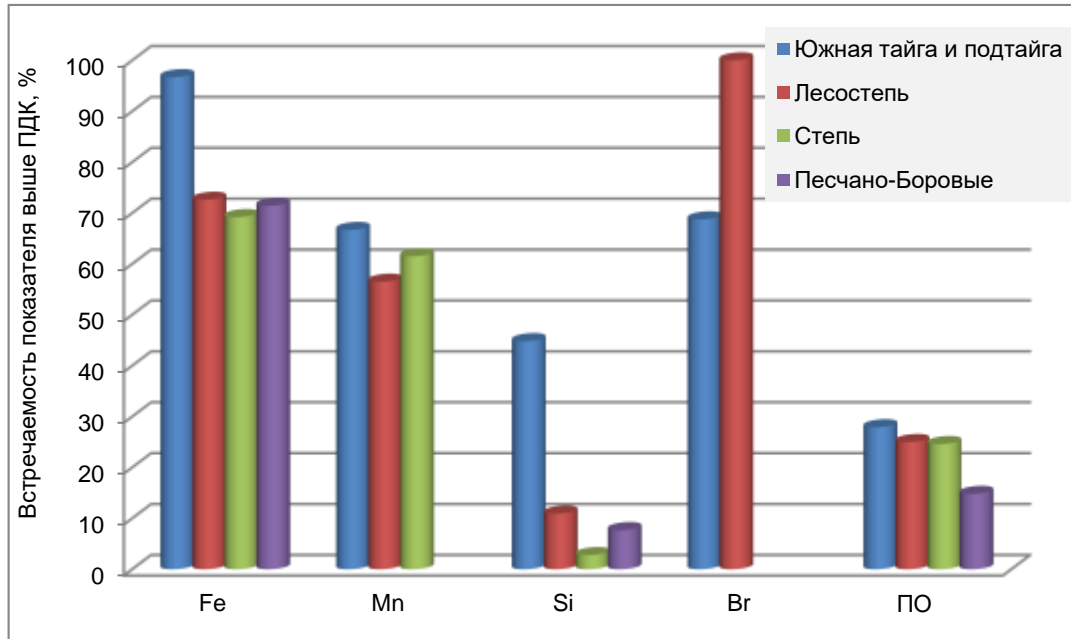


Рис. 40 Встречаемость показателей состава подземных вод неогеновых отложений по ландшафтным зонам

Геохимия *марганца* в целом сходна с геохимией железа в подземных водах. Его миграционная способность, а, следовательно, и содержания контролируются величиной Eh, однако для его окисления требуются более высокие величины Eh, чем для железа. Основной миграционной формой марганца является Mn^{2+} . В природных условиях околонейтральных вод с содержанием карбонатов и гидрокарбонатов много выше содержания ионов OH^- миграционная способность марганца контролируется растворимостью его карбонатных форм ($MnCO_3$).

Подземные воды с высоким содержанием органических веществ гумусового ряда могут накапливать значительные концентрации марганца, также, как и железа. В таких водах содержание марганца достигает 10 мг/л.

Бескислородные-бессульфидные напорные подземные воды артезианских бассейнов, также, как и железо, способны накапливать высокие содержания марганца до 0,1-10 мг/л благодаря низким положительным величинам Eh и низкому содержанию карбонатов в подземных водах.

В подземных водах неогеновых отложений содержания марганца составляют 0,001-4,86 мг/л, при среднем значении 0,14 мг/л. В районах южной и средней тайги содержания марганца достигают 0,9 мг/л, в среднем 0,11 мг/л (встречаемость 67 %), а в южных степных

районах – 0,7 мг/л, в среднем 0,11 мг/л (встречаемость 57 %). На значительных площадях центральной и северо-западной частях Барабы марганец не превышает нормативов.

Появление высоких концентраций *кремния* в подземных водах обеспечивается физико-химическими реакциями гидролиза алюмосиликатов и силикатов или выщелачиванием минералов под действием CO_2 , неорганических и органических кислот. Таким образом, наиболее высокие концентрации кремния наблюдаются в водах, содержащих повышенные концентрации CO_2 , источником которого являются органическое вещество и деятельность микроорганизмов, перерабатывающих захороненное органическое вещество водовмещающих пород.

Максимальные концентрации кремния способны накапливаться только в кислых или щелочных водах, ввиду того, что в околонейтральной среде растворимость кремнезема крайне мало. Таким образом, содержание кремния в подземных водах контролируется значениями рН среды.

В среднем содержание кремния в подземных водах составляет 0,24-19 мг/л (в среднем 5,9 мг/л), причем наибольшие его содержания наблюдаются в южно-таежных и подтаежных ландшафтах (встречаемость 45 %), а наименьшие отмечаются в степных ландшафтах – 12,17 мг/л (встречаемость 3 %).

Полифосфаты в подземных водах распространены редко, обычно их содержания составляют 0,001-3,0 мг/л, среднее 0,058 мг/л, редко до 14,6 мг/л. Стронций в подземных водах также практически не встречается 0,0081-5,6, реже до 6,61 мг/л, среднее 0,39 мг/л.

Перманганатная окисляемость вод изменяется от 0,1 до 22 $\text{mgO}_2/\text{л}$, в среднем 3,6 $\text{mgO}_2/\text{л}$. Более высокие значения окисляемости характерны для вод заболоченных территорий северных районов и вод, подвергающихся техногенному влиянию.

Азотистые соединения в подземных водах, как правило, отсутствуют. Но в районах распространения болот, а также нефтегазоносных районов, где наблюдаются повышенные содержания аммония (встречаемость 17 %), вызванные природными условиями территории. Нитриты и нитраты присутствуют в водах в очень незначительных количествах или не обнаруживаются. Содержания нитратов в целом изменяются от 0,001 до 90,5 мг/л, в среднем 1,0 мг/л, но в районах интенсивного развития сельского хозяйства содержания нитратов могут достигать 169,2 мг/л. Содержание нитритов изменяется от 0,0001 до 0,83 мг/л, в среднем 0,029 мг/л, в единичных точках содержание достигает 16,5 мг/л.

Содержание фтора в подземных водах варьирует от 0,00048 до 1,33 мг/л, редко до 4,5 мг/л при средней концентрации 0,34 мг/л. Распределение содержания фтора является зональным: для подземных вод неогена это выражается в увеличении содержания фтора в более минерализованных натриевых водах зоны континентального засоления в лесостепной и степной

зоне – средние содержания фтора увеличиваются до 0,32 и 0,56 мг/л против 0,27 мг/л его содержания в таежной зоне (рис. 41). Повышенные содержания фтора до 4,5 мг/л фиксируются на отдельных территориях Омской области, что связано с распространением глинистых пород, обогащенных слюдами.

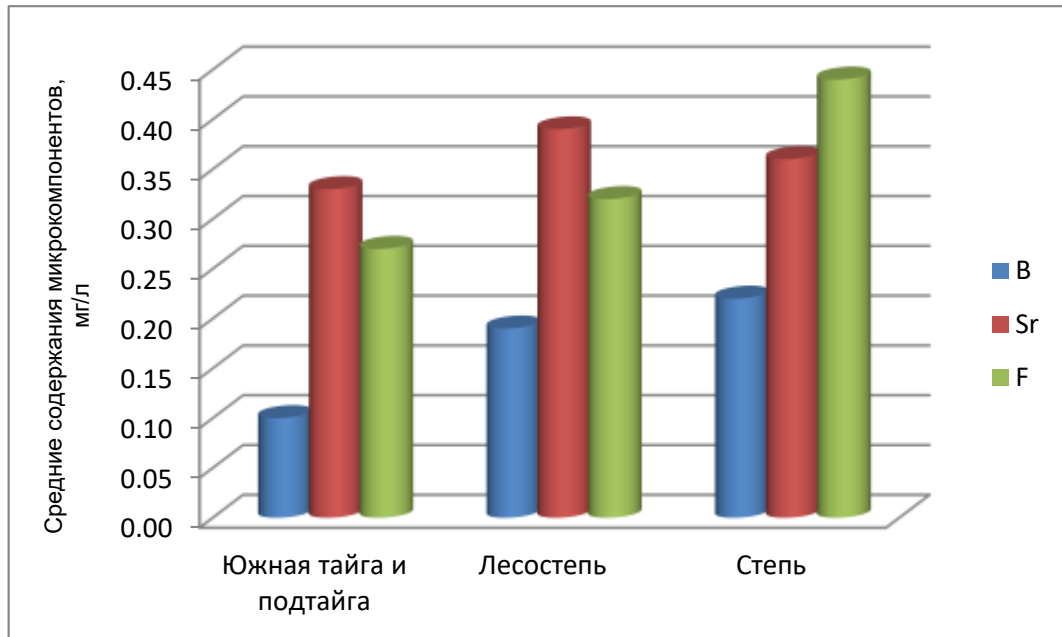


Рис. 41 Средние содержания В, Sr, F в подземных водах неогеновых отложений по ландшафтными зонам

Содержание тяжелых металлов – меди, свинца, цинка в подземных водах низкое, зачастую на порядок ниже нормативов. Содержание меди обычно составляет 0,0004-1,8 мг/л, среднее 0,0049, свинца – 0,0001-0,02 мг/л, среднее 0,00083 мг/л, а цинка – 0,0005-2,5 мг/л, среднее 0,0058 мг/л.

Бериллий и ртуть в подземных водах фиксируются в единичных скважинах. Содержание бериллия составляет 0,000005-0,0015 мг/л, среднее 0,000095 мг/л, ртути – 0,000008-0,0003 мг/л, среднее 0,000089.

Низкие содержания также характерны и для молибдена – до 0,34 мг/л (среднее 0,0034 мг/л), кадмия – до 0,001 мг/л (среднее 0,0002 мг/л), в отдельных точках до 0,008 мг/л, лития – до 0,024 мг/л (среднее 0,014 мг/л), мышьяка – до 0,005 мг/л (среднее 0,0034 мг/л), а единичных случаях до 0,056 мг/л, никеля – до 0,033 мг/л (среднее 0,0053 мг/л), редко до 0,25 мг/л, селена – до 0,005 мг/л (среднее 0,00022 мг/л), алюминия – до 0,085 мг/л, реже до 0,95 мг/л (среднее 0,026 мг/л) и хрома – до 0,04 мг/л (среднее 0,0079 мг/л). Содержания бария варьируют от 0,001 до 0,46 мг/л, среднее 0,085 мг/л.

Бор – типичный аниогенный элемент, основные миграционные формы которого в околонеитральных маломинерализованных подземных водах представлены ортоборной

кислотой, появление которой возможно только в щелочных водах. Боросодержащие подземные воды формируются в водовмещающих терригенных породах – песчаниках на глинистом цементе, переслаивающихся глинах и алевролитах, т.к. глинистые отложения характеризуются высокими содержаниями бора. Образование гидрогеохимических провинций происходит не столько за счет высоких содержаний бора в водовмещающих породах, сколько вследствие формирования определенного химического состава вод, благоприятного для перехода бора из твердой фазы в жидкую и его миграции в повышенных концентрациях. Боросодержащие воды, как правило, натриевого геохимического типа. Содержания бора более ПДК характерны для щелочных вод, с величинами общей жесткости менее 2 мг-экв/л и рН – более 8.5.

Содержание бора в водах неогеновых отложений в среднем составляет 0,18 мг/л, максимальные значения фиксируются в лесостепной зоне – 1,22 мг/л на территории Западной Барабы, Кулундинской равнины, алтайской части Приобского плато. Выделение границ гидрогеохимических провинций боросодержащих подземных вод комплекса в данном отчете невозможно в связи с недостаточной оценкой изменчивости концентраций бора во взаимосвязи с изменчивостью геохимических свойств подземных вод.

Водоносный неогеновый комплекс приурочен к озерно-аллювиальным и аллювиальным отложениям, поэтому вероятность обнаружения высоких концентраций брома не высокая, т.к. бром обладает повышенной миграционной способностью в пресных хлоридных водах, распространенных в отложениях морского генезиса. Среднее содержание элемента в водах неогена составляет 0,58 мг/л, максимальное его значение (7,05 мг/л) отмечается в лесостепной зоне в юго-западной части территории в зоне распространения солоноватых вод с минерализацией более 1,5 г/л. Повышенные содержания брома можно объяснить взаимосвязью с водами морских отложений верхнего олигоцена.

Содержание йода в пресных водах изменяется до 0,7 мг/л, в среднем 0,053 мг/л, редко встречаются концентрации до 1,6 мг/л.

Водоносные горизонты неогенового комплекса в отсутствие перекрывающих водоупоров убинской, смирновской свит, а также являясь первыми от поверхности водоносными горизонтами в южной части Барабинской равнины, подвергаются техногенному воздействию в наиболее нагруженных территориях. Техногенные изменения состава вод вызваны загрязнением нефтепродуктами, ПАВ и азотистыми соединениями.

Концентрации нефтепродуктов, в основном, невысоки и составляют 0,0005-0,075 мг/л, в пределах территорий населенных пунктов и промышленных зон достигают 1,39 мг/л, в среднем 0,018 мг/л. Нефтепродуктовому загрязнению в наибольшей степени подвержены воды на территории Ишимской равнины и в районе Новосибирского промузла, здесь отмечаются максимальные содержания нефтепродуктов.

Содержания фенолов в подземных водах практически не фиксируются. Фенолы в количествах, превышающих питьевые нормы, отмечались ранее в Ишимской и Западно-Барабинской равнинах, здесь максимальные превышения норм ПДК достигали до 1 100-2 000 ПДК. Но по опробованию в 2015 г. аномальных загрязнений не обнаружено, содержание фенолов в среднем составляет 0,00065 мг/л. Однако в отдельных случаях отмечается выше нормы фенольный индекс до 0,5 мг/л, при средней величине 0,0013 мг/л.

Химический состав подземных вод палеогеновых отложений

Водоносный комплекс палеогеновых отложений является наиболее активно используемым для хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий и имеет повсеместное распространение. На крайнем западе в морских условиях происходило накопление глинистых пород, отнесенных к туртасской (P_{3tt}), журавской ($P_{3жг}$) и черталинской ($P_{3чг}$) свитам. В восточном направлении аналогами этих свит являются лагернотомская (P_{3lt}), новомихайловская (P_{3nm}), атлымская (P_{3at}), исилькульская (P_{3is}) и юрковская (P_{2jr}), кусковская свиты (P_{2ks}), сложенных континентальными отложениями.

В региональном плане подземные воды рассматриваемого водоносного комплекса имеют пестрый химический состав и характеризуются большой изменчивостью общей минерализации. На большей части территории воды пресные с минерализацией от 0,056 до 4,9 г/л, в среднем 0,85 г/л, гидрокарбонатного магниево-кальциевого состава (Табл. 27). Общая минерализация подземных вод закономерно увеличивается с северо-востока и востока на юго-запад и запад от областей питания в зонах умеренного и избыточного увлажнения к областям затрудненного водообмена и недостаточного увлажнения (рис. 42), в этом же направлении происходит изменение химического состава подземных вод (рис. 43-44). Разнообразие ландшафтно-климатических условий, зональное изменение условий увлажнения и инфильтрационного питания, литофациальных особенностей водоносных отложений определяет основные черты закономерностей формирования подземных вод палеогеновых отложений и находит свое результирующее выражение в широтном изменении минерализации и ионно-солевого состава палеогеновых вод.

Таблица 27

Характеристика химического состава подземных вод палеогеновых отложений

Показатель, единица измерения		ПДК	Кол-во набл.	Среднее	Минимум	Максимум	% выше ПДК
Обобщенные показатели	Минерализация, мг/л	1000	4168	851,7	56,7	4993,5	42,9
	pH, ед. pH	6-9	3854	7,4	6,0	10,9	-
	Eh, мВ	-	94	23,57	-187,00	210,00	-
	Общая жесткость, мг-экв/л	7	4113	6,9	0,3	59,9	45,3
	Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	5	1820	2,67	0,01	39,0	26,1
	Нефтепродукты, мг/л	0,1	481	0,026	0,0005	1,77	5,6
	АПАВ, мг/л	0,5	24	0,03	0,009	0,09	-
	СПАВ, мг/л	0,5	73	0,023	0,008	0,2	-
	Фенольный индекс	0,25	340	0,003	0,0001	0,062	-
	Фенолы, мг/л	0,001	52	0,0016	0,0001	0,012	3,8
Макрокомпоненты	Гидрокарбонаты (HCO ₃ ⁻), мг/л	-	4166	449,3	20,0	1281,0	-
	Карбонаты (CO ₃ ²⁻), мг/л	-	202	11,1	0,2	150,0	-
	Хлориды (Cl ⁻), мг/л	350	4087	75,9	0,14	2906,0	31,5
	Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/л	500	3491	71,9	0,01	1819,0	7,4
	Кальций (Ca ²⁺), мг/л	-	4168	60,7	0,15	502,4	-
	Магний (Mg ²⁺), мг/л	50	4156	38,4	0,28	372,0	38,2
	Натрий (Na ⁺), мг/л	200	4162	125,1	0,2	1612,0	49,5
	Калий (K ⁺), мг/л	-	359	1,8	0,25	59,88	-
	Аммоний (NH ₄ ⁺), мг/л	1,5*	2555	0,32	0,001	12,61	4,6
	Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/л	45	2169	1,1	0,001	44,0	-
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/л	3	1507	0,019	0,00005	2,97	0,2	
Микрокомпоненты	Алюминий (Al), мг/л	0,5	180	0,039	0,0001	0,056	-
	Барий (Ba), мг/л	0,7	293	0,1	0,0001	0,6	-
	Бериллий (Be), мг/л	0,0002	99	0,00011	0,00002	0,2	8,1
	Бор (B), мг/л	0,5	132	0,13	0,002	1,42	6,8
	Бромиды (Br ⁻), мг/л	0,2	130	0,11	0,002	6,5	13,1
	Железо общее (Fe), мг/л	0,3	1492	0,4	0,001	52,43	98,2
	Закисная форма железа (Fe ²⁺), мг/л	-	147	0,68	0,04	51,12	86,2
	Окисная форма железа (Fe ³⁺), мг/л	-	199	0,2	0,001	27,2	63,9
	Йод (I), мг/л	-	147	0,17	0,003	5,0	-
	Кадмий (Cd), мг/л	0,001	159	0,00027	0,00001	0,00	8,8
	Кремний (Si), мг/л	10	473	6,98	0,2	35,9	24,3
	Литий (Li), мг/л	0,03	143	0,0046	0,00003	0,047	2,1
	Марганец (Mn), мг/л	0,1	475	0,16	0,00001	2,45	74,3
	Медь (Cu), мг/л	1	969	0,01	0,00003	0,92	-
	Молибден (Mo), мг/л	0,25	259	0,003	0,00003	0,2	-
	Мышьяк (As), мг/л	0,05	199	0,0038	0,0001	0,04	0,5
	Никель (Ni), мг/л	0,1	231	0,0069	0,00063	0,08	-
	Полифосфаты (PO ₄), мг/л	3,5	382	0,096	0,001	3,49	-
	Ртуть (Hg), мг/л	0,0005	135	0,000081	0,00001	0,0006	0,7
	Свинец (Pb), мг/л	0,03	427	0,0021	0,0001	0,25	0,7
	Селен (Se), мг/л	0,01	49	0,00051	0,0001	0,005	-
	Стронций (Sr), мг/л	7	439	0,33	0,00004	5,9	-
	Фториды (F ⁻), мг/л	1,5	780	0,25	0,00048	1,4	-
Хром (Cr), мг/л	0,05	262	0,0066	0,0007	0,043	-	
Цинк (Zn), мг/л	5	765	0,012	0,0002	4,43	-	
Радиологические показатели	Общая α-радиоактивность, Бк/л	0,2	268	0,033	0,003	0,16	-
	Общая β-радиоактивность, Бк/л	1	208	0,097	0,004	0,9	-

П р и м е ч а н и е

*Нормируется по аммиаку (по азоту)

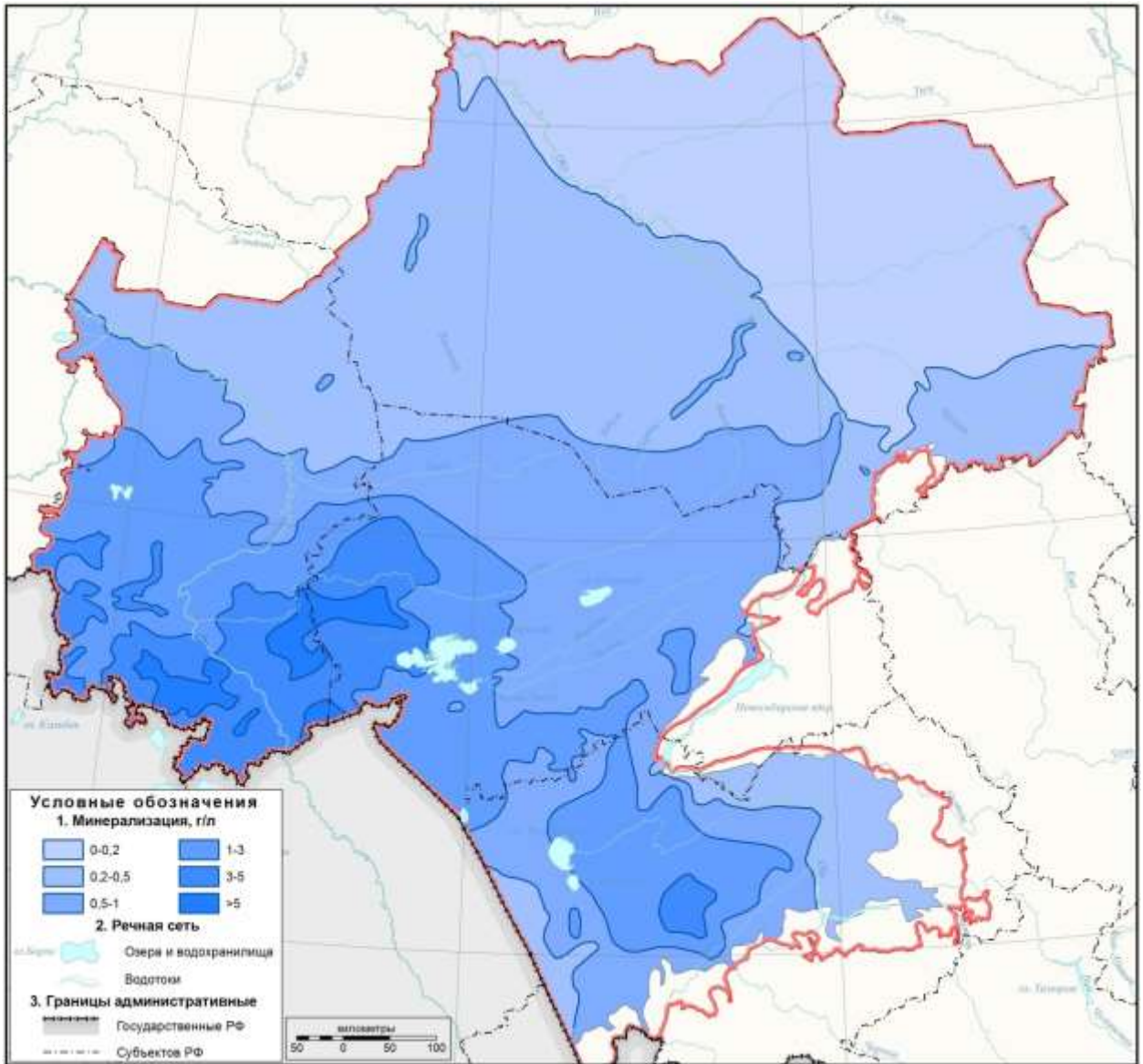


Рис. 42 Пространственное распределение минерализации подземных вод палеогеновых отложений

Зона пресных вод (до 1 г/л) занимает практически всю территорию и распространена в пределах зоны средней и южной тайги и подтайги, а также на территории Восточно-Барабинской наклонной равнины и в краевых частях артезианского бассейна на территории Приобского плато и Кулундинской равнины. Подземные воды имеют преимущественно гидрокарбонатный магниево-кальциевый состав, в юго-западной и западной части Восточно-Барабинской наклонной равнины воды становятся хлоридно-гидрокарбонатными смешанного, реже натриевого и магниево-натриевого состава. Более пестрый состав подземные воды имеют на территории Приобского плато. Воды здесь гидрокарбонатного, сульфатно-гидрокарбонатного смешанного по катионам состава, в юго-восточной части плато отмечается зона магниево-кальциевых вод. На территории Кулундинской равнины воды смешанного или

хлоридно-гидрокарбонатного, реже хлоридно-сульфатного смешанного или натриевого, реже кальциево-натриевого состава.

В пределах территории распространения пресных вод (с минерализацией до 1 г/л) четко прослеживаются участки ультрапресных (до 0,2 г/л), весьма пресных (0,2-0,5 г/л) и пресных вод (0,5-1,0 г/л).

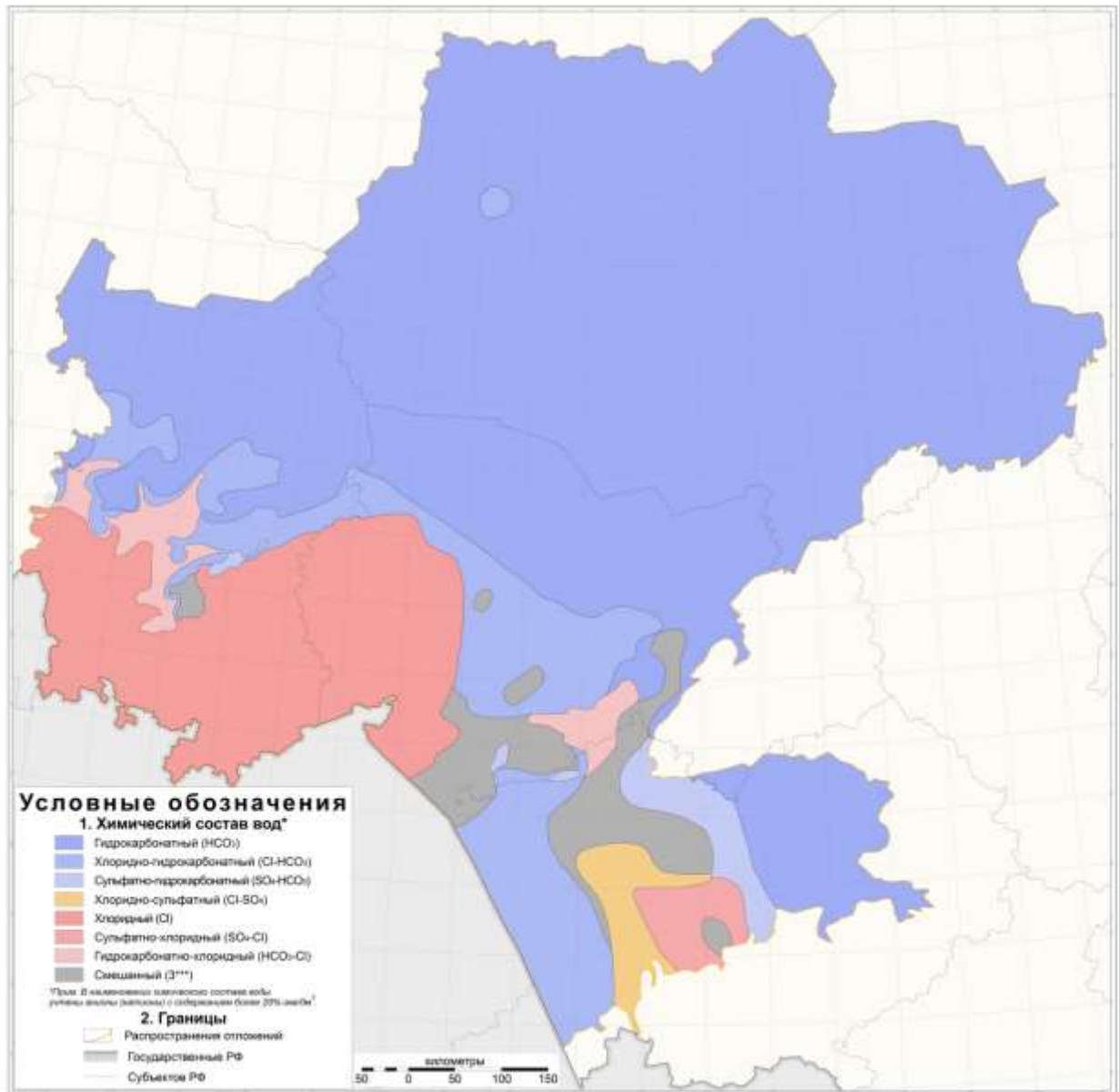


Рис. 43 Пространственное распределение анионного состава подземных вод палеогеновых отложений

В западной и южной частях Барабинской низменности и Ишимской наклонной равнине, при переходе от гумидного пояса к аридному, подземные воды сменяются на слабосоленоватые с минерализацией 1-3 г/л. Здесь развиты процессы выщелачивания и континентального засоления. Подземные воды этой зоны характеризуются весьма пестрым составом. Так, в северной части Барабинской низменности и Ишимской наклонной равнины, а также в южной

части Среднеиртышской низменности распространены содовые воды (гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые). На территории Барабинской низменности воды имеют хлоридный (центральная часть) или смешанный (южная часть) натриевый, реже сульфатно-натриевый состав. В центральной части Алтайского края на территории Приобского плато отмечаются подземные воды сульфатно-хлоридного, хлоридно-сульфатного или смешанного преимущественно магниево-натриевого, реже натриевого или смешанного состава. В центральной части Ишимской наклонной равнины воды хлоридные натриевые.

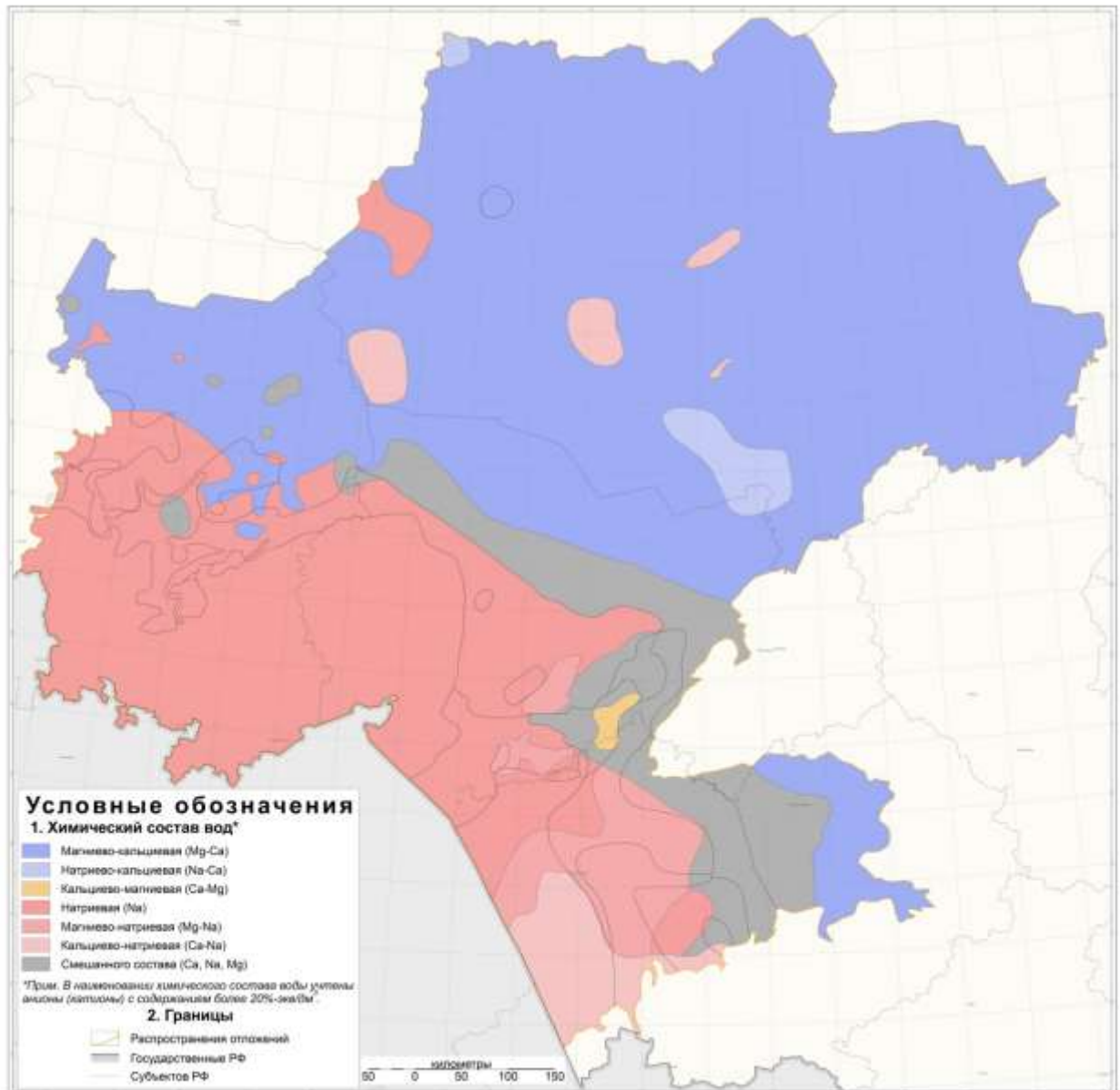


Рис. 44 Пространственное распределение катионного состава подземных вод палеогеновых отложений

Более минерализованные воды с минерализацией 3-5 г/л и более распространены на отдельных территориях запада и юга Барабинской низменности и Ишимской наклонной равнины и на небольшом локальном участке территории Приобского плато. По составу эти

воды хлоридные натриевые. На территории Приобского плато отмечаются сульфатно-хлоридные, реже хлоридно-сульфатные натриевые, реже сульфатно-натриевые воды.

Изменение минерализации подземных вод рассматриваемой территории происходит с севера на юг в соответствии со сменой ландшафтных зон, в этом же направлении происходит и изменение показателей общего химического состава и смена типа вод.

В зоне средней тайги повсеместно распространены пресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды с минерализацией от 0,056 до 0,45 г/л, в среднем 0,24 г/л.

В пределах правобережья р. Обь на территории Томской области распространены преимущественно ультрапресные воды с минерализацией от 0,056 до 0,29 г/л, в среднем 0,13 г/л, гидрокарбонатного магниевые-кальциевого состава, а на территории левобережья в пределах Васюганской равнины более минерализованные пресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды с минерализацией от 0,27 до 0,45 г/л, в среднем 0,35 г/л. В северо-западной части Томской области отмечаются аномальные локальные проявления пресных вод хлоридно-гидрокарбонатного натриевого состава с минерализацией до 0,59 г/л.

Формула среднего солевого состава подземных вод:

В целом:

$$M\ 0,24 \frac{HCO_3\ 92,1; Cl\ 5,3; SO_4\ 2,6}{Ca\ 45,5; Mg\ 32,3; Na\ 20,4; K\ 1,8} pH\ 7,1; Ж\ 2,6; Fe\ 5,3; Mn\ 0,1; Si\ 15,5.$$

Правобережье р. Оби:

$$M\ 0,13 \frac{HCO_3\ 92,9; Cl\ 3,9; SO_4\ 3,2}{Ca\ 50,7; Mg\ 30,4; Na\ 17,3; K\ 1,6} pH\ 7,3; Ж\ 2,04; Mn\ 0,03; Si\ 9,3.$$

Васюганская наклонная равнина:

$$M\ 0,35 \frac{HCO_3\ 90,1; Cl\ 7,4; SO_4\ 2,5}{Ca\ 47,8; Mg\ 36,2; Na\ 14,9; K\ 1,1} pH\ 7,1; Ж\ 2,7; Fe\ 4,2; Mn\ 0,1; Si\ 15,2.$$

Аномалия:

$$M\ 0,59 \frac{HCO_3\ 72,4; Cl\ 26,6; SO_4\ 1,0}{Na\ 84,4; Mg\ 9,3; Ca\ 6,3} pH\ 7,1; Ж\ 2,7; Fe\ 4,2; Mn\ 0,1; Si\ 15,2.$$

В южно-таежной зоне распространены преимущественно пресные воды с минерализацией от 0,56 до 1,29 г/л, в среднем 0,38 г/л, гидрокарбонатного магниевые-кальциевого состава. Ультрапресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды с минерализацией от 0,06 до 0,2 г/л, в среднем 0,14 г/л, распространены в южной части правобережья р. Оби на территории Томской области. На левобережье р. Оби, а также в северной части Омской области распространены гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды с минерализацией от 0,2-0,5 г/л, в среднем 0,33 г/л.

Более минерализованные воды распространены в южной части ландшафтной зоны. Здесь минерализация вод достигает 0,62 г/л (0,5-1,0 г/л) по составу воды все также гидрокарбонатные

магниево-кальциевые, но в составе растет доля хлоридов и натрия. В южной части зоны на территории Барабинской низменности воды приобретают хлоридно-гидрокарбонатный смешанный по катионам состав. Наиболее соленые воды с минерализацией до 1,29 г/л распространены на территории Омской области в пределах Иртыш-Кондинской равнины. Здесь встречаются гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды.

Формула среднего солевого состава подземных вод:

В целом:

$$M\ 0,38 \frac{HCO_3\ 93,4; Cl\ 3,4; SO_4\ 3,2}{Ca\ 53,3; Mg\ 29,1; Na\ 17,0; K\ 0,6} pH\ 7,4; Ж\ 5,5; Fe\ 0,3; Mn\ 0,1; Si\ 7,1.$$

Правобережье р. Обь:

$$M\ 0,14 \frac{HCO_3\ 95,0; Cl\ 2,6; SO_4\ 2,4}{Ca\ 57,5; Mg\ 29,2; Na\ 11,9; K\ 1,4} pH\ 7,3; Ж\ 2,4; Mn\ 0,06; Si\ 4,9.$$

Пресные воды с минерализацией 0,2-0,5:

$$M\ 0,33 \frac{HCO_3\ 96,3; Cl\ 1,9; SO_4\ 1,8}{Ca\ 61,5; Mg\ 26,6; Na\ 11,1; K\ 0,8} pH\ 7,4; Ж\ 5,6; Fe\ 0,6; Mn\ 0,1; Si\ 7,6.$$

Пресные воды с относительно повышенной минерализацией 0,5-1,0 г/л:

$$M\ 0,62 \frac{HCO_3\ 85,2; Cl\ 13,4; SO_4\ 1,4}{Ca\ 57,8; Mg\ 22,5; Na\ 19,0; K\ 0,8} pH\ 7,5; Ж\ 7,1; Fe\ 0,9; Mn\ 0,1; Si\ 9,6.$$

Барабинская низменность:

$$M\ 0,74 \frac{HCO_3\ 76,4; Cl\ 12,3; SO_4\ 11,3}{Na\ 51,2; Mg\ 27,2; Ca\ 21,0; K\ 0,6} pH\ 7,4; Ж\ 6,5; Fe\ 0,12; Mn\ 0,07.$$

Иртыш-Кондинская равнина:

$$M\ 1,14 \frac{HCO_3\ 53,7; Cl\ 29,1; SO_4\ 17,2}{Na\ 63,4; Mg\ 19,9; Ca\ 16,7} pH\ 7,5; Ж\ 10,5; Fe\ 0,12; Mn\ 0,02.$$

В пределах лесостепной и степной зон подземные воды отличаются пестротой химического состава. Пресные подземные воды с минерализацией от 0,2 до 0,5 г/л, в среднем 0,37 г/л, гидрокарбонатного магниево-кальциевого или смешанного состава распространены в южной прикраевой части бассейна в пределах Правобережья р. Оби на территории Приобского плато.

$$M\ 0,37 \frac{HCO_3\ 89,4; Cl\ 6,5; SO_4\ 4,1}{Ca\ 43,6; Mg\ 31,5; Na\ 24,4; K\ 0,5} pH\ 7,5; Ж\ 5,6; Fe\ 0,7; Mn\ 0,07; Si\ 4,3.$$

Пресные воды с относительно повышенной минерализацией от 0,5 до 1,0 г/л, в среднем 0,72 г/л, распространены, как отмечалось выше, на территории Восточно-Барабинской наклонной равнины и в краевых частях артезианского бассейна на территории Приобского плато и Кулундинской равнины, что определило разнообразие их химического состава. Здесь

распространены содовые воды смешанного катионного состава со значительным преобладанием натрия.

Формула среднего солевого состава подземных вод:

В целом:

$$M\ 0.72 \frac{HCO_3\ 73,2; Cl\ 17,0; SO_4\ 9,8}{Na\ 54,1; Mg\ 24,4; Ca\ 20,8; K\ 0,7} pH\ 7,5; Ж\ 5,7; Fe\ 0,14; Mn\ 0.04; Si\ 7,1.$$

Восточно-Барабинская наклонная равнина:

$$M\ 0.72 \frac{HCO_3\ 75,2; Cl\ 16,1; SO_4\ 8,7}{Na\ 51,3; Mg\ 25,7; Ca\ 22,3; K\ 0,7} pH\ 7,5; Ж\ 6,1; Fe\ 0,14; Mn\ 0.04; Si\ 7,5.$$

Кулундинская низменность:

$$M\ 0.56 \frac{HCO_3\ 48,1; Cl\ 30,8; SO_4\ 21,1}{Na\ 67,6; Mg\ 18,4; Ca\ 14,0} pH\ 7,5; Ж\ 3,8; Fe\ 0,13; Mn\ 0.02; Si\ 8,1.$$

Приобское плато:

$$M\ 0.73 \frac{HCO_3\ 52,8; Cl\ 25,5; SO_4\ 21,7}{Na\ 69,4; Mg\ 18,0; Ca\ 12,6} pH\ 7,4; Ж\ 3,6; Fe\ 0,06; Mn\ 0.06; Si\ 2,7.$$

На территории Кулундинской низменности в степной зоне подземные воды имеют также содовый состав, при этом в значительных количествах содержатся хлориды и сульфаты, что связано с ландшафтно-климатическими особенностями территории. Однако хорошая проницаемость и песчаный состав водоносных отложений приводят к тому, что на территории Кулундинской низменности в условиях недостаточного увлажнения и аридного климата, формируются сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные натриевые пресные воды с минерализацией от 0,51 до 0,68 г/л, в среднем 0,56.

Слабосоленоватые вод с минерализацией от 1 до 3 г/л, в среднем 1,44, распространены в юго-западной части территории артезианского бассейна. На территории Среднеиртышской низменности воды имеют солоноватый характер с минерализацией 1-2,94 г/л, в среднем 1,46, и гидрокарбонатный, хлоридно-гидрокарбонатный натриевый состав. В южных районах территории Ишимской наклонной равнины минерализация вод составляет 1,01-3,0 г/л, в среднем 1,9, а сами они имеют гидрокарбонатно-хлоридный, а в южных районах и хлоридный натриевый состав.

На территории Барабинской низменности подземные воды имеют хлоридно-гидрокарбонатный, хлоридный, смешанный (сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридный) натриевый состав с минерализацией 1,0-2,87 г/л, в среднем 1,47.

В центральной части Алтайского края на территории Приобского плато кроме выше указанных типов вод распространены подземные воды сульфатного типа – сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатные, смешанные (гидрокарбонатно-хлоридно-

сульфатные) магниево-натриевого или натриевого состава. Образование сульфатных вод здесь связано с процессами десульфитизации водовмещающих пород.

Формула среднего солевого состава подземных вод:

Юг Среднеиртышской низменности:

$$M 1,46 \frac{HCO_3 48,2; Cl 44,2; SO_4 7,6}{Na 68,4; Mg 18,5; Ca 13,1} pH 7,5; Ж 8,1; Fe 0,13; Mn 0,06.$$

Ишимская наклонная равнина:

$$M 1,93 \frac{Cl 49,2; HCO_3 31,2; SO_4 19,6}{Na 75,4; Mg 16,6; Ca 8,0} pH 7,5; Ж 8,4; Fe 0,13; Mn 0,05.$$

Барабинская низменность:

$$M 1,47 \frac{Cl 41,9; HCO_3 40,0; SO_4 18,1}{Na 75,8; Mg 13,3; Ca 10,3; K 0,6} pH 7,5; Ж 5,9; Fe 0,16; Mn 0,03; Si 5,3.$$

Приобское плато:

$$M 1,44 \frac{Cl 42,9; HCO_3 31,9; SO_4 25,2}{Na 46,1; Mg 29,1; Ca 24,3; K 0,5} pH 7,5; Ж 12,2; Fe 0,2; Mn 0,05; Si 4,5.$$

Приобское плато, сульфатные воды:

$$M 1,56 \frac{SO_4 44,3; Cl 29,7; HCO_3 26,0}{Na 51,6; Mg 25,9; Ca 22,5} pH 7,5; Ж 13,5; Fe 0,18; Mn 0,05; Si 2,9.$$

Умеренносолоноватые подземные воды с минерализацией 3-5 г/л и более распространены на территории Барабинской низменности и Ишимской наклонной равнины, а также локально в западной части Приобского плато в центре Алтайского края. Воды имеют хлоридный натриевый состав, на территории Приобского плато сульфатно-хлоридный натриевый или магниево-натриевый. Формирование вод связано с замедленным водообменом, а также с аридностью климата.

Формула среднего солевого состава подземных вод:

Ишимская наклонная равнина:

$$M 3,77 \frac{Cl 75,8; SO_4 13,3; HCO_3 10,9}{Na 75,1; Mg 17,9; Ca 7,0} pH 7,3; Ж 17,0; Fe 0,12; Mn 0,05.$$

Барабинская низменность:

$$M 3,84 \frac{Cl 82,9; HCO_3 11,4; SO_4 5,7}{Na 65,7; Mg 21,8; Ca 12,5} pH 7,3; Ж 23,4; Fe 0,11; Si 5,3.$$

Приобское плато:

$$M 3,19 \frac{Cl 53,2; SO_4 39,2; HCO_3 7,6}{Na 46,1; Mg 29,1; Ca 24,3; K 0,5} pH 7,4; Ж 27,0; Si 4,2.$$

В подземных водах палеогеновых отложений рассматриваемой территории отмечаются некоторые макро- и микрокомпоненты, содержания которых превышают ПДК для питьевых вод. К показателям, содержания которых, ввиду природных особенностей формирования состава подземных вод превышают ПДК, относятся все показатели основного макрокомпонентного состава (общая минерализация, хлориды, сульфаты, магний, натрий, рН и общая жесткость), а также перманганатная окисляемость, железо, марганец и кремний.

Рост минерализации приводит к соответствующему росту содержаний основных макрокомпонентов Cl, SO₄, HCO₃, Na, Mg, Ca, в свою очередь высокие содержания Ca и Mg формируют повышенную жесткость подземных вод (рис. 45) [117-122].

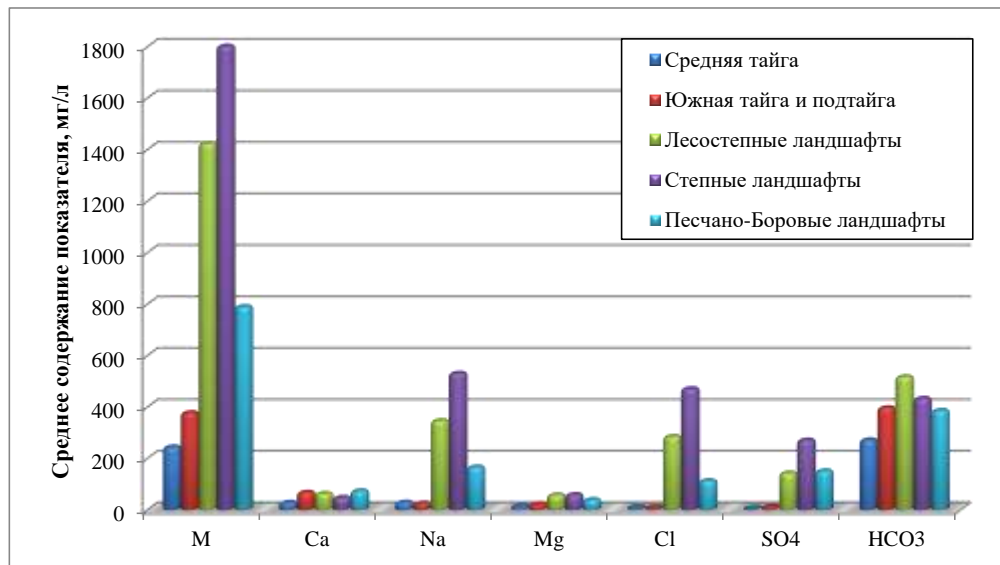


Рис. 45 Средние содержания показателей макрокомпонентного состава подземных вод различных ландшафтных зон

В пресных и весьма слабосоленых водах (<1,5 г/л) содержание хлоридов не превышает 777 мг/л, в среднем 93,02 мг/л. В северной части территории содержание хлоридов в среднем составляет 17,83 мг/л, максимальные концентрации зафиксированы в п. Элитное, Томская область (592,1 мг/л), с. Колосовка (425-489 мг/л), с. Бражниково (456 мг/л), Омская область. На территории Обь-Томского междуречья, в северной части, в результате многолетней работы Томского водозабора подземных вод происходило подтягивание более соленых подземных вод меловых отложений, в результате чего в эксплуатационных скважинах конца второй линии отмечался рост хлоридов до 465 мг/л. После снижения нагрузки на вторую линию и последующего ее полного отключения подток более соленых вод прекратился.

В единичных пунктах в южной части территории в аридных условиях концентрация хлоридов достигает 600-659 мг/л (с. Кочки, д. Широкая Курья в Новосибирской области, д. Черноозерье, д. Горькое в Омской области и с. Гонохово в Алтайском крае), наибольшее значение зафиксировано в д. Новосиново, Омская область - 777 мг/л, в среднем 106,18 мг/л. В

целом, в зоне средней и южной тайги встречаемость повышенных содержаний хлоридов выше ПДК составляет 2%, а в зоне степей увеличивается до 60%, однако на территории развития борových песков составляет 14,3% (рис. 46).

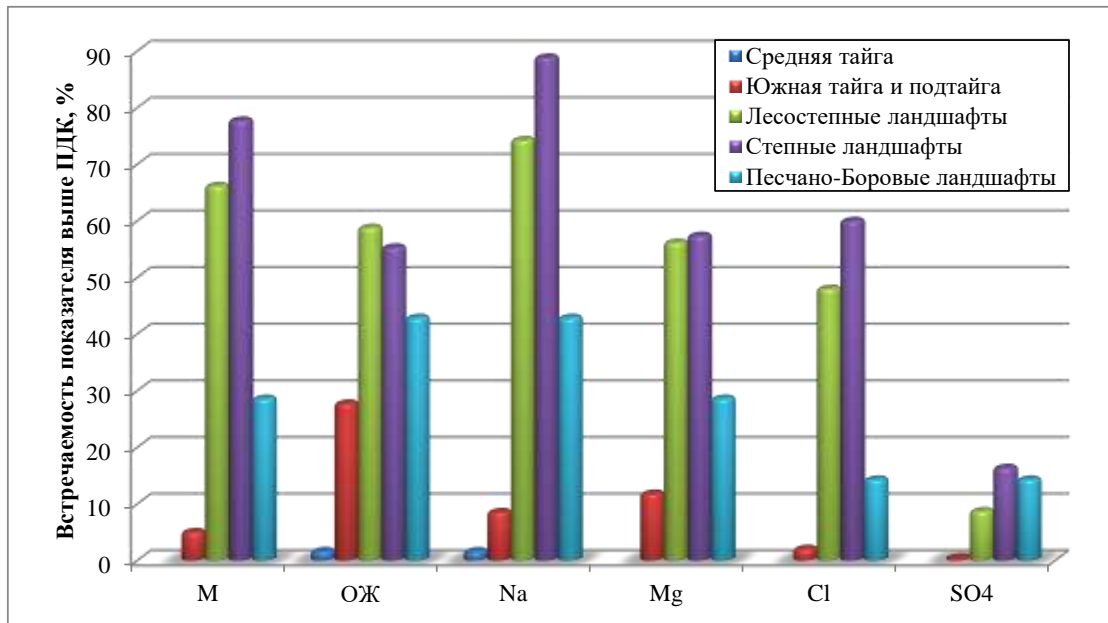


Рис. 46 Встречаемость показателей макрокомпонентного состава подземных вод различных ландшафтных зон

Содержание сульфатов в подземных водах не превышает 634 мг/л, при среднем значении 32,06 мг/л. Причем северные территории характеризуются низкими содержаниями сульфатов – 0,41-59,5 мг/л, в среднем 9,61 мг/л, достигая в единичных пунктах 567 мг/л – с. Заливино, Омская область, а в южных территориях лесостепной и степной зоны и, особенно на территории Приобского плато, содержания сульфатов составляют 1-269,84 мг/л, в среднем составляя 85 мг/л, а по единичным пунктам в южной части Омской области достигая 634 мг/л – с. Новопокровка. Встречаемость повышенных содержаний сульфатов, также как и хлоридов, увеличивается с севера на юг от 0,4 до 16,3%, в зоне развития борových песков в центральной части Алтайского края зафиксированы воды повышенного содержания сульфатов ввиду активного развития процессов десульфитизации водовмещающих пород, поэтому их встречаемость здесь практически такая же – 14,3%, что и в степях, хотя в целом воды более пресные.

Концентрации кальция составляют от 0,4 до 350 мг/л, в среднем 54,61 мг/л. В северной части содержания кальция не превышают 184,4 мг/л – д. Юрковка в Томской области, наибольшие концентрации отмечаются в Новосибирской области в д. Межовка – 350 мг/л, а к югу немного снижаются, что вероятно связано выведением кальция из воды в результате вторичного минералообразования в виде карбонатов, поэтому на юге преимущественно распространены натриевые воды.

Содержание магния изменяется от 0,28 до 265 мг/л, в среднем 25,98 мг/л, наибольшие концентрации отмечаются в Омской области в северной части, достигая 173 мг/л – с. Заливино, а в южной - 265 мг/л – д. Горькое. Встречаемость повышенных содержаний магния увеличивается параллельно с ростом минерализации подземных вод.

Содержание натрия не превышают 570 мг/л (д. Степановка, Ивановка, Красный путь в Омской области), в среднем 58,12 мг/л, в северной части территории до 525 мг/л (с. Колосовка), в среднем 23,59, а в южной части на территории Приобского плато в единичных скважинах достигает максимальных значений при среднем содержании 189,44 мг/л. Встречаемость натрия в подземных водах изменяется от 1,6% в зоне средней тайги до 88,8% в зоне степей.

В более соленых водах (>1,5 г/л) содержание хлоридов составляет 0,028-2 906 мг/л, в среднем 1 171,9 мг/л, а содержания сульфатов достигают 1 819 мг/л, в среднем составляя 395,8 мг/л.

Содержание натрия изменяется от 27,6 до 1 612 мг/л, в среднем 777,21 мг/л, в северной части территории до 1 040 мг/л, в среднем 521,05 мг/л, в юго-западной части на территории Ишимской наклонной равнины и Барабинской низменности в единичных скважинах достигает максимальных значений, в среднем составляя 853,44 мг/л. Концентрации кальция составляют от 0,15 до 502,4 мг/л, в среднем 78,24 мг/л. В северной части содержания кальция не превышают 272 мг/л, а к югу резко возрастают до 502,4 мг/л, что связано с увеличением общей солености подземных вод. Содержания магния в целом изменяются от 1,2 до 372 мг/л, в среднем 97,63 мг/л, а его территориальное распространение в целом согласуется с распространением кальция, т.е. в северной части наблюдаются содержания магния до 300,4 мг/л, а в южной с повышением минерализации содержание магния увеличивается и единичных случаях достигает 372 мг/л.

Общая жесткость подземных вод изменяется от 0,3 до 59,9 мг-экв/л, среднее 6,87 мг-экв/л, достигая максимальных значений в единичных скважинах в южной и западной части (с. Баррикада, Омская область) территории в зоне лесостепей и распространения вод хлоридного натриевого состава с минерализацией более 3 г/л. Жесткость резко снижается в содовых водах с минерализацией около 1-2 г, при более высокой минерализации жесткость подземных вод резко возрастает. В пресных и слабоминерализованных водах с минерализацией менее 1-1,5 г/л жесткость изменяется в среднем от 5,31 мг-экв/л в северных территориях до 5,34 мг-экв/л в южных, что, по-видимому, связано с более широким распространением содовых вод. Встречаемость вод с повышенной жесткостью тесно коррелирует с распространением кальция и магния в подземных водах, а также с ростом минерализации.

Высокие значения рН (до 10,9) отмечаются в содовых водах лесостепной зоны. В целом величина рН увеличивается в широтном направлении с севера на юг.

Железо широко распространено в подземных водах рассматриваемой территории, от 94,1% в зоне средней тайги до 44,7% в зоне степей, и его повышенные содержания повсеместно осложняют решение вопросов водоснабжения (рис. 47). В целом железо в подземных водах изменяется от 0,001 до 52,43 мг/л, в среднем 0,4 мг/л, следовательно, оно наблюдается практически повсеместно от 1,4 мг/л в северных районах в условиях южной и средней тайги до 0,2 мг/л в степных районах Алтайского края (рис. 48). Наибольшие концентрации железа зафиксированы в северо-западной части Томской области с. Средний Васюган. Содержания марганца геохимического спутника железа составляют 0,00001-2,45 мг/л, при среднем значении 0,16 мг/л. В районах южной и средней тайги содержания марганца достигают 2,45 мг/л, в среднем 0,1-0,2 мг/л, а в южных степных районах 0,29 мг/л, в среднем 0,08 мг/л.

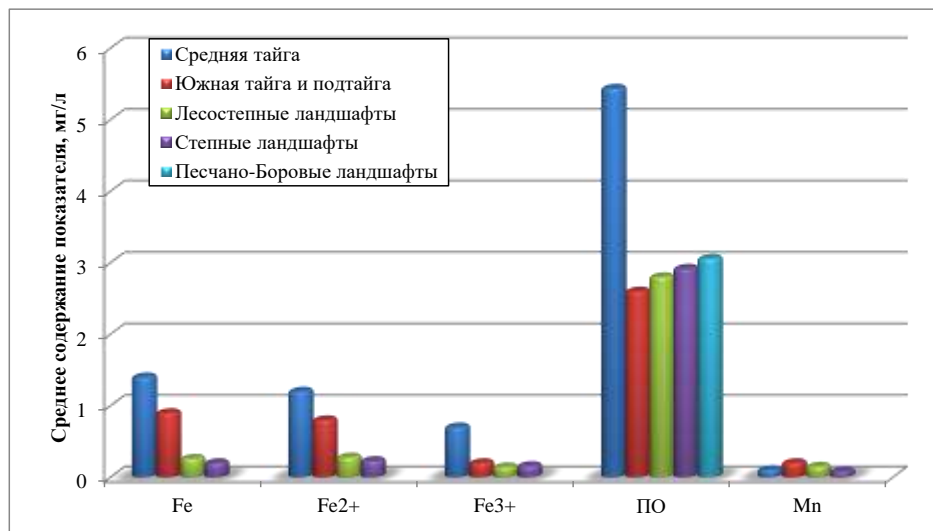


Рис. 47 Средние содержания железа, марганца и органических веществ в подземных водах различных ландшафтных зон

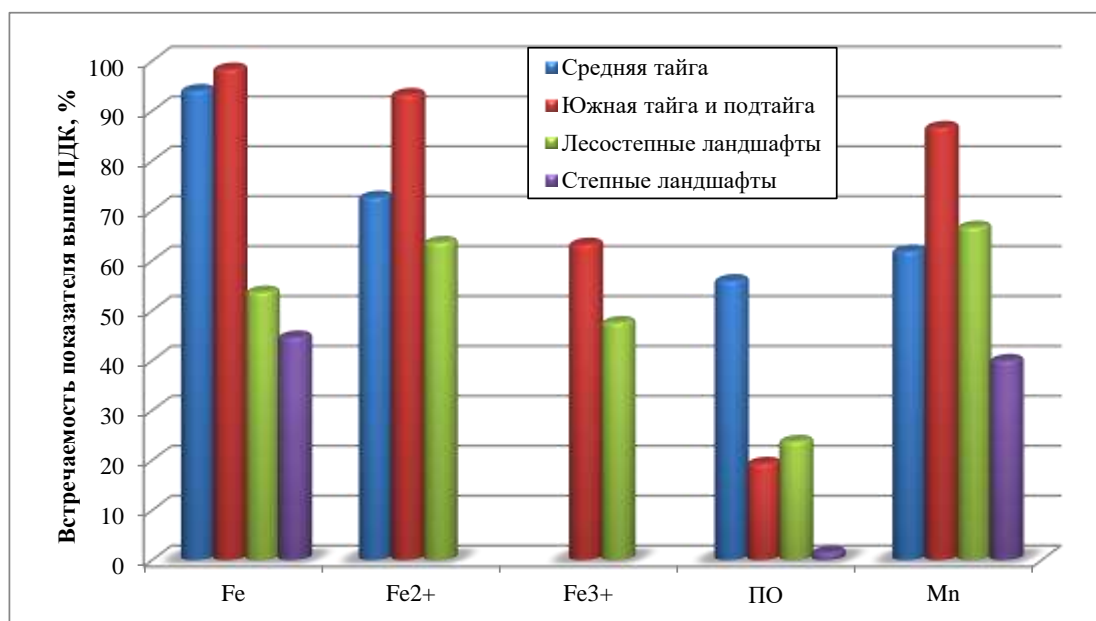


Рис. 48 Встречаемость железа, марганца и органических веществ в подземных водах различных ландшафтных зон

Содержание кремния в подземных водах в среднем составляет 0,2-35,9 мг/л, в среднем 6,98 мг/л, причем наибольшие его содержания наблюдаются в южно-таежных и подтаежных ландшафтах в пределах территории Томской области (Вахтовые поселки Каргасокского района, д. Поросино, Борики в Томском районе и т.д.) – среднее 11,7 мг/л, а наименьшие отмечаются в степных ландшафтах (с. Хабары в Алтайском крае – 1,17 мг/л) – среднее 5,67 мг/л.

Полифосфаты в подземных водах распространены в незначительных количествах, обычно их содержания составляют 0,001-0,69 мг/л, среднее 0,09 мг/л, редко до 3,49 мг/л (г. Омск, Омская область). Стронций в подземных водах достигает 1,75, реже до 5,9 мг/л (г. Кедровый, Томская область), среднее 0,33 мг/л.

Окисляемость подземных вод изменяется от 0,01 до 39 мгО₂/л, в среднем 2,67 мгО₂/л. Более высокие значения окисляемости характерны для вод заболоченных территорий и северных районов, п. Вороновка (32 мгО₂/л), д. Оськино (23 мгО₂/л) и с. Тимирязево (39 мгО₂/л) в Томской области.

Азотистые соединения в подземных водах, как правило, не определяются за исключением зон распространения заболоченных территорий, а также нефтегазоносных районов северной части, где наблюдаются повышенные содержания аммония, вызванные природными условиями территории. В водах повсеместно распространены ионы аммония от 0,001 до 1,44 мг/л, в среднем 0,32 мг/л. Повышенные содержания аммония достигают 5,55 мг/л (д. Федоровка в Омской области) и зачастую связаны природными условиями формирования подземных вод, а в нефтегазоносных районах северной части территории содержание аммония достигает 12,61 мг/л (с. Средний Васюган, Столбовое месторождение в Томской области). Нитриты и нитраты присутствуют в водах в очень незначительных количествах. Содержание нитратов в целом изменяются от 0,001 до 19,94 мг/л, в среднем 1,1 мг/л, однако в условиях антропогенной нагрузки в пределах территорий населенных пунктов, особенно в районах интенсивного развития сельского хозяйства содержания нитратов могут достигать 44,02 мг/л (д. Караульное, Гушино, с. Лорис-Моисеево, Такмык в Омской области). Содержание нитритов не обычно превышает 0,62 мг/л, в среднем 0,019 мг/л, в единичных точках содержание достигает 2,97 мг/л (с. Чащино в Омской области).

Содержание фтора в подземных водах варьирует от следов до 0,76 мг/л, редко до 1,4 мг/л (с. Красноярка в Омской области) при средней концентрации 0,25 мг/л.

Содержание тяжелых металлов – медь, свинец, цинк в подземных водах низкое, зачастую на порядок ниже нормативов. Содержание меди обычно составляет 0,00003-0,41 мг/л, среднее 0,01, свинца – 0,0001-0,032 мг/л, среднее 0,0021 мг/л, а цинка – 0,0002-0,56 мг/л,

среднее 0,012 мг/л. В пределах населенных пунктов и промышленных зон содержания этих элементов в единичных точках достигают по меди до 0,92 мг/л, свинцу – 0,25 мг/л и цинку 4,43 мг/л.

Бериллий и ртуть в подземных водах находятся на уровне следов, однако в единичных скважинах фиксируются до 0,00019 мг/л содержания бериллия, в среднем 0,00011 мг/л, и ртути до 0,00056 мг/л, в среднем 0,00008.

Низкие содержания также характерны и для молибдена до 0,2 мг/л (среднее 0,003 мг/л), кадмия редко до 0,001 мг/л (среднее 0,00027 мг/л), лития до 0,047 мг/л (среднее 0,0046 мг/л), мышьяка до 0,0056 мг/л (среднее 0,0038 мг/л), а в единичных случаях до 0,04 мг/л (сс. Красноярка, Исилькуль, Называевск), никеля до 0,08 мг/л (среднее 0,007 мг/л), селена до 0,005 мг/л (среднее 0,0005 мг/л), алюминия до 0,056 мг/л (среднее 0,039 мг/л) и хрома до 0,04 мг/л (среднее 0,0066 мг/л). Содержания бария варьируют от 0,001 до 0,49 мг/л, среднее 0,1 мг/л, в единичных скважинах до 0,64 мг/л (с. Полтавка в Омской области).

Содержание бора в среднем составляет 0,13 мг/л, максимальные значения фиксируются в лесостепной зоне – 1,42 мг/л на территории Восточно-Барабинской наклонной равнины – гг. Куйбышев и Каргат.

Среднее содержание брома в подземных водах составляет 0,11 мг/л, максимальное его значение (6,5 мг/л) отмечается в северной части территории Обь-Томского междуречья и по видимому связано с подтоком более соленых меловых вод в результате эксплуатации Томского водозабора подземных вод.

Содержание йода в пресных водах изменяется до 0,5 мг/л, в среднем 0,017 мг/л, редко встречаются концентрации до 5 мг/л (с. Гальбштадт в Алтайском крае).

Нефтепродукты в подземных водах как правило отсутствуют или их содержания составляют от 0,0005 до 0,059 мг/л, среднее 0,026, в пределах территорий населенных пунктов и промышленных зон достигают 1,77 мг/л (с. Усть-Ишим в Омской и с. Зырянское в Томской области).

Содержания фенолов в подземных водах практически не фиксируются. Их концентрации составляют 0,0001-0,00059 мг/л, однако в отдельных случаях отмечается до 0,012 мг/л, при средней величине 0,0016 мг/л.

В пределах Чаинского Приобья Васюганской равнины и Обь-Томского междуречья Обь-Иртышской равнины в палеогеновом водоносном комплексе на общем фоне распространения гидрокарбонатных кальциевых пресных вод фиксируются зоны развития солоноватых вод.

В Чаинском Приобье в районе пп. Могочин и Усть-Бакчар, а также в районе среднего течения рр. Иксы и Чижалки обнаруживаются повышенные содержания хлоридов в зонах разгрузки глубоких меловых вод в областях активных неотектонических подвижек.

На Обь-Томском междуречье в районе слияния рр. Оби и Томи выделяется ряд аномалий: в долине р. Томи в районе д. Тигильдеево в водах скв. 507р, в северной части междуречья в конце второй очереди Томского водозабора (водозаборные скважины 125э-127э, режимные скважины 458р, 444р) и в середине третьей линии – скважины 151э-157э.

Гидрогеохимические аномалии междуречья могут быть связаны с современной флюидоактивной тектоникой и с подтягиванием по литологическим окнам из нижнего мелового комплекса соленых вод вследствие эксплуатации Томского водозабора.

Подземные воды в районе скважины 507р в начале наблюдений в 1985 г. имели повышенную минерализацию – 1,27 г/л, содержания хлоридов – 0,71 мг/л и не характерный для юрковской свиты хлоридный магниево-кальциево-натриевый состав. В последующие годы отмечается снижение содержания хлоридов и величины минерализации:

Формула среднего солевого состава подземных вод по данным 1999 г.:

$$M\ 1,01 \frac{Cl\ 82,9; HCO_3\ 16,9; SO_4\ 0,2}{Na\ 47,3; Ca\ 29,4; Mg\ 23,3} pH\ 7,3; Ж\ 9,7; Fe\ 7,2; Mn\ 0,3; Si\ 9,5.$$

В 2012 г минерализация воды в скв. 507р понизилась до 0,69 г/л, хлоридов – до 0,27 мг/л (рис. 49).

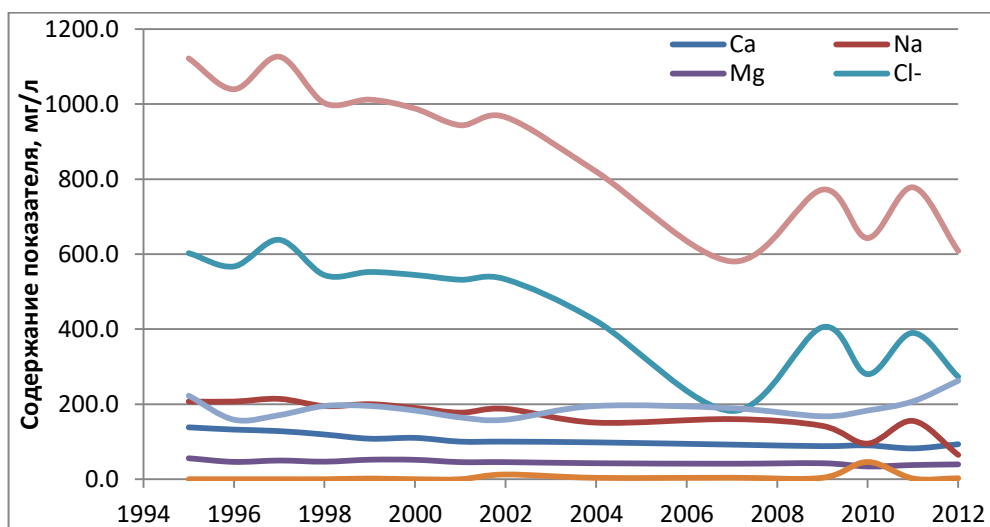


Рис. 49 Многолетние изменения содержания основных макрокомпонентов в подземных водах в районе выявленной аномалии (Сква. 507р – P₂jr)

На данном участке причиной изменения минерализации за счет перетока подземных вод из нижележащих меловых отложений не является, так как меловые вод сымской свиты воды являются пресными с минерализацией 0,27 г/л хлоридно-гидрокарбонатными магниево-кальциево-натриевыми:

$$M\ 0,27 \frac{HCO_3\ 67,1; Cl\ 23,5; SO_4\ 9,4}{Na\ 43,9; Ca\ 28,6; Mg\ 25,2; K\ 2,3} pH\ 7,2; Ж\ 2,8; Fe\ 1,4; Mn\ 0,03; Si\ 14,6.$$

Подземные воды в конце второй очереди Томского водозабора в начале наблюдений в 1985-1990 гг. были весьма слабосоленоватыми с минерализацией до 0,8-1,1 г/л, содержание хлоридов в них достигало 0,29 -0,62 г/л. Основной причиной такой аномалии являлось подтягивание солоноватых меловых вод в результате ввода в эксплуатацию второй очереди Томского водозабора. В результате снижений уровней в эксплуатируемом палеогеновом водоносном комплексе и увеличения разностей напоров между ним и залегающим ниже меловым водоносным комплексом произошло усиление перетока солоноватых вод из нижележащих горизонтов в палеогеновые. Но, несмотря на то, что с 2011 г. была остановлена добыча из эксплуатационных скважин в конце второй очереди водозабора, существенного уменьшения минерализации и хлоридов не произошло (рис. 50-51).

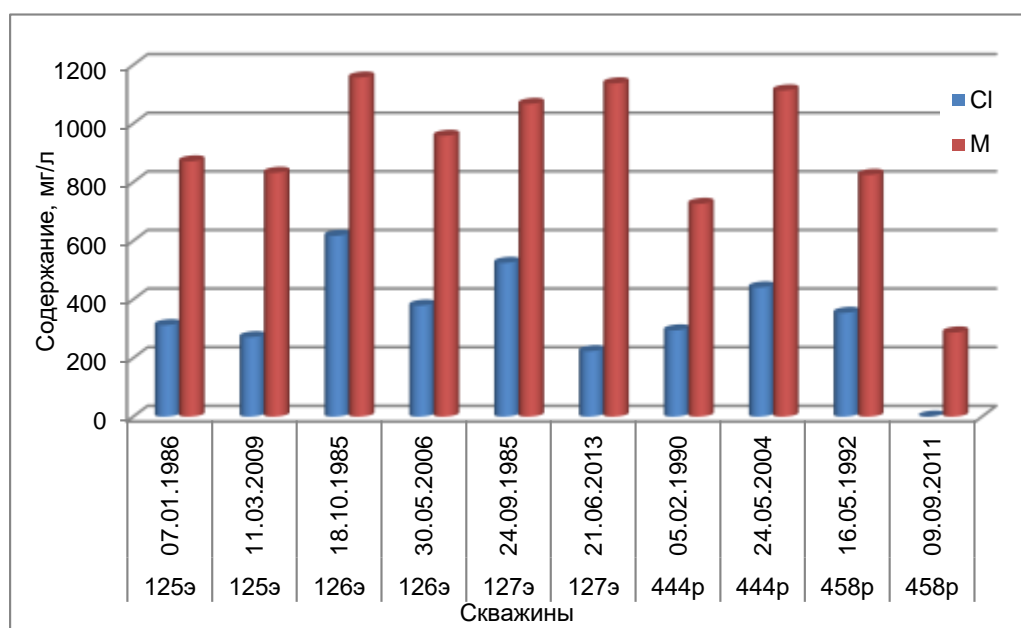


Рис. 50 Изменения минерализации и содержаний хлоридов в подземных водах в районе конца 2-й очереди Томского водозабора

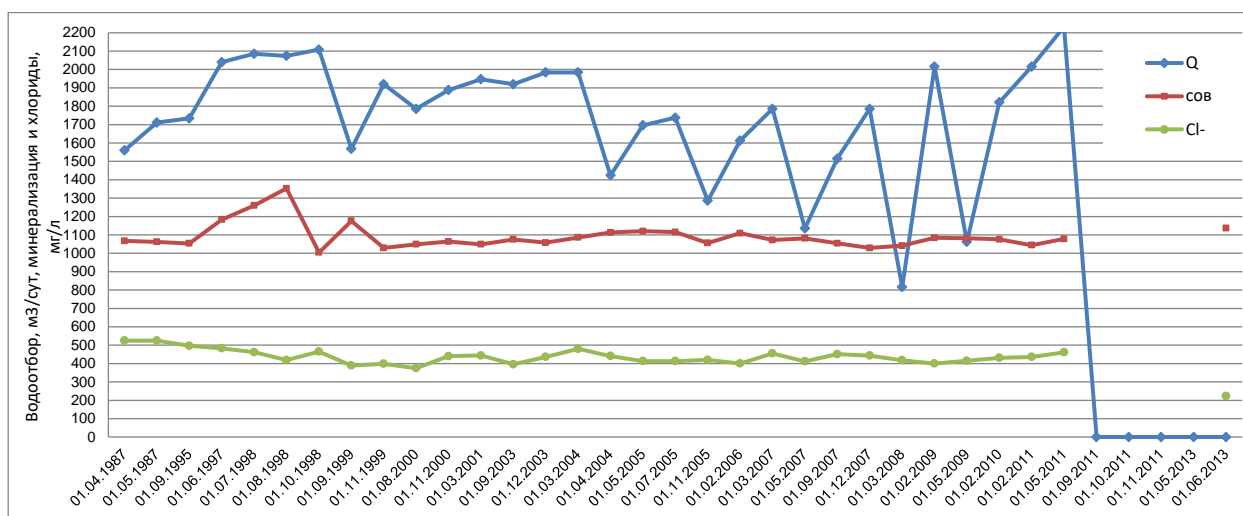


Рис. 51 Зависимость минерализации и содержаний хлоридов в скв. 127э от величины водоотбора

В середине третьей очереди скважин 151э-157э, находящихся в зоне возможного межпластового перетока из нижнего водоносного мелового комплекса, в течение ряда лет отмечались скачкообразные содержания хлоридов и повышение минерализации (рис. 52).

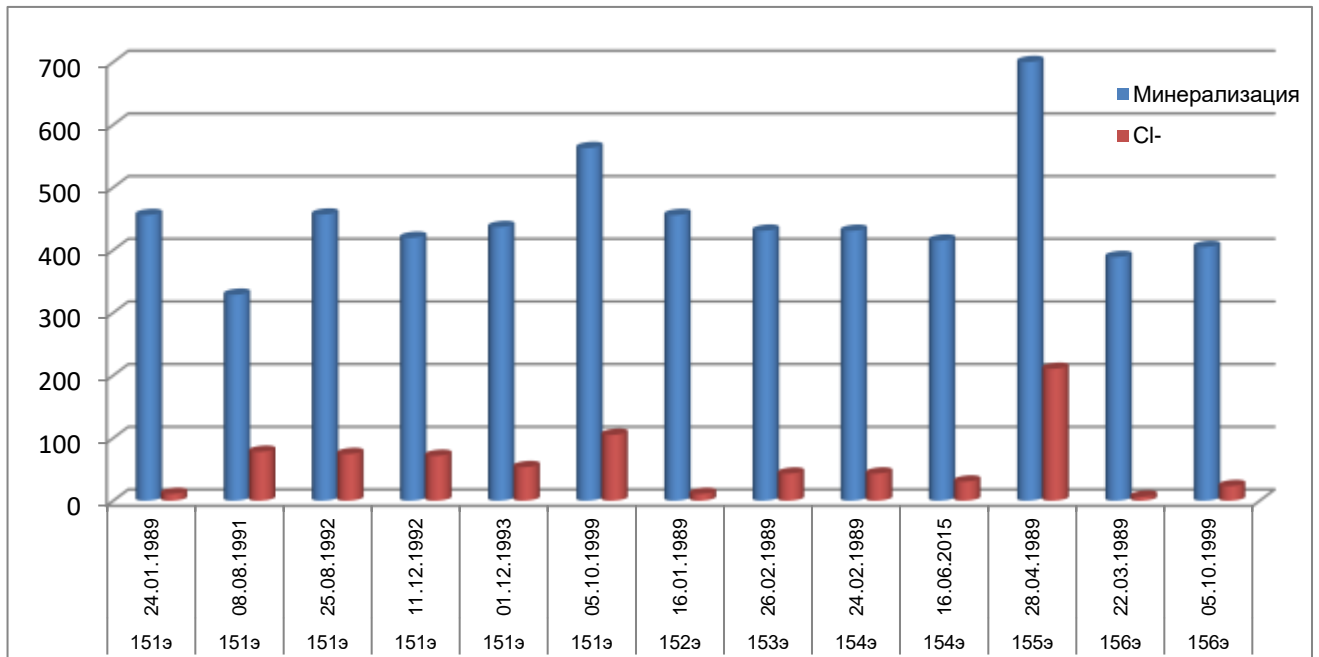


Рис. 52 Изменения минерализации и содержаний хлоридов в подземных водах в районе 3-й очереди Томского водозабора

Химический состав подземных вод меловых отложений

В пределах рассматриваемой территории водоносный комплекс мелового возраста характеризуется региональным распространением и представлен отложениями верхнего (ипатовская и ее аналог сымская свита) и ниже-верхнего мела (покурская свита), разделенными глинами кузнецовской свиты мощностью от 2 до 45 м. Водовмещающие породы представлены, преимущественно, песками различного гранулометрического состава с прослоями глин и алевритов, причем дисперсность песков снижается по мере погружения водоносного комплекса от предгорий Алтая к центру бассейна в северо-западном направлении в соответствии со сменой континентальных условий осадконакопления прибрежно-морскими и морскими. Глубина залегания отложений мела варьирует от первых метров в зоне выклинивания до 1 км на территории Омской впадины.

В северной части долины реки Оби, в районе крупной внутренне-краевой области разгрузки артезианских вод меловых отложений, отметки пьезометрических уровней снижаются до 67 м. Долины рек Оби, Томи, Чулыма, Кети и Парабели интенсивно дренируют воды меловых отложений. Мощная разгрузка подземных вод осуществляется через вышележащие отложения, о чем свидетельствует превышение пьезометрической поверхности

над урезом воды в реках. Уровни в скважинах устанавливаются на глубине 1-34 м – на водоразделах и 2,6-20,7 м - в долинах. На большей части территории воды мелового комплекса самоизливающиеся.

Формирование химического состава вод меловых отложений происходит в условиях затруднённого водообмена, и только в краевой восточной части бассейна воды формируются за счёт инфильтрационных вод выщелачивания, унаследовав состав вышележащих отложений. По мере движения подземных вод происходит не только рост минерализации, но и закономерное площадное изменение их химического состава, как правило, в известной для артезианских бассейнов последовательности смены преобладающих анионов: $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{Cl}^-$. В условиях снижения подвижности подземных вод и изоляции их от влияния физико-географической обстановки всё большее значение приобретает перенос растворённых веществ по механизму молекулярной диффузии. Состав меловых вод в значительной мере определяется вещественным составом пород, наличием в кровле комплекса морских и прибрежно-морских отложений, глауконитовым и полевошпатовым составом водовмещающих пород, интенсивным обогащением рассеянным органическим веществом континентальных отложений нижнего-верхнего мела.

Для водоносного комплекса характерна чёткая гидрогеохимическая зональность, которая выражается в изменении ионно-солевого состава (рис. 53-54) и повышении минерализации подземных вод (рис. 55) с удалением от областей питания, с увеличением глубины залегания комплекса и вниз по разрезу, от 0,12 до 4,77 г/л.

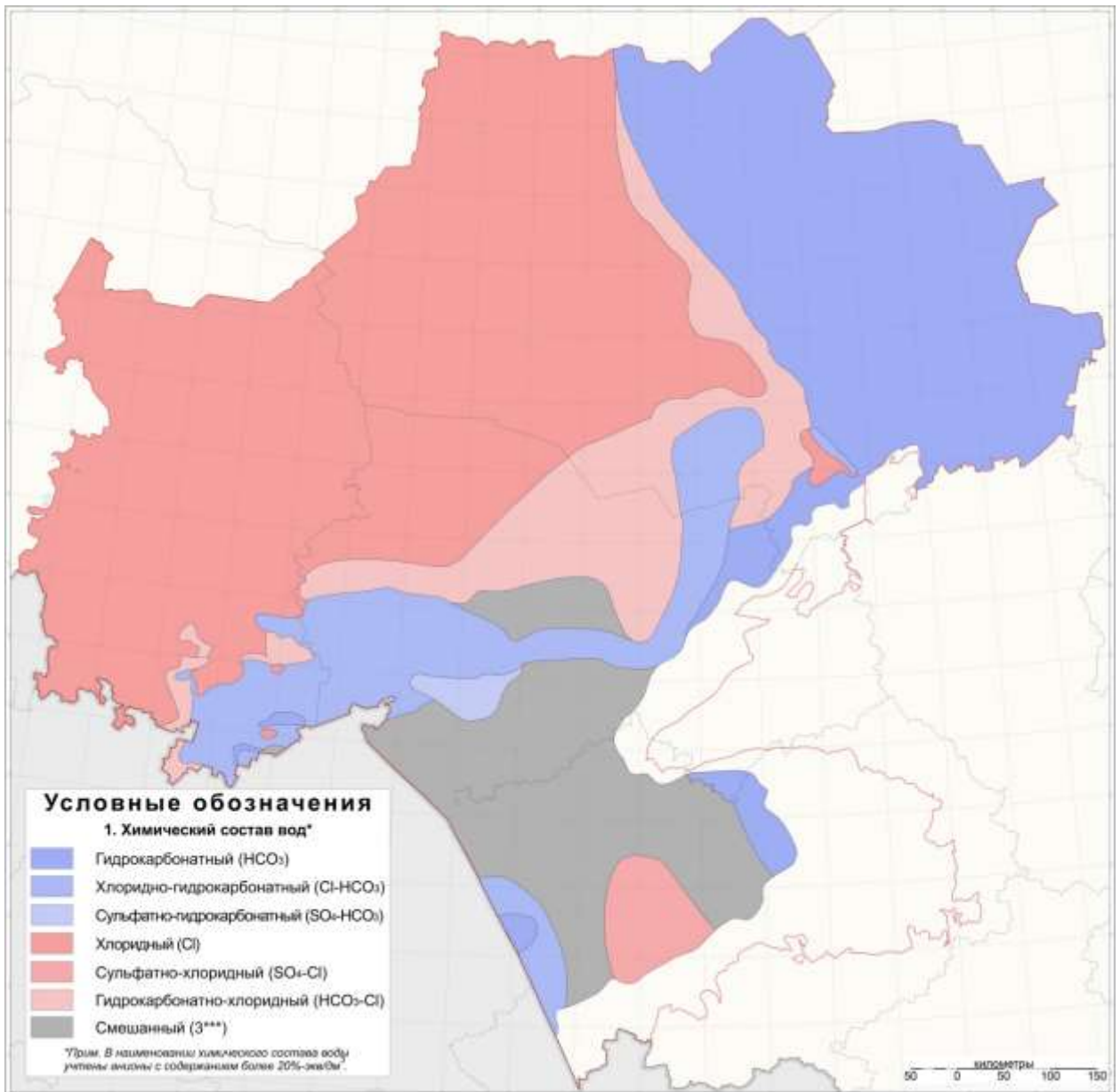


Рис. 53 Пространственное распределение анионного состава подземных вод меловых отложений

Наиболее высокие величины минерализации отмечены в центральной части Приобского плато (3,9 г/л), в центре Омской впадины (6,7 г/л), максимальная минерализация подземных вод отмечается на северо-западе территории работ на левобережье р. Обь (11-15 г/л), в районе слияния рр. Обь и Томь (8,7 г/л). С увеличением минерализации химический состав вод меняется от гидрокарбонатного, хлоридно-гидрокарбонатного магниево-кальциевого, натриево-кальциевого, магниево-натриевого, натриевого до хлоридного натриевого.

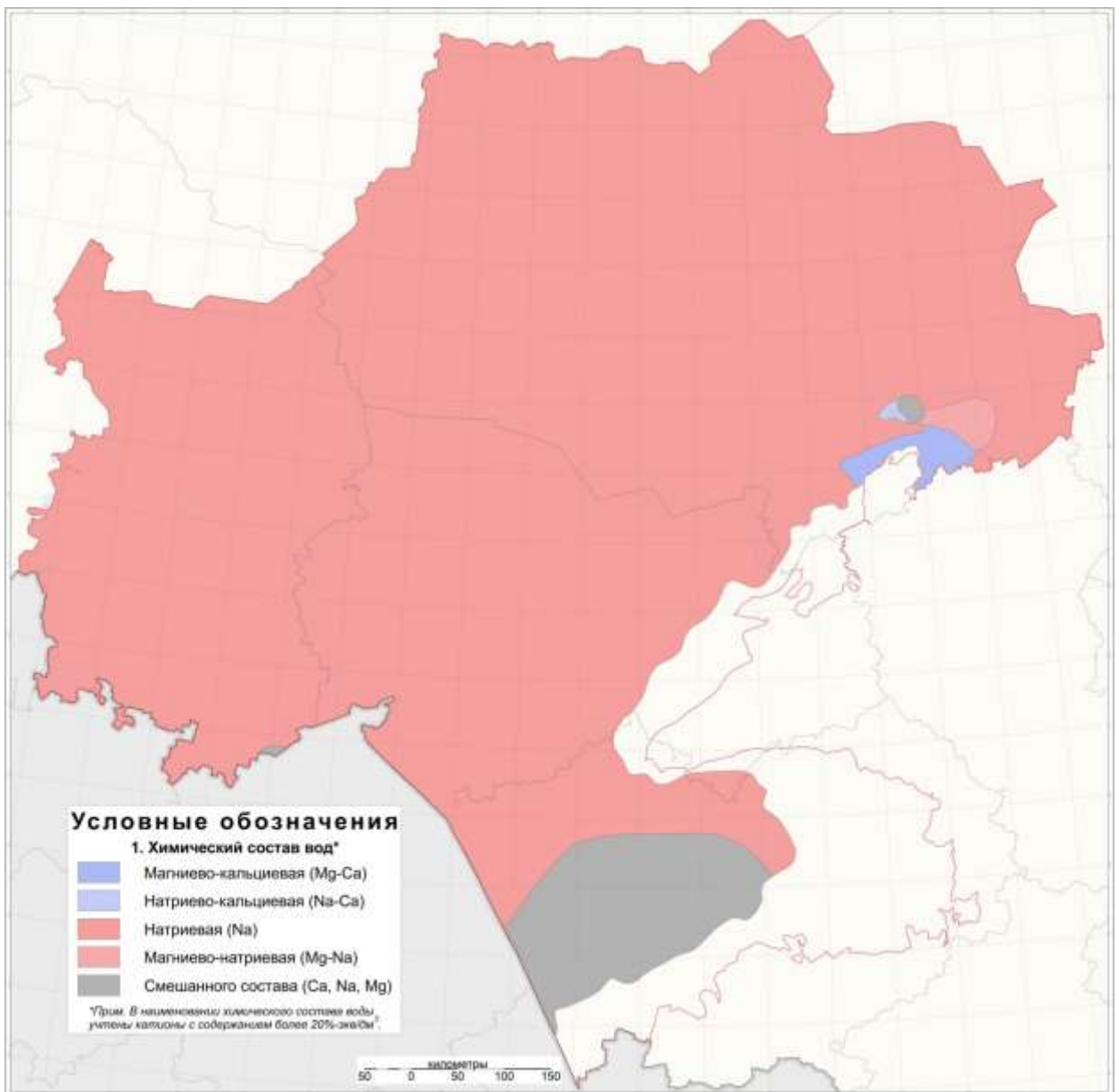


Рис. 54 Пространственное распределение катионного состава подземных вод меловых отложений

Несмотря на то, что на большей части территории подземные воды меловых отложений имеют высокую минерализацию и хлоридный натриевый состав, в западных, юго-западных и частично центральных районах Новосибирской области и в южных и юго-восточных районах Омской области они являются одним из основных, а зачастую единственным источником для хозяйственно-питьевого водоснабжения. На территории Алтайского края подземные воды меловых отложений эксплуатировались преимущественно в северо-западной части на территории Кулундинской равнины, в настоящее время они эксплуатируются единичными скважинами в гг. Славгород и Яровое. На этих территориях, как правило, распространены пресные (менее 1 г/л), либо весьма слабосоленоватые (1-1,5 г/л) подземные воды

гидрокарбонатного, сульфатно-гидрокарбонатного, хлоридно-гидрокарбонатного магниево-кальциевого или натриевого состава (Табл. 28).

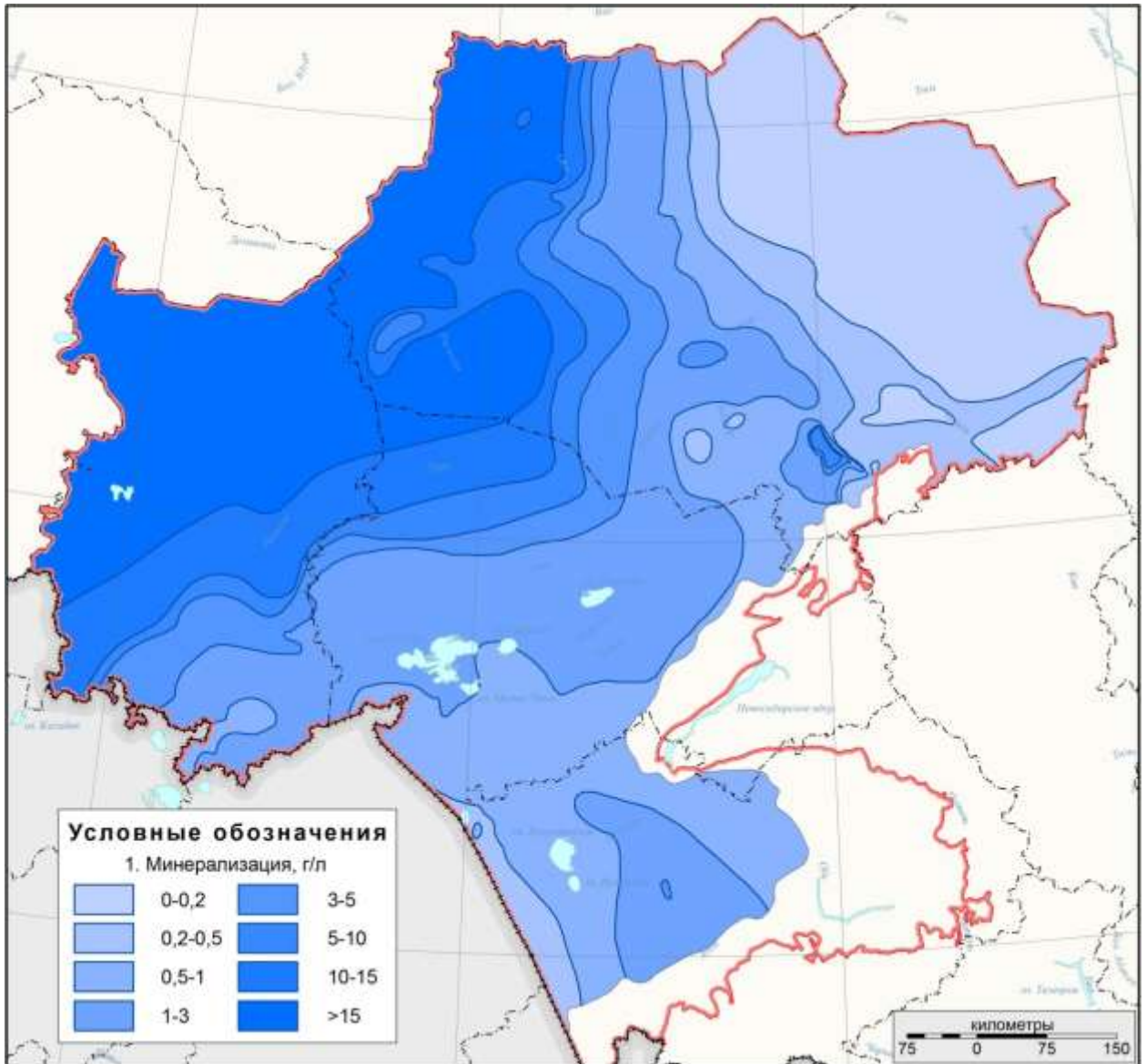


Рис. 55 Пространственное распределение минерализации подземных вод меловых отложений

Таким образом, в пределах рассматриваемой территории от юго-восточных склонов палеозойского обрамления в северо-западном направлении формируется несколько веерообразных потоков подземных вод с различной минерализацией.

Зона пресных вод (<0,5 г/л) занимает всю южную, юго-восточную, восточную и северо-восточную части территории и приурочена, преимущественно, к районам горно-складчатого обрамления Западно-Сибирского сложного артезианского бассейна. Здесь мощность водовмещающих отложений составляет в среднем 50-100 м, достигая 240 м в районе Кеть-Чулымского междуречья.

Характеристика химического состава подземных вод
меловых отложений с минерализацией до 1,5 г/л

Показатель, единица измерения		ПДК	N набл.	Среднее	Мини- мум	Макси- мум	% выше ПДК
1	2	3	4	5	7	8	11
Обобщенные показатели	Минерализация, мг/л	1000	599	682,0	127,1	1499,0	36,9
	pH, ед. pH	6-9	571	7,8	6,3	9,5	1,6
	Eh, мВ	-	43	16,70	-147,00	201	-
	Общая жесткость, мг-экв/л	7	590	1,1	0,1	19,0	2,9
	Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	5	531	1,83	0,1	17,0	14,1
	Нефтепродукты, мг/л	0,1	99	0,064	0,00008	2,78	7,4
	АПАВ, мг/л	0,5	17	0,031	0,013	0,19	-
	СПАВ, мг/л	0,5	2	0,1	0,081	0,13	-
	Фенольный индекс	0,25	74	0,0022	0,0004	0,11	-
	Фенолы, мг/л	0,001	55	0,015	0,000003	2,0	8,2
Макрокомпоненты	Гидрокарбонаты (HCO ₃ ⁻), мг/л	-	599	434,2	1,2	1159,0	-
	Карбонаты (CO ₃ ²⁻), мг/л	-	154	15,9	0,5	144,0	-
	Хлориды (Cl ⁻), мг/л	350	592	70,1	0,2	840,0	2,7
	Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/л	500	523	81,3	0,4	356,0	-
	Кальций (Ca ²⁺), мг/л	-	599	11,3	0,2	176,4	-
	Магний (Mg ²⁺), мг/л	50	567	5,5	0,0	87,6	1,4
	Натрий (Na ⁺), мг/л	200	599	194,2	4,8	604,9	69,6
	Калий (K ⁺), мг/л	-	76	3,6	0,2	24,5	-
	Аммоний (NH ₄ ⁺), мг/л	1,5*	419	0,46	0,001	13,40	14,3
	Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/л	45	217	0,6	0,003	32,0	-
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/л	3	222	0,082	0,001	7,50	5,0	
Микрокомпоненты	Алюминий (Al), мг/л	0,5	76	0,064	0,0001	0,16	-
	Барий (Ba), мг/л	0,7	73	0,09	0,0002	0,65	6,8
	Бериллий (Be), мг/л	0,0002	59	0,000021	0,000001	0,00087	6,2
	Бор (B), мг/л	0,5	61	0,83	0,0034	19,7	60,7
	Бромиды (Br ⁻), мг/л	0,2	38	0,57	0,03	6,4	76,3
	Железо общее (Fe), мг/л	0,3	482	0,49	0,01	12,5	59,1
	Закисная форма железа (Fe ²⁺), мг/л	-	105	0,74	0,025	21,4	69,5
	Окисная форма железа (Fe ³⁺), мг/л	-	94	0,49	0,01	6,6	67,0
	Йод (I), мг/л	-	20	0,12	0,005	1,44	-
	Кадмий (Cd), мг/л	0,001	114	0,00035	0,000003	0,003	2,2
	Кремний (Si), мг/л	10	95	6,69	0,32	24,5	36,8
	Литий (Li), мг/л	0,03	22	0,0073	0,0019	0,058	4,5
	Марганец (Mn), мг/л	0,1	258	0,037	0,0036	1,75	23,3
	Медь (Cu), мг/л	1	248	0,0079	0,0004	0,098	-
	Молибден (Mo), мг/л	0,25	121	0,0042	0,0003	0,45	-
	Мышьяк (As), мг/л	0,05	136	0,0045	0,0005	0,02	1,5
	Никель (Ni), мг/л	0,1	62	0,0088	0,0001	0,048	1,6
	Полифосфаты (PO ₄), мг/л	3,5	36	0,041	0,004	0,57	-
	Ртуть (Hg), мг/л	0,0005	50	0,00013	0,00001	0,00063	1,4
	Свинец (Pb), мг/л	0,03	160	0,0025	0,000011	0,05	7,5
	Селен (Se), мг/л	0,01	30	0,0016	0,0001	0,0045	-
	Стронций (Sr), мг/л	7	96	0,17	0,0001	3,84	-
	Фториды (F ⁻), мг/л	1,5	299	0,42	0,02	2,8	5,7
	Хром (Cr), мг/л	0,05	99	0,01	0,001	0,027	-
Цинк (Zn), мг/л	5	193	0,0089	0,0005	0,9	-	
Радиологические показатели	Общая α-радиоактивность, Бк/л	0,2	63	0,027	0,01	0,25	3,2
	Общая β-радиоактивность, Бк/л	1	56	0,069	0,018	0,75	-

П р и м е ч а н и е

*Нормируется по аммиаку (по азоту)

Воды с минерализацией менее 0,5 г/л распространены, преимущественно, в южной, юго-восточной частях территории. Так в пределах Кулундинской равнины распространены хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные натриевые подземные воды с минерализацией 0,23-0,5 г/л, среднее - 0,41 г/л, однако в отдельных случаях минерализация может повышаться до 1,3 г/л (с. Суворовка, Благовещенский район). В одной из 5 скважин, пробуренных в с. Благовещенка минерализация вод составляет 1,21 г/л, в остальных - 0,7-0,8 г/л. По составу воды сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные, преимущественно, смешанного катионного состава. Кроме того, на крайнем востоке Приобского плато, в зоне распространения песчано-боровых ландшафтов, и северо-востоке территории на правом берегу и в долине р. Обь разрез перекрывающей толщи мезо-кайнозоя становится, преимущественно, песчаным и обуславливает нисходящее инфильтрационное питание, что приводит к формированию пресных гидрокарбонатных натриевых подземных вод с минерализацией 0,13-0,32 г/л, среднее - 0,14 г/л.

Формула среднего солевого состава подземных вод с минерализацией <0,5 г/л:

В целом:

$$M\ 0,25 \frac{HCO_3\ 93,5; Cl\ 4,2; SO_4\ 2,3}{Ca\ 36,9; Na\ 36,0; Mg\ 25,5; K\ 1,6} pH\ 7,5; Ж\ 2,5; Fe\ 0,7; Mn\ 0,14; Si\ 7,14.$$

Кулундинская равнина

$$M\ 0,41 \frac{HCO_3\ 54,1; SO_4\ 23,1; Cl\ 22,8}{Na\ 64,5; Mg\ 17,9; Ca\ 17,6} pH\ 7,3; Ж\ 2,5; Fe\ 4,85; Mn\ 0,03; Si\ 3,74.$$

Правобережье р. Обь (Кетско-Тымская и Чулымская наклонные равнины):

$$M\ 0,14 \frac{HCO_3\ 91,0; SO_4\ 4,8; Cl\ 4,2}{Na\ 70,3; Mg\ 15,2; Ca\ 14,5} pH\ 7,6; Ж\ 0,78; Fe\ 0,67; Mn\ 0,16; Si\ 6,36.$$

Обь-Иртышская равнина:

$$M\ 0,14 \frac{HCO_3\ 93,3; Cl\ 5,3; SO_4\ 1,4}{Na\ 82,0; Ca\ 10,0; Mg\ 6,7; K\ 1,3} pH\ 8,3; Ж\ 1,11; Mn\ 0,33; Si\ 8,5.$$

При дальнейшем росте минерализации до 1,0 г/л в подземных водах начинает увеличиваться содержание сульфатов и хлоридов, а в северо-западных, наиболее погруженных районах, воды становятся хлоридными. Пресные хлоридно-гидрокарбонатные подземные воды с минерализацией 0,5-1,0 г/л, в среднем 0,73 г/л, распространены в южной, юго-восточной, восточной и северо-восточной частях территории.

Формула среднего солевого состава подземных вод с минерализацией 0,5-1,0 г/л:

В целом:

$$M\ 0,73 \frac{HCO_3\ 53,0; Cl\ 27,2; SO_4\ 19,8}{Na\ 92,5; Ca\ 3,8; Mg\ 3,0; K\ 0,7} pH\ 7,9; Ж\ 0,89; Fe\ 0,29; Mn\ 0,02; Si\ 5,12.$$

Кулундинская равнина:

$$M\ 0,62 \frac{HCO_3\ 43,3; Cl\ 34,8; SO_4\ 21,9}{Na\ 68,6; Ca\ 16,2; Mg\ 15,2} pH\ 7,7; Ж\ 3,91; Fe\ 0,22; Mn\ 0,01; Si\ 5,10.$$

Приобское плато:

$$M\ 0,79 \frac{HCO_3\ 36,5; Cl\ 35,6; SO_4\ 27,9}{Na\ 68,2; Mg\ 16,5; Ca\ 15,3} pH\ 7,4; Ж\ 4,3; Fe\ 1,59; Mn\ 0,02; Si\ 0,91.$$

Барабинская низменность и Восточно-Барабинская наклонная равнина:

$$M\ 0,73 \frac{HCO_3\ 53,4; Cl\ 26,1; SO_4\ 20,5}{Na\ 93,4; Ca\ 3,4; Mg\ 2,6; K\ 0,6} pH\ 7,9; Ж\ 0,8; Fe\ 0,26; Mn\ 0,02; Si\ 6,33.$$

Ишимская наклонная равнина:

$$M\ 0,76 \frac{HCO_3\ 71,5; Cl\ 16,1; SO_4\ 12,4}{Na\ 96,0; Ca\ 2,1; Mg\ 1,9} pH\ 7,7; Ж\ 0,57; Fe\ 0,26; Mn\ 0,05.$$

Васюганская наклонная равнина:

$$M\ 0,55 \frac{HCO_3\ 61,5; Cl\ 37,8; SO_4\ 0,7}{Na\ 89,7; Ca\ 5,2; Mg\ 5,1} pH\ 8,3; Ж\ 1,02; Fe\ 1,75; Mn\ 0,05; Si\ 3,55.$$

Обь-Иртышская равнина:

$$M\ 0,78 \frac{Cl\ 57,8; HCO_3\ 42,2}{Na\ 89,8; Ca\ 5,5; Mg\ 4,1; K\ 0,6} pH\ 8,5; Ж\ 1,33; Fe\ 0,28; Mn\ 0,04; Si\ 5,72.$$

На большей части территории распространены подземные воды с минерализацией более 1,0 г/л. Как уже отмечалось выше, минерализация планомерно возрастает по мере погружения меловых отложений в северо-западном направлении к центру бассейна. В этом плане интересны подземные воды с минерализацией 1-1,5 г/л, используемые для водоснабжения в южной части Омской, отдельных территориях Новосибирской области и Алтайского края. Здесь распространены, преимущественно, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией 1,0-1,5 г/л, среднее 1,22 г/л.

Формула среднего солевого состава подземных вод с минерализацией 1,0-1,5 г/л:

В целом:

$$M\ 1,22 \frac{HCO_3\ 58,6; Cl\ 24,9; SO_4\ 16,5}{Na\ 95,8; Ca\ 1,9; Mg\ 1,6; K\ 0,7} pH\ 7,95; Ж\ 0,84; Fe\ 0,28; Mn\ 0,03; Si\ 9,09.$$

Барабинская низменность и Восточно-Барабинская наклонная равнина:

$$M\ 1,4 \frac{HCO_3\ 56,3; Cl\ 28,5; SO_4\ 15,2}{Na\ 96,4; Ca\ 1,5; Mg\ 1,5; K\ 0,6} pH\ 7,89; Ж\ 0,81; Fe\ 0,28; Mn\ 0,02; Si\ 10,85.$$

Ишимская наклонная равнина:

$$M\ 1,29 \frac{HCO_3\ 60,5; Cl\ 23,1; SO_4\ 16,4}{Na\ 96,3; Ca\ 1,6; Mg\ 1,5; K\ 0,6} pH\ 8,13; Ж\ 0,88; Fe\ 0,15; Mn\ 0,03.$$

Обь-Иртышская равнина:

$$M\ 1,09 \frac{Cl\ 60,7; HCO_3\ 38,8; SO_4\ 0,5}{Na\ 95,4; Ca\ 3,3; Mg\ 0,9; K\ 0,4} pH\ 8,57; Ж\ 0,77; Fe\ 0,31; Mn\ 0,1; Si\ 3,41.$$

Подземные воды с минерализацией более 3 г/л распространены в северо-западной части территории, имеют хлоридный натриевый состав и для водоснабжения не используются.

Формула среднего солевого состава подземных вод:

Подземные воды с минерализацией 3-5 г/л:

$$M\ 3,84 \frac{Cl\ 84,5; HCO_3\ 14,3; SO_4\ 1,2}{Na\ 94,6; Ca\ 2,6; Mg\ 2,8} pH\ 7,56; Ж\ 3,65; Fe\ 0,19; Mn\ 0,03; Si\ 4,09.$$

Содержание показателей макрокомпонентного состава изменяется в соответствии с ростом минерализации (рис. 56). В водах с минерализацией более 1,5 г/л резко возрастает встречаемость показателей в концентрациях превышающих действующие нормативы (рис. 57).

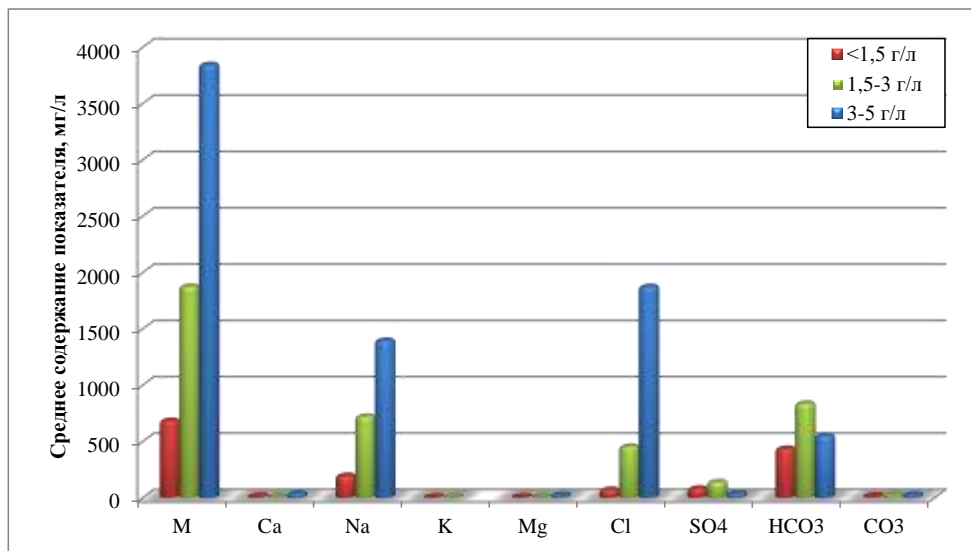


Рис. 56 Среднее содержание основных макрокомпонентов в различных градациях минерализации

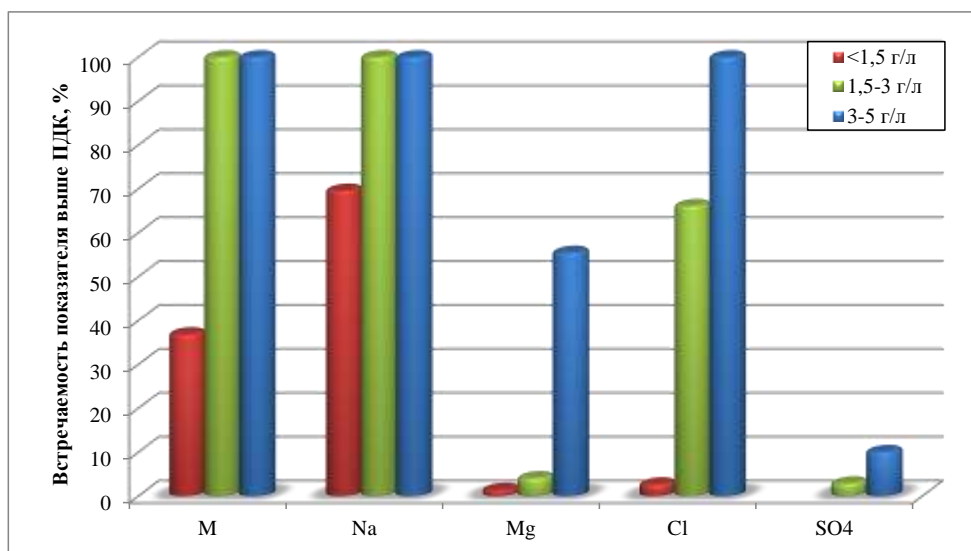


Рис. 57 Встречаемость основных макрокомпонентов в подземных водах с различной минерализацией

В пресных и слабоминерализованных водах содержание хлоридов колеблется от 0,2 до 840 мг/л в единичных скважинах северной части территории в пределах Обь-Томского междуречья, среднее 70,1 мг/л, достигая 1,8 г/л и более в водах с минерализацией более 3 г/л. В северной части территории, в зоне распространения пресных вод, содержания хлоридов не превышают 5,67 мг/л (район д. Усть-Озерное в Томской области). В южных районах содержание хлоридов изменяется от 10 до 490 мг/л, причем наибольшие содержания отмечаются на юго-востоке Омской области 490 мг/л (д. Белоусовка) и 408 мг/л (д. Жуковка). Наибольшее содержание хлоридов отмечается в Томской области в зоне расположения аномалии в меловом комплексе на территории Обь-Томского междуречья – 840 мг/л. Встречаемость повышенных содержаний хлоридов с увеличением минерализации резко возрастает, так в пресных и слабоминерализованных водах их встречаемость составляет 2,7%, а в более соленых 66,1% и далее растет до 100%.

Содержание сульфатов в подземных водах изменяется от 0,4 до 356 мг/л, при средних значениях 81,3 мг/л, причем северные территории характеризуются низкими содержаниями сульфатов 0,4-43,9 мг/л, а в южных содержание сульфатов составляют 7-356 мг/л, в центральной части Приобского плато в зоне распространения сульфатно-хлоридных вод, содержание сульфатов составляет до 291 мг/л (с. Ярославцев Лог). Наибольшие содержания сульфатов отмечаются на территории Новосибирской области – г. Барабинск (332 мг/л), Куйбышев (354,04 мг/л), п. Александро-Невский (356 мг/л) и д. Малая-Тахта (325 мг/л). С ростом минерализации в северо-западной части территории концентрации сульфат-иона достигают значений 943,6 мг/л и более. Повышенные содержания сульфатов в подземных водах встречаются редко, в основном, в наиболее минерализованных водах – 10,1%, а в пресных водах сульфаты вообще не встречаются в повышенных содержаниях.

На преобладающей части территории воды имеют натриевый состав, его встречаемость изменяется от 69,9% в пресных водах до 100% в более соленых. Концентрации натрия изменяются от 4,8 до 604,9 мг/л, среднее 194,2 мг/л, в пресных и слабоминерализованных водах. Наибольшие содержания натрия отмечаются в центральной части территории – с. Никулино (604,9 мг/л), с. Блюдчанское (596 мг/л) в Новосибирской области, а также п. Русская Поляна в Омской области, в то время как в южной части территории концентрации натрия достигают 248,4 мг/л (п. Октябрьский в Алтайском крае), а в северной части – 450 мг/л (п. Новострой в Томской области). В более соленых водах содержание натрия составляет 1-2 г/л и более.

Для меловых вод характерны повышенная щелочность, закономерно уменьшающаяся с ростом минерализации и низкая жесткость. Пониженная жесткость и повышенная щелочность нередко придают воде специфичный содовый привкус, что ухудшает её органолептические свойства.

Общая жесткость пресных и слабосоленых вод (до 1,5 г/л) изменяется от 0,1 до 19,0 мг-экв/л, среднее 1,1 мг-экв/л, достигая максимальных значений в единичных скважинах Омской (с. Славянка) и Томской области (д. Губино). С ростом минерализации более 1,5 г/л жесткость подземных вод резко возрастает.

Кислотно-щелочные условия вод изменяются в интервале 6,9-9,4, среднее 7,8, часто воды характеризуются щелочной средой рН от 7,8 до 8,4, особенно содовые воды в интервале минерализации около 1-1,5 г/л.

Азотистые соединения в подземных водах, как правило, отсутствуют, за исключением аммония (рис. 58). Содержание нитратов в подземных водах в единичных скважинах достигает 1-2 мг/л, редко до 32 мг/л (п. Русская Поляна в Омской области), в среднем 0,6 мг/л. Содержание нитритов в единичных скважинах достигает 0,1-2 мг/л, редко до 7,5 мг/л (г. Купино в Новосибирской области), в среднем 0,08 мг/л. Практически повсеместно в водах содержится аммоний, в южных и центральных районах его концентрации обычно не

превышают нормы ПДК и составляют 0,1-2,1 мг/л, редко до 4,5 мг/л, с ростом минерализации вод к северо-западу содержание аммония нередко достигает 4,5-5 мг/л и до 13,4 мг/л (п. Новострой в Томской области). Среднее содержание аммония в подземных водах с минерализацией до 1,5 г/л составляет 0,46 г/л. Повышенные содержания аммония связаны со спецификой условий осадконакопления, обогащенностью органическим веществом водовмещающих отложений, повышенные содержания аммония отмечаются в 14,3 % случаев, а в более минерализованных водах до 44,4 % (рис. 59). Насыщение вод органическим веществом увеличивается к северу от 0,56–5,44 мгО²/л до 17 мгО²/л (по перманганатной окисляемости) и более (до 26,92 мг/л) в более минерализованных водах северо-западной части территории.

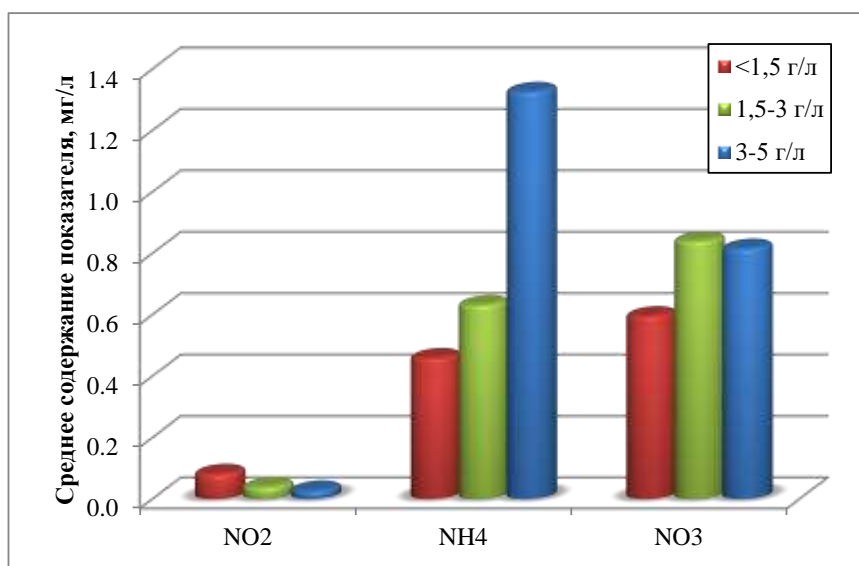


Рис. 58 Среднее содержание соединений азота в подземных водах

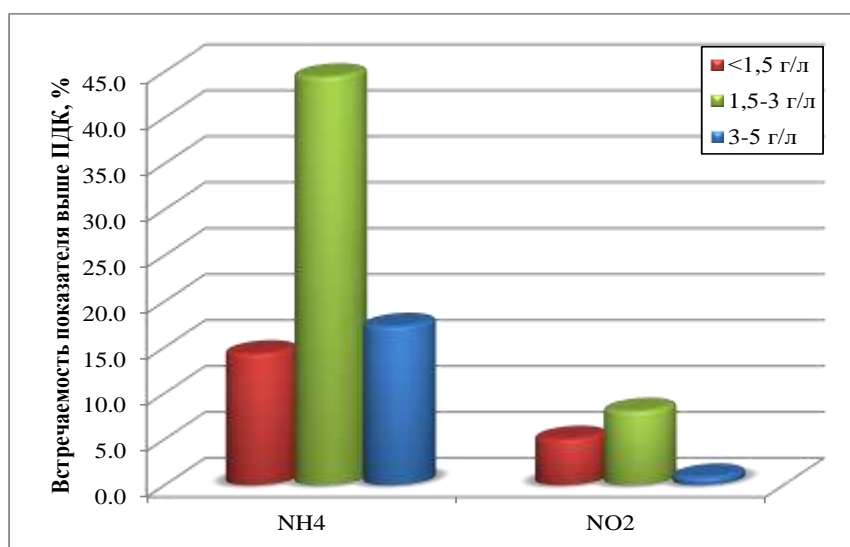


Рис. 59 Встречаемость повышенных содержаний соединений азота в подземных водах

Содержание железа (общего) в подземных водах составляет 0,01-12,5 мг/л, среднее 0,49 мг/л. В целом содержание железа в подземных водах территории увеличивается с юга на

север от 0,075-1,69 мг/л в южной части и до 12,5 мг/л в северной, в западном направлении с ростом минерализации подземных вод содержание железа в целом снижается и в северных частях достигает 4,6 мг/л (рис. 60). Встречаемость повышенных содержаний железа также снижается с ростом минерализации с 59,1 до 38,7 % (рис. 61). Аномальные содержания железа отмечаются в ультрапресных гидрокарбонатных кальциевых водах правобережья р. Чулым, что вероятно связано с его попаданием в подземные воды меловых отложений в результате нисходящей фильтрации железосодержащих подземных вод вышележащих отложений. Содержание марганца, геохимического спутника железа, в целом аналогичное от 0,0036 до 1,75 мг/л, среднее 0,037. В южных районах 0,01-0,09 мг/л, в северных 0,01-1,75 мг/л, в западном направлении его концентрации также снижаются до 0,3 мг/л в северо-западной части.

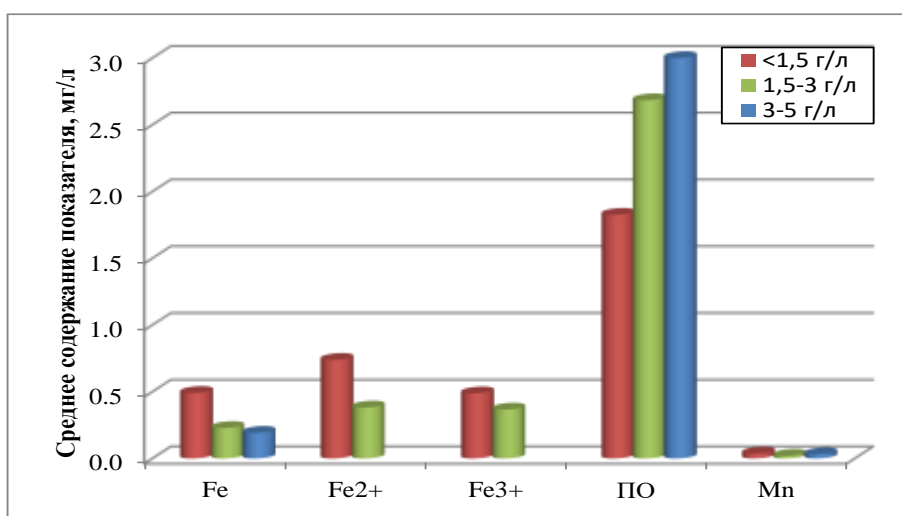


Рис. 60 Средние содержания железа, марганца и перманганатной окисляемости в водах

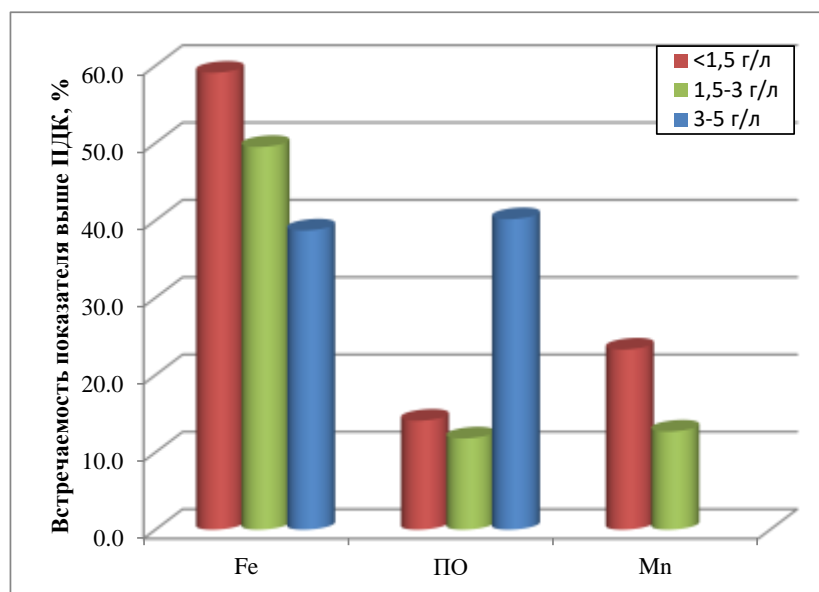


Рис. 61 Встречаемость повышенных содержаний микроэлементов в подземных водах

Кремний является в подземных водах распространен практически повсеместно в концентрациях от 0,32 до 24,5 мг/л, среднее 6,69 мг/л. Полифосфаты встречаются редко,

обычно их содержания составляют 0,004-0,57 мг/л, среднее 0,041 мг/л. Стронций в подземных водах также практически не встречается (0,0001-0,77 мг/л), реже до 3,84 мг/л (д. Губино в Томской области), среднее 0,17 мг/л.

В пресных водах в единичных случаях отмечаются повышенные содержания фтора до 2,8 мг/л (с. Ермак в Омской области), в среднем 0,42 мг/л. С ростом минерализации содержание фтора не возрастает. Повышенные содержания фтора 1-2,8 мг/л отмечаются в юго-западной части Барабинской низменности и южной части Ишимской наклонной равнины, что объясняется распространением в водовмещающих отложениях слюдистых минералов.

Тяжелые металлы (медь, свинец, цинк) в подземных водах содержатся в очень низких содержаниях, зачастую на порядок ниже нормативных значений. Концентрация меди обычно составляет 0,0004-0,098 мг/л, среднее 0,0079 мг/л, свинца – 0,000011-0,05 мг/л, среднее 0,0025 мг/л, а цинка – 0,0005-0,9 мг/л, среднее 0,0089 мг/л.

Бериллий и ртуть в подземных водах фиксируются в единичных скважинах. Содержание бериллия составляет 0,000001-0,00087 мг/л, среднее 0,000021 мг/л, ртути – 0,00001-0,00063 мг/л, среднее 0,00013. Повышенные их содержания зачастую приурочены к зонам тектонических разломов.

Низкие содержания характерны и для молибдена до 0,45 мг/л (среднее 0,0042 мг/л), кадмия до 0,003 мг/л (среднее 0,00035 мг/л), лития до 0,058 мг/л (среднее 0,0073 мг/л), мышьяка до 0,02 мг/л (среднее 0,0045 мг/л), никеля до 0,048 мг/л (среднее 0,0088 мг/л), селена до 0,0045 мг/л (среднее 0,0016 мг/л), алюминия до 0,093 мг/л, реже до 0,16 мг/л (среднее 0,064 мг/л) и хрома до 0,027 мг/л (среднее 0,01 мг/л). Содержания бария варьируют от 0,0002 до 0,65 мг/л, среднее 0,09 мг/л.

Содержание бора в подземных водах возрастает с ростом их минерализации. В пресных и слабосоленоватых водах (до 1,5 г/л) его содержания в целом составляют 0,0034-19,7 мг/л, среднее 0,13 мг/л. Стоит отметить, что повышенные значения бора отмечаются в центральной части территории (с. Бережки в Новосибирской области) в области развития слабосоленоватых вод хлоридно-гидрокарбонатного, гидрокарбонатно-хлоридного натриевого состава. В более соленых водах его концентрации достигают 48,75 мг/л и более в северо-западной части территории.

В пресных и слабосоленоватых водах содержание брома составляет 0,03-0,13 мг/л, среднее 0,057, реже до 6,4 мг/л. С ростом минерализации подземных вод содержания брома достигают 19,5 мг/л в хлоридных натриевых водах.

Содержание йода в пресных водах изменяется от 0,005 до 0,28 мг/л, реже до 1,44 мг/л в с. Суздалька в Новосибирской области, среднее 0,12 мг/л. С ростом минерализации содержание йода в водах растет до 1,9 мг/л и более.

Содержания фенолов в меловых водах от 0,0005 до 0,003 мг/л, среднее 0,00015 мг/л, но в отдельных случаях выше нормы для вод, подлежащих хлорированию (0,001 мг/л). Концентрации нефтепродуктов, в основном, не высоки и составляют 0,00008-0,1 мг/л, в единичных случаях достигают 0,48 мг/л.

На фоне постепенного роста минерализации подземных вод по мере их движения и погружения кровли водоносного комплекса от краевых областей питания и границ выклинивания к центру бассейна можно выделить 3 гидрогеохимические аномалии: Завьялово-Романовская, Томская и Омская.

Завьялово-Романовская гидрогеохимическая аномалия примыкает к границе выклинивания водоносного комплекса в южной части бассейна и располагается практически в непосредственной близости от склонов палеозойского фундамента. Кровля водоносного комплекса залегает на глубинах до 400 м. Перекрывающие породы представлены глинами, а водовмещающие породы – глинистыми каолинизированными песками. Здесь развиты хлоридно-сульфатные, сульфатно-хлоридные смешанного катионного состава воды с минерализацией 1-3 г/л. В вышележащих водоносных горизонтах подземные воды имеют повышенную минерализацию и сходный с аномалией состав. Кроме этого, в подземных водах отмечается общая жёсткость воды от 0,9 до 34,8 мг-экв/л, среднее 9,45 мг-экв/л, железо от 0,06 до 1,7 мг/л, среднее 0,28 мг/л, марганец от следов до 0,08 мг/л, среднее 0,06 мг/л. И.М. Земскова и Ю.К. Смоленцев в качестве основной причины формирования аномалии выделяли подток солоноватых и соленых вод из палеозойского фундамента. Рост минерализации на данном участке может быть обусловлен резким снижением фильтрационных характеристик водовмещающих отложений и наличием глин в кровле водоносного комплекса.

Формула среднего солевого состава подземных вод:

Подземные воды четвертичных отложений:

$$M\ 0,68 \frac{HCO_3\ 60,2; Cl\ 20,2; SO_4\ 19,6}{Mg\ 35,5; Na\ 33,9; Ca\ 30,6} \text{pH } 7,61; \text{ Ж } 7,42; \text{ Fe } 0,36; \text{ Mn } 0,06; \text{ Si } 3,46.$$

Подземные воды неогеновых отложений:

$$M\ 2,23 \frac{SO_4\ 50,4; Cl\ 31,9; HCO_3\ 17,7}{Na\ 48,4; Mg\ 33,0; Ca\ 18,6} \text{pH } 7,86; \text{ Ж } 14,79; \text{ Fe } 0,10; \text{ Si } 6,84.$$

Подземные воды палеогеновых отложений:

$$M\ 2,37 \frac{Cl\ 43,9; SO_4\ 42,2; HCO_3\ 13,9}{Na\ 54,4; Mg\ 25,5; Ca\ 20,1} \text{pH } 7,81; \text{ Ж } 17,55; \text{ Si } 7,58.$$

Подземные воды меловых отложений:

$$M\ 2,51 \frac{Cl\ 47,9; SO_4\ 40,6; HCO_3\ 11,5}{Na\ 55,4; Mg\ 23,2; Ca\ 21,4; K\ 0,4} \text{pH } 8,57; \text{ Ж } 0,77; \text{ Fe } 0,31; \text{ Mn } 0,1; \text{ Si } 3,41.$$

Томская гидрогеохимическая аномалия выявлена В.В. Нелюбиным и Ю.К. Смоленцевым в районе слияния рр. Оби и Томи. Здесь отмечается снижение пьезометрических уровней подземных вод верхнемелового водоносного комплекса (сымская свита), что приводит к разгрузке глубоких более соленых вод [100]. В результате в подземных

водах комплекса на глубине 240-265 м наблюдаются хлоридные натриевые воды с минерализацией до 4,5-4,7 г/л, в то время как в нижезалегающем водоносном горизонте на глубине до 441-450 м наблюдаются хлоридные натриевые воды с минерализацией до 8,16 г/л. Эта зона имеет локальное развитие, т.к. на расстоянии 30-40 км, по направлению к реке Оби, на глубине 400 м широко распространены пресные гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией до 0,35-0,37 г/л, а на глубине 265 м встречаются воды с минерализацией 4,5 г/л. Вероятно, рост минерализации подземных вод определяется резким сокращением мощности песчаной толщи и ухудшением их фильтрационных параметров в результате каолинизации, а также преобладанием в кровле водоносного комплекса глинистых пород, препятствующих активному нисходящему инфильтрационному питанию пресными водами.

Формула среднего солевого состава подземных вод:

$$M \ 2,17 \frac{Cl \ 89,4; \ HCO_3 \ 10,2; \ SO_4 \ 0,4}{Na \ 54,9; \ Ca \ 23,1; \ Mg \ 20,9; \ K \ 1,1} \ pH \ 6,94; \ Ж \ 16,46; \ Fe \ 5,75; \ Mn \ 0,19; \ Si \ 11,42.$$

Омская аномалия проявляется в инверсии химического состава подземных вод юга Омской области, что, вероятно, связано с боковым притоком подземных вод из скальных пород прилегающих склонов Центрально-Казахстанского мелкосопочника. Так на глубине залегания кровли водоносного комплекса 50-100 м минерализация воды достигает 5-10 г/л, а на глубине 800-900 м она снижается до 1-1,5 г/л.

В г. Омске по скважине № 29 в верхней части покурского комплекса на глубине 1000 м минерализация воды составляет 4,1 г/л, на глубине 1384 м – 9,6 г/л. Здесь же в выше залегающем верхнемеловом горизонте ипатовской свиты на глубине 940 м минерализация составляет 6,7 г/л, т.е. выше, чем в верхней части покурской свиты.

Рост содержаний отдельных компонентов химического состава не всегда коррелирует с ростом минерализации (рис. 62). Степень накопления Na, Cl и SO₄ в степных ландшафтах относительно таежных составляет десятки (22-56) раз, что обусловлено, в первую очередь, процессами континентального засоления, кроме этого накопление сульфатов происходит в результате разрушения сульфидов в степной части приобского плато. 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, HCO₃, Mg и в степной зоне интенсивность их накопления несколько отстает от темпов роста общей минерализации.

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.

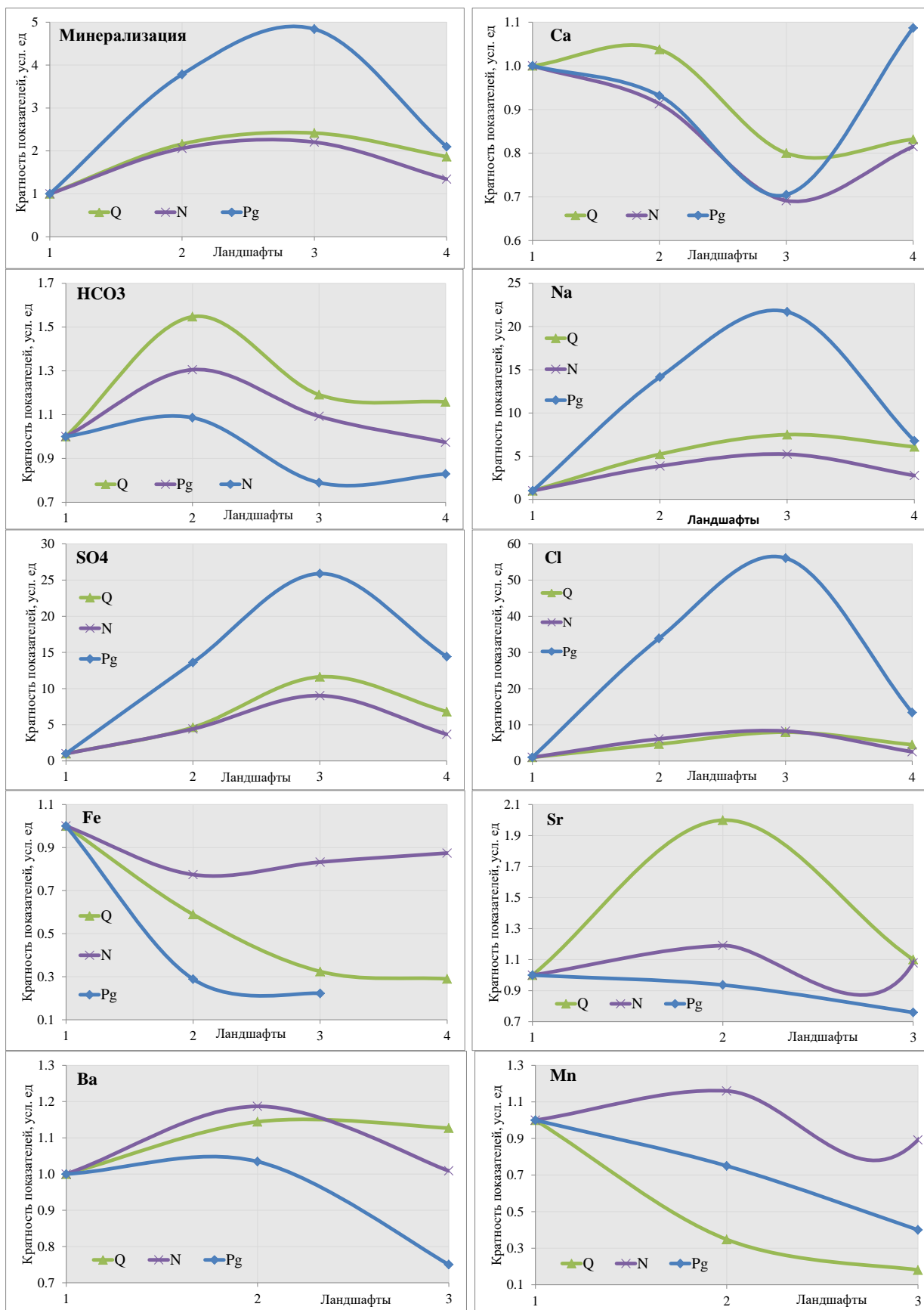


Рис. 62 Распределение компонентов состава подземных вод в различных ландшафтах

1 – южнотаежные, 2 – лесостепные, 3 – степные, 4 – песчано-боровые

Примечание: кратность показателя - это отношение показателя в различных типах ландшафтов к его значению в южнотаежных ландшафтах

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.

Темпы концентрирования в водах большинства микрокомпонентов (Fe, Mn, Si, Pb, B, Al, As, Cd, Mo, Ba, F, Cu) не превышают темпов роста общей минерализации и в среднем характеризуются двукратными значениями. Особенно ярко это проявляется в поведении Cu, Pb, Ba и Cd, средние концентрации которых, достигая максимальных значений в водах лесостепей, снижаются в водах степей. Более того, с севера на юг содержание Fe, Mn, Si и Cu снижается.

На основании вертикальной (глубинной) изменчивости состава подземных вод в разрезе зоны активного и замедленного водообмена было выполнено районирование территории по типам гидрохимической зональности подземных вод (рис. 63). В частности, прямая гидрохимическая 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 Кольвань-Томской складчатой области, где формируются мощные потоки пресных подземных вод.

4.2. Особенности распространения нормируемых элементов

Оптимальные условия формирования гидрогеохимических аномалий подземных вод определяются с сочетанием двух основных факторов:

- высоким уровнем фоновых концентраций нормируемых элементов в породах,
- формирование химического состава подземных вод, благоприятствующего для перехода элементов из пород в воду.

На исследуемой территории основной фактор формирования аномалий в подземных водах верхней гидродинамической зоны обусловлен гидрогеохимической зональностью подземных вод.

В лесостепной и степной частях гидроклиматических зон неустойчивого и недостаточного увлажнения характерна более резкая геохимическая контрастность, чем в таежной зоне, которая возрастает с увеличением аридности климата. Для южных ландшафтов характерны плоскоравнинный рельеф, замедленный водообмен, преобладание химической денудации над механической. Формирование химического состава подземных вод зоны интенсивного водообмена происходит при широком развитии процессов континентального засоления.

В пределах лесостепной и степной частей бассейна близкое залегание водоупорных глин, преобладание испарения над осадками, затрудненный, а на отдельных участках практически отсутствующий подземный сток обуславливают формирование солонцов, солончаков и широкое распространение минерализованных грунтовых вод. Распространенные на юге территории луговые, черноземные и темно-каштановые почвы также характеризуются солонцеватостью.

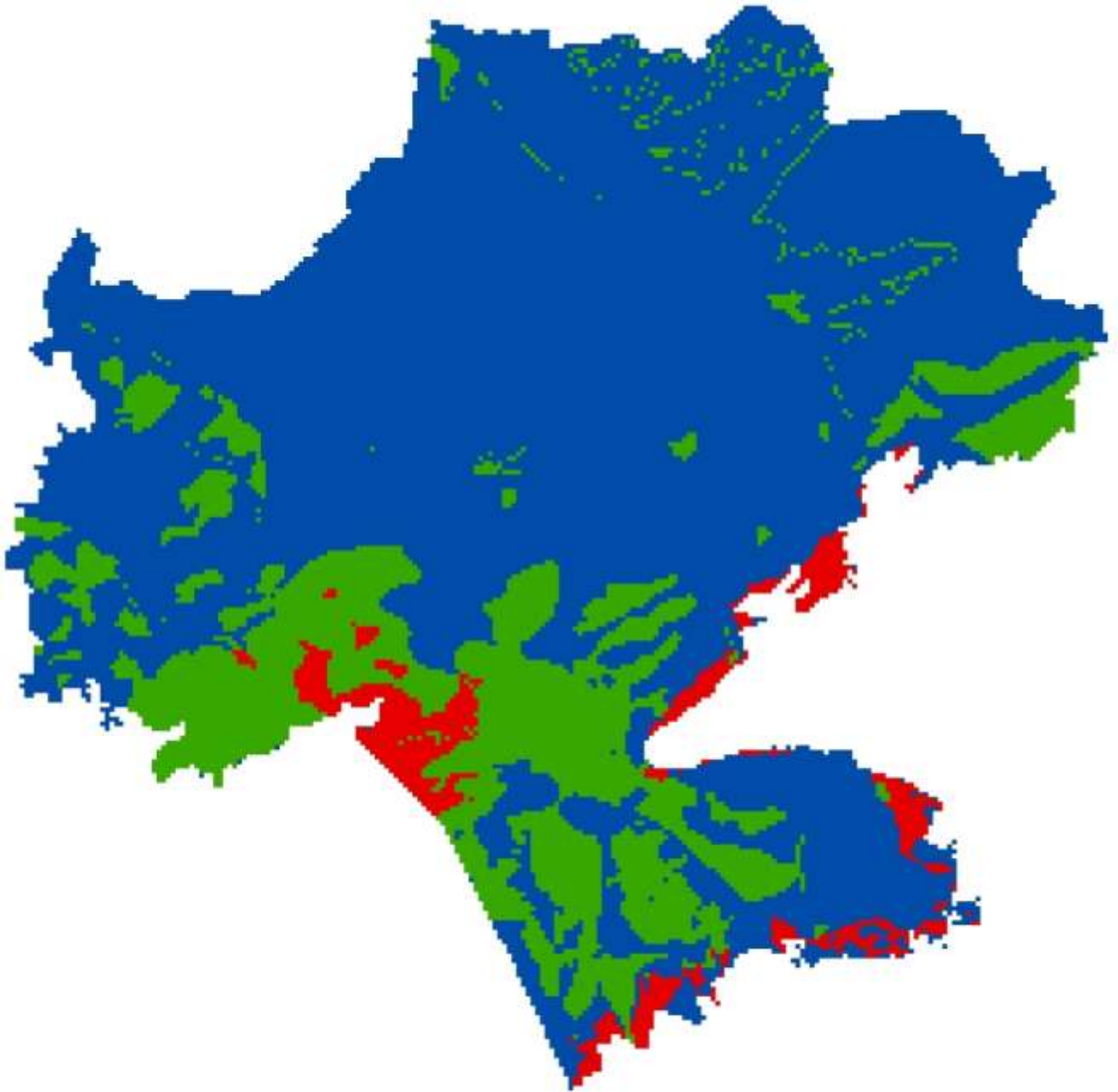


Рис. 63 Районирование территории по типам вертикальной гидрогеохимической зональности минерализации

■ - Прямая, ■ - Обратная, ■ - четко выраженная зональность отсутствует

Процессы засоления и рассоления ландшафтов играют основную роль в формировании геохимии подземных вод. Особенностью соленакопления является наличие характерных солей в солончаках: в степной части ими являются сульфатные и хлоридные соли натрия, в лесостепной – сульфатные соли натрия [100]. Вследствие этого в водоносных комплексах четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложений сформированы природные гидрогеохимические аномалии по содержанию хлоридов, сульфатов, магния, натрия, величинам минерализации и общей жесткости, распространение ареалов взаимосвязано территориально и генетически.

Подземные воды четвертичных отложений. В южной лесостепной части Восточно-Барабинской равнины и центральной части Приобского плато в придолинных частях рек Каргат, Чулым, Баган, Карасук, в ложбинах стока, котловинах озер Суминское, Каргатское, Кайлинское, Кулундинское, Кучукское, Горькое и др., в межгрядных и других понижениях, характеризующихся застойностью, происходит аккумуляция солей и минерализация подземных вод увеличивается до 1 г/л и более. В процессе содового, сульфатного и хлоридного засоления в подземных водах происходит накопление солей. При испарительном концентрировании сначала накапливаются сульфатные соли, т.к. часть Na^+ и Ca^{2+} , а значит и CO_3^{2-} связывается глинами и карбонатами. Содовые воды формируются при минерализации 0,8-1,5 г/л, реже до 2,2; сульфатные воды – при менее высокой, хлоридные – при более высокой минерализации. Содовые воды, преимущественно, гидрокарбонатные натриевые, сульфатные – сульфатно-гидрокарбонатные натриево-магниевые. Хлоридные воды образуются при наступлении равновесия с гипсом.

Аномальные значения *хлоридов* (рис. 64) фиксируются на юге Восточной Барабы в районе рр. Баган, Карасук и воды здесь хлоридно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-хлоридные. В водораздельной части левобережья р. Оби Приобского плато разрез имеет суглинисто-глинистую зону аэрации большой мощности (до 50 м и более). Вследствие отсутствия дренирования и развития континентального засоления здесь фиксируются аномалии по содержанию хлоридов и воды четвертичных отложений по составу хлоридно-сульфатные, гидрокарбонатно-хлоридные и хлоридные. Минерализация в местах непромывного и деструктивно – выпотного водного режима превышает 3 г/л. Пресные воды распространены в древних долинах развития песчано-боровых песков, в долинах рек и на правобережье р. Оби на Обь-Чумышской возвышенности, то есть на участках развития супесчано-песчаных отложений в кровле, где происходит более интенсивное атмосферное питание и водообмен.



Рис. 64 Распространение вод некондиционных по содержанию хлоридов

На равнинных лесостепных ландшафтах южной части Барабинской равнины и Приобского плато в условиях развития лессовидных покровных суглинков на засоленных участках имеет место, преимущественно, сульфатный тип водной миграции, на промывных участках – содовый [100]. Вследствие этого в зоне интенсивного водообмена появление аномальных значений *сульфатов* (рис. 65) в водах четвертичных отложений приводит к формированию сульфатно-гидрокарбонатных, хлоридно-сульфатных, сульфатно-хлоридных и гидрокарбонатно-сульфатных типов вод.



Рис. 65 Распространение вод некондиционных по содержанию сульфатов

В катионном составе более минерализованных вод преобладают *натрий и магний* (рис. 66). В водах с минерализацией более 0,5 г/л повсеместно преобладает натрий, на втором месте – магний. Кальций, являясь слабым мигрантом, не накапливается в подземных водах.

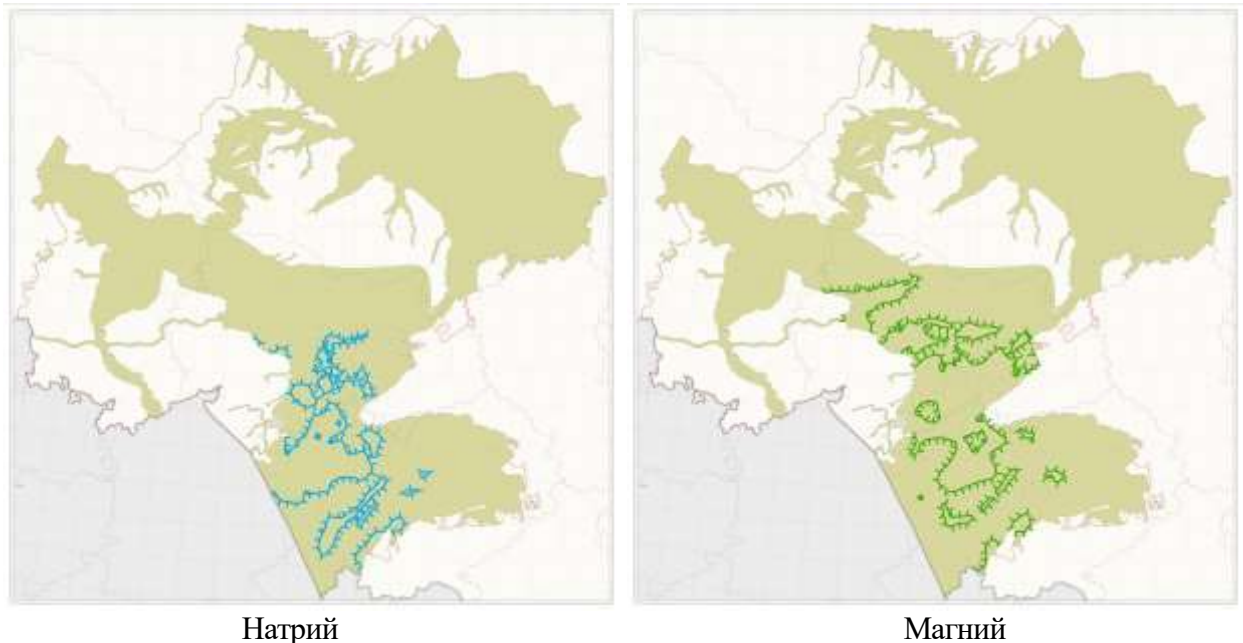


Рис. 66 Распространение вод некондиционных по содержанию натрия и магния

На равнинных степных ландшафтах Кулундинской впадины на участках развития черноземных почв преобладает натриевый, а на участках засоленных почв – содовый тип водной миграции. Источником натрия и магния в подземных водах являются засоленные отложения. При засолении натрий замещает кальций и магний. Кальций вытесняется энергичней, чем магний, поэтому в водах преобладают натрий и магний, с подчиненным значением кальция. Локальные участки развития магниево-натриевых и натриевых вод картируются в Восточной Барабе и на Приобском плато.

Гидрогеохимические аномалии *магний-иона* приурочены к зонам распространения магний-содержащих пород морского генезиса в центральных частях Барабинской равнины и Приобского плато и, вследствие этого, в водах повышены величины *общей жесткости* (рис. 67).

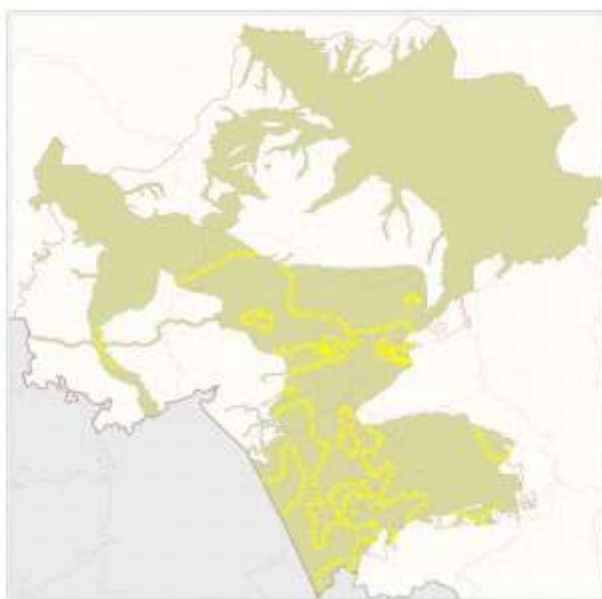


Рис. 67 Распространение вод некондиционных по величине общей жесткости

К техногенным отнесены аномалии по аммонии (в техногенно нагруженных частях территории Новосибирской и Томской областей), нефтепродуктам - в районе Омского промузла. Аномалия по ртути на левобережье р. Яя в Томской области – невыясненного генезиса, но, скорее всего, связана с миграцией элемента из металлогенической провинции Колывань-Томской складчатой зоны (рис. 68-69).

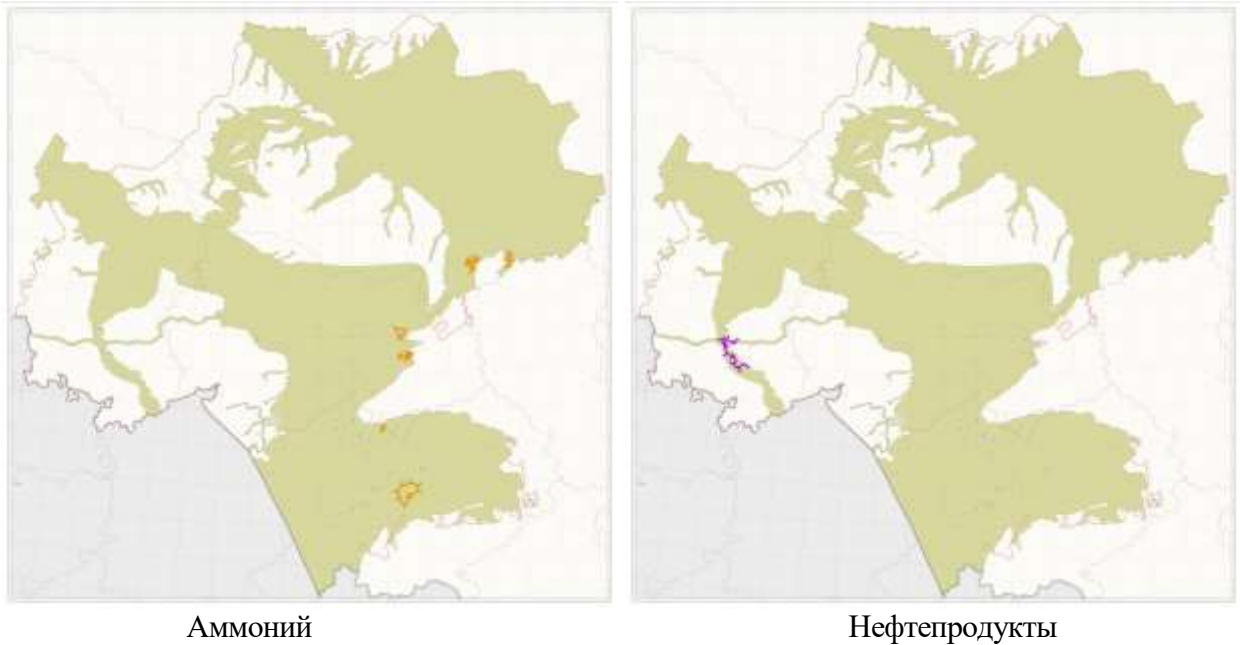


Рис. 68 Распространение вод некондиционных по содержанию аммония и нефтепродуктов



Рис. 69 Распространение вод некондиционных по содержанию ртути

Подземные воды неогеновых отложений. В лесостепной зоне в результате развития процессов континентального засоления солоноватые воды с минерализацией более 1 г/л распространены повсеместно, кроме северных частей Ишимской, Барабинской равнин, а на юге – кроме Обь-Чумышской возвышенности и Кулундинской впадины. В центре Западной Барабы, западнее оз. Чаны, где практически отсутствует подземный и поверхностный сток (модуль подземного стока не превышает 0,1 л/сек*км²), воды соленые с минерализацией 3-5 г/л и более.

В центральной части Приобского плато, в районе соленых озер Мостовое и Горькое минерализация неогеновых вод более 3 г/л, что связано со слабой дренированностью территории и слабым стоком подземных вод.

На территориях, где воды солоноватые ($M > 1$ г/л), выделены природные гидрогеохимические аномалии по хлоридам, сульфатам, магнию, натрию, бору и общей жесткости, происхождение которых не отличается от аналогичных в четвертичных водах (рис. 70-73).



Общая минерализация



Общая жесткость

Рис. 70 Распространение вод некондиционных по величине общей минерализации и жесткости



Хлориды



Сульфаты

Рис. 71 Распространение вод некондиционных по содержанию хлоридов и сульфатов

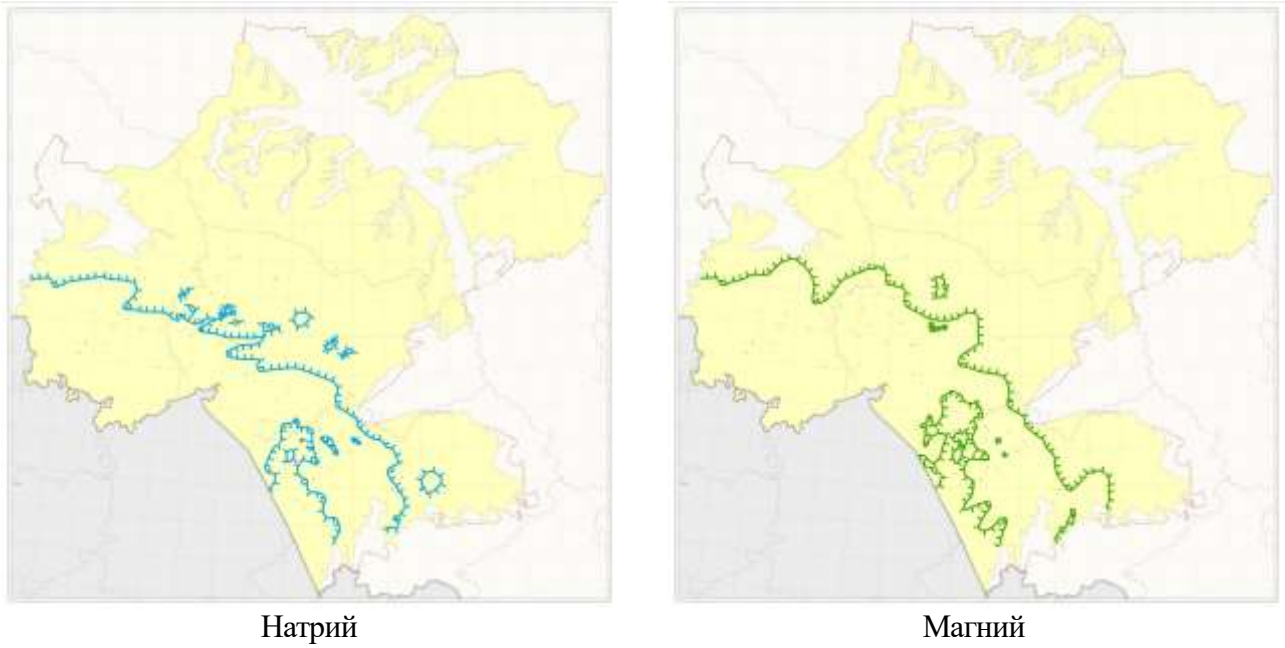


Рис. 72 Распространение вод некондиционных по содержанию магния и натрия



Рис. 73 Распространение вод некондиционных по содержанию бора

Подземные воды палеогеновых отложений. Солоноватые воды с минерализацией более 1 г/л распространены, как и в неогеновом комплексе, повсеместно, в пределах всей лесостепной зоны, исключая восточную часть территории Восточно-Барабинской равнины, а на юге – территории Обь-Чумышской возвышенности и Кулундинской впадины. В Западно-Барабинской равнине западнее и южнее оз. Чаны воды палеогенового комплекса, как и в неогеновом, соленые с минерализацией более 3-5 г/л и более.

В центральной части Приобского плато палеогеновые воды с минерализацией более 3 г/л в районе соленых озер Горькое, Зеркальное, Большое Островное, причем площадь распространения соленых вод намного меньше, чем в неогеновых водах.

Соответственно на площадях повышения величины минерализации картируются повышенные аномалии по хлоридам, сульфатам, магнию, натрию и общей жесткости (рис. 74-75).



Общая минерализация



Общая жесткость

Рис. 74 Распространение вод некондиционных по величине общей минерализации и жесткости



Хлориды



Сульфаты

Рис. 75 Распространение вод некондиционных по содержанию хлоридов и сульфатов

В *подземных водах меловых отложений* главное влияние на изменение минерализации и на формирование аномалий ведущую роль играет гидродинамический фактор.

При погружении меловых отложений в северо-западном направлении происходит возрастание минерализации (до 1-10 г/л и более) и образование солоноватых и солёных вод (пластовая гидрогеохимическая зональность) с постепенным изменением состава и

увеличением жесткости (рис. 76-77). Различия в катионном составе подземных вод обусловлены, в первую очередь, составом водовмещающих толщ, соотношением карбонатных и терригенных пород в геологическом разрезе.



Общая минерализация



Общая жесткость

Рис. 76 Распространение вод некондиционных по величине общей минерализации и жесткости

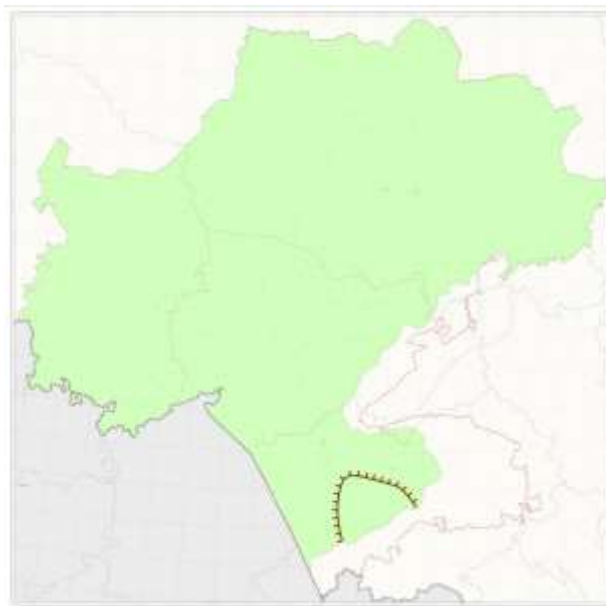


Рис. 76 Распространение вод некондиционных по содержанию сульфатов

Химический состав меловых подземных вод изменяется от краевой восточной и юго-восточной частей бассейна к районам гидрогеохимических аномалий и к северо-западной внутренней части артезианского бассейна. В краевой восточной, в наиболее опесчаненной части бассейна, преобладает инфильтрационный тип питания подземных вод, поэтому в формировании их состава большой вклад вносят атмосферные осадки и аномалий не отмечено.

Во внутренних частях бассейна на протяжении почти всей истории развития артезианского бассейна накопление осадков шло, преимущественно, в морских и прибрежно-морских условиях. Значимыми являются процессы растворения рассеянных минералов и кристаллогидратов водовмещающих пород.

При увеличении концентраций основных макроанионов и макрокатионов химического состава подземных вод, при создании определенного геохимического облика подземных вод, как правило, встречаются определенные микроэлементы, обладающие парагенетической связью с определенными макрокомпонентами.

Водоносные отложения морского генезиса содержат рассеянные хорошо растворимые минералы натрия и хлоридов; в результате эти макрокомпоненты переходят из пород в воду, что определяет формирование гидрокарбонатно-хлоридных, хлоридных натриевых вод повышенной минерализации, с концентрациями Na^+ и Cl^- выше значений их ПДК (рис. 78). При этом следует иметь в виду, что целый ряд микрокомпонентов, обладающих парагенетической связью с перечисленными выше макрокомпонентами, также переходят в воду и мигрируют в повышенных количествах, образуя гидрогеохимические провинции. К таковым на исследуемой территории относятся аномальные содержания бора, брома, хлоридов, натрия.

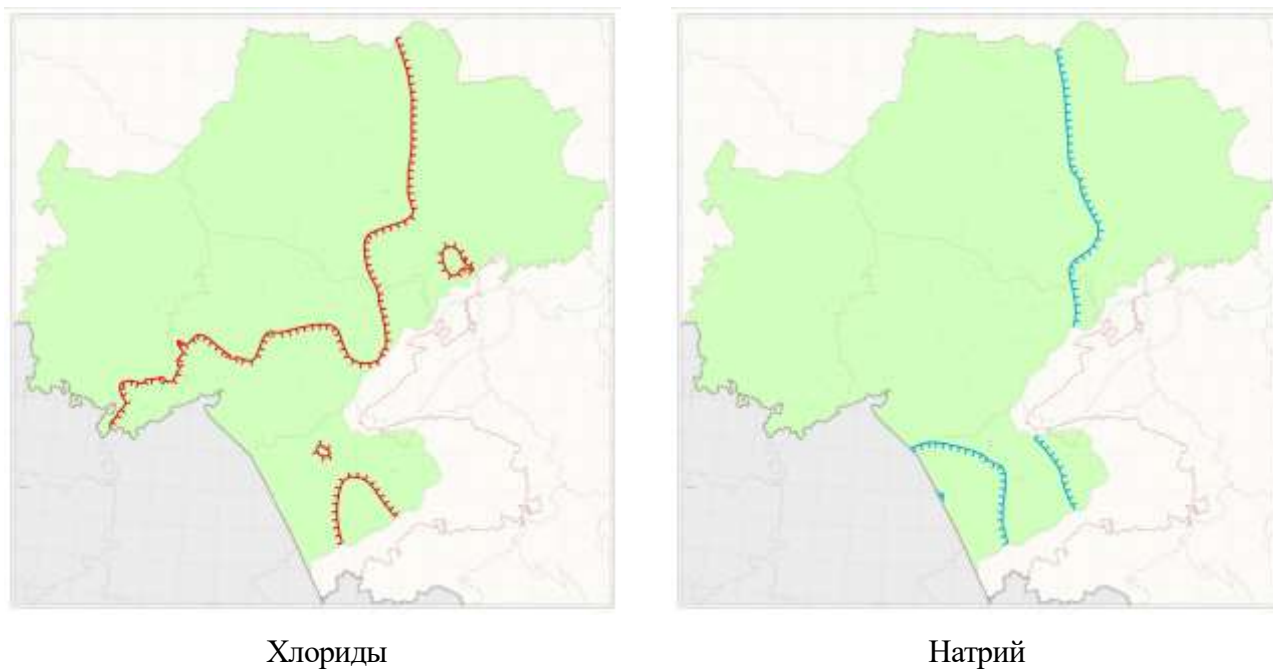


Рис. 78 Распространение вод некондиционных по содержанию хлоридов и натрия

В южной части бассейна в переходной зоне на формирование вод сказалась смена гидродинамической и гидрогеохимической обстановок. Здесь на облик подземных вод оказывают влияние седиментационные и инфильтрационные воды, поступающие из краевой части. В этой части характерна ещё выраженная гидрогеохимическая зональность, повторяющая в общих чертах таковую

вышележащего палеогенового водоносного комплекса. Она выражается в повышении минерализации и изменении солевого состава подземных вод с удалением от областей питания.

Распределение *железа* в подземных водах по площади и по разрезу контролируется степенью изолированности водовмещающих пород от поверхности земли и скоростью водообмена.

Источниками железа в ПВ являются железосодержащие минералы пород (широко развитые малоустойчивые к выветриванию алюмосиликаты) и неустойчивые карбонаты и сульфиды. Другими источниками железа в районах с гумидным климатом являются органическое вещество пород и болотные воды, содержащие в нижних частях торфяных залежей до 30-40 % железа. Геохимический облик подземных вод в этих районах определяется слабокислой средой ($pH < 7$), значениями окислительно-восстановительного потенциала от 250 до 400 мВ и высоким содержанием фульвокислот. В этих условиях гидролиз Fe^{3+} не происходит, образуются устойчивые комплексные соединения с органическими веществами, что способствует его накоплению в подземных водах.

Пресные подземные воды характеризуются следующими особенностями в распределении железа в них:

- зональность распределения – увеличение с юго-востока на северо-запад и с запада на восток,
- увеличение железа в подземных водах в вертикальном разрезе к горизонту новомихайловской свиты и уменьшение к горизонту юрковской свиты и верхнего мела,
- источник железа в подземных водах – породы, органическое вещество пород и болотные воды,
- интенсивность накопления железа увеличивается в восстановительных условиях,
- зависит от ландшафтных условий, минимальные содержания железа – в водах песчаных осадков и крупных склонов.

Распространение *марганецсодержащих* подземных вод во многом тождественно распространению провинций железосодержащих вод в гумидной зоне. Подземные воды с повышенными концентрациями органических веществ имеют низкие значения pH и вследствие высокой агрессивности этих вод по отношению к вмещающим породам происходит накопление марганца.

Невысокое содержание *фтора* характерно для всех водоносных горизонтов. Однако высокие концентрации фтора в подземных водах обнаруживаются в палеогеновых и неогеновых горизонтах и в долине р. Иртыша на юге территории, что объясняется миграцией фтора из обогащенных щелочных гранитов Казахского нагорья.

Прослеживается чёткая тенденция влияния состава водовмещающих пород на формирование природных гидрогеохимических аномалий микрокомпонентов. Характерной особенностью химического состава почти всех водоносных горизонтов являются природные некондиционные воды, которые содержат *бор*, *бром* (рис. 79) и другие микроэлементы в концентрациях, превышающих ПДК. Из них В, Вг подчиняются гидрогеохимической зональности, и на территории

ненарушенного гидрогеохимического режима в подземных водах появляются в повышенных концентрациях, начиная с сульфатно-гидрокарбонатного типа и глубже.

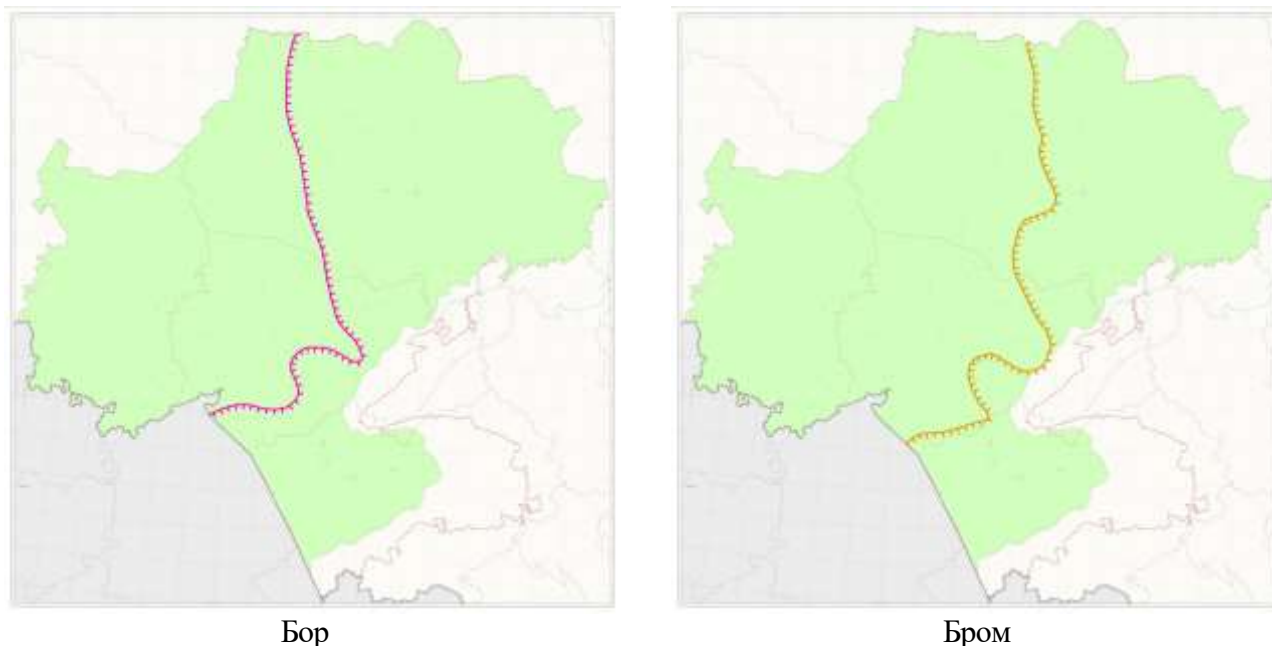


Рис. 79 Распространение вод некондиционных по содержанию бора и брома

Бромсодержащие пресные подземные воды тесно связаны с терригенно-карбонатными водовмещающими горными породами морского генезиса, содержащими седиментационные горные растворы (поровые воды). Гидрогеохимия бромид-ионов очень сходна с хлорид-ионами, основным источником которых являются морские воды, где их соотношение (хлор-бромный коэффициент) равно 300, т.е. концентрация хлоридов в 300 раз больше. Бром-ионы являются геохимически инертными, они не вступают в химические реакции с породообразующими минералами, их соотношение концентраций в пресных подземных водах сохраняется неизменным.

Основной причиной формирования *бороносных* подземных вод является региональная обогащенность водовмещающих осадочных горных пород бромом. В горных породах морского генезиса (терригенные, карбонатные горные породы) бор связан с поровыми водами (горными растворами) и присутствует в виде анионов слабой борной кислоты. Высокая вероятность его обнаружения в повышенных концентрациях существует в водоносных горизонтах при соотношении r_{Na}/r_{Ca} более 0,5-1, даже при содержании бора в водовмещающих породах на уровне кларка.

Гидрогеохимические аномалии бора в южной лесостепи встречаются, преимущественно, в водах сульфатно-гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного состава и связано со степенью бороносности почв: в степных и горно-степных содержание бора – 0,01-5,0, в сухостепных и пустынных – до 30-50 мг/л.

В глубинных меловых водах, в северной части территории, содержание бора увеличивается до 48 мг/л и выше в районах распространения морских глин, соленосных и нефтеносных толщ.

В *палеогеновом водоносном комплексе* гидрогеохимические аномалии фиксировались на территории Томской области в Чаинском Приобье и Обь-Томском междуречье. В Чаинском Приобье в районе пп. Могочин и Усть-Бакчар, в среднем течении рр. Иксы и Чижапки, наличие повышенных содержаний хлоридов объясняется разгрузкой глубоких меловых вод в областях активных неотектонических подвижек.

На Обь-Томском междуречье гидрогеохимические аномалии в районе д. Тигильдеево, в районе конца 2-й очереди Томского водозабора и других участков междуречья могут быть связаны с современной флюидоактивной тектоникой, с подтягиванием по литологическим окнам из нижнего мелового комплекса соленых вод вследствие эксплуатации Томского водозабора или вследствие отжатия поровых эоценовых растворов [а1, 30, 35, 56, 103]. По результатам проведенных *водно-гелиевых* исследований на территории полигона «Томский» на Обь-Томском междуречье выявлено, что распределение гелия в гидрогеологическом разрезе свидетельствует о наличии аномалий и фоновых значений [36]. На большей части территории полигона химический состав подземных вод формируется под влиянием естественных процессов. Аномалии содержания гелия, по отношению к фоновому, для каждого горизонта могут быть связаны с современной флюидоактивной тектоникой или с перетоком по литологическим окнам в водоупоре (рис. 80). В зонах гидрогеохимических аномалий Обь-Томского междуречья воздействие подтока из нижележащих меловых водоносных горизонтов хлоридно-натриевых вод с повышенной минерализацией отмечено относительно высокими концентрациями гелия и приурочено к зонам повышенной флюидопроводимости. В результате изучения *изотопного состава* подземных вод в зоне гидрогеохимической аномалии в районе д. Тигильдеево выявлено, что воды палеогеновых и верхнемеловых отложений имеют одинаковый изотопный состав, одинакова интенсивность их инфильтрационного питания. Воды палеогеновых отложений можно отнести к седиментогенным, меловых – к инфильтрогенным. Отличия химического состава палеогеновых и меловых вод в этой зоне можно объяснить тем, что формирование этих вод происходило в широком промежутке времени (сотни-тысячи, первые десятки тысяч лет) [73].

Вблизи границ выклинивания артезианского бассейна выявлены гидрогеохимические аномалии в водоносном комплексе *верхнемеловых отложений*: Омская, Завьялово-Романовская и Томская. Первые две аномалии объясняются поступлением солоноватых и соленых вод из палеозойского фундамента.

Различие состава вод меловых отложений сымской, симоновской и кийской свит в районе *Томской аномалии* определяется сложностью геологических условий осадконакопления на стыке артезианского бассейна с Колывань-Томской складчатой зоной: выклинивание осадочных отложений, осложненных тектоническими нарушениями, близость областей питания подземных вод и разгрузки подземных вод мезозойской водообменной системы, характером водообмена (степенью промытости отложений). Навстречу региональному потоку древних

инфильтрационных и современных инфильтрогенных вод из внешнего пояса плиты, из внутренних областей бассейна под воздействием геостатических и геодинамических напряжений к его периферии идет встречный поток ПВ и по фронту встречи этих потоков происходит разгрузка глубинных вод в верхнюю водообменную систему бассейна, усиливающаяся интенсивным дренирующим влиянием крупных водных артерий.

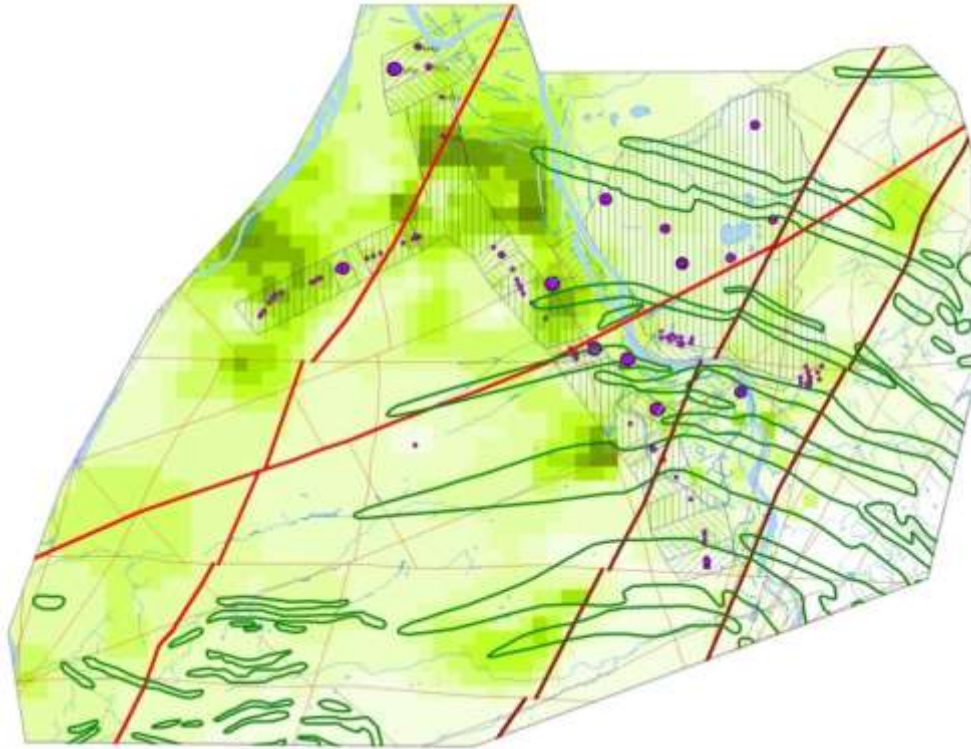


Рис. 80 Схема флюидопроводимости и особенности геолого-тектонического строения на территории полигона «Томский»



Наиболее пресные воды (минерализация 160-350 мг/л) наблюдаются вблизи границ выклинивания меловых отложений в юго-восточной части Обь-Томского междуречья и на правом берегу р. Томи. При погружении водоносных отложений мела минерализация вод

сымских отложений верхнего мела увеличивается от границ выклинивания на северо-запад междуречья до 0,81 г/л, а на левобережье р. Оби она достигает 4,1 г/л. В водах симоновской свиты на небольшом расстоянии наблюдаются значительные колебания солености и состава вод. Минерализация вод свиты скачкообразно повышается к долине р. Томи – до 1,98 г/л. В северной части междуречья минерализация подземных вод отложений кийской свиты достигает 4,1 г/л (рис. 81). Мозаичность химического состава является результатом внедрения глубинных хлоридно-натриевых вод морского генезиса в воды континентальных осадков.

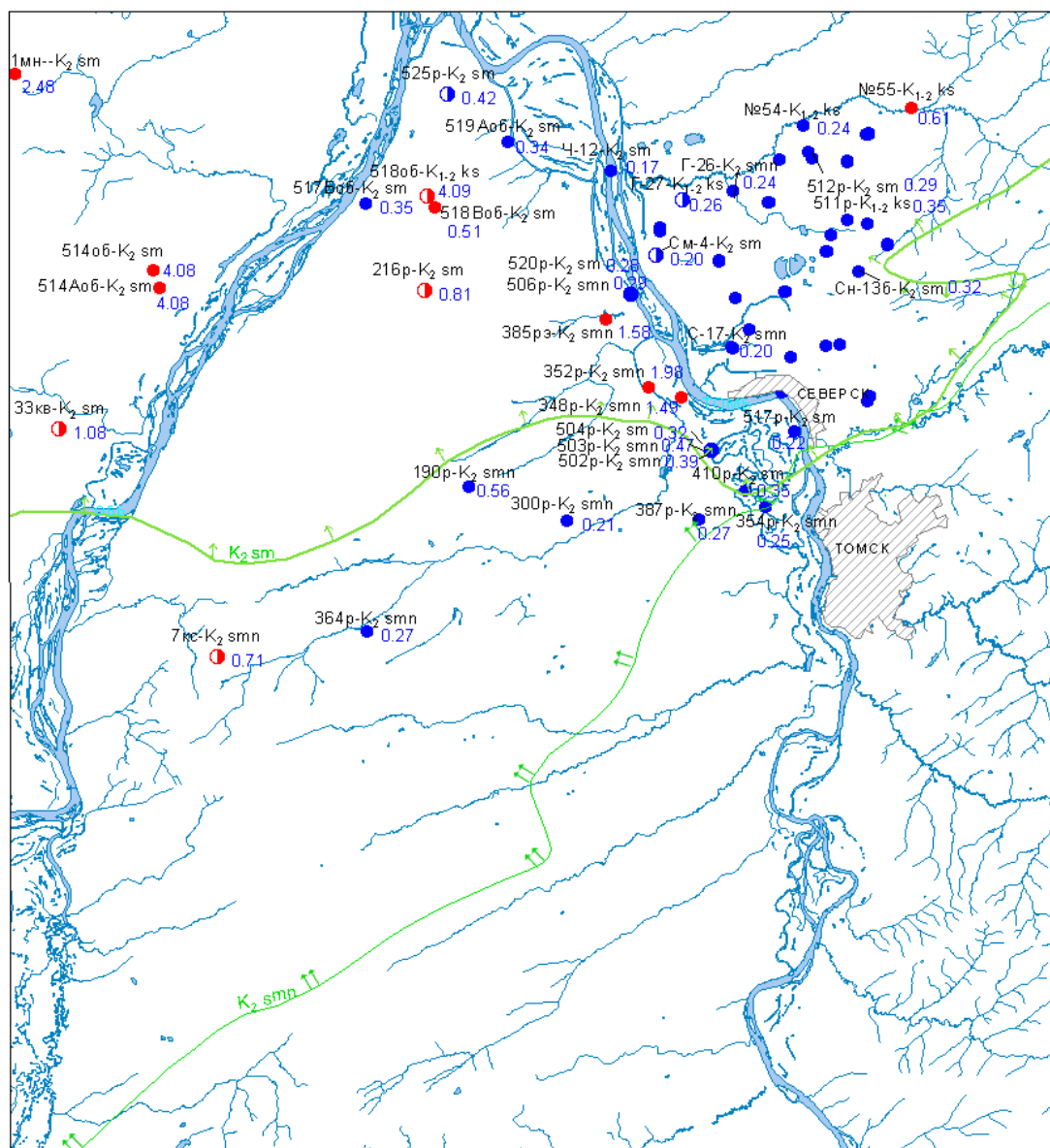


Рис. 81 Типы химического состава вод меловых отложений в районе Томской аномалии

Условные обозначения



Пункт опробования: 1-скважина гидрогеологическая, цифры сверху: номер скважины и индекс водовмещающих отложений, внизу - величина минерализации подземных вод, г/л.

Анионный состав подземных вод: 2-гидрокарбонатный, 3-хлоридно-гидрокарбонатный, 4-хлоридный, 5-гидрокарбонатно-хлоридный.

Границы распространения водоносных горизонтов: 6-сымского, 7-симоновского.

4.3. Физико-химический анализ особенностей миграции и концентрирования химических элементов в подземных водах

Для понимания характера и масштабов накопления элементов определенный интерес представляет изучение равновесия вод как с минералами горных пород, являющимися источниками элементов, так и с минералами, формирующимися из раствора и, следовательно, препятствующими накоплению соответствующих элементов в водной среде. Данный подход успешно использовался многими авторами, занимавшимися изучением гидрогеохимических процессов зоны гипергенеза - С.Л. Щварцев, С.Р. Крайнов, В.М. Швец, В.П. Зверев, Б.Н. Рыженко, М.Б. Букаты, Е.М. Дутова [5-6, 27, 42-48, 93, 110-113]. Применительно к условиям региона, нами изучалось равновесие различных типов подземных вод относительно широкого спектра первичных и гипергенных алюмосиликатов, силикатов, карбонатов, сульфатов, хлоридов, фторидов, окислов и гидроокислов.

Оценка равновесности вод с алюмосиликатными минералами производилась путем нанесения данных состава вод, контролирующих то или иное минеральное равновесие, на построенные по методике Р.М. Гаррелса и Ч.Л. Крайста диаграммы полей устойчивости конкретных минералов, а относительно широкого спектра силикатов, карбонатов, сульфатов, хлоридов, фторидов и гидроокислов – расчетами показателей состояния системы вода – порода (индексов неравновесности), выполненными с использованием программного комплекса HydroGeo, разработанного М.Б.Букаты (1999). Полученные положительные значения индексов неравновесности свидетельствуют о способности системы к образованию тех или иных минералов, а отрицательные – о способности их разрушению. На диаграммах полей устойчивости свидетельством равновесности подземных вод по отношению к тому или иному минералу является положение точки в поле этого минерала.

Правильно оценивать степень насыщения вод различного химического состава по отношению к тем или иным минералам, строить диаграммы полей устойчивости минералов и пользоваться ими невозможно без учета миграционных форм и активных концентраций минералообразующих элементов в подземных водах. Именно эти концентрации использовались в дальнейшем при расчетах и построениях. С учетом огромной роли органических веществ в миграции рассчитывались органические и неорганические формы миграции.

Для расчетов привлекались как результаты отдельных анализов, так и средние обобщенные сведения о химическом составе вод. Для проведения физико-химических расчетов использованы данные о химическом составе вод, приведенные в табл. 29.

Результаты расчета комплексообразования, приведенные в табл. 30, показывают, что миграция макрокомпонентов в водах осуществляется преимущественно в виде собственных ионов, в то время как роль комплексных соединений в миграции макрокомпонентов весьма мала. Лишь десятые доли процента валового количества натрия мигрируют в виде комплексных соединений.

Таблица 29

Химический состав подземных вод, использованный для проведения физико-химических расчетов, мг/л

Показатели	Средняя тайга			Южная тайга			Лесостепь			Степь			К (М < 1,5 г/л)
	Q	N	P	Q	N	P	Q	N	P	Q	N	P	
Na	6.9	11	27.97	16.69	48.92	24.38	87.25	188.97	344.93	125.01	255.99	528.92	194.2
K	-	-	2.33	1.27	2.16	1.60	2.46	3.12	3.13		1.05	21.89	3.6
Mg	5.42	7	12.89	16.46	31.03	22.08	46.66	56.86	56.47	42.64	47.26	57.82	5.5
Ca	18.7	23	27.56	64.49	69.35	66.56	66.91	63.33	62.01	51.61	47.95	46.92	11.3
Fe ²⁺	1.36	11	1.20	2.50	1.41	0.80	0.61	0.89	0.28	0.1	0.40	0.23	0.74
Fe ³⁺	0.91	4	0.70	0.99	0.83	0.20	0.93	0.49	0.14	0.04	0.10	0.16	0.49
Sr	-	-	0.27	0.26	0.33	0.35	0.52	0.40	0.33	0.29	0.36	0.26	0.17
Mn	-	-	0.10	0.460	0.11	0.20	0.160	0.13	0.150	0.083	0.10	0.080	0.037
Al	-	-	0.10	0.0504	0.03	0.049	0.047	0.03	0.032	0.017	0.02	0.022	0.064
Ba	-	-	0.10	0.073	0.08	0.098	0.083	0.09	0.10	0.082	0.08	0.074	0.09
Cu	0.25	-	0.004	0.010	0.01	0.01	0.0074	0.01	0.012	0.0035	0.00	0.0059	0.0079
Zn	-	-	0.0087	0.018	0.00	0.011	0.017	0.01	0.015	0.0109	0.00	0.014	0.0089
Pb	-	-	0.0024	0.0021	0.00	0.0018	0.0026	0.00	0.0029	0.00099	0.00	0.0022	0.0025
HCO ₃	115.5	120	270.43	327.52	479.08	394.92	506.75	520.35	515.46	390.10	378.27	431.38	434.2
Cl	4.92	7	9.06	8.80	19.62	8.37	41.06	119.71	283.60	70.21	162.49	469.37	70.1
SO ₄	4.64	2	5.97	11.00	23.42	10.40	50.97	103.38	141.53	127.80	211.34	269.37	81.3
F	-	-	0.21	0.22	0.27	0.22	0.204	0.32	0.30	0.78	0.44	0.45	0.42
PO ₄	-	-	0.29	0.082	0.04	0.099	0.023	0.09	0.067	0.2	0.01	0.024	0.041
Si	3.94	-	15.48	6.35	8.29	11.70	3.87	5.60	4.54	3.48	4.80	5.67	6.69
ГК2-			13.99	2.64	2.64	1	1.3	1.3	0.5	0.65	0.65	0.25	0.25
ФК2-			1.35	0.51	0.51	0.3	0.25	0.25	0.15	0.12	0.12	0.07	0.07
pH	7.1	7	7.05	7.46	7.50	7.41	7.47	7.58	7.44	7.72	7.65	7.43	7.8
M	105.3	116	242.88	313.14	496.89	376.06	676.19	1022.62	1422.20	756.42	1094.84	1819.27	682.0

Таблица 30

Соотношения форм миграции химических элементов в подземных водах, %

Формы миграции	средняя Тайга	южная Тайга	южная Тайга	южная Тайга	Лесостепь	Лесостепь	Лесостепь	Степь	Степь	Степь	К (М <1,5 г/л)
	Р	Q	N	Р	Q	N	Р	Q	N	Р	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Na+	99.40	99.29	98.99	99.16	98.92	98.86	98.83	99.06	99.01	98.87	98.97
(NaCO ₃)-	0.0033	0.011	0.018	0.015	0.018	0.019	0.016	0.024	0.019	0.013	0.032
NaCl	0.003	0.0028	0.006	0.0026	0.012	0.035	0.079	0.021	0.047	0.13	0.021
(NaSO ₄)-	0.008	0.013	0.026	0.012	0.054	0.10	0.13	0.14	0.21	0.24	0.1
NaHCO ₃	0.59	0.69	0.96	0.82	0.99	0.98	0.94	0.76	0.71	0.75	0.88
Mg ²⁺	95.99	95.07	93.02	94.36	91.91	90.46	90.08	90.03	88.28	88.34	90.34
(MgHCO ₃) ⁺	3.31	3.75	4.96	4.36	4.97	4.71	4.31	3.72	3.29	3.25	4.39
MgCO ₃	0.081	0.26	0.37	0.33	0.37	0.34	0.27	0.46	0.34	0.19	0.65
Mg(HCO ₃) ₂	0.20	0.26	0.49	0.36	0.51	0.48	0.42	0.29	0.24	0.25	0.40
MgSO ₄	0.40	0.63	1.12	0.56	2.19	3.87	4.63	5.38	7.66	7.52	4.11
MgF ⁺	0.016	0.016	0.018	0.015	0.013	0.018	0.016	0.047	0.024	0.021	0.027
MgCl ⁺	0.013	0.011	0.023	0.01	0.046	0.13	0.27	0.077	0.16	0.41	0.08
MgCl ₂	5.79E-06	5.03E-06	2.19E-05	4.34E-06	8.95E-05	0.00068	0.0034	0.00025	0.0012	0.0082	0.00027
(Mg(ФК) ₂) ₂ ⁻	0.00029	1.38E-05	9.54E-06	1.73E-06	1.91E-06	1.42E-06	1.83E-07	1.05E-06	9.30E-07	2.54E-09	4.83E-08
Ca ²⁺	96.04	95.04	93.16	94.32	92.31	91.29	91.23	90.93	89.78	90.17	90.86
(CaHCO ₃) ⁺	3.50	3.96	5.25	4.61	5.27	5.02	4.61	3.97	3.54	3.51	4.67
CaCO ₃	0.16	0.51	0.72	0.64	0.72	0.68	0.53	0.90	0.67	0.39	1.28
CaSO ₄	0.31	0.49	0.86	0.43	1.70	3.01	3.62	4.20	6.01	5.93	3.19
CaCl ₂	8.91E-07	7.74E-07	3.38E-06	6.67E-07	1.38E-05	0.00011	0.00053	3.92E-05	0.00019	0.0013	4.17E-05
(Ca(ФК) ₂) ₂ ⁻	0.00025	1.15E-05	7.99E-06	1.44E-06	1.60E-06	1.20E-06	1.55E-07	8.91E-07	7.91E-07	2.17E-09	4.07E-08

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K+	95.43	97.01	96.13	96.93	96.18	96.07	96.23	96.72	96.64	96.55	96.57
(KCO ₃)-	0.0023	0.0079	0.012	0.01	0.013	0.013	0.011	0.016	0.013	0.0087	0.023
K ₂ CO ₃	7.78E-08	1.47E-07	3.70E-07	2.38E-07	4.31E-07	5.33E-07	4.37E-07	2.25E-07	1.85E-07	2.36E-06	1.13E-06
KHCO ₃	1.99	2.37	3.30	2.82	3.41	3.38	3.23	2.63	2.46	2.59	3.03
(KSO ₄)-	0.027	0.046	0.089	0.042	0.18	0.35	0.45	0.47	0.73	0.81	0.34
K ₂ SO ₄	1.16E-05	1.08E-05	3.38E-05	1.22E-05	7.80E-05	0.00018	0.00023	8.10E-05	0.00013	0.0028	0.00022
KΦK-	2.55	0.56	0.47	0.20	0.21	0.18	0.066	0.16	0.15	0.0079	0.034
KCl	0.0005	0.00048	0.001	0.00045	0.0021	0.006	0.014	0.0036	0.0081	0.022	0.0037
Mn ²⁺	72.44	59.22	50.63	54.22	50.07	50.60	54.25	47.70	51.94	58.98	40.98
MnCl ₂	0.00018	0.00013	0.0005	0.0001	0.002	0.016	0.086	0.0056	0.029	0.23	0.0051
MnCO ₃	8.56	22.84	28.43	26.67	28.22	27.02	22.79	34.01	27.94	18.28	41.80
(MnHCO ₃) ⁺	18.63	17.45	20.18	18.71	20.22	19.66	19.38	14.72	14.46	16.23	14.88
MnSO ₄	0.37	0.49	0.76	0.40	1.49	2.70	3.49	3.56	5.63	6.27	2.33
(Mn(SO ₄) ₂) ²⁻	7.75E-06	1.80E-05	5.83E-05	1.38E-05	0.00025	0.00091	0.0016	0.0015	0.004	0.0057	0.00068
(Mn(ΦK) ₂) ²⁻	0.0014	5.60E-05	3.40E-05	6.49E-06	6.80E-06	5.18E-06	7.20E-07	3.65E-06	3.58E-06	1.11E-08	1.43E-07
Fe ²⁺	93.26	89.35	84.95	87.17	84.26	83.99	85.23	83.47	84.48	86.54	80.31
FeCO ₃	1.35	4.23	5.85	5.26	5.82	5.50	4.39	7.30	5.57	3.29	10.05
(FeHCO ₃) ⁺	3.71	4.07	5.23	4.65	5.26	5.04	4.70	3.98	3.63	3.68	4.51
Fe(HCO ₃) ₂	1.32	1.70	3.07	2.31	3.19	3.04	2.70	1.85	1.58	1.69	2.42
FeSO ₄	0.22	0.34	0.58	0.29	1.15	2.06	2.52	2.87	4.21	4.23	2.10
(Fe(ΦK) ₂) ²⁻	0.013	0.00061	0.00041	7.52E-05	8.24E-05	6.19E-05	8.14E-06	4.60E-05	4.19E-05	1.17E-07	2.02E-06
FeCl ₂	1.03E-08	8.64E-09	3.66E-08	7.32E-09	1.50E-07	1.16E-06	5.91E-06	4.28E-07	2.09E-06	1.46E-05	4.38E-07
FeCl ⁺	0.011	0.0094	0.016	0.0085	0.037	0.10	0.23	0.062	0.14	0.35	0.062
FeOH ⁺	0.11	0.30	0.30	0.32	0.29	0.27	0.23	0.47	0.38	0.21	0.56
Fe(OH) ₂	8.48E-08	6.44E-07	6.84E-07	7.35E-07	6.53E-07	6.12E-07	4.38E-07	1.76E-06	1.21E-06	3.93E-07	2.56E-06

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fe3+	9.48E-12	9.76E-12	1.04E-11	9.92E-12	1.09E-11	1.19E-11	1.34E-11	1.09E-11	1.23E-11	1.54E-11	9.86E-12
(FeSO4)+	1.13E-12	1.78E-12	3.17E-12	1.56E-12	6.35E-12	1.17E-11	1.49E-11	1.59E-11	2.42E-11	2.60E-11	1.14E-11
(Fe(ΦK)2)-	2.50E-12	1.11E-13	7.19E-14	1.35E-14	1.42E-14	1.03E-14	1.31E-15	7.87E-15	6.92E-15	1.81E-17	3.54E-16
(FeCl)2+	3.96E-14	3.69E-14	7.81E-14	3.42E-14	1.62E-13	4.71E-13	1.13E-12	2.74E-13	6.43E-13	1.90E-12	2.64E-13
(FeOH)2+	1.48E-07	4.14E-07	4.40E-07	4.46E-07	4.41E-07	4.46E-07	4.01E-07	7.26E-07	6.36E-07	4.06E-07	8.31E-07
Fe2(CO3)3	2.42E-19	1.17E-17	3.06E-17	4.87E-18	3.61E-17	1.77E-17	2.81E-18	3.13E-18	3.83E-18	1.50E-18	9.75E-17
Cu2+	0.54	2.07	1.73	2.28	2.02	2.16	2.85	1.70	2.21	3.92	1.27
CuCO3	4.68	58.88	71.88	82.77	84.10	85.14	88.48	89.57	87.66	89.70	95.33
(CuHCO3)+	0.67	2.97	3.36	3.83	3.97	4.08	4.96	2.56	2.99	5.25	2.24
CuSO4	0.0022	0.013	0.02	0.013	0.047	0.091	0.14	0.10	0.19	0.33	0.057
CuCl2	3.96E-09	1.34E-08	5.00E-08	1.28E-08	2.41E-07	1.99E-06	1.33E-05	5.84E-07	3.65E-06	4.43E-05	4.63E-07
CuCl+	0.00023	0.00082	0.0014	0.00083	0.0033	0.0097	0.028	0.0047	0.013	0.06	0.0037
CuOH+	0.018	0.19	0.17	0.23	0.19	0.19	0.21	0.26	0.27	0.26	0.24
Cu(ΦK)	30.36	24.25	15.92	9.26	8.03	7.01	3.10	5.03	5.77	0.47	0.84
(Cu(ΦK)2)2-	63.73	11.63	6.92	1.62	1.63	1.31	0.23	0.78	0.90	0.0044	0.026
Zn2+	78.17	62.25	54.22	57.36	54.09	55.07	59.89	49.05	54.84	65.43	41.29
(ZnHCO3)+	6.86	6.26	7.37	6.75	7.45	7.30	7.30	5.16	5.21	6.14	5.12
ZnCO3	10.48	27.24	34.54	32.01	34.58	33.37	28.54	39.67	33.47	23.01	47.78
ZnSO4	0.14	0.18	0.28	0.14	0.55	1.00	1.31	1.24	2.02	2.36	0.80
ZnCl+	0.0086	0.0063	0.011	0.0054	0.023	0.064	0.15	0.035	0.085	0.26	0.03
ZnCl2	2.57E-06	1.79E-06	6.96E-06	1.44E-06	2.87E-05	0.00023	0.0012	7.49E-05	0.0004	0.0033	6.71E-05
ZnOH+	1.64	3.63	3.28	3.59	3.18	3.09	2.77	4.75	4.29	2.79	4.97
Zn(ΦK)	2.69	0.44	0.30	0.14	0.13	0.11	0.04	0.088	0.087	0.0048	0.017
(Zn(ΦK)2)2-	0.022	0.00085	0.00052	9.90E-05	0.00011	8.13E-05	1.15E-05	5.41E-05	5.44E-05	1.77E-07	2.08E-06

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pb2+	6.50	3.69	2.65	3.02	2.62	2.74	3.23	2.48	3.07	4.21	1.85
(PbHCO3)+	63.99	41.67	40.35	39.95	40.54	40.76	44.16	29.27	32.68	44.34	25.68
PbCO3	29.40	54.54	56.87	56.95	56.58	56.02	51.92	67.64	63.16	49.95	72.13
PbSO4	0.11	0.10	0.13	0.073	0.26	0.48	0.68	0.61	1.10	1.48	0.35
PbCl2	1.95E-05	9.71E-06	3.10E-05	6.91E-06	0.00013	0.001	0.0061	0.00035	0.0021	0.019	0.00027
Sr2+	95.88	95.39	93.72	94.69	93.36	93.06	93.23	93.71	93.46	93.48	93.20
SrCO3	0.052	0.17	0.24	0.21	0.24	0.23	0.18	0.31	0.23	0.13	0.43
(Sr(CO3)2)2-	3.14E-06	3.67E-05	8.84E-05	6.26E-05	9.59E-05	9.71E-05	6.94E-05	0.00016	0.0001	4.44E-05	0.00029
Sr(HCO3)2	0.11	0.15	0.28	0.21	0.29	0.28	0.24	0.17	0.14	0.15	0.23
(SrHCO3)+	3.55	4.05	5.38	4.71	5.43	5.21	4.80	4.17	3.75	3.70	4.88
SrSO4	0.11	0.18	0.32	0.16	0.63	1.13	1.36	1.59	2.30	2.25	1.20
(Sr(ΦK)2)2-	0.00023	1.08E-05	7.51E-06	1.35E-06	1.51E-06	1.14E-06	1.48E-07	8.57E-07	7.68E-07	2.10E-09	3.89E-08
SrΦK	0.29	0.059	0.045	0.02	0.02	0.016	0.0053	0.015	0.013	0.00059	0.0032
SrCl+	0.0082	0.0075	0.015	0.0069	0.03	0.084	0.18	0.052	0.11	0.28	0.054
SrCl2	1.17E-06	1.02E-06	4.46E-06	8.78E-07	1.83E-05	0.00014	0.00071	5.30E-05	0.00025	0.0017	5.62E-05
SrOH+	5.94E-06	1.64E-05	1.68E-05	1.75E-05	1.62E-05	1.54E-05	1.28E-05	2.68E-05	2.16E-05	1.18E-05	3.31E-05
Sr(OH)2	8.37E-15	6.60E-14	7.25E-14	7.67E-14	6.95E-14	6.51E-14	4.60E-14	1.90E-13	1.28E-13	4.07E-14	2.86E-13
Al3+	0.00029	6.92E-05	5.41E-05	4.98E-05	4.46E-05	6.11E-05	9.29E-05	4.51E-05	7.95E-05	0.00018	1.41E-05
Al2(CO3)3	98.88	92.40	93.06	92.94	94.73	93.69	94.85	69.92	74.04	92.01	80.21
(Al(SO4)2)-	3.61E-09	2.23E-09	5.71E-09	1.27E-09	1.86E-08	8.20E-08	1.81E-07	1.19E-07	4.40E-07	9.85E-07	2.14E-08
(AlSO4)+	2.08E-06	7.61E-07	1.00E-06	4.74E-07	1.58E-06	3.65E-06	6.22E-06	3.97E-06	9.46E-06	1.89E-05	9.84E-07
(AlΦK2)-	1.12E-10	1.15E-12	5.50E-13	9.92E-14	8.51E-14	7.76E-14	1.33E-14	4.76E-14	6.56E-14	3.19E-16	7.41E-16
AlΦK+	1.53E-07	7.23E-09	4.12E-09	1.76E-09	1.42E-09	1.49E-09	7.06E-10	1.05E-09	1.53E-09	1.43E-10	7.67E-11
(AlCl)2+	4.43E-07	9.58E-08	1.50E-07	6.30E-08	2.44E-07	8.87E-07	2.87E-06	4.15E-07	1.52E-06	8.38E-06	1.38E-07
(AlCl2)+	1.65E-11	3.30E-12	1.07E-11	2.01E-12	3.50E-11	3.49E-10	2.49E-09	1.01E-10	7.99E-10	1.11E-08	3.50E-11
Al(OH)3	0.93	4.80	4.20	4.29	3.18	3.78	3.24	14.37	13.33	5.03	8.60
(Al(OH)4)-	0.19	2.80	2.73	2.76	2.09	2.53	1.92	15.71	12.63	2.96	11.18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ba ²⁺	77.06	74.30	67.06	70.93	65.96	65.61	66.82	69.42	69.41	69.55	67.04
(BaHCO ₃) ⁺	20.09	22.19	27.08	24.81	27.00	25.84	24.19	21.71	19.58	19.39	24.68
Ba(HCO ₃) ₂	2.07	2.68	4.58	3.55	4.72	4.48	4.00	2.92	2.46	2.57	3.82
BaCO ₃	0.027	0.084	0.11	0.10	0.11	0.10	0.082	0.15	0.11	0.063	0.20
(Ba(CO ₃) ₂) ²⁻	1.34E-05	0.00015	0.00033	0.00025	0.00036	0.00036	0.00026	0.00062	0.0004	0.00017	0.0011
BaSO ₄	0.44	0.68	1.11	0.58	2.17	3.88	4.76	5.75	8.34	8.20	4.22
BaΦK	0.31	0.062	0.044	0.02	0.019	0.015	0.0052	0.015	0.013	0.00059	0.0031
(Ba(ΦK) ₂) ²⁻	0.00025	1.13E-05	7.23E-06	1.36E-06	1.44E-06	1.08E-06	1.42E-07	8.54E-07	7.68E-07	2.10E-09	3.77E-08
BaCl ⁺	0.0034	0.003	0.0056	0.0027	0.011	0.03	0.068	0.02	0.043	0.11	0.02
BaCl ₂	6.36E-06	5.38E-06	2.16E-05	4.46E-06	8.79E-05	0.00068	0.0035	0.00027	0.0013	0.0088	0.00027
BaCl ⁺	0.0034	0.003	0.0056	0.0027	0.011	0.03	0.068	0.02	0.043	0.11	0.02
BaOH ⁺	2.79E-06	7.48E-06	7.01E-06	7.67E-06	6.70E-06	6.36E-06	5.35E-06	1.16E-05	9.38E-06	5.12E-06	1.39E-05
Ba(OH) ₂	4.56E-14	3.49E-13	3.52E-13	3.90E-13	3.33E-13	3.11E-13	2.24E-13	9.55E-13	6.45E-13	2.05E-13	1.39E-12
BaOH ⁺	2.79E-06	7.48E-06	7.01E-06	7.67E-06	6.70E-06	6.36E-06	5.35E-06	1.16E-05	9.38E-06	5.12E-06	1.39E-05

Несколько большее значение приобретают комплексные соединения в миграции магния (3,3-4,6%) и кальция (3,3-4,7%). Комплексные соединения этих элементов представлены преимущественно гидрокарбонатными формами.

Среди рассмотренных микрокомпонентов преобладание миграции в виде собственных ионов присуще, главным образом, закисное железо. На долю комплексных соединений двухвалентного железа приходится всего лишь от 5,7 до 9,1% валового содержания. Представлены они преимущественно карбонатными и гидрокарбонатными комплексами но в водах северных территорий, характеризующихся повышенными содержаниями органических веществ, в заметных количествах появляются фульватные соединения.

Значительную роль собственные ионы играют в миграции марганца и цинка. На их долю приходится от 66 до 79% и от 72 до 87% валового содержания марганца и цинка соответственно. Среди комплексных соединений этих элементов преобладают карбонатные и гидрокарбонатные формы. В водах северных территорий появляются фульватные комплексы марганца (на уровне десятых долей процента) и цинка (десятые доли или первые проценты).

В отличие от рассмотренных микроэлементов, миграция окисного железа, меди и свинца осуществляется преимущественно в виде комплексных соединений. Доля их собственных форм составляет лишь 0,03 – 0,24; 1,38 – 6,18 и 3,29 – 7,07% соответственно. Преобладающими в миграции окисного железа являются карбонатные и гидроксидные, свинца – карбонатные, гидрокарбонатные, гидроксидные и фульватные, меди – карбонатные, гидрокарбонатные и фульватные соединения. Причем, в миграции свинца и, тем более, меди фульватные комплексы играют важную роль. Кроме того, доля этих комплексов значительно возрастает в водах северных территорий, где более высокие концентрации активных лиганд – органических соединений и кислотность среды.

В подземных водах лесостепных, степных ландшафтов соотношения форм водной миграции по всем химическим элементам сдвигаются в сторону образования комплексных форм (главным образом, гидрокарбонатных, карбонатных, и даже сульфатных). В подземных водах, даже у элементов мигрирующих преимущественно в виде собственных соединений, доля комплексных соединений увеличивается, в среднем, для магния до 6,1%, для кальция до 7,7% от валового содержания. По оценкам же С.Л. Шварцева (1978) в подземных водах Барабинских степей на долю комплексных форм приходится для магния до 33,3%, кальция - до 58,9%.

Результаты проведенных исследований по минералообразующей способности вод представлены на рисунке 82 и в таблице 31. Анализ результатов позволяет заключить следующее. Подземные воды, формирующиеся в условиях средней тайги равновесны, главным образом, с гематитом, магнетитом, каолинитом, кварцем, а иногда и с сидеритом.

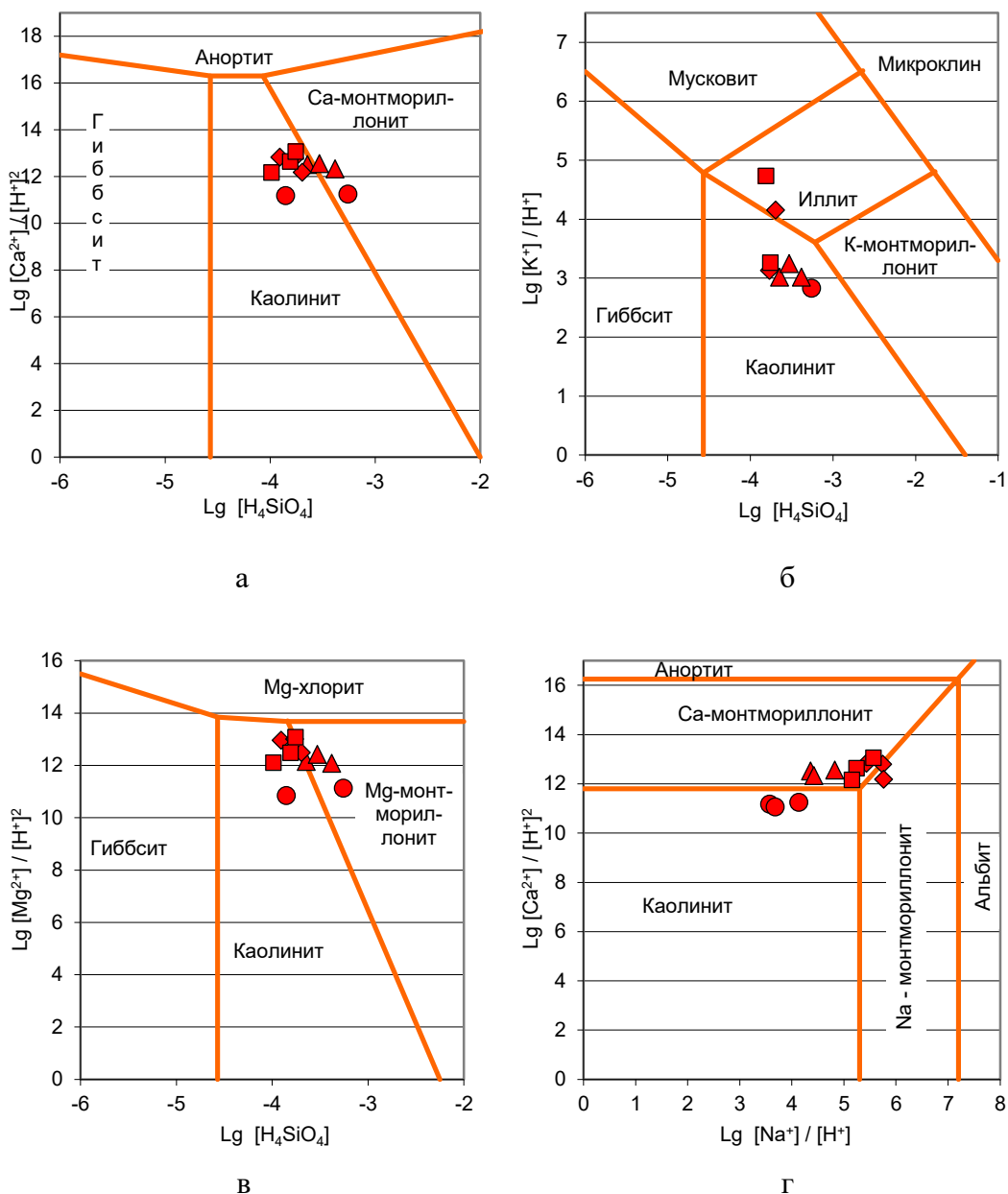


Рис. 82 Диаграммы равновесия в системе вода–алюмосиликаты при стандартных условиях с нанесением усредненных данных по составу подземных вод Западно-Сибирской АБ
а – система $HCl - H_2O - Al_2O_3 - CO_2 - CaO - SiO_2$; *б* – система $HCl - H_2O - Al_2O_3 - CO_2 - K_2O - SiO_2$; *в* – система $HCl - H_2O - Al_2O_3 - CO_2 - MgO - SiO_2$; *г* – система $HCl - H_2O - Al_2O_3 - CO_2 - Na_2O - CaO - SiO_2$ при $lg[H_4SiO_4] = -3,5$.
 Воды ландшафтов: 1 – средней тайги; 2 – южной тайги; 3 – лесостепей, степей

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, иногда гипс), кварц и сульфаты (практически всегда барит).

Таблица 31

Степень насыщения подземных вод к минералам (индексы неравновесности)

Формы миграции		Средняя тайга	Южная тайга			Лесостепь			Степь			К
		Р	Q	N	Р	Q	N	Р	Q	N	Р	(M < 1,5 г/л)
1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Гидроокислы												
FeOОН	гётит	1,9	5,4	5,3	4	5,4	4,7	3	3,8	4,2	3	6,8
Mg(OH) ₂	брусит	-14	-12	-11	-11	-11	-11	-11	-9,8	-10	-11	-11
Al(OH) ₃	гиббсит	4,6	5,5	4,9	5,4	5	4,8	4,7	5,5	5,3	4,7	6,4
Карбонаты												
CaCO ₃	арагонит	0,17	2,2	2,6	2,5	2,6	2,5	2,2	2,5	2,2	1,6	1,4
CaCO ₃	кальцит	-1,8	0,26	0,69	0,53	0,64	0,52	0,26	0,6	0,23	-0,33	-0,55
CaMg(CO ₃) ₂	доломит	-1,3	2,2	3,6	3	3,9	4	3,4	4	3,5	2,5	1,2
FeCO ₃	сидерит	-1,7	-0,18	-0,041	-1,6	0,06	-0,64	-2,1	-2,9	-2,2	-2,3	-0,015
KHCO ₃	калицинит	-46	-46	-45	-46	-45	-45	-45	-46	-46	-43	-45
MgCO ₃	магнезит	-3,5	-2	-1,1	-1,5	-0,67	-0,54	-0,79	-0,54	-0,74	-1,1	-2,2
Na ₂ CO ₃ ·(H ₂ O)	термонатрит	-73	-73	-71	-72	-71	-69	-68	-70	-69	-68	-68
Na ₂ CO ₃ ·10(H ₂ O)	натрон	-1,2E2	-1,2E2	-1,2E2	-1,2E2	-1,2E2	-1,2E2	-1,2E2	-1,2E2	-1,2E2	-1,2E2	-1,2E2
NaHCO ₃	нахколит	-40	-40	-39	-40	-39	-38	-38	-39	-38	-38	-38
BaCO ₃	витерит	-7,2	-6,4	-6,1	-5,9	-6	-6	-6,1	-5,8	-6,1	-6,7	-5,3
SrCO ₃	стронцианит	-2,8	-1,6	-1,1	-1,1	-0,61	-0,94	-1,4	-0,96	-1	-1,9	-1,1
ZnCO ₃	смитсонит	-7,4	-5,8	-6,8	-6,1	-5,6	-6,5	-5,9	-5,9	-7,2	-6,2	-5,9
PbCO ₃	церуссит	-2,9	-2,5	-3,4	-2,6	-2,2	-3,4	-2,2	-3	-3,4	-0,21	-2
Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂	малахит	-17	-8,9	-10	-8,3	-9,2	-9,6	-8,2	-9,8	-11	-9,5	-8

1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Сульфаты												
BaSO ₄	барит	-1,3	-1,2	-0,61	-1	0,12	0,79	1,1	1,1	1,4	1,3	0,88
CaSO ₄	ангидрит	-8,2	-6,9	-6,3	-7	-5,7	-5,1	-5	-5	-4,7	-4,8	-6,8
CaSO ₄ ·2(H ₂ O)	гипс	-1,5	-0,2	0,44	-0,29	1,1	1,6	1,8	1,7	2	2	-0,054
KHSO ₄	меркаллит	-69	-70	-69	-70	-68	-67	-67	-68	-68	-64	-68
MgSO ₄ ·(H ₂ O)	кизерит	-70	-69	-68	-69	-67	-66	-66	-66	-65	-65	-68
Na ₂ SO ₄	тенардит	-67	-68	-65	-67	-64	-63	-61	-63	-61	-60	-62
Na ₂ SO ₄ ·10(H ₂ O)	мирабилит	-1,5E2	-1,5E2	-1,5E2	-1,5E2	-1,5E2	-1,4E2	-1,4E2	-1,4E2	-1,4E2	-1,4E2	-1,4E2
SrSO ₄	целестин	-5,2	-4,7	-4	-4,6	-2,8	-2,5	-2,5	-2,5	-1,9	-2,2	-3,3
Na ₂ Ca(SO ₄) ₂	глауберит	-1,2E2	-1,2E2	-1,2E2	-1,2E2	-1,1E2	-1,1E2	-1,1E2	-1,1E2	-1,1E2	-1,1E2	-1,1E2
PbSO ₄	англезит	-13	-13	-14	-14	-12	-13	-11	-12	-12	-8,3	-12
Хлориды												
KCl	сильвин	-20	-20	-19	-20	-18	-17	-16	-19	-18	-14	-17
KMgCl ₃ ·6(H ₂ O)	карналлит	-1,4E2	-1,4E2	-1,4E2	-1,4E2	-1,4E2	-1,3E2	-1,3E2	-1,4E2	-1,3E2	-1,3E2	-1,4E2
MgCl ₂	хлоромгнезит	-58	-58	-56	-58	-54	-52	-50	-53	-51	-49	-55
CaF ₂	флюорит	-4,5	-3,7	-3,3	-3,7	-4	-3,3	-3,5	-1,6	-3	-3,1	-4,3
Силикаты												
SiO ₂	кварц	1,1	1,5	1,8	2,2	1	1,4	1,2	0,94	1,3	1,4	1,6
SiO ₂ ·nH ₂ O	аморфн, SiO ₂	-2,2	-1,7	-1,4	-1,1	-2,2	-1,8	-2	-2,3	-2	-1,8	-1,7

Закономерности ландшафтной изменчивости гидрогеохимических показателей в полной мере проявляются в пределах рассматриваемой территории. В условиях средней тайги с высокой заболоченностью появляется особый тип кислых, высоко агрессивных, органоминеральных ультрапресных вод преимущественно гидрокарбонатных кальциевых и магниево–кальциевых, с повышенным содержанием железа, марганца. В условиях южной тайги формируются типично пресные преимущественно гидрокарбонатные воды. Воды степей значительно более минерализованы и сложны по ионно-солевому составу, и, конечно, в большей степени обогащены как макро-, так и микрокомпонентами. Под влиянием широтной смены ландшафтов прослеживается и эволюция форм миграции элементов в водах и характер минералов равновесной вторичной фазы. В кислых, высоко агрессивных, органоминеральных ультрапресных водах средней тайги значительно возрастает доля фульватных комплексов в миграции свинца и, тем более, меди. В солоноватых водах лесостепей, степей увеличивается роль комплексных сульфатных форм. Подземные воды средней тайги с высокой заболоченностью характеризуются узким спектром равновесной вторичной фазы, представленной, главным образом, гидроокислами железа и каолинитом. Воды лесостепей, степей обладают способностью образования наиболее богатого набора минералов: глинистые минералы, карбонаты, сульфаты.

Таким образом, в пределах рассматриваемой территории, характеризующейся разнообразными ландшафтно-климатическими, геолого-геоморфологическими природными условиями, имеются условия для формирования широкого спектра геохимических типов вод зоны гипергенеза умеренного климата (с разнообразным набором химических элементов, содержащихся в различных концентрациях и мигрирующих в различных соединениях), равновесных с весьма обширным набором минералов.

С севера в южном направлении, под влиянием широтной смены ландшафтов, происходит увеличение минерализации подземных вод и рост содержания 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.

В целом физико-химические расчеты хорошо подтверждаются реальными данными наблюдений на водозаборах рассматриваемой территории [17-19, 76-81, 83, 85-89].

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

5.1. Подходы к оценке качества подземных вод

Качество вод – характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретного вида водопользования. Оценка качества вод проводят по результатам сокращенного или полного анализа.

Различают дифференциальные, комплексные и интегральные методы оценки качества вод. Дадим их определения по ГОСТ 15467-79. «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения».

Дифференциальный метод оценки качества продукции – метод оценки качества продукции, основанный на использовании единичных показателей её качества.

Единичный показатель качества продукции – показатель качества продукции, характеризующий одно из её свойств.

Комплексный метод оценки качества продукции – метод оценки качества продукции, основанный на использовании комплексных показателей её качества.

Комплексный показатель качества продукции – показатель качества продукции, характеризующий несколько её свойств.

Интегральный метод оценки качества продукции – метод оценки качества продукции, основанный на использовании суммы показателей её качества.

Таким образом, критерий качества воды может быть задан различным способом:

1. одним признаком (показателем), – дифференциальный метод оценки качества воды, например: минерализация или бальнеологически активный компонент воды при оценке минеральных вод;
2. несколькими признаками (несколькими показателями), комплексный метод оценки качества воды. Например, рН, мутность, общая жёсткость, железо, марганец, перманганатная окисляемость, микробиологические показатели воды;
3. формулой, связывающей содержание компонента в воде с его нормой – интегральный метод оценки качества воды, например, $\sum C_i / ПДК_i$.

Нами, оценка качества питьевых подземных вод водоносных комплексов южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна осуществлена в соответствии с требованиями к качеству воды для централизованных источников водоснабжения СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных источников водоснабжения. Контроль качества» (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 31 октября 2001 г., регистрационный № 3011) с учетом изменений по классу

опасности и предельно допустимым содержаниям веществ, установленных ГН 2.1.5.1315-03 и ГН 2.1.5.2280-07.

По каждому водоносному комплексу определен перечень компонентов подземных вод, неудовлетворяющих нормативным требованиям. Определение класса качества подземных вод выполнено в соответствии с ОК 032-2002 «Общероссийский классификатор полезных ископаемых и подземных вод» с учетом санитарно-гигиенических требований по содержанию нормируемых показателей качества подземных вод (компонентов химического состава) и возможности их устранения стандартными методами водоподготовки.

Различие в классах качества подземных вод находящихся рядом водопунктов может быть обусловлено различными природными и техногенными факторами. К природным факторам в первую очередь относится различие литологического состава водовмещающих пород и их фильтрационные свойства; к техногенным - конструктивные особенности водопункта (различие интервалов опробования характеризуемого водоносного горизонта), продолжительность и режим эксплуатации скважины, загрязнение подземных вод.

В водах рассматриваемых водоносных комплексов к природным факторам относятся повышенные содержания железа, марганца, кремния, магния, натрия, повышенные значения общей жесткости и минерализация.

В пределах территории распространения каждого водоносного комплекса выделены зоны, относящиеся к первому, второму и третьему классу качества питьевых подземных вод. К первому классу, согласно ОК 032-2002, отнесены воды, в которых отсутствует загрязнение по какому-либо показателю, и, соответственно, которые не требуют определенной очистки. Ко второму классу качества питьевых подземных вод отнесены воды, требующие определенного вида водоподготовки (аэрирование, фильтрование и обеззараживание). Аэрирование и фильтрование применяют к водам с повышенным содержанием растворенных газов (метан, сероводород), к водам, загрязненным железом и марганцем, также к водам с повышенной мутностью. Обеззараживание требуется в случае, если в водах зафиксировано загрязнение по микробиологическим показателям. К третьему классу качества отнесены воды, в которых установлено загрязнение большинством макро- и микрокомпонентов, органическими веществами и требующие дополнительных методов очистки.

5.2. Региональная оценка качества подземных вод

Подземные воды четвертичных отложений

Четвертичный водоносный комплекс является первым от поверхности, широко эксплуатирующийся в Новосибирской области и Алтайском крае. В Томской области воды комплекса используются ограниченно при помощи колодцев и одиночных скважин для

сельского водоснабжения. В Омской области воды комплекса практически не используются в связи с их повышенной соленостью и плохими фильтрационными свойствами.

Распространение комплекса в различных ландшафтно-климатических условиях, сложное литологическое строение разреза, подверженность поверхностному загрязнению вследствие слабой защищенности отразились на качественном составе подземных вод четвертичного комплекса. Для подземных вод этого комплекса характерно превышение нормативных содержаний практически по всем определенным показателям качества в локальных точках, при этом для железа и марганца присуща высокая встречаемость их повышенных содержаний относительно ПДК.

Оценка качества питьевых подземных вод четвертичного водоносного комплекса приведена по результатам 2476 анализов за период 2008-2015 гг. Выполненная по содержанию нормируемых показателей оценка качества подземных вод в водопунктах показала, что подземные воды четвертичного комплекса отнесены преимущественно ко II классу качества – 64,2 % (рис. 83).

Подземные воды I класса качества составляют лишь 7,7 % от общей территории распространения исследуемого ВК. Подземные воды I класса качества по анионному составу преимущественно гидрокарбонатные, по катионному составу – преимущественно магниево-кальциевые с минерализацией до 0,5 г/л. Распределение водопунктов с водами I класса качества по территории работ неравномерно, что позволило выделить лишь небольшие площади питьевых подземных вод I класса качества, расположенных в Алтайском крае.

Подземные воды II класса качества составляют 64,2 % от общей территории и выделены в северной части территории, в зоне развития железо- и марганцосодержащих вод, имеющих минерализацию до 0,5 г/л. По анионному составу воды преимущественно гидрокарбонатные, реже сульфатно-гидрокарбонатные и хлоридно-гидрокарбонатные, по катионному составу преимущественно магниево-кальциевые.



Рис. 83 Районирование подземных вод четвертичных отложений по классам качества

Подземные воды III класса качества занимают 28,1 % от общей территории преимущественно в лесостепной и степной частях территории, где распространены сульфатно- и хлоридно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатные воды преимущественно натриевые воды с минерализацией более 1 г/л. Основными обобщенными показателями и веществами 3 и 4 классов опасности, определяющими III класс качества подземных вод четвертичного комплекса, являются: общая жесткость, хлориды, сульфаты, минерализация, магний, натрий.

Подземные воды неогеновых отложений

Водоносный комплекс неогеновых отложений является широко эксплуатируется в Новосибирской и Омской областях и в Алтайском крае.

Оценка качества питьевых подземных вод комплекса приведена по результатам 1886 анализов за период 2008-2015 гг. Выполненная по содержанию нормируемых показателей оценка качества подземных вод в водопунктах показала, что подземные воды комплекса отнесены, как и в верхнем ВК, преимущественно ко II классу качества – 53,2 % (рис. 84).

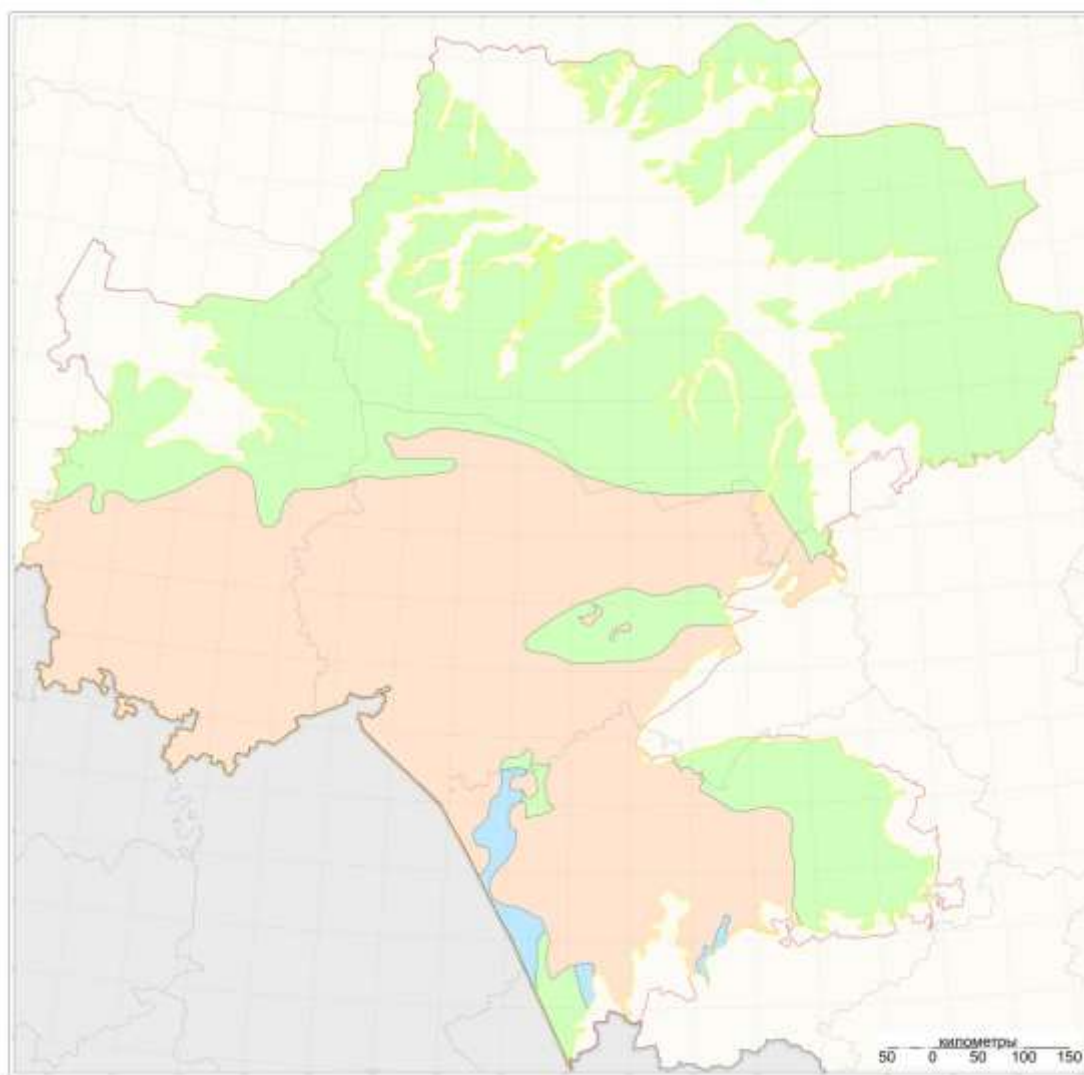


Рис. 84 Районирование подземных вод неогеновых отложений по классам качества

Подземные воды I класса качества составляют лишь 1,2 % от общей территории распространения исследуемого ВК. Подземные воды I класса качества по анионному составу преимущественно гидрокарбонатные, по катионному составу – преимущественно магниевонариевые с минерализацией до 0,5 г/л. Выделены лишь небольшая площадь питьевых подземных вод I класса качества, расположенная в Кулундинской впадине.

Подземные воды II класса качества составляют 53,2 % от общей территории и выделены в северной и юго-восточной части территории, в зоне развития железо- и марганцосодержащих вод, имеющих минерализацию до 0,5 г/л. По анионному составу воды преимущественно гидрокарбонатные, реже хлоридно-гидрокарбонатные, по катионному составу кальциевые, магниевокальциевые, редко магниевонариевые.

Подземные воды III класса качества занимают 45,6 % от общей территории преимущественно в лесостепной и степной части, где распространены сульфатно- и хлоридно-гидрокарбонатные, сульфатно-хлоридные и хлоридные магниевонариевые, натриевые воды с минерализацией более 1 г/л. Основными обобщенными показателями и веществами 3 и 4 классов

опасности, определяющими III класс качества подземных вод комплекса, являются: общая жесткость, хлориды, сульфаты, минерализация, магний, натрий и бор.

Подземные воды палеогеновых отложений

Водоносный комплекс палеогеновых отложений является основным эксплуатируемым на всей исследуемой территории.

Оценка качества питьевых подземных вод палеогенового водоносного комплекса приведена по результатам 4168 анализов, выполненных за период 2008-2015 гг. Выполненная оценка качества подземных вод в водопунктах показала, что подземные воды комплекса отнесены преимущественно ко II классу качества – 63,4 % (рис. 85).

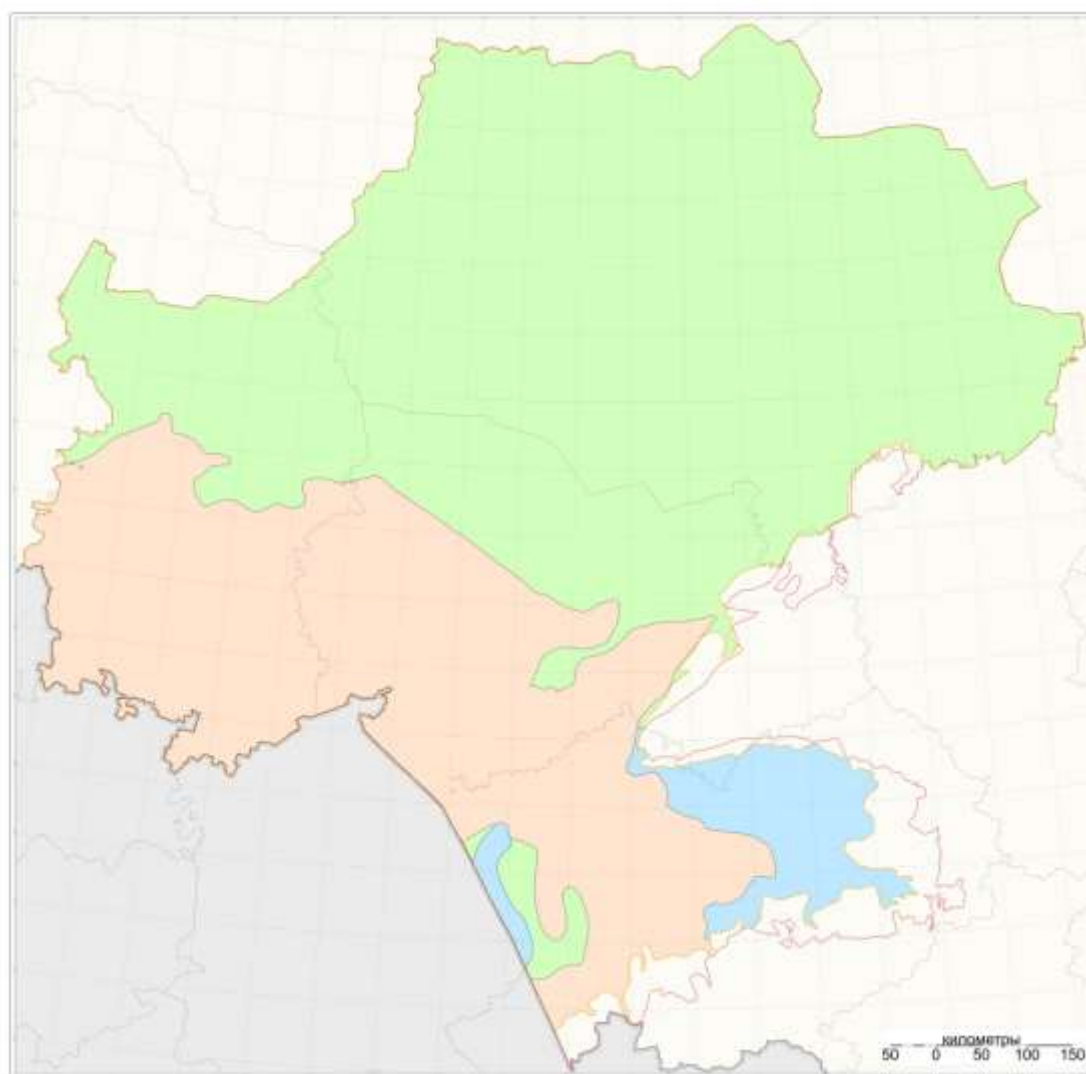


Рис. 85 Районирование подземных вод палеогеновых отложений по классам качества

Подземные воды I класса качества составляют лишь 4,9% от общей территории распространения исследуемого ВК. Подземные воды I класса качества по анионному составу хлоридно-гидрокарбонатные, по катионному составу кальциево- и магниевонариевые с минерализацией до 0,5 г/л. Выделена лишь небольшая площади питьевых подземных вод I класса качества в Кулундинской равнине.

Подземные воды II класса качества составляют 63,4 % от общей территории и выделены в северной части территории, в зоне развития железо- и марганцосодержащих вод, имеющих минерализацию до 1,0 г/л. По анионному составу воды преимущественно гидрокарбонатные, реже сульфатно-гидрокарбонатные и хлоридно-гидрокарбонатные, по катионному составу преимущественно магниевые-кальциевые.

Подземные воды III класса качества занимают 31,7 % от общей территории преимущественно в лесостепной и степной части, где распространены хлоридно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатные, сульфатно-хлоридные и хлоридные воды преимущественно натриевые воды с минерализацией более 1 г/л. Основными обобщенными показателями и веществами 3 и 4 классов опасности, определяющими III класс качества подземных вод комплекса, являются: общая жесткость, хлориды, сульфаты, минерализация, магний, натрий.

Подземные воды меловых отложений

Водоносный комплекс меловых отложений является основным эксплуатируемым комплексом в юго-западной части исследуемой территории.

Оценка качества питьевых подземных вод мелового водоносного комплекса приведена по результатам 809 анализов, выполненных за период 2008-2015 гг. Выполненная оценка качества подземных вод в водопунктах показала, что подземные воды комплекса отнесены преимущественно ко III классу качества – 75,4 % (рис. 86).

Подземные воды I класса качества составляют 20 % от общей территории распространения исследуемого ВК. Подземные воды I класса качества по анионному составу гидрокарбонатные, по катионному составу преимущественно натриевые минерализацией до 0,5 г/л. Площади распространения питьевых подземных вод I класса качества выделены в Кеть-Тымской и Чулымской равнинах.

Подземные воды II класса качества составляют 4,6 % от общей территории и выделены в южной части территории, имеющих минерализацию до 1,0 г/л. По анионному составу воды преимущественно хлоридно-гидрокарбонатные или смешанного состава, по катионному составу – преимущественно натриевые.

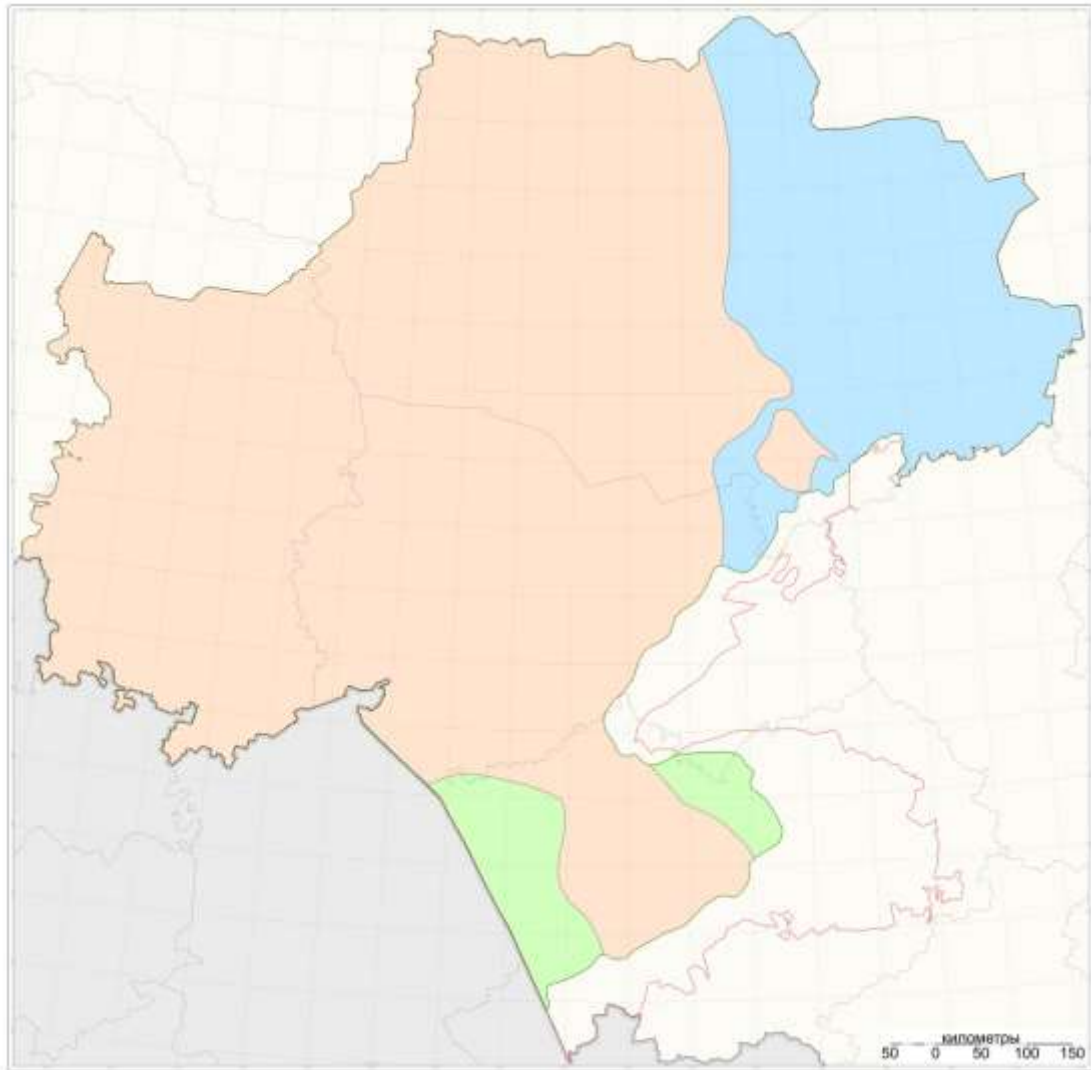


Рис. 86 Районирование подземных вод меловых отложений по классам качества

Подземные воды III класса качества занимают 75,4 % от общей территории, в ее западной и северо-западной частях, где распространены хлоридные, хлоридно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-хлоридные, сульфатно-хлоридные преимущественно натриевые воды с минерализацией более 1 г/л. Основными обобщенными показателями и веществами 3 и 4 классов опасности, определяющими III класс качества подземных вод комплекса, являются: общая жесткость, хлориды, сульфаты, минерализация, магний, натрий, бор.

5.3. Качество подземных вод на водозаборах

Подземные воды четвертичных отложений

Ко I и II классу качества питьевых подземных вод водоносного комплекса относятся воды 56,1 % из 226 обследованных *водозаборов*, которые расположены, преимущественно, в Алтайском крае, Томской и Новосибирской областях. Загрязнение техногенного характера было установлено на 21 водозаборе, что составляет около 43,9 % от их общего количества в

пределах исследуемой территории и воды этих водозаборов отнесены к III классу качества питьевых подземных вод (рис. 87).

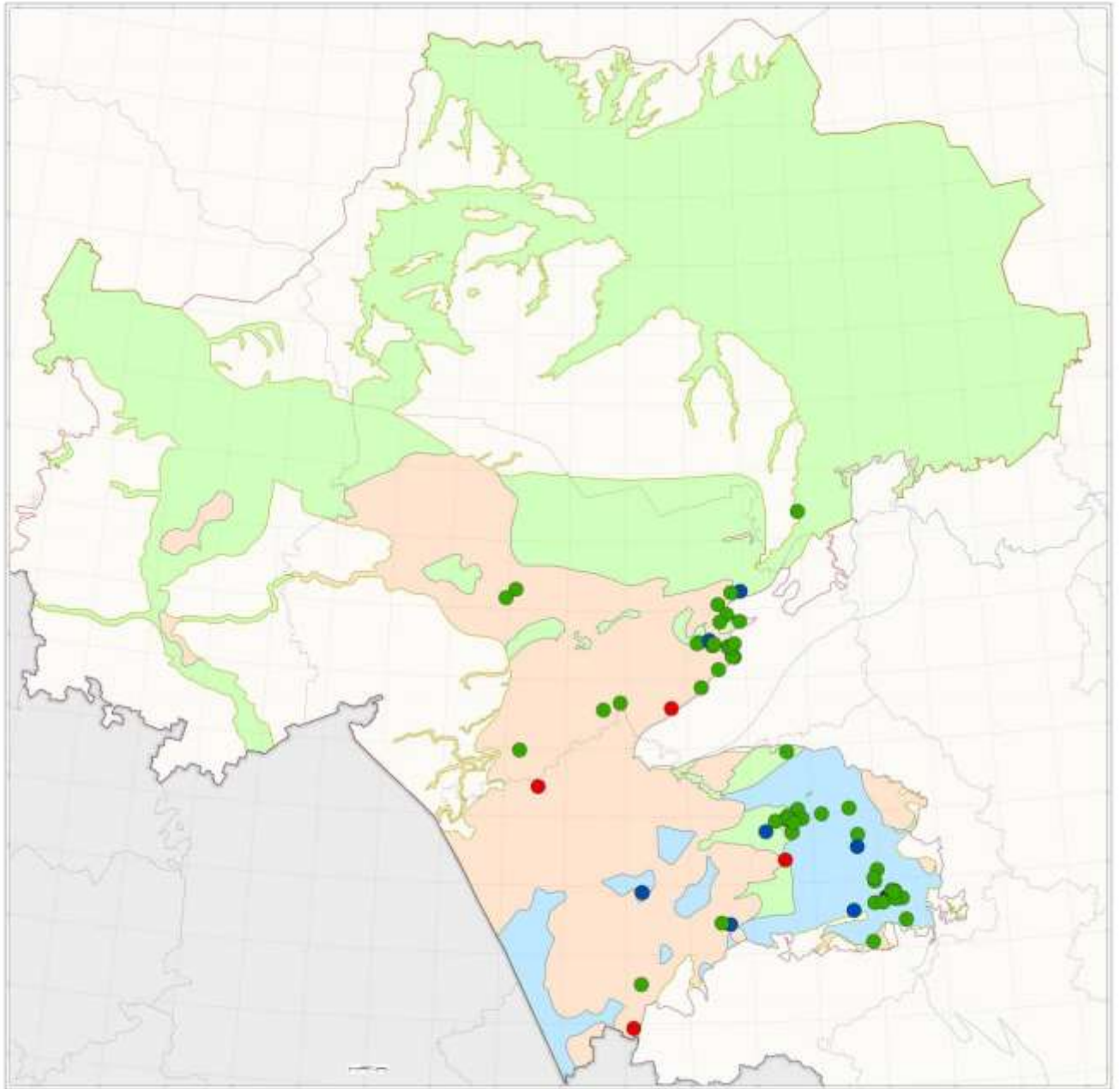


Рис. 87 Качество подземных вод четвертичных на водозаборах хозяйственно-питьевого назначения

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

В Алтайском крае в добываемых водах четвертичных отложений было выявлено загрязнение мышьяком (1,5-4,5 ПДК), кадмием (2-2,8 ПДК), сурьмой (1,3 ПДК), никелем (2,2 ПДК), хромом (4,0 ПДК), молибденом (1,43 ПДК), свинцом (3,0 ПДК), аммонием (1,8-2,8 ПДК), нитратами (1,9 ПДК).

На территории Новосибирской области в водозаборах отмечено загрязнение фенолами (2-6 ПДК), мышьяком (2,6 ПДК).

В Томской области зафиксировано загрязнение нефтепродуктами (3.4 ПДК), мышьяком (1,5 ПДК), фенолами (4.0 и 5.0 ПДК) (Табл. 32).

Таблица 32

Интенсивность загрязнения на водозаборах подземных вод четвертичных отложений

СРФ	Населенный пункт (местоположение)	Наименование водозабора	Дата выявления загрязнения	Загрязнение (интенсивность загрязнения, ед. ПДК)
Алтайский край	с. Юдиха	ОАО «Кипринский маслосырзавод», Юдихинский участок	16.06.2011	Cd (2,0)
	с. Тюменцево	ОАО «Тюменцевский маслосырзавод»	01.06.2015	Sb (1,3), Ni (2,2), Cr (4,0), N (NH) (1,8)
	с. Хабары	ООО «Кристалл-Хабары», Хабарский участок	23.06.2015	I (1,0), Cd (2,8)
	с. Утянка	ОАО «Славгородский молочный комбинат», Утянский участок	24.09.2009	As (2,0)
	с. Кочки	МУП «Кочки» Родинского района	20.08.2014	B (1,8)
	с. Лебяжье	ООО «Барнаульский водоканал», вдз. «Лебяжье»	12.07.2015	As (1,5)
	г. Рубцовск	ОАО «Алтайвагон», Рубцовский филиал	14.05.2014	As (3,8), B (1,9)
	г. Рубцовск	ОАО ФСК ЕЭС на участке ПС-220 «Южная» (Западно-Сибирские электросети)	09.09.2011	As (2,0)
	г. Бийск	ООО «Бия-Синтез»	28.04.2015	As (4,5), NH ₄ (2,92)
	с. Веселоярск	МУП ТС «Тепло» Рубцовского района	12.08.2014	NO ₃ (1,9)
	с. Калманка	МУП «Калманские водопроводные сети», Калманский-1 участок	15.04.2015	Pb (3,0),
	с. Новообинцево	ОАО «Новообинцевское», водозабор №1	16.09.2014	B (1,84)
	г. Барнаул	ОАО «Сибмост»	14.03.2013	Mo (1,43)
	с. Вылково	ОАО «Тюменцевский маслосырзавод», Вылковский-1 участок	24.06.2014	Sb (1,3), Ni (2,2)
Новосибирская область	д. Вороново	СХПК «Новокуликовское»	12.05.2015	Ф (2,0)
	с. Зоново	АМО Зоновский сельсовет	21.03.2012	B (2,1)
	п. Секты	Кабинетный сельсовет (Сектинский)	15.04.2015	Ф(6,0)
	г. Обь, промзона с. Марусино	ООО «Сибирь Экспоцентр»	01.09.2011	ОМЧ(8,2)
	с. Усть-Луковка	МПИКС МО Усть-Луковский сельсовет	20.01.2014	As (2,6)
Томская область	с. Комсомольск	ООО «Аква-Сервис» (Комсомольское сельское поселение)	17.06.2015	Ф (4,0)
	п. Вороновка	ОГАУ «ШПИ «ЗАБОТА» (аQШtb)	11.06.2015	Ф(5,0)

Загрязнение фтором зафиксировано в 2 наблюдательных скважинах Омской области, в районе ТЭЦ-5, с. Ульяновка и метеостанции г. Называевска. Интенсивность загрязнения достигает 1,33 ПДК.

Помимо загрязнения на водозаборных сооружениях, в водоносном комплексе четвертичных отложений южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна

загрязнение зафиксировано в наблюдательных скважинах. Из общего количества 131 опробованных наблюдательных скважин в 3,1 % случаев подземные воды относятся к I классу качества, в 9,9 % – ко II классу, в 87 % – к III классу.

В наблюдательных скважинах исследуемой территории зафиксировано локальное загрязнение подземных вод бором в 2,5 % случаев, которое распространено в Алтайском крае, Новосибирской и Томской областях. Интенсивность загрязнения варьирует в пределах от 1.12 ПДК до 5.12 ПДК.

Загрязнение алюминием приходится на ПВ Новосибирской и Омской области и выявлено в 3.1 % случаев. Интенсивность загрязнения составляет 1.8-14.6 ПДК. Максимальное значение установлено в 2008 г. в с. Толмачево Новосибирской области, в свою очередь минимальное значение зафиксировано в г. Называевск Омской области в 2014 г.

Аналогичный процент скважин (3.1 %) характеризуется загрязнением по кадмию, которое выявлено в Омской области и варьирует в пределах от 1 до 7 ПДК.

Нефтепродуктами загрязнены подземные воды 24,2 % наблюдательных скважин, расположенных, преимущественно, в Омской (13 %), Томской (8,7 %) и Новосибирской (2,5 %) областях. Интенсивность загрязнения достигает до 14,1 ПДК, где максимальное значение установлено в Томской области в с. Первомайское. В Новосибирской области в 2014 г. в наблюдательных скважинах зафиксировано загрязнение АПАВ, что составляет 1,2 % случаев, достигающее 1,7 ПДК.

Фенолами загрязнены воды 24,8 % наблюдательных скважин в Омской (14,3 %), Томской (8,1 %), Новосибирской (1,9 %) областях и в Алтайском крае (1 %). Содержания фенолов на уровне ПДК фиксируется в водах 30 % наблюдательных скважин. Загрязнение фенолами достигает до 1,5-150 ПДК. Максимальное значение приходится на наблюдательную скважину, расположенную в районе Сросткинского сельсовета в Алтайском крае.

В Томской и Омской областях, соответственно, в 1,9 % и 1,2 % проб было выявлено загрязнение свинцом, варьирующее в пределах от 1,3 ПДК до 6,63 ПДК. Загрязнение зафиксировано в районе селитебных территорий.

В Томской области в пределах сельскохозяйственного училища № 1 в г. Асино отмечено загрязнение хромом, составляющее 1,24 ПДК.

Подземные воды неогеновых отложений

В пределах территории исследований воды водоносного комплекса неогеновых отложений используют 1 735 водозаборных сооружений, лишь на 18,8 % из них осуществляется контроль качества воды, пригодной для хозяйственно-питьевых целей (рис. 88). В зону распространения вод I класса качества входят 17,7 % водозаборов, расположенных, преимущественно, в Алтайском крае. В зоне распространения вод II класса качества выявлено

66,4 % водозаборов Новосибирской, Омской, Томской области и Алтайском крае. Подземные воды зоны III класса качества используются на водозаборах (15,9 %), расположенных в Алтайском крае, Омской и Новосибирской областях.

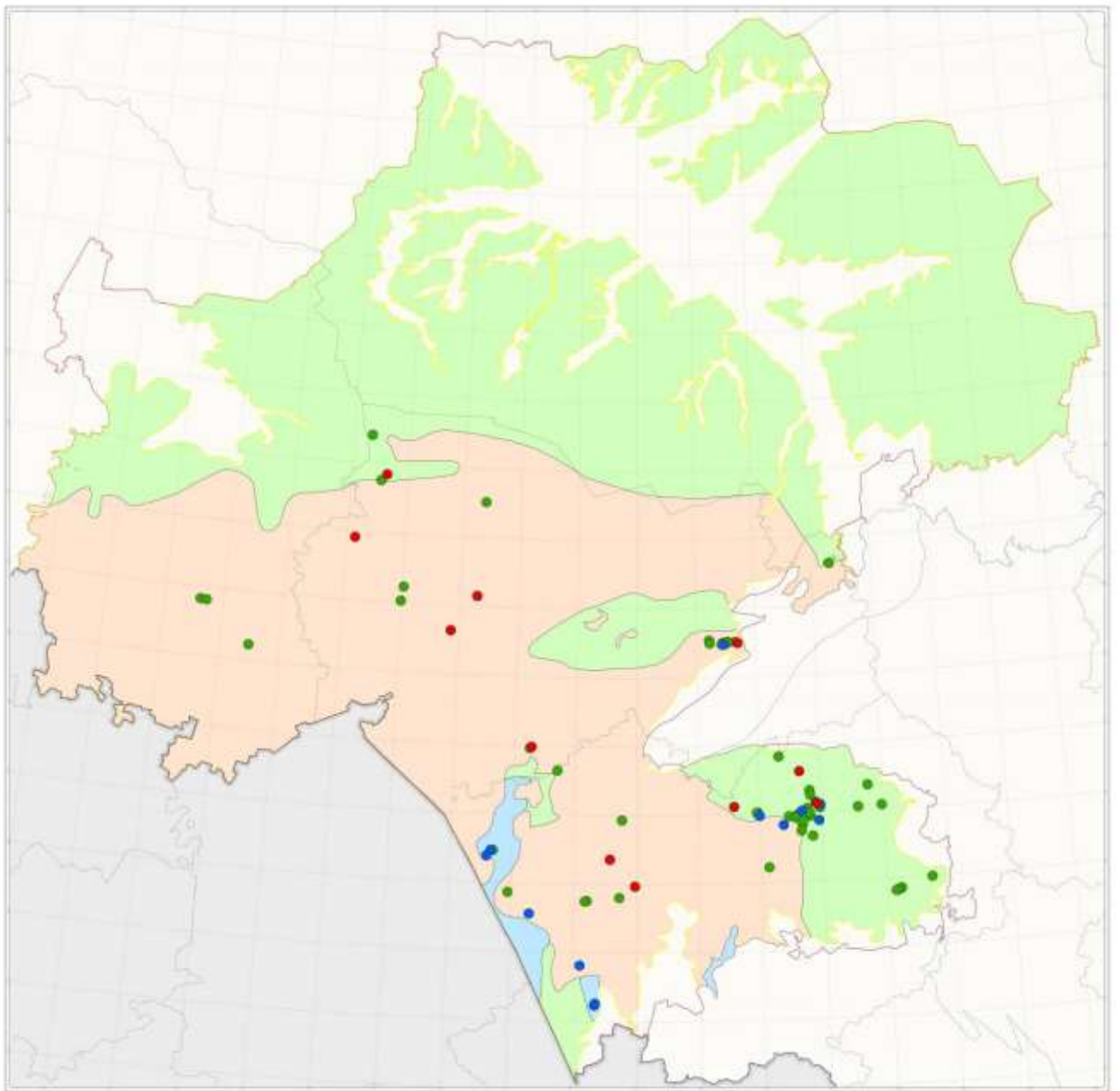


Рис. 88 Качество подземных вод неогеновых отложений на водозаборах хозяйственно-питьевого назначения

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

В Алтайском крае в добываемых водах неогенового комплекса зафиксировано загрязнение литием (3,7 ПДК), кадмием (5,2 ПДК), мышьяком (до 5,6 ПДК), аммонием (до 4,5 ПДК), фенолами (10 ПДК), загрязнение сурьмой (1,3 ПДК), висмутом (до 5 ПДК),

алюминием (2 ПДК), ртутью (2 ПДК). Зафиксированные загрязнения йодом до от 2,4 до 12,3 ПДК, бором до 1,5 ПДК, фтором до 3 ПДК можно отнести к природным факторам.

В Новосибирской области техногенное загрязнение выявлено в водах неогенового комплекса на 19 водозаборах: литием (1,3 ПДК), свинцом (6 ПДК), аммонием (6,2 ПДК), фенолами (4 ПДК), нефтепродуктами (1,6 ПДК). В 2009 г. в водах одной скважины на водозаборе ООО «Сигма», пгт. Краснозерское отмечено загрязнение, составляющее 20 ПДК по показателям гамма ГХЦГ и ДДТ, 6,7 ПДК – по показателю 2,4-Д.

В пределах Омской области установлено загрязнение в водах 16 водозаборов: кадмием (8 ПДК), аммонием (9 ПДК), нефтепродуктами (13,9 ПДК), ОМЧ в них 2,4 ПДК.

Интенсивность загрязнения водозаборов водоносного комплекса неогеновых отложений представлена в таблице 33.

В пределах распространения водоносного комплекса неогеновых отложений, было опробовано 28 наблюдательных скважин, из них 14,3 % входят в зону распространения I класса качества питьевых подземных вод. В пределах зоны распространения питьевых подземных вод II класса качества расположено 10,7 % наблюдательных скважин, к зоне III класса качества относится 75 % наблюдательных скважин.

Загрязненные наблюдательные скважины распространены в большей части по Омской области, точечно в Алтайском крае и Томской области. Загрязняющими компонентами являются аммоний, бериллий, бор, кадмий, нефтепродукты, фенолы, в отдельных случаях кремний и свинец.

Загрязнение аммонием распространено в 14,3 % случаях. Загрязнённые скважины, в равной степени, расположены в Омской и Томской областях. Интенсивность загрязнения варьирует в интервале от 1,4 ПДК до 6,3 ПДК. Максимальное загрязнение выявлено на территории пгт. Павлоградка Омской области в 2008 г. Загрязнение аммонием в наблюдательных скважинах установлено в пределах селитебных территорий, что объясняет его присутствие.

Загрязнение бериллием выявлено в трех случаях и составляет 1.08-7.5 ПДК. Загрязненные объекты расположены в Омской области, где максимальное загрязнение зафиксировано в с. Ермак в 2014 г.

Бором загрязнены наблюдательные скважины, расположенные в Алтайском крае. В 2009 г. загрязнение бором, составляющее 1,12 ПДК, выявлено на территории с. Зеленая Роща. В 2014 г. загрязнение интенсивностью 1,86 ПДК выявлено в наблюдательной скважине, расположенной на территории г. Славгород, где очагом загрязнения является свалка города.

На территории Омской области в 7,1 % от общего числа наблюдательных участков установлено загрязнение кадмием. В 2008 г. загрязнение кадмием установлено в количестве

3 ПДК, приуроченное к наблюдательному участку пгт. Павлоградка. В 2012 г. содержание кадмия на уровне ПДК установлено в наблюдательной скважине, относящейся к ООО «Омск-Водоканал» (илошламо-накопитель) в г. Омске.

Таблица 33

Интенсивность загрязнения на водозаборах подземных вод неогеновых отложений

СРФ	Населенный пункт (местоположение)	Наименование водозабора	Дата выявления загрязнения	Загрязнение* (интенсивность загрязнения, ед. ПДК)
1	2	3	4	5
Алтайский край	с. Алексеевка	МО «Администрация Алексеевского с/с»	02.06.2015	Li (1,3)
	с. Луковка	МО «Луковский сельсовет»	23.06.2015	I (5,6)
	п. Тамбовский	СПК «Тамбовский»	29.04.2015	Li (3,27), I (12,28)
	с. Новотырышкино	ООО «Вод-Сервис»	29.04.2015	I (1,04), Li (1,93), F (3)
	с. Шелаболиха	ООО «ЭКО», водозабор №3	16.09.2014	As (1,4), B (1,54)
	с. Шелаболиха	ООО «ЭКО», водозабор №1	01.06.2015	Li (3,67)
	п. Среднесибирский	ООО «ЖилСтройСервис»	22.07.2014	As (5,6), NO ₂ (1,79)
	с. Тюменцево	ОАО «Тюменцевский маслосырзавод»	24.06.2014	Sb (1,26), Bi (5), NH ₄ (2)
	с. Зятькова Речка	ООО Зятьково-Реченские ТВС»	23.06.2015	Ba (7,14), I (2,4)
	п. Вячеславка	ОАО «Свободный»	16.09.2011	Sr (1,41)
	с. Родино	ООО «Орбита»	01.06.2015	Li (1,03)
	г. Новоалтайск	МУП «Водоканал» взд. района Новостройки-2	21.10.2009	NH ₄ (4,49), Ф (10)
	п. Орел	МУП «Зеленорошенское предприятие КХ»	26.06.2015	Cd (5,2)
	с. Лесное	СНТ «Лесное»	04.02.2015	Al (1,95)
с. Бобровка	ФГБОУ ВПО АлтГПА «СО лагерь «Олимп»	14.05.2015	Hg (2)	
Новосибирская область	с. Новоярково	МУП ЖКХ «Новоярково с/совета»	21.05.2015	Li (1,1)
	д. Вороново	СХПК «Новокуликовское»	12.05.2015	Ф (2)
	с. Венгерovo	ООО «Венгеровский мясокомбинат»	12.05.2015	NO ₂ (2,25), Ф (2)
	п. Светлый	Прокудский -9 (о.п. 3304 км)	22.03.2010	F (73,3)
	с. Прокудское	ОАО «Птицефабрика имени 50-летия СССР»	18.03.2014	NH ₄ (1,45)
	пгт. Краснозерское	ООО «Сигма»	04.09.2009	гамма ГХЦГ (20), 2,4-Д (6,67), ДДТ (20)
	г. Куйбышев	МПП «Куйбышевжилкомхоз»	01.07.2011	F (1,9)
	с. Кыштовка	МУП ЖКО МО Кыштовский с.с.	04.09.2015	Ф (4), NH ₄ (6,15)
	п. Красномайский	ООО «ПНК Толмачёво»	14.07.2009	Pb (6)
	с. Новопокровка	АЗС № 43 Татарской нефтебазы	18.06.2009	NH ₄ (3,65)
	с. Новоникольск	ЗАО «Луч» Усть-Тарского района	13.05.2015	Li (1,17), Ф (2)
	с. Тарка	Администрация Козинского с.с.	03.09.2013	F (46,67)
	с. Красноселье	Администрация Красносельского с.с.	11.05.2015	Ф (2)
	с. Зюзя	Администрация Зюзинского с.с.	20.05.2015	Ф (3), НП (1,57)
п. Октябрьский	Дубровинский с.с.	13.05.2015	Ф (3)	

1	2	3	4	5
Новосибирская область	п. Узунгуль	Щегловский сельсовет	13.05.2015	Li (1,3)
	с. Еланка	АМО Еланский сельсовет	13.05.2015	Li (1,1), NO ₃ (3,76)
	п. Таволга	Администрация Новочекинского сельсовета	21.03.2010	F (2,47)
	г. Обь	МУП г. Новосибирска «Горводоканал»	10.09.2015	NH ₄ (1,13)
Омская область	пгт. Полтавка	ГП «Полтавское дорожно-эксплуатационное управление»	27.09.2013	ОМЧ (1,9)
	д. Андрюшевка	СПК «Ольгинский»	09.06.2015	Li (1,07)
	п.Береговой	ФБУ «ЛИУ № 2 УФСИН по Омской области»	13.05.2015	NH ₄ (5,11)
	с. Сорочино	ООО «Измайловское»	11.03.2012	NH ₄ (3,78)
	г. Тюкалинск	МП «Коммунальник»	09.09.2014	НП (13,9)
	п. Хвойный	БСУСО Омской области «Пушкинский психоневрологический интернат» (скв.124-374)	22.06.2015	Li (1,07), Cd (8)
	с. Юрьево	ООО «Юрьево»	15.03.2010	NH ₄ (2,56)
	с. Красная Горка	ООО «УК ЖКХ «Мостовик»	27.07.2010	ОМЧ (2,44)
	д. Петровка	ООО «Измайловское»	11.03.2012	NH ₄ (4,21)
	с. Михайловка	МБУ «Центр хозяйственного обслуживания»	20.05.2015	NH ₄ (8,95)
	г. Омск	ООО «Комбинат валяной обуви»	25.06.2015	Cd (2,1)
	с. Красноярка	ОАО «Санаторий-профилакторий «Коммунальник»	10.02.2011	NH ₄ (3,51)
	г. Тюкалинск	ООО «Тюкалинские тепловые сети и котельные»	06.04.2011	NH ₄ (5,36)
	с. Ачаир	ООО «Технопарк Ачаир»	15.10.2014	NH ₄ (2,88)
	г. Омск	ООО ИСК «ДомСтройОмск»	31.10.2010	NH ₄ (2,23)
г. Омск	ООО «Промышленный железнодорожный транспорт»	23.06.2014	Se (1,69)	

*Примечание: *Здесь и далее Ф – фенолы, НП – нефтепродукты, ОМЧ – общее микробное число,*

Нефтепродуктами загрязнены воды около 54 % наблюдательных скважин, которые располагаются, в большей степени, в Омской области, в единичных случаях в Алтайском крае и Томской области. Интенсивность загрязнения составляет от 1,1 ПДК до 7,9 ПДК. Максимальное загрязнение (2014 г.) приходится на наблюдательную скважину, расположенную в 40 м от дороги в пгт. Муромцево.

Загрязнение фенолами установлено в 10,7 % случаев, распространено в Омской области и составляет 3-30 ПДК. Максимальное значение выявлено в 2008 г. на территории с. Рязаны. В 2014 г. в пределах территорий д. Трещеткино и с. Атирка загрязнение фенолами составило, соответственно, 3 ПДК и 7,2 ПДК.

Превышение нормативного значения кремния, 1,36 ПДК, выявлено в Томской области на территории пгт. Белый Яр.

Свинцом загрязнена скважина, расположенная в Омской области на территории с. Рязаны. Загрязнение установлено в 2008 г., интенсивность которого составляет 1,67 ПДК.

Подземные воды палеогеновых отложений

В пределах территории исследований воды водоносного комплекса палеогеновых отложений добываются из 2 225 водозаборных сооружений, контроль качества воды осуществляется на 24,5 % из них (рис. 89). Подземные воды I класса качества используются в 11,4 % водозаборов, расположенных, преимущественно, в Омской области, в меньшей степени в Алтайском крае, Томской и Новосибирской областях. Подземные воды зоны II класса качества выявлены в 77,8 % водозаборов, которые распространены равномерно по всей территории исследований. Подземные воды зоны III класса качества используются на водозаборах (10,8 %), принадлежащих Алтайскому краю, Омской и Новосибирской областям.

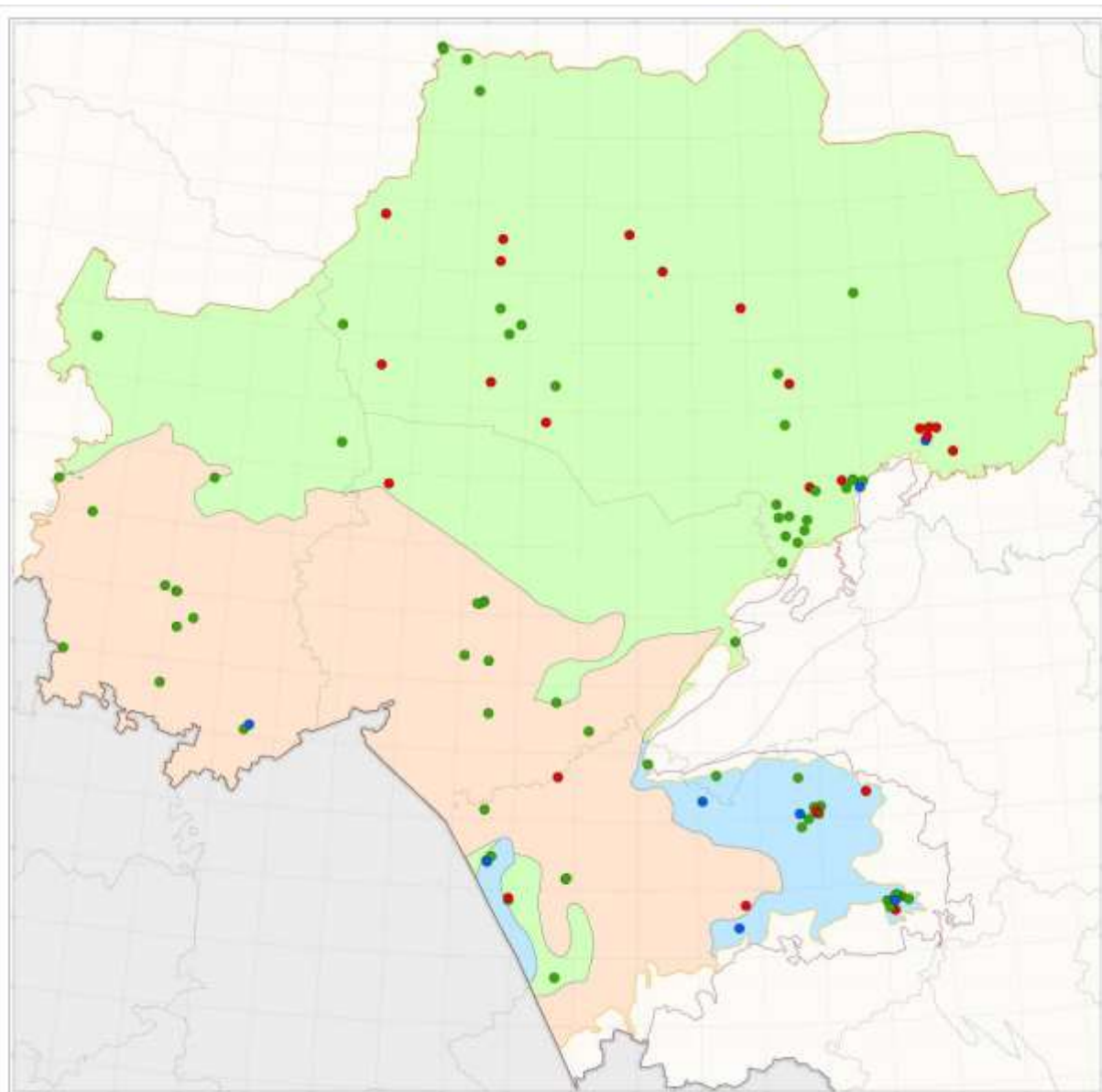


Рис. 89 Качество подземных вод палеогеновых отложений на водозаборах хозяйственно-питьевого назначения

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

Из общего количества 544 обследованных водозаборов в 58 водозаборах добываемые воды палеогенового комплекса загрязнены.

В Алтайском крае на 8 водозаборах, эксплуатирующих водоносный комплекс палеогеновых отложений, фиксируются техногенные загрязнения литием, кадмием, никелем, мышьяком, бериллием и даже ядохимикатами, причем интенсивность загрязнения достигает 10 ПДК.

На территории Новосибирской области на 8 водозаборах в водах комплекса отмечено загрязнение нитритами, фенолами, литием, кадмием. Повышенные содержания в них фтора и бора скорее всего природного генезиса.

На территории Омской области отмечено техногенное загрязнение в водах 11 водозаборов нитритами, нефтепродуктами, фенолами, свинцом, в них фиксируются повышенные значения ОМЧ.

В пределах Томской области воды палеогенового комплекса загрязнены в 30 водозаборных сооружениях, находящихся в основном, в северной части области, где на нефтепромыслах и вахтовых поселках фиксируются загрязнения нефтепродуктами (до 13,9 ПДК), фенолами (до 4 ПДК), никелем (до 1,75 ПДК), кадмием (до 72 ПДК), свинцом (до 1,9 ПДК), мышьяком (до 2,1 ПДК), литием (до 2,6 ПДК), алюминием (до 2,6 ПДК), бериллием (до 2,5 ПДК), нитритами (до 4,2 ПДК), селеном (до 2,2 ПДК).

Интенсивность загрязнения водозаборов водоносного комплекса палеогеновых отложений представлена в таблице 34.

В пределах распространения водоносного комплекса палеогеновых отложений, помимо водозаборных сооружений, опробовано 36 наблюдательных скважин.

Наблюдательные скважины, в которых присутствует загрязнение, большей частью расположены в Томской области (65,1 %), в меньшей степени – Омской области (34,9 %). Загрязняющими компонентами являются нитриты, литий, кадмий, нефтепродукты, фосфаты, в отдельных случаях – свинец и ртуть.

Нефтепродуктами загрязнены ПВ большей части наблюдательных скважин, в большей степени – в Томской области, в единичных случаях – в Омской области. Интенсивность загрязнения – до 17,7 ПДК. Максимальное загрязнение (2014 г.) приходится на наблюдательную скважину, расположенную в Омской области в районе с. Усть-Ишим, на территории аэропорта.

Загрязнение фосфатами фиксировалось в 13,3 % случаев в Омской области. Интенсивность загрязнения варьирует в интервале от 1,2 ПДК до 4,7 ПДК.

Интенсивность загрязнения на водозаборах подземных вод палеогеновых отложений

СРФ	Населенный пункт (местоположение)	Наименование водозабора	Дата выявления загрязнения	Загрязнение (интенсивность загрязнения, ед. ПДК)
1	3	2	4	5
Алтайский край	п. Березовский	МУ Администрация Березовского с/с	03.07.2015	Li (1,3)
	с. Верх-Камышенка	ОАО «Алтай-Кокс»	01.06.2011	Ni (1,1)
	с. Кулунда	ОАО «Кулундаконсервмолоко»	25.06.2015	Cd (8,4)
	г. Алейск	МУП «Алейскводоканал»	19.10.2011	As (10)
	г. Бийск	МУП г.Бийска «Водоканал», водозабор №2	20.12.2011	As (5)
	г. Бийск	ОАО «Бийский рыбозавод»	29.04.2015	Cd (1,8)
	г. Новоалтайск	МУП «Водоканал», в.дз. п.Бажово	15.09.2009	Be (2,5)
	п. Целинный	ОАО «Коротоякский элеватор»	18.12.2009	ДДТ (10)
Новосибирская область	п. Дунаевка	Администрация Межозёрного с/совета	20.05.2015	NO ₂ (1,89)
	с. Каргат	ОАО «Газпромнефть-Терминал»	15.06.2012	ОМЧ (5,24), В (2,6)
	с. Нижнечеремошное	Нижнечеремошненский	15.04.2015	Cd (3,9)
	с. Кыштовка	МУП ЖКО МО Кыштовский сельсовет	12.05.2015	Ф (2)
	с. Кожурла	МО «Кожурлинский с/с»	14.04.2015	NO ₂ (1,45)
	д. Новочекино	Администрация Новочекинского сельсовета	07.12.2010	F (1,66)
	с. Новоложниково	Администрация Новочекинского сельсовета	08.12.2010	F (1,07)
	д. Сарыбалык	МУП ПХ «Красногивенское»	13.04.2015	Li (1,03)
Омская область	с.Красный Яр	ООО «Красноярское»	02.06.2015	NO ₂ (3,75), Ф (10)
	с.Троицк	Сельскохозяйственная артель «Троицкая»	09.09.2014	НП (2,9)
	д. Крушановка	ОАО «Агрофирма Екатеринославская»	09.06.2015	Li (1,2)
	с. Усть-Ишим	ОАО «МРСК Сибири»	18.06.2015	Ф (2)
	с. Большие Уки	ООО «Большеуковский Тепловодоканал»	19.06.2015	NO ₂ (2,05)
	г. Омск	ООО «Комбинат пористых материалов»	02.08.2012	ОМЧ (2,3) NH ₄ (2,63)
	д. Калачевка	ООО «ЖКХ-Сервис»	19.10.2010	ОМЧ (4,8)
	д. Степановка	ООО «ЖКХ РОДНИК»	29.05.2015	NO ₂ (1,38)
	п. Хвойный	БСУСО Омской области «Пушкинский психоневрологический интернат» (скв.12-93)	12.05.2010	Pb (1,5)
	д. Лисино	МУП «Бергамакское»	14.08.2014	ОМЧ (1,8)
г. Тюкалинск	ООО «Водоканал» (скв.№1-895)	27.05.2015	NH ₄ (5,45)	
Томская область	Лукашкин-Ярское с.п.	ООО «Томскгеонефтегаз»	20.09.2014	В (1,47)
	с. Ново-Кусково, д. Старо-Кусково, с. Казанка, с. Филимоновка	МУП «Новокусовские коммунальные системы»	11.02.2015	НП (1,36) Ф (2)

1	2	3	4	5
Томская область	г. Асино	ЗАО «Роскитинвест»	12.02.2015	НП (2,5)
	Зырянское с.п.	ООО «Аква-Сервис»	20.01.2015	НП (13,92)
	вахт.п. Пионерный	ОАО «Томскнефть» ВНК	16.02.2015	Ф (3)
	Федюшкинское м-е нефти	ООО «Томская нефть»	06.09.2010	НП (3)
	с. Каргасок	АО «Транснефть - Центральная Сибирь»	01.10.2014	Ф (2,5)
	с. Каргасок	МУП «Каргасокский тепловодоканал», Центральный	-	Ф 1
	Мыльджинское ГКМ	ОАО «Томскгазпром»	21.07.2014	Be (2,5), Al (1,85), Ф (2,0)
	с. Мыльджино	ОАО «Томскгазпром»	21.07.2013	Al (1,7)
	Северо-Васюганское ГКМ	ОАО «Томскгазпром»	2014 2011	Li (1,47), Al (2,1)
	Колотушное м-е нефти	ОАО «Томскнефть» ВНК	14.02.2015	Ni (1,75)
	вахт.п. Игол, площадки строительства нефтяных скв.	ОАО «Томскнефть» ВНК	14.08.2015	Cd (72), Ф (2)
	г. Колпашево	ООО «Водоканал-1»	13.07.2015	Ф (2)
	с. Молчаново	АО «Транснефть - Центральная Сибирь»	01.07.2014	As(1,08), Se (2,2)
	с. Молчаново, д. Майково, д. Алексеевка, с. Гришино, с. Соколовка	ООО «Энергия-М»	25.06.2015	Ф (2)
	с. ПарABELь	АО «Транснефть - Центральная Сибирь»	01.10.2014	Ф (4,0)
	Урманское м-е нефти	ООО «Газпромнефть-Восток»	19.11.2014	Pb (1,9)
	с. ПарABELь	ООО «Строитель»	2011г. 2014 г. (Pb)	Pb (1,9), ОМЧ (5,8), NO ₂ (4,2), Ф (2), НП (3,1)
	территория ППСН	ООО «Томская нефть»	05.09.2011	As (2,1)
	ПарABELьский район	ОАО «Томскгазпром»	16.08.2014	Li (2,6)
	Верхнекомбарское ГКМ	ООО «ЖИАНТ»	26.02.2009	Al (2,65)
	территория ЛАЭС «Лугинецкое»	АО «Транснефть - Центральная Сибирь»	01.10.2014	Ф (2,4)
	Первомайское с.п.	ООО «Аква-Сервис»	12.02.2015	Ф (2)
	д. Туендат, д. Ломовицк, д. Крутоложное, д. Калмаки	ООО КХ «Куендат»	12.02.2015	Ф (2)
	п. Черный Яр	МУП «Прогресс»	09.06.2015	Ф (4)
	г. Томск	ООО «Томскводоканал»	18.06.2013	НП (3,41)
	с. Мельниково, д. Нащекново, п. Победа	ООО «Водоканал»	30.01.2015	Ф (2)
	г. Стрежевой	ОАО «Томскнефть» ВНК	17.03.2010	НП (3,3)
	Снежный и Фестивальный ЛУ	ООО «Норд Империл»	20.09.2011	Pb (1,8)

Загрязнение нитритами фиксируется в 4,7 % случаях, которые приходятся на Омскую область, в единичном случае на Томскую область. Интенсивность загрязнения составляет 2,3-5,3 ПДК.

Загрязнение литием выявлено в 2015 г. в Омской области на территории пгт. Черлак и д. Крушановка (1,6 ПДК и 1,2 ПДК), в зоне влияния ОАО «Агрофирма Екатеринославская».

Подземные воды меловых отложений

В пределах распространения водоносного комплекса меловых отложений выделены зоны I, II, III класса качества питьевых подземных вод. К первому классу качества отнесены добываемые воды водозаборов, расположенные, преимущественно, в южной части Омской области и Алтайском крае. Ко второму классу качества отнесены добываемые воды водозаборов Алтайского края, Омской и Новосибирской областей. Питьевые подземные воды III класса качества выявлены на территории Новосибирской области, на отдельных участках Омской и Томской областях. В целом, загрязнение подземных вод в пределах исследуемого водоносного комплекса зафиксировано в пределах селитебных территорий.

По результатам исследований в 2015 г. подземные вод III класса качества приурочены к ряду водозаборов (Табл. 35, рис. 90). В подземных водах водозаборов установлено загрязнение фенолами (3 ПДК), нефтепродуктами (2,79 ПДК), нитритами (1,7 ПДК).

Таблица 35

Интенсивность загрязнения подземных вод меловых отложений на водозаборах

СРФ	Населенный пункт (местоположение)	Наименование водозабора	Дата выявления загрязнения	Загрязнение (интенсивность загрязнения, ед. ПДК)
Новосибирская область	с. Новоникольск	Новоникольский с/с	13.05.2015	Ф (3,0)
	с. Блюдчанское	Блюдчанский	09.06.2015	NO ₂ (1,12), Ф (2,0)
	с. Красноселье	Администрация Красносельского с/с	09.06.2015	NO ₂ (1,38), Ф (1,0)
	с. Черный Мыс	АМО Черномысенский с/с (Черный Мыс-1)	14.04.2015	NO ₂ (1,01)
	с. Новопервомайское	Новопервомайский с/с (Новопервомайка)	13.05.2015	NO ₂ (1,72)
Омская область	пгт. Русская Поляна	ОАО «Русвод»	26.06.2015	НП (2,79)
	с. Целинное	ООО «Целинник»	06.09.2015	NO ₂ (1,09)
Томская область	с. Орловка	ООО «Асиновский водоканал» (Орловский водозабор)	11.02.2015	Ф (2,0)

В наблюдательных скважинах водоносного комплекса выявлено загрязнение аммонием (до 2,5 ПДК), бериллием (до 5 ПДК), кадмием (3 ПДК), нефтепродуктами (7,5 ПДК), фенолами (34 ПДК), кремнием, фосфатами и альфа-загрязнение, которое, в основном, распространено в Томской области (61,1 %), а также в Омской области (33,3 %) и Алтайском крае.

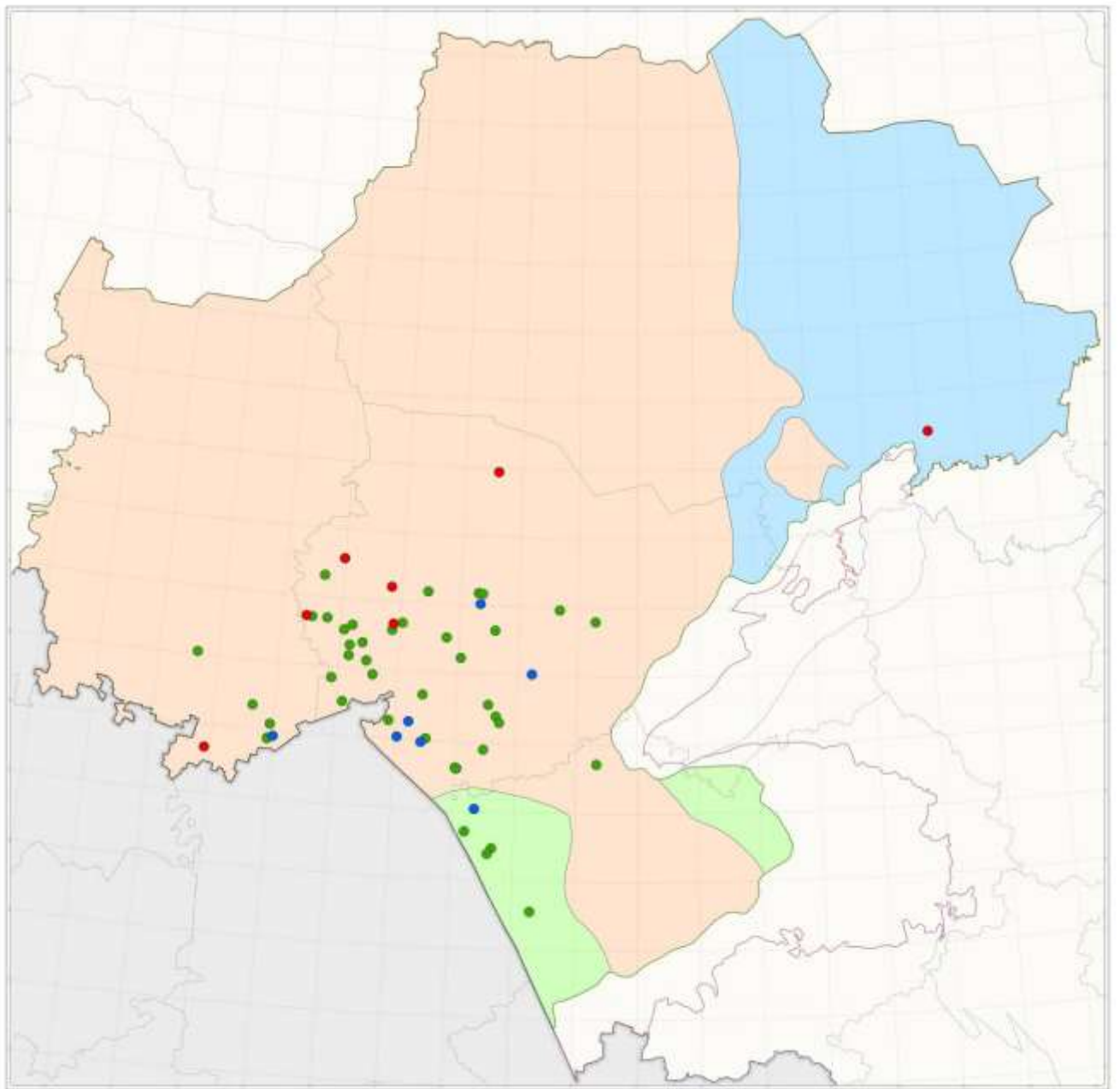


Рис. 90 Качество подземных вод меловых отложений на водозаборах хозяйственно-питьевого назначения

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

5.4. Информационно-картографическая система, как основа оценки качества подземных вод

На основе информации, собранной в фактографической базе данных, формируются периодические обновления для информационно-картографической системы, отражающие текущую актуальную информацию.

Помимо этого на данном этапе определены дополнительные элементы (представления, хранимые процедуры и т.д.) для упрощения доступа к данным.

Для формализации процесса ввода данных выполнен ряд действий, в частности:

- определены регламенты сбора информации из источников данных во временное хранилище;
- спроектированы процессы преобразования данных (при необходимости) в форматы, подходящие для хранения и последующего использования в рамках разработанных моделей;
- спроектирована система переноса и преобразованных данных в постоянное хранилище информации.

Для графической визуализации полученных материалов разработана информационно-картографическая система.

ИКС предусматривает возможность работы с несколькими картами по очереди. Пользователь выбирает карту в диалоге выбора карты, после чего ИКС подгружает необходимые для отображения файлы.

Хранение карт на сервере

Для хранения карт используется формат PNG, который обладает следующими важными преимуществами:

- обеспечивает сжатие данных без потерь, что позволяет избежать «замыленностей» и артефактов на изображении;
- поддерживает полупрозрачность, что даёт возможность накладывать слои поверх основной карты.

Для каждой карты хранится базовая основа, которая содержит основное изображение карты без дополнительных элементов, а также набор слоёв с дополнительными элементами.

Слой представляет собой изображение, идентичное по размерам базовому изображению. Основная площадь слоя является прозрачной, кроме дополнительных элементов карты, относящихся к данному слою. Например, на слое «границы административных округов» видимыми являются только контуры границ.

Каждая карта и слой разбивается на квадраты одинакового размера (например, 200x200 пикселей), каждый квадрат хранится в отдельном файле. Это позволит клиентским компьютерам загружать только те фрагменты карты, которые им непосредственно необходимы в данный момент для отображения.

Для каждой карты на сервере создаётся отдельный каталог и подкаталоги со следующей условной структурой:

- Каталог с картами
 - Карта 1
 - Базовая карта
 - Слой 1

- Слой 2
- Слой N
- Карта 2
 - Базовая карта
 - Слой 1
 - Слой 2
 - Слой N

Вместо названий «Карта 1», «Базовая 2» каталоги имеют числовые названия по идентификаторам карт в базе данных.

Файлы с фрагментами карт и слоёв называются по номеру фрагмента YYYX.XXX.png. Например, файл 00210045.png содержит фрагмент карты, располагающийся в 21-й строке и 45-м столбце.

Информация о картах хранится в таблицах базы данных (Табл. 36, 37)

Для каждой карты хранится набор опорных точек: координаты пикселя на карте (x,y) и соответствующая им географическая координата (Табл. 38). Эти данные используются для интерполяции координатной сетки при вычислении координат произвольного объекта:

Таблица 36

Перечень картографического материала

Поле	Тип	Описание
id	Целое	Идентификатор карты
title	Строковое	Название карты
scale	Строковое	Масштаб карты
width	Целое	Ширина карты в пикселях
height	Целое	Высота карты в пикселях
cols	Целое	Количество столбцов
rows	Целое	Количество строк

Таблица 37

Перечень тематических слоёв

Поле	Тип	Описание
id	Целое	Идентификатор слоя
map	Целое	Ссылка на идентификатор карты
title	Строковое	Название слоя

Перечень опорных точек

Поле	Тип	Описание
id	целое	Идентификатор карты
x	целое	Координата x пикселя
y	целое	Координата y пикселя
kind	целое	Тип точки: <ul style="list-style-type: none"> • верхняя линия широты • нижняя линия широты • левая линия долготы • правая линия долготы
value	вещественное	Значение географической координаты в этой точке

Информация об объектах

Объекты на карте могут принадлежать различным информационным слоям. Информационный слой, в отличие от обычного слоя, представляет собой элементы, прорисованные поверх карты на основании набора данных или хранимой информации о том или ином явлении. В ИКС предусмотрены информационные слои следующих карт:

- Картограмма изученности;
- Гидрогеохимическая карта основных эксплуатационных водных подразделений по ретроспективным данным (карта фактического материала);
- Карта гидрогеохимического районирования;
- Карта закономерностей (факторов) формирования качества подземных вод;
- Карта оценки качества питьевых подземных вод.

Каждый из информационных слоев имеет вложенные информационные слои, что позволяет выстраивать более детальную иерархию (Табл. 39).

Таблица 39

Перечень информационных слоев

Поле	Тип	Описание
id	целое	Идентификатор информационного слоя
parent	целое	Идентификатор родительского слоя для иерархии
title	строковое	Название информационного слоя

Объекты на карте могут быть трёх основных типов (Табл. 40-45):

- Точечный объект представляет собой визуальную метку, указывающую на точку с заданными координатами. При выборе метки щелчком мышки появляется дополнительное окно с расширенной информацией. Для этого по каждому объекту хранится набор строк с опциональным адресом для формирования гиперссылки.

• Область представляет собой регион на карте, ограниченный ломаной линией с заданными координатами каждого отрезка, залитый указанным цветом или текстурой. Кроме того, заданы цвет и толщина границы области, а также пояснительный текст и его координаты.

• Изолинии представляют собой линии на карте, соединяющие точки с одинаковыми значениями указанных показателей. Для построения изолинии клиент производит интерполяцию точек, поскольку изолиния должна быть плавной, а не ломанной. Дополнительно для изолинии хранятся цвет, пояснительный текст и координаты текста.

Таблица 40

Перечень точечных объектов

Поле	Тип	Описание
id	Целое	Идентификатор объекта
parent	Целое	Идентификатор информационного слоя
title	Строковое	Краткое название объекта
x	Вещественное	Координата объекта: долгота
y	Вещественное	Координата объекта: широта
kind	Целое	Тип объекта (влияет на внешний вид)
color	Целое	Цвет объекта

Таблица 41

Таблица подробной информации о точечных объектах

Поле	Тип	Описание
id	Целое	Идентификатор строки
parent	Целое	Идентификатор точечного объекта
title	Строковое	Строка текста
url	Строковое	Опциональная ссылка
islist	Целое	Является ли строка элементом списка?
isbold	Целое	Отображается ли строка полужирным шрифтом?
isitalic	Целое	Отображается ли строка курсивным шрифтом?

Таблица 42

Перечень областей

Поле	Тип	Описание
id	Целое	Идентификатор объекта
title	Строковое	Текст
x	Вещественное	Координата текстовой надписи: долгота
y	Вещественное	Координата текстовой надписи: широта
fill	Целое	Тип заполнения (однотонный цвет или тип штриховки)
color	Целое	Цвет
closed	Целое	Замкнута ли линия границы?

Таблица с точками линии, ограничивающей область

Поле	Тип	Описание
id	Целое	Идентификатор объекта
parent	Целое	Идентификатор области
x	Вещественное	Координата точки: долгота
y	Вещественное	Координата точки: широта

Таблица 44

Перечень линейных объектов

Поле	Тип	Описание
id	Целое	Идентификатор объекта
title	Строковое	Текст
x	Вещественное	Координата текстовой надписи: долгота
y	Вещественное	Координата текстовой надписи: широта
color	Целое	Цвет
closed	Целое	Замкнута ли линия границы?

Таблица 45

Таблица с точками изолинии

Поле	Тип	Описание
id	Целое	Идентификатор объекта
parent	Целое	Идентификатор изолинии
x	Вещественное	Координата точки: долгота
y	Вещественное	Координата точки: широта

Созданная в результате вышеперечисленных этапов информационно-картографическая система (рис. 91) включает в себя следующие функции:

- управление слоями, группами слоев, рабочими наборами;
- возможность подключения внешних материалов, например, космо- и фотосъемки;
- позиционирование на карте с использованием координатной привязки;
- базовые картографические инструменты (навигация);
- поиск по картам;
- просмотр данных в табличном виде с возможностью сортировки, группировки и фильтрации;
- вывод данных на печать.

Разработанная ИКС реализуется как клиент-серверное приложение. Клиент-серверная архитектура позволяет минимизировать объем передаваемых по сети данных. Её применение позволяет снизить технические требования к пользовательским устройствам доступа к ИКС, поскольку вся обработка и подготовка информации будет осуществляться на сервере, не будет

требоваться установки дополнительного ПО на устройствах конечных пользователей. Это позволит также снизить требования к квалификации самих пользователей.

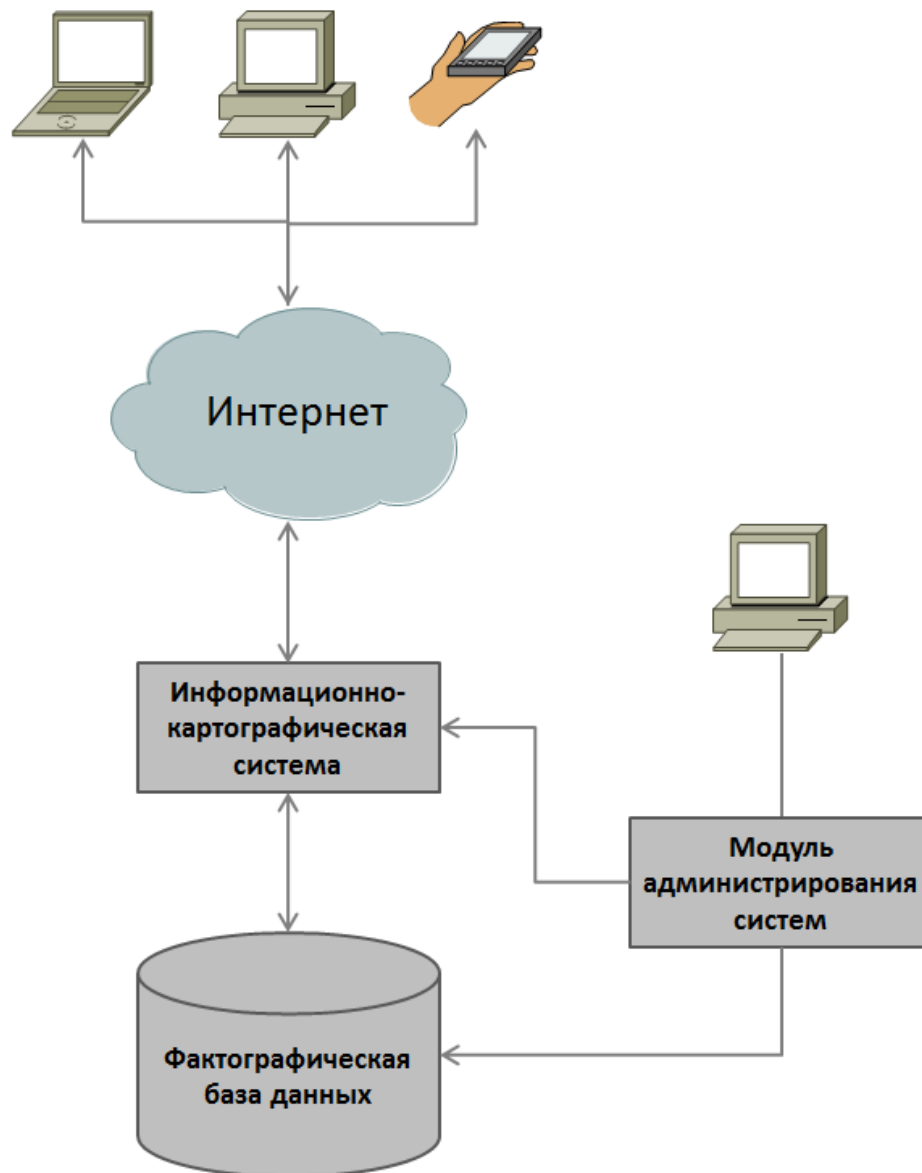


Рис. 91 Схема взаимодействия блоков информационной системы

В архитектуре ИКС основная часть скриптов, реализующих бизнес-логику приложения, размещается на сервере, а на клиентском устройстве помещается минимальный набор скриптов, осуществляющих визуализацию информации. Такой подход избавляет пользователя от необходимости устанавливать на своё устройство дополнительные программы, помимо обозревателя интернет-сайтов, который уже имеется на всех современных устройствах, подключенных к интернету. Другим преимуществом такого подхода является кроссплатформенность разрабатываемой информационно-картографической системы: программное обеспечение сохранит работоспособность на различных операционных системах, включая Linux, а также на мобильных устройствах (с ограничениями, обусловленными

размерами экрана). Кроме того, клиент-серверная архитектура позволит защитить интеллектуальную собственность и сохранить контроль доступа к информации со стороны пользователей.

Информационно-картографическая система содержит пять основных карт:

1. Картограмма гидрогеохимической изученности;
2. Гидрогеохимическая карта основных эксплуатируемых водоносных подразделений по ретроспективным данным (карта фактического материала);
3. Карта гидрогеохимического районирования;
4. Карта закономерностей (факторов) формирования качества подземных вод;
5. Карта оценки качества питьевых подземных вод.

Картограмма гидрогеохимической изученности отражает полностью в разных масштабах всю гидрогеохимическую изученность территории (рис. 92), т.е. на карте отражаются все работы, в рамках которых выполнялось изучение химического состава подземных вод.

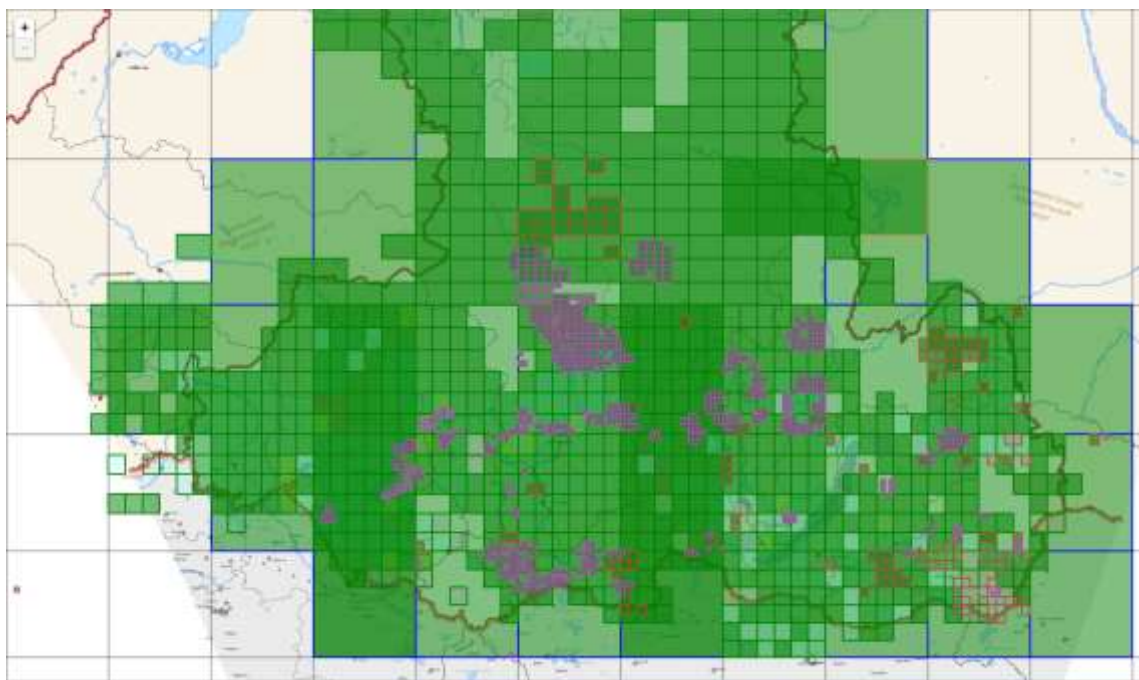


Рис. 92 Картограмма гидрогеохимической изученности

Все масштабы и типы изученности выводятся на карте одновременно, нет необходимости переключать карты для просмотра нужной информации. Выбор отображаемых масштабов и типов изученности осуществляется «на лету» с помощью окна выбора (рис. 93).

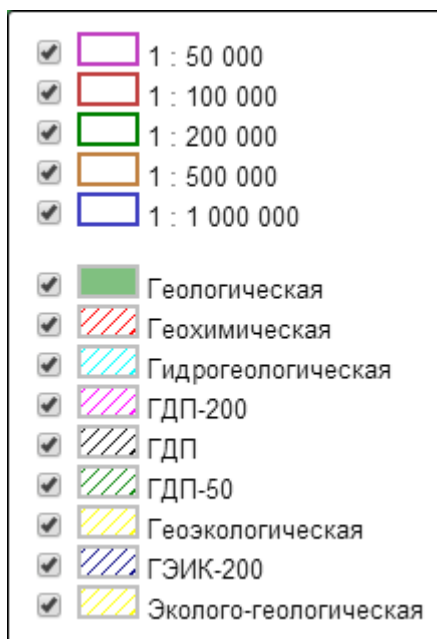


Рис. 93 Легенда к Картограмме гидрогеохимической изученности

С помощью включения и выключения соответствующих флажков в этом окне возможно комбинировать различные масштабы и виды изученности в соответствии с поставленной задачей.

С технической точки зрения ИКС получает на входе список элементов изученности с дополнительными параметрами:

- Элемент (номенклатура листа соответствующего масштаба): Р-46-29,30;
- Тип изученности: геологическая;
- Инвентарный номер отчета по ТГФ: 6759.

ИКС анализирует формат элемента и получает координаты соответствующей области на карте. Элементы имеют различный формат в зависимости от масштаба, поэтому становится возможным делать такой анализ «на лету»:

- N-47 – масштаб 1:1 000 000;
- L-37-Б – масштаб 1:500 000;
- M-48-XXXIV – масштаб 1:200 000;
- P-46-3 – масштаб 1:100 000;
- M-45-36-B – масштаб 1:50 000.

Гидрогеохимическая карта основных эксплуатируемых водоносных подразделений по ретроспективным данным отражает информацию о пунктах наблюдения и собранных по ним данным химического состава подземных вод (рис. 94).

Все пункты наблюдения показаны на карте точно, секторной цветной заливкой отражается информация о наличии данных о химическом составе подземных вод по этому

пункту, по отдельным группам показателей (рис. 95), при необходимости возможно включая/отключая отдельные группы показателей отражать на карте только пункты, по которым есть информация о конкретных группах химических показателей.



Рис. 94 Карта фактического материала

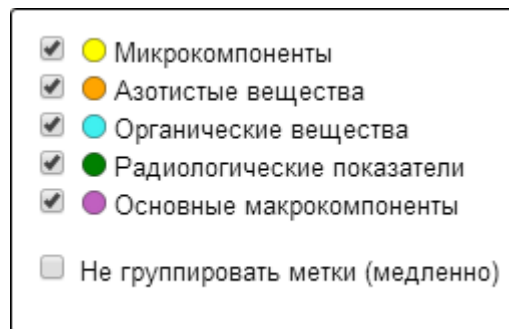


Рис. 95 Легенда к карте фактического материала

По умолчанию ИКС группирует метки, находящиеся слишком близко друг к другу, в кластеры с указанием количества точек в данной области. При щелчке по кластеру или увеличении масштаба кластеры распадаются на отдельные точки (рис. 96).

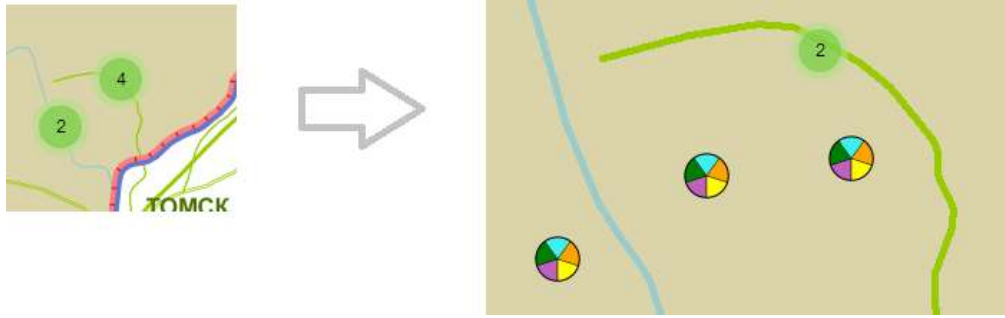


Рис. 96 Отображение пунктов в разных масштабах

В случае, если территориально достаточно близко располагается несколько пунктов, то при щелчке на максимальном приближении ИКС разложит точки в виде круга или спирали (рис. 97).



Рис. 97 Группировка точечных объектов на карте

С технической точки зрения каждая точка содержит координаты точки, флаги наличия в этой точке тех или иных групп показателей, а также дополнительную информацию, которая выводится при щелчке на точку:

- Номер пункта по ГМСН: 23р;
- Индекс водоносного горизонта: K_2smn ;
- Глубина, М: 46.25;
- Год начала наблюдений: 1962;
- Год окончания наблюдений: 1965;
- Широта: 56.94944;
- Долгота: 86.159722;
- Микрокомпоненты: да;
- Азотистые вещества: нет;
- Органические вещества: нет;
- Радиологические показатели: нет;
- Основные макрокомпоненты: да.

На основе этих данных ИКС «на лету» выстраивает точки, подбирает для них соответствующие маркеры, а также при необходимости группирует их в кластеры.

Карта гидрогеохимического районирования подземных вод отражает информацию о пространственном изменении химического состава подземных вод в пределах рассматриваемой территории (рис. 98).

При необходимости ИКС может предоставить возможность пользователю ввести свой набор точек: в этом случае области будут соответствующим образом скорректированы. С технической точки зрения карта представляет собой множество точек, равномерно покрывающих каждую область.

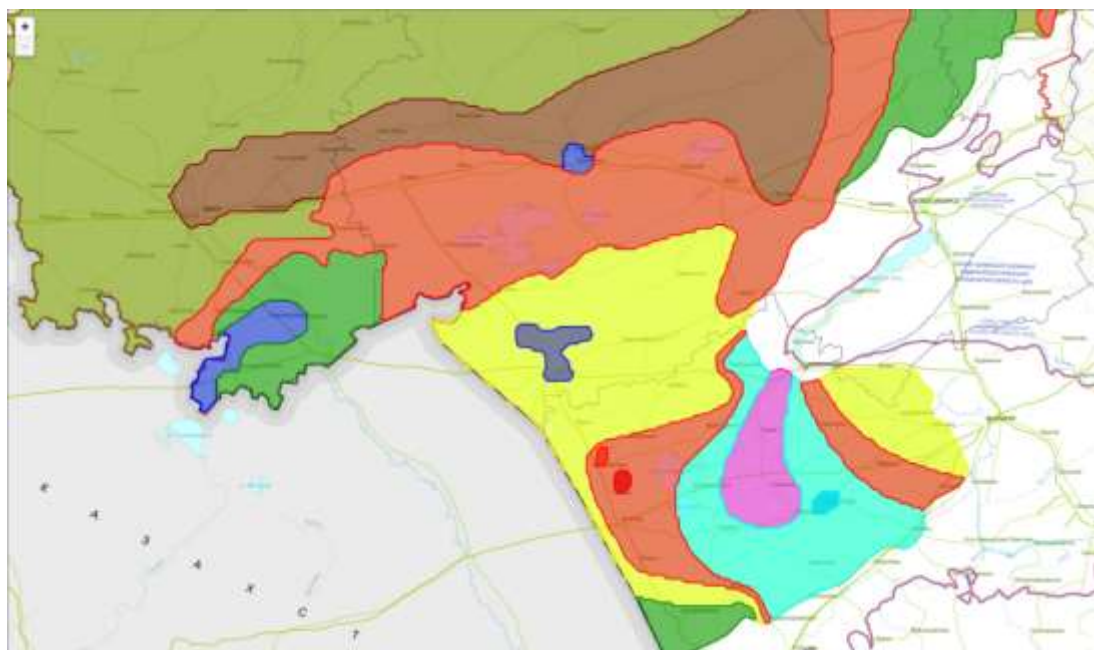


Рис. 98 Карта гидрогеохимического районирования

5.5. Рекомендации по охране и рациональному использованию питьевых подземных вод

Подземные воды, используемые для ХПВ в пределах площади объекта работ, по своему качеству зачастую не соответствуют гигиеническим нормативам согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества» (с учетом ГН 2.1.5.1315-03 и ГН 2.1.5.2280-07) по ряду нормируемых показателей качества питьевых подземных вод.

Несоответствие качества подземных вод основных эксплуатационных водоносных комплексов современным гигиеническим нормативам для питьевых вод обусловлено природными и техногенными причинами:

- природными факторами – вещественным составом водовмещающих пород, ландшафтно-климатическими особенностями, формирующими химический состав подземных вод;

- загрязнением подземных вод под воздействием различной антропогенной деятельности.

Под влиянием *природных* факторов на территории южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна сформировались региональные гидрогеохимические провинции подземных вод. Основными компонентами природного происхождения, содержания которых в подземных водах основных эксплуатационных комплексов исследуемой территории превышает предельно допустимые концентрации (ПДК), являются хлориды, сульфаты, магний, натрий, общая жесткость, минерализация, железо, марганец, кремний, бор. На отдельных территориях в границах объекта работ установлены превышения норм ПДК по бромю, фтору, стронцию.

Воздействие *техногенных факторов* приводит к ухудшению качества питьевых подземных вод основных эксплуатационных водоносных комплексов, но имеет в основном точечный или локальный характер. Очаги загрязнения ПВ обычно связаны с воздействием техногенных объектов: нефтебаз, нефтеперерабатывающих предприятий, нефтепромыслов, полигонов ТБО и промходов, городских очистных сооружений, предприятий теплоэнергетики, промагломераций и др. Кроме того, на площадях некоторых разведанных месторождений ПВ со времен утверждения их запасов изменились эколого-экономическая ситуация, водохозяйственная обстановка, поменялся статус земель. Вследствие этого, в связи с последующей застройкой территорий, некоторые водозаборы ПВ оказались в пределах селитебных территорий населенных пунктов (или в промзонах). Причинами загрязнения ПВ на водозаборах является невозможность создания или отсутствие зон санитарной охраны (ЗСО) строгого режима, несоблюдение нормативных мероприятий во втором поясе ЗСО, технической неисправности эксплуатационных скважин и др.

Перечень загрязняющих веществ при техногенных воздействиях достаточно разнообразен (соединения азотной группы, тяжелые металлы, обобщенные, органические и микробиологические показатели).

Изучение и оценка ресурсного потенциала и качества подземных вод заслуживает все большего внимания при решении вопросов по воспроизводству ресурсной базы питьевых подземных вод и их рационального использования, особенно касающегося питьевого водоснабжения.

С момента планомерного проведения геологоразведочных работ за счет средств государственного бюджета в 60-70-х годах прошлого столетия с целью создания ресурсной базы питьевых подземных вод накоплен огромный объем информации о химическом составе

подземных вод эксплуатационных водоносных комплексов. Основной особенностью оценки запасов этих месторождений подземных вод следует считать слабую оснащенность аналитическим лабораторным оборудованием, применение методик использования полуколичественных методов анализа подземных вод. Введение в действие новых нормативных требований к качеству питьевых подземных вод (СанПиН 2.1.4.1074-01, ГН 2.1.5.1315-03 и ГН 2.1.5.2280-07) обусловило резкое расширение количества нормируемых показателей качества питьевых вод.

Для преодоления сложившегося разрыва между степенью фактической изученности качества подземных вод основных эксплуатационных водоносных комплексов и изменившимися нормативными требованиями к качеству питьевых подземных вод, возникла необходимость регионального изучения их состава. Региональное обобщение материалов и районирование территорий водопользования позволило оценить объемную гидрогеохимическую (горизонтальную и вертикальную) зональность. В качестве первоочередного объекта для этих целей выбрана территория южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна.

Созданная современная цифровая гидрогеохимическая основа для территории южной части ЗСАБ является первым пилотным проектом региональной оценки качества подземных вод основных эксплуатационных комплексов с учетом современных требований.

Рекомендации по охране и рациональному использованию питьевых подземных вод с учетом оценки природных и техногенных закономерностей формирования их качества.

В качестве основных рекомендаций в области государственного управления воспроизводством и использованием ресурсной базы питьевых подземных вод по результатам выполненных работ целесообразно отметить следующие аспекты:

1. Обоснование объектов геологоразведочных работ за счет средств федерального бюджета по воспроизводству ресурсной базы питьевых подземных вод и разработки первоочередных проектов на производство работ в регионах, характеризующихся повышенными содержаниями ряда компонентов в пресных водах.

2. Подготовка гидрогеологических обоснований на основе цифровой гидрогеохимической основы для поисково – оценочных работ на питьевые подземные воды с теми или иными возможностями водопользования.

3. Обоснование подлежащих определению надлежащего перечня показателей качества подземных вод с учетом требований нормативных документов в различных гидрогеохимических зонах на территории Западно-Сибирского сложного артезианского бассейна.

4. Использование информации о качестве питьевых подземных вод основных эксплуатационных водоносных комплексов при реконструкции действующих водозаборов (в случае сооружения скважин на другие водоносные горизонты).

5. Разработка предложений для территориальных органов Роспотребнадзора по уточнению Рабочих программ производственного контроля за качеством воды централизованных и децентрализованных систем водоснабжения, использующих подземные воды, с учетом установленных региональных гидрогеохимических закономерностей.

6. Использование полученной информации при разработке федеральных и региональных программ по решению проблемы обеспечения населения качественной питьевой водой.

7. Проведение работ по оценке соответствия качества подземных вод месторождений нераспределенного фонда недр современным нормам для месторождений, запасы которых утверждены в НТС.

8. Разработка предложений по формированию программ осуществления мониторинга подземных вод недропользователями на предоставленных в пользование участках недр для добычи подземных вод, в части информации о качестве подземных вод.

9. Обоснование оптимизации государственной наблюдательной сети ГМСН для получения информации о качестве подземных вод водоносных комплексов в естественных и нарушенных условиях.

10. Обоснование исходных данных химического состава подземных вод для выбора метода и проектирования водоподготовки, в т.ч. с определением неустойчивых компонентов химического состава подземных вод непосредственно в полевых условиях на участке работ.

11. Выбор технологических схем водоподготовки для территории объекта работ. При улучшении качества воды, с позиций экологической безопасности, предпочтение следует отдавать безреагентным способам, базирующимся на естественно-природных процессах выведения элементов из растворов, и, как вынужденную меру, для снижения жесткости и солесодержания использовать реагентные и ионообменные методы [82, 84, 95]. Выбор технологических схем водоподготовки и обоснование назначения и состава сооружений целесообразно осуществлять в зависимости от перечня показателей не соответствующих нормативам:

- *от железа и марганца* – упрощенная аэрация воды в приемном резервуаре, контактном резервуаре или приемном кармане фильтра с последующим фильтрованием на зернистых фильтрах. Возможна аэрация воды на градирнях, выдержкой в контактном резервуаре с последующим фильтрованием на фильтрах с зернистой загрузкой.

- от *железа, марганца и органических веществ* – окисление аэрацией либо озонированием, фильтрование на зернистых и сорбционных фильтрах, а также десорбция растворенных газов. В качестве сорбента для снижения содержания органических веществ используется клиноптилолит.

- от *железа, марганца и солей жесткости* – отдувка газов с одновременной аэрацией сырой воды и двухступенчатое фильтрование: первая ступень – очистка воды, вторая – умягчение на катионитах и др.

- от *железа, марганца, органических веществ и аммония* – двойное озонирование воды, фильтрование и сорбция. Для сорбционной очистки могут использоваться клиноптилолит, активированные угли, гранулированный торф.

- от *железа, марганца, органических веществ и солей жесткости* – озонирование с последующим фильтрованием на зернистых и, при необходимости, на ионообменных фильтрах.

- от *железа, марганца, органических веществ, солей жесткости и аммония* – в дополнение описанных технологий применение сорбционной очистки.

Наряду с общепринятыми рекомендациями по охране и рациональному использованию питьевых подземных вод *рекомендуются конкретные мероприятия на изучаемой территории* южной части ЗСАБ:

1. *Использование защищенных источников водоснабжения.* Доля подземных вод в водоснабжении населения территории изменяется от 4 % – Омская область, 39 % – Новосибирская область, 69 % – Алтайский край до 100 % – Томская область. Использование незащищенных источников водоснабжения (поверхностные воды и воды аллювиальных четвертичных отложений в долинах рек), в силу их уязвимости к загрязнению, возможно лишь при условии дорогостоящих мероприятий по их очистке. Крупные города с населением более 1 млн чел. – Новосибирск и Омск для водоснабжения используют поверхностные воды рр. Иртыша и Оби.

2. *Организация надежного технологического цикла водоснабжения сельских населенных пунктов* подземной водой питьевого качества. Использование колодцев и мелких забивных скважин, отсутствие систем водоподготовки, из-за отсутствия или ограниченного мониторинга приводит к потреблению населением некачественной питьевой воды.

3. *Поддержание санитарно-технического состояния* водопроводов централизованного водоснабжения с комплексами очистных сооружений. Физический и моральный износ водопроводных сетей достигает до 70-90 %, что приводит к потере воды от 15-18 % для городов с новыми подземными коммуникациями до 20-30 % для коммуникаций со сроком эксплуатации 50 лет и более; повторному ее загрязнению, повышению уровня грунтовых вод, снижению устойчивости зданий и сооружений.

4. Выполнение требований по оборудованию *зон санитарной охраны (ЗСО) водозаборных скважин* в соответствии с нормативными требованиями СНиПа 2.04.02-84 (цементаж приустьевых площадок, обустройство оголовков для предотвращения попадания загрязняющих веществ, организация ЗСО и др.). Около 45% скважин не имеют ЗСО I и II поясов, из них около у 40 % скважин невозможно организовать ЗСО из-за застроенности территории.

5. *Организация мониторинга обеспечения населения питьевой водой* для их рационального использования и охраны от истощения и загрязнения. Из-за несовершенства законодательной и нормативно-методической базы, обязывающей недропользователей в обязательном порядке проводить мониторинговые исследования, и из-за недостаточного контроля выполнения условий лицензионных соглашений, отчетная информация по своему содержанию чаще всего неполная и в большинстве случаев не передается в территориальные центры ГМСН, достаточно часто сведениям о загрязнении подземных вод придается статус коммерческой тайны.

6. *Обеспечение городов и крупных населенных пунктов альтернативными защищенными источниками водоснабжения.* На исследуемой территории крупные города имеют только один источник водоснабжения, кроме гг. Омск, Рубцовск, для которых на случай ЧС утверждены запасы подземных вод. Для г. Новосибирск утверждены запасы подземных вод для резервного водоснабжения. Согласно требованиям ГОСТ Р 22.6.01-95 и Постановления Правительства РФ от 20.11.2006 №703 "Об утверждении Правил резервирования источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения" (с изменениями от 4 марта 2009 г.), регламентирующего безопасность населения в чрезвычайных ситуациях, на случай катастрофического заражения поверхностных вод необходимо иметь резервные, защищенные от поверхностного загрязнения и подготовленные для эксплуатации месторождения подземных вод, способные обеспечить хотя бы минимальную (до 25-30 %) потребность населения в питьевой воде. Для водоснабжения городов и районных центров в период ЧС необходимо провести ревизию и оценку действующих водозаборов подземных вод с целью выявления возможности резервирования и использования их в этот период.

7. Использование *утвержденных запасов пресных* подземных вод. Степень освоения запасов на 01.01.2015 г на исследуемой территории невысока и изменяется от 0,16 % в Омской области до 50 % в Томской области. Доля использования утвержденных запасов подземных вод в водоснабжении городов с населением более 100 тыс. человек неравномерна. Так, утвержденные запасы месторождений для водоснабжения гг. Омск, Рубцовск не используются. До 10 % запасов подземных вод используются для ХПВ в гг. Бийск, Новосибирск; от 10 до 35 % – в г. Барнаул; 40- 50 % – в гг. Северск, Томск. Большинство неосвоенных месторождений

подземных вод, которые были разведано 20 и более лет, не востребованы из-за их удаленности от потребителя и отсутствия средств на строительство централизованных водозаборов. Кроме этого, расчетные потребности в воде на сегодня значительно меньше, чем было определено ранее. Во многих населенных пунктах, для водоснабжения которых проведены разведочные работы и оценены запасы подземных вод, добываемого количества воды из имеющихся эксплуатационных скважин вполне хватает для удовлетворения текущей потребности населения. В связи с изменениями экономической, экологической и водохозяйственной обстановки в районах разведанных месторождений и участков ПВ становится очевидной проблема их освоения:

- часть месторождений попали в зоны хозяйственной деятельности,
- большие расстояния от водопотребителей до разведанных месторождений, для освоения которых требуются крупные капиталовложения в строительство и содержание водоводов.

8. Доведение до нормативов эффективности систем вододоочистки и обеззараживающих установок. Населением отдельных территорий используется питьевая вода, характеризующаяся высокими показателями санитарно-химического и микробного загрязнения. Высокий удельный вес проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, регистрировался в разводящей сети водопроводов. Осадки, образующиеся в системах водоснабжения из подземных источников, являются природно-техногенными гидрогенными минеральными новообразованиями, а их морфология, строение, химический и минеральный состав определяются характером гидрогеохимических сред, из которых они формируются.

В осадках, сформировавшихся в условиях водозабора палеогеновых отложений северной таежной зоны, содержание кальция и магния на много ниже, а содержание железа, фосфора, гумуса выше, чем в осадках, сформировавшихся в условиях юга. В осадках, сформировавшихся из неоген-четвертичных вод, содержание железа, алюминия и кальция выше, чем в осадках, сформировавшихся из вод палеогенового комплекса.

Строение и вещественный состав новообразований должны учитываться при разработке мероприятий по рациональной эксплуатации месторождений. В то же время необходимо учитывать прогноз эволюционных изменений гидрогеохимических условий, вызванных эксплуатацией водозаборов, что иногда может привести к необходимости пересмотра выбранных технологических схем водоочистки.

В главах 3.1-3.3 настоящего отчета охарактеризовано естественное и техногенно-измененное гидрогеохимическое состояние подземных вод исследуемой территории. Для рационального использования ПВ с учетом оценки закономерностей формирования их

качества, нами выбран оптимальный набор показателей определения качества подземных вод четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложений (Табл. 46). Для водоносного комплекса меловых отложений набор показателей выбран только для вод с минерализацией менее 1,5 г/л.

В северной таежной части территории в обязательный ряд компонентов химического состава по нашему мнению включать: общую минерализацию (сухой остаток), жесткость (общую), окисляемость перманганатную, железо, марганец, кремний, нефтепродукты, фенолы и азотистые соединения, Al, As, Pb, Cd, Li.

Таблица 46

Выбор оптимального набора показателей определения качества подземных вод на водозаборах Западно-Сибирского АБ

Ландшафтная зона (минерализация)	Максимальная величина содержания показателя состава подземных вод №*, ед. ПДК		Ряды показателей определения качества подземных вод
	Природный	Техногенный	
1	2	3	4
ВК четвертичных, неогеновых, палеогеновых отложений			
Таежная	Минерализация – 1,29; Жестк.общ. – 3; Fe – 168,6; Mn – 25; Si – 3,59; П.ок. – 7,8;	НП – 13,9; NO ₃ – 3,8; NO ₂ – 4,2; ОМЧ – 5,8; Cd – 1,8; As – 2,1; Ni – 1,8; Pb – 1,9; Фенолы – 5,0; Li – 2,6; Al – 2,7.	ОМЧ, Fe, Mn, Жестк.общ., Si, НП, NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , Пок, Al, As, Pb, Cd, Li
Лесостепи и степи	Минерализация – 4,99; Жестк.общ. – 9,18; SO ₄ – 4,73; Cl – 8,3; B – 2,1; F – 73; I – 12,3; П.ок. – 3,12	НП – 1,59; NO ₃ – 3,8; NO ₂ – 3,8; NH ₄ – 8,9; ОМЧ – 8,2; Cd – 8,4; Sb – 1,3; As – 10; Ni – 2,2; Pb – 6,0; Фенолы – 10; Be – 2,6; Bi – 5,0; Al – 2,0; Li – 3,7.	ОМЧ, Fe, Mn, Жестк.общ., Cl, SO ₄ , НП, NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , Al, As, Pb, Cd, B, Br, Be, Sb, I, Li, F.
ВК меловых отложений			
Минерализация <1,5 г/л	Жестк.общ. – до 2,7; Fe – до 41,67; Mn – до 18; SO ₄ – 0,71; Cl – до 2,4; NH ₄ – 8,9; B – 39,4 Br – 32	НП – до 2,8; NO ₂ – до 2,8; Фенолы – 3,0.	Fe, Жестк.общ., Mn, SO ₄ , NH ₄ , Cl, НП, Фенолы, NO ₂ , B, Br

П р и м е ч а н и е

* НП – нефтепродукты, ОМЧ – общее микробное число, Жестк. общ. – жесткость общая.

В южной лесостепной и степной частях территории в дополнение к вышперечисленным показателям рекомендуется определять Cl, SO₄, B, Br, Be, Sb, I, F.

Приоритет микробиологических критериев безопасности обязывает микробиологические и паразитологические показатели (термотолерантные колиформные, общие колиформные бактерии, общее микробное число и т.д.), как и органолептические (запах, привкус, цветность, мутность и т.д.) качества воды ставить в основу рядов определяемых показателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате выполненных работ систематизирован обширный, ранее разрозненный материал, накопленный в ходе выполнения работ различной геологической, гидрогеологической и экологической направленности в пределах рассматриваемой территории за период с 1939 г. по настоящее время. 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.

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.

В ходе работы выявлены и уточнены закономерности изменчивости химического состава подземных вод, использующихся для водоснабжения населения региона.

Установлено, что на территории юга Западно-Сибирского артезианского бассейна, характеризующейся разнообразными ландшафтно-климатическими, геолого-геоморфологическими природными условиями, создаются условия для формирования широкого спектра геохимических типов вод зоны гипергенеза умеренного климата платформенных (равнинных) сооружений (с разнообразным набором химических элементов, содержащихся в различных концентрациях и мигрирующих в различных соединениях). Основные закономерности геохимии подземных вод определяются ландшафтными условиями, глубиной миграции, интенсивностью водообмена и составом водовмещающих пород. Минералы равновесной вторичной фазы выводят из подземных вод элементы, лимитируя уровень их накопления в водах. Подземные воды региона неравновесны с первичными алюмосиликатными минералами и равновесны со многими вторичными алюмосиликатными, гидроокисными, силикатными, карбонатными и даже сульфатными минералами. Спектр минералов равновесной вторичной фазы расширяется от ландшафтов средней тайги к таежным, лесостепным и степным ландшафтам.

В пределах рассматриваемой территории выделяется зоны качества подземных вод 3-х классов. Подземные воды 1 класса пригодные для ХПВ формируются главным образом на южной части территории на правобережье р. Обь и Кулундинской низменности, кроме этого в меловых отложениях подземные воды 1 класса распространены в северной части территории на правобережье р. Оби в Томской области. Воды 2 класса качества занимают большую часть

территории и приурочены к зоне распространения пресных и слабосолоноватых вод некондиционных по показателям общей жесткости, железа и марганца. Воды 3 класса качества занимают преимущественно зону распространения вод с повышенной минерализацией.

В пределах рассматриваемой территории с севера на юг, от заболоченной тайги к степным ландшафтам, возрастают частота встречаемости некондиционных подземных вод и набор компонентов, лимитирующих их качество. В таежных ландшафтах основными из них являются Fe (встречаемость 94-97%), Mn (62-95%), органические вещества (3-56%), в степных ландшафтах – минерализация (24-78%), общая жесткость (36-55%), SO₄ (7-18%), Cl (11-60%), Fe (45-69%), Mn (44-61%), органические вещества (2-25%).

Для подземных вод, использующихся для водоснабжения, определен перечень показателей, содержание которых необходимо контролировать при добыче подземных вод для ХПВ. 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.

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.

Создана информационно-картографическая система, базирующаяся на основе электронного представления гидрогеохимических карт (картограммы гидрогеохимической изученности, карт фактического материала, карт гидрогеохимического районирования химического состава подземных вод, карты факторов формирования качества подземных вод, карт 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альшанский А.М., Кривенцова Т.Г., Зуев В.А., «Организация гидрогеологических исследований и режимных наблюдений на профиле Томский водозабор-полигон жидких радиоактивных отходов (РАО) СХК». Томск, 1995.
2. Арефьев А.В., Шевчук И.Ф., Отчет по поискам пресных подземных вод в меловых отложениях в южной части Новосибирской области. г.Новосибирск, НППЭ, 1989. 127 с.
3. Бородавко В.Г., Артимохина В.В., Рыжковский М.И., и др. Региональная (перспективная) оценка эксплуатационных запасов подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна (Алтайский край) за 1974-80 гг., ПГО "Запсибгеология", Боровиха, 1980.
4. Бородавко В.Г., Филонова О.П., Гарева Н.А., и др. Оценка обеспеченности населения Алтайского края ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Отчет по второму этапу работ 1999-2001 гг., ОАО «Алтайская ГГЭ», Боровиха, 2001.
5. Букаты, М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач / М.Б. Букаты // Известия ТПУ. Геология поиски и разведка полезных ископаемых Сибири. – 2002. – Т. 305. – Вып. 6. –С. 348–365.
6. Букаты, М.Б. Численные методы моделирования геомиграции радионуклидов: Учеб. Пособие. / М.Б. Букаты. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 89 с.
7. Васькина В.Н. Государственный мониторинг геологической среды. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды (недр) на территории Новосибирской области в 2003 году (выпуск № 9). Новосибирск, ОАО "Новосибирская геологопоисковая экспедиция", 2003.
8. Временное положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (подземные воды). МПР России, 1998.
9. Гавва Л.Е., Крутиков Г.Н. Отчет по работе «Оценка обеспеченности населения Омской области ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения» (II этап). Омск, ОАО «ОГРЭ», 2000.
10. Гаррелс Р. Минеральные равновесия. М.: Изд-во иностр. литературы, 1962. 306 с.
11. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. М.: Мир, 1968. 368 с.
12. Гидрогеология СССР. Том XVI. Западно-Сибирская равнина. М.: Недра, 1970.
13. Гидрогеология СССР. Том XVII. Кемеровская область и Алтайский край / Под ред. М.А.Кузнецовой и О.В.Постниковой. М: Недра, 1972. 399 с.

14. Гидрогеоэкологические условия водоснабжения населения юга Сибирского региона. Д.С. Покровский [и др.] // Вестник Томского государственного университета / Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ). 2014. № 384. с. 189-197.
15. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (зарег. в Минюсте РФ 19.05.2003 г. № 4550).
16. ГН 2.1.5.2280-07 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03» (зарег. в Минюсте РФ 22.11.2007 г. № 10520).
17. Дутова Е.М. Геохимия подземных вод Академического месторождения / Е.М.Дутова, Д.С.Покровский // Известия ТПУ.– 2004. Том 307. № 7. с. 35-39.
18. Дутова Е.М. Особенности формирования гидрогеохимического фона рассеянных элементов в условиях гумидного климата // Материалы регион. конф. геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока Сибири. Т.1. Томск, 2000.-С. 369-372.
19. Дутова Е.М. Физико-химическое моделирование процессов взаимодействия подземных вод с горными породами в условиях зоны гипергенеза. //Фундаментальные проблемы современной гидрогеохимии: Труды Международной конференции, посвященной 75-летию юбилею гидрогеохимии.- Томск: Изд-во НТЛ, 2004. с. 248-254.
20. Дутова Е.М. Радиогидрогеология и гидрогеохимия (курс лекций). – Томск: Изд-во ТПУ, 2008
21. Дутова Е.М., Наливайко Н.Г. Особенности химического и микробиологического состава подземных вод территории города Томска // Известия вузов. Геология и разведка: научно-методический журнал / Российский государственный гуманитарный университет (РГГУ). 2011. № 5. с. 56-61.
22. Дюкарев А.Г. и др. Природные ресурсы Томской области. Новосибирск, Наука, 1991.
23. Ермашова Н.А. Геохимия подземных вод зоны активного водообмена Томской области в связи с решением вопросов водоснабжения и охраны // Автореферат диссертации канд. геол.-мин. наук. Томск, 1998. 44 с.
24. Ермашова Н.А. Никонов Б.С. Обобщение материалов по химическому составу питьевых подземных вод в связи с повышенным содержанием в них железа, марганца и других специфических для региона компонентов в пределах юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. Томск, 1982.
25. Зайцев И.К. Гидрогеохимия СССР. Л: Недра, 1986. 239 с.
26. Зверев В.П. Гидрогеохимия осадочного процесса. М.: Наука, 1993. 184 с.
27. Зверев В.П. Роль подземных вод в миграции химических элементов. М.: Недра, 1982. 184 с.

28. Земскова И.М. Смоленцев Ю.К. Региональная оценка эксплуатационных запасов подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. Новосибирск, 1984.
29. Земскова И.М., Смоленцев Ю.К., Цацульников В.Т. Региональная оценка эксплуатационных запасов подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. (Сводный отчет за 1979-84 гг.), по сост, на И-81г., ПГО Новосибирскгеология, Новосибирск, 1984.
30. Зуев В.А. Бычков В.Я., «Эколого-геохимическая оценка состояния и качества подземных вод Томского водозабора», Научный отчет, 1994.
31. Зуев В.А. Химический состав подземных вод Томского водозабора / В.А.Зуев, О.В.Картавых, С.Л.Шварцев // Обской вестник. 1999. № 3–4. с. 69–77.
32. Казьмин С.П. Отчет по теме: Районирование Новосибирской области по качеству подземных вод. Новосибирск. ФГУП "Новосибирская геологопоисковая экспедиция", 2003.
33. Карлсон Н.А. Региональная оценка эксплуатационных запасов подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. Томск, 1980.
34. Карлсон Н.А. Региональная оценка эксплуатационных запасов подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. Томская область. (Отчет Региональной партии за 1973-1980 гг.), г. Томск, 1980 г.
35. Колоколова О.В. Геохимия подземных вод района Томского водозабора (Томская область). Томск, СО РАН, Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, 2003.
36. Колтунова Г.М. и др. Оценка обеспеченности населения Новосибирской области ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. (Отчёт гидрогеологического участка по работам 1997-2000 гг.). Новосибирск, ФГУ «ТФИ по Сибирскому ФО», 2001.
37. Колтунова Г.М. Карта подземных вод Новосибирской обл. масштаба 1:500 000 (отчет по работам Гидрогеологического участка Новосибирской опытно-методической экспедиции за 1994-1995 гг.). Пояснительная записка. Новосибирск, ОАО "Новосибирскгеология", 1998.
38. Колтунова Г.М. Региональная оценка состояния и использования подземных вод мелового водоносного комплекса юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна и обоснование локализации ресурсного потенциала этих вод как основного источника питьевого водоснабжения населения. Новосибирск. ОАО "Новосибирскгеология", 2005.
39. Крайнов С.Р. Анализ разрешающих возможностей прогнозных моделей техногенного изменения химического состава подземных вод, их оптимальное геохимическое содержание // С.Р.Крайнов, Б.И.Рыженко // Геохимия. 2000. №7. с. 691-703.
40. Крайнов С.Р. Геохимические типы железосодержащих подземных вод с околонеutralной реакцией / С.Р.Крайнов, Т.А.Соломин, Н.В.Василькова и др. // Геохимия. 1982. № 3. с. 400–420.

41. Крайнов С.Р. Геохимия подземных вод хозяйствен-но-питьевого назначения / С.Р.Крайнов, В.М.Швец. М.: Недра, 1987. 237 с.
42. Крайнов С.Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / С.Р.Крайнов, Б.И.Рыженко, В.М.Швец. М.: Наука, 2004. 677 с.
43. Крайнов С.Р. Гидрогеохимия: Учебник для вузов / С.Р.Крайнов, В.М.Швец. М.: Недра, 1992. 463 с.
44. Крайнов С.Р. Гидродинамические условия приложения машинного моделирования физико-химических взаимодействий в системе "вода-порода" для прогнозирования гидрогеохимических явлений / С.Р.Крайнов, Б.И.Рыженко, Ю.В.Шваров и др. // Геохимия. 1980. № 5.с. 545-559.
45. Крайнов С.Р. Использование физико-химического моделирования для изучения взаимодействия в системе вода-порода и гидродинамические условия его приложения к реальным гидрогеохимическим процессам / С.Р.Крайнов, Б.И.Рыженко // Литология и полезные ископаемые.1980. №4. с. 72-84.
46. Крайнов С.Р. Использование физико-химического моделирования для изучения взаимодействия в системе вода -порода и гидродинамические условия его приложения к реальным гидрогеохимическим процессам / С.Р.Крайнов, Б.И.Рыженко // Литология и полезные ископаемые.1980. №4. с. 72-84.
47. Крайнов С.Р. Основы геохимии подземных вод / С.Р.Крайнов, В.М.Швец. М.:Недра,1980. 285 с.
48. Крайнов С.Р. Современное состояние и пути развития гидрогеохимического прогнозирования / С.Р.Крайнов, Б.И.Рыженко, В.И.Лялько и др.// Советская геология. 1983. № 3. с. 115-124.
49. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. Издание второе, дополненное; Отв. ред. Академик Лаверов Н.П.. М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012.
50. Кривенцов А.В. Легенда Обской подсерии Западно-Сибирской серии листов Госгеолкарты-200. Томск, 2000.
51. Куренной В.В. Создание гидрогеологической карты РФ масштаба 1:2 500 000, ФГУП «ВСЕГИНГЕО», Москва, 2008.
52. Куренной В.В. Характеристика химического состава питьевых подземных вод территории Российской Федерации и разработка критериев его прогнозирования, ФГУП «ВСЕГИНГЕО», Москва, 2012.
53. Куценко А.В. Государственный учет использования подземных вод на территории Томской области в 2014 г. (по состоянию на 01.01.2015 г.). Томск, ООО «Сибгеомониторинг», 2015.

54. Липаева А.В., Дикарев В.В., Амаханова Е.А., и др. Создание гидрохимической основы масштаба 1:1 000 000 с оценкой современного состояния качества питьевых подземных вод центральной части Московского артезианского бассейна, ОАО «Центргеология», Москва, 2009.
55. Льготин В.А. Геоэкологические исследования и картографирование (ГЭИК) масштаба 1:1 000 000 территории Томской области. Томск, 1995.
56. Макушин Ю.В. Отчет по договору № 3 с Государственным комитетом экологии и природных ресурсов Томской области от 05.09.95 г. «Организация гидрогеологических исследований и режимных наблюдений на профиле Томский водозабор-полигон жидких радиоактивных отходов СХК (3 этап)», 1998.
57. Мартынов В.А. Результаты комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической съемки масштаба 1:200000, проведенной на площади листа N-44-IX (отчет Региональной партии по работам на Каргатском участке в 1977-1978 гг.). г. Новосибирск, НППЭ НТГУ, 1978.
58. Мартынов В.А., Афанасьев А.Т. Легенда Омско-Кулундинской подсерии Западно-Сибирской серии листов Госгеолкарты-200. Новосибирск, 2004.
59. Матусевич В.М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского бассейна. М: Недра, 1978. 157 с.
60. Назаров А.Д.. Нефтегазовая гидрогеохимия юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Москва: Идея-Пресс, 2004. 286 с.
61. Назаров А.Д.. Региональная гидрогеолого-стратификационная схема Юго-Восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ] / Томский политехнический университет (ТПУ). 2003. т. 306, № 1. с. 42-49.
62. Научно-прикладной справочник «Климат России»: [Электронный ресурс] / Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2015.
63. НСАМ. «Подземные воды. Внутри лабораторный контроль качества результатов анализа природных вод. М.: Изд-во министерства геологии СССР, 1987.
64. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: Недра, 1972. 288 с.
65. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975.
66. Перельман А.И. Геохимия природных вод. М.: Наука, 1982. 72 с.
67. Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов (зона гипергенеза). М.: Недра, 1968. 332 с.
68. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1979. 423 с.

69. Пиннекер Е.В. Ведущие факторы, процессы и обстановки формирования состава подземных вод // Основы гидрогеологии. Гидрогеохимия. Новосибирск: Наука, 1982. с. 53-85.
70. Питьева К.Е. Гидрогеохимия, М.: Изд-во МГУ, 1978. 321 с.
71. Питьева К.Е. Основы региональной геохимии подземных вод. М.: Изд-во МГУ, 1969.
72. Плаксина Н.А. Отчет по изучению загрязнения подземных вод на опытно-производственном полигоне в левобережных окрестностях г. Новосибирска. Новосибирск, Новосибирская геологопоисковая экспедиция, 1993.
73. Плевако Г.Л. «Ведение государственного мониторинга состояния недр территории Сибирского федерального округа в 2008-2010 гг. Томск, 2010.
74. Плевако Г.Л. Региональная оценка прогнозных ресурсов подземных вод восточных районов Томской области. Томск, 1989.
75. Плевако Г.Л., Шнайдер Л.А. Региональная оценка прогнозных ресурсов подземных вод восточных районов Томской области. Отчет регионального отряда по работам за 1984-1989 гг., г. Томск, 1989 г.
76. Покровский Д.С. Изучение процессов минералообразования на водозаборах Томской области / Д.С.Покровский, Е.М.Дутова, И.В.Вологодина // Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность: тр. III междунар. науч.-практ. конф. Кемерово: СибГИУ, ЗАО «Экспо-Сибирь», 2000. с. 69–70.
77. Покровский Д.С. Минеральные новообразования водозабора Томского Академгородка / Д.С.Покровский, Е.М.Дутова, И.В.Вологодина // Минералогия техногенеза–2000. Миасс: ИМин УрО РАН, 2000. с. 172–175.
78. Покровский Д.С. Минеральные новообразования на водозаборах Томской области / Д.С.Покровский, Е.М.Дутова, Г.М.Рогов и др. Томск: Изд-во НТЛ, 2002. 176 с.
79. Покровский Д.С. Минеральные новообразования на водозаборе города Стрежевого / Д.С.Покровский, Е.М.Дутова, И.В.Вологодина, А.С.Тайлашев // Вестник ТГАСУ. 2001. № 1. с. 136-146.
80. Покровский Д.С. Минеральные новообразования на Томском водозаборе из подземных источников/ Д.С.Покровский, Е.М.Дутова, И.В.Вологодина // Обской вестник. 2001. № 1–2. с. 13–21.
81. Покровский Д.С. Природно-техногенное минералообразование на фильтрах обезжелезивания водозабора Томского Академгородка / Д.С.Покровский, Е.М.Дутова, И.В.Вологодина, А.С.Тайлашев // Известия ТПУ. 2002. т. 305. Вып. 6. с. 319-329.
82. Покровский Д.С. Проблемы водоснабжения населения Томской области / Д.С. Покровский, Ю.В. Макушин, Е.М. Дутова, Г.М. Рогов // Вестник ТГАСУ. 2001. №1. с. 154-165.

83. Покровский Д.С. Состав минеральных новообразований на водозаборах из подземных источников Томской области / Д.С.Покровский, Е.М.Дутова, И.В.Вологодина, Г.М.Рогов // Строительство. 2002 № 4. с. 92-96.
84. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Рогов Г.М. Качество природных питьевых вод и технологии водоподготовки в условиях юга Сибирского региона. Томск: ТГАСУ, 2006. с. 96
85. Покровский, Д.С. Гидрогеохимические среды и минеральные новообразования из подземных источников / Д. С. Покровский, Е. М. Дутова, И. В. Вологодина // Известия вузов. Строительство. 2010. № 10. с. 54-61.
86. Покровский, Д.С. Минеральные новообразования на водозаборе города Стрежевого [Текст] / Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, И.В. Вологодина, А.С. Тайлашев // Труды Томских учёных по системам водоснабжения. Томск: Изд-ий дом «Цхай и Ко», 2005. с. 497–510.
87. Покровский, Д.С. Минеральные новообразования на Томском водозаборе из подземных источников [Текст] / Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, И.В. Вологодина // Труды Томских учёных по системам водоснабжения. Томск: Изд-ий дом «Цхай и Ко», 2005. с. 482–497.
88. Покровский, Д.С. Природно-техногенное минералообразование на фильтрах обезжелезивания водозабора Томского Академгородка [Текст] / Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, И.В. Вологодина, А.С. Тайлашев // Труды Томских учёных по системам водоснабжения. Томск: Изд-ий дом «Цхай и Ко», 2005. с. 514–527.
89. Покровский, Д.С. Состав минеральных новообразований на водозаборах из подземных источников Томской области [Текст] / Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, Г.М. Рогов, И.В. Вологодина // Труды Томских ученых по системам водоснабжения. Томск: Изд-ий дом «Цхай и Ко», 2005. с. 476–482.
90. Поляков В.А., Дубинчук В.Т. Изотопно-гидрогеохимические исследования на полигоне «Томский», ООО «НТЦ ВСЕГИНГЕО», Зеленый, 2007.
91. Посохов Е.В. Общая гидрогеохимия. Л.: Недра, 1975. 208 с.
92. Посохов Е.В. Формирование химического состава подземных вод. М.: Гидрометеиздат, 1969. 334с.
93. Природно-техногенные минеральные новообразования на водозаборах Томской области. И. В. Вологодина [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7: Геология. География. 2015. №3. с. 58-72.
94. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна / Сост.: И.М. Земскова, Ю.К. Смоленцев, М.П. Полканов и др. М.: Недра, 1991. 262 с.
95. Рогов Г.М. Некоторые проблемы водоподготовки на водозаборах из подземных источников / Г.М. Рогов, Д.С. Покровский, Е.М. Дутова // Изв. вузов. Строительство. 1993.-№ 9. с. 98-102.

96. Савичев О.Г. Водные ресурсы Томской области. Томск.: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2010. 248 с.
97. Савичев О.Г. Пространственные и временные изменения геохимического состояния речных вод бассейна Средней Оби // География и природные ресурсы. 2000. №2, с.60-66
98. Савичев О.Г., Наливайко Н.Г., Трифонова Н.А. Микробиологический состав речных вод бассейна верхней и средней Оби // Сибирский экологический журнал. 2002. № 2, с. 173-180.
99. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Минздрав России, 2001 г. (зарег. в Минюсте РФ 31.10.2001 г. № 3011).
100. Смоленцев Ю.К. Особенности формирования подземных вод зоны гипергенеза Западно-Сибирской плиты / Ю.К.Смоленцев, В.С.Кусковский // Подземные воды юга Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1987. с. 4 -65.
101. Степанова Т.Л. Оценка обеспеченности населения Томской области ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения: отчет. ОАО «Томскнефтегазгеология» ВНК, Филиал Томская геологоразведочная экспедиция. Томск, 2000.
102. Третьяков В.Ю., Кулеш В.П. Автоматизированная обработка экологической информации: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2005, 88 с.
103. Удодов П.А., Коробейникова Е.С., Рассказов Н.М. и др. «Поровые растворы горных пород как среда обитания микроорганизмов». Новосибирск, 1981.
104. Флешер А.В. Водно-гелиевые исследования в пределах полигона «Томский», ООО «ЛЭП», Чита, 2007.
105. Черняев Е.В., Колмакова О.В. «Геолого-геофизическое доизучение территории полигона «Томский», ООО «ГРК «ГЕОСФЕРА», Томск, 2007.
106. Шарифуллина А.Н., Лаврентьева О.В., Сплодитель В.М. Создание гидрохимической основы территории Тюменской области масштаба 1:500 000 с оценкой современного состояния качества питьевых подземных вод, ГУПТО ТЦ «Тюменьгеомониторинг», Тюмень, 2008.
107. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза, М., Недра, 1998.
108. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. Изд. 2-ое, исправленное и переработанное. М.: Недра, 1998.431 с.
109. Шварцев С.Л. и др. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода. Т. 2: Система вода-порода в условиях зоны гипергенеза /[С.Л. Шварцев, Б.Н. Рыженко, В.Н. Алексеев и др.]; отв. ред. д.х.н., проф. Б.Н. Рыженко Ин-т нефтегаз. геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН. М., 2007, 389 с.

110. Шварцев С.Л., Рассказов Н.М., Савичев О.Г. Состав и формы миграции микрокомпонентов в подземных водах бассейна среднего течения р.Томи // Геология и геофизика. 1997. №12, с.1953-1959.
111. Шварцев С.Л., Рассказов Н.М., Савичев О.Г. Состав и формы миграции микрокомпонентов в подземных водах бассейна среднего течения р.Томи // Геология и геофизика. 1997. №12, с.1953-1959.
112. Шварцев С.Л., Савичев О.Г. Эколого-геохимическое состояние крупных притоков Средней Оби // Водные ресурсы. 1997. №6, с.762-768.
113. Шварцев, С.Л. Взаимодействие воды с алюмосиликатными горными породами. Обзор [Текст] / С.Л. Шварцев // Геология и геофизика. 1991. № 2. с. 16–50.
114. Шинкаренко В.П. Выявление и оценка очагов загрязнения подземных вод на территории Томской области. Отчет по работам за 1988-1993 гг. Томск, 1994.
115. Язиков Е.Г., Изучение радиэкологической обстановки на территории Томской агропромышленной агломерации (ТАПА) и лабораторное исследование подземных вод и почв, МГП «Экогеос», Томск, 2002.
116. Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., Таловская А.В. Радиогеохимические исследования на территории полигона «Томский», ГОУВПО «ТПУ», Томск, 2007.
117. Geochemical groundwater peculiarities of Paleogene sediments in S-E Western Siberia artesian basin [Electronic resource] / A. A. Balobanenko [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016. Vol. 43: Problems of Geology and Subsurface Development.
118. Hydrogenous mineral neof ormations in Tomsk water intake facility from underground sources [Electronic resource] / E. M. Dutova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016. Vol. 33: Contemporary Issues of Hydrogeology, Engineering Geology and Hydrogeoecology in Eurasia.
119. Hydrogenous mineral neof ormations in Tomsk water intake facility from underground sources [Electronic resource] / E. M. Dutova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016. Vol. 33: Contemporary Issues of Hydrogeology, Engineering Geology and Hydrogeoecology in Eurasia.
120. Hydrogeochemical characteristics of water intakes from groundwater sources in Seversk [Electronic resource] / A. I. Karmalov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016. Vol. 43 : Problems of Geology and Subsurface Development.
121. Hydrogeological Conditions Changes of Tomsk, Russia [Electronic resource] / V. D. Pokrovsky [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2015. Vol. 27: Problems of Geology and Subsurface Development.

122. Hydrogeological Conditions Changes of Tomsk, Russia [Electronic resource] / V. D. Pokrovsky [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2015. Vol. 27: Problems of Geology and Subsurface Development.