

Р.Ф.Абдрахманов
Ю.Н.Чалов
Е.Р.Абдрахманова



ПРЕСНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ БАШКОРТОСТАНА



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УФИМСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
Институт геологии
Академия наук Республики Башкортостан

Р. Ф. Абдрахманов
Ю. Н. Чалов
Е. Р. Абдрахманова

ПРЕСНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ БАШКОРТОСТАНА

Уфа — 2007

УДК 556.3:628.1 (470.57)

ББК

А

Абдрахманов Р. Ф., Чалов Ю. Н., Абдрахманова Е. Р.

Пресные подземные воды Башкортостана. – Уфа: Информреклама, 2007. – 184 с.

ISBN

В монографии выполнен анализ закономерностей формирования и распространения ценнейшего полезного ископаемого — пресных подземных вод в геологических структурах Южного Урала и Предуралья. Дана оценка эксплуатационных запасов питьевых подземных вод и характеристика их месторождений по административным районам Башкортостана. Освещена роль в защите здоровья населения республики макро- и микроэлементов, содержащихся в используемых для питьевых целей подземных водах.

Книга предназначена для гидрогеологов, бальнеологов, гигиенистов и широкого круга специалистов, занимающихся использованием пресных вод для водоснабжения. Рекомендуется в качестве учебного пособия студентам вузов геолого-географического профиля и направления природообустройства.

Табл. 24, илл. 31, библ. 65 назв.

Ответственный редактор:

В.Г. Попов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАЕН

Рецензенты:

А.Я. Гаев, доктор геолого-минералогических наук, профессор

Ш.З. Загидуллин, доктор медицинских наук, профессор

Abdrakhmanov R. F., Chalov Yu. N., Abdrakhmanova E. R.

Fresh Ground Waters in Bashkortostan. – Ufa: Informreclama, 2007.

The book presents the regularities analysis on the formation and distribution of fresh ground waters as one of the most valuable natural resource in the geological structures of the South Urals and Fore-Urals. An assessment is given for the exploitable reserves of potable ground waters and characteristics of their deposits in accordance with the administrative zonation of Bashkortostan. Macro and micro elements in ground waters used for drinking are considered, and their role in protecting people's health in the Republic is revealed.

The book is intended for specialists in hydrogeology, balneology, hygiene and a wide audience of those dealing with fresh water supply. It is also recommended as a textbook for higher education students who learn geology, geography and environmental engineering.

ISBN

© Р.Ф. Абдрахманов, Ю.Н. Чалов, Е.Р. Абдрахманова, 2007

© ООО РА «Информреклама», 2007

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абдрахманов Рафил Фазылович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный деятель науки РБ, академик Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы, заместитель директора по науке, заведующий лабораторией гидрогеологии и геоэкологии Института геологии Уфимского научного центра РАН, профессор кафедры Природообустройства Башгосагроуниверситета. Область исследований: познание гидрогеодинамической и газогидрогеохимической структуры верхней части подземной гидросферы Южного Урала и Предуралья, закономерностей размещения и формирования пресных и минеральных лечебных вод, охрана подземных вод от загрязнения и истощения.

Чалов Юрий Николаевич, главный гидрогеолог Центральной партии мониторинга подземных вод «Башкиргеология» (до 2003 г.) и ЗАО «БИОН». Ведущий специалист и ответственный исполнитель многочисленных региональных тематических работ по поискам, разведке и оценке эксплуатационных запасов месторождений подземных вод Башкортостана.

Абдрахманова Елена Рафиловна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены труда и профессиональных болезней Башкирского государственного медицинского университета. Область исследований: изучение микроэлементного состава биосреды человека в различных геохимических условиях.

ВВЕДЕНИЕ

По данным Всемирной организации здравоохранения до 80% заболеваний населения планеты обусловлено использованием недоброкачественной питьевой воды. В регионах Урала и Предуралья (в том числе в Башкортостане) врачи оценивают этот показатель в пределах 50% и отмечают в связи с этим повышенную смертность населения, особенно детского. Существенно поправить положение можно только путем использования для питьевых целей экологически чистых вод и более широкого применения столовых питьевых минеральных вод.

Башкортостан в промышленно-экономическом отношении — один из наиболее развитых регионов Урало-Поволжья, в пределах которого, благодаря богатым природным ресурсам, возник ряд крупных нефтегазо- и горнодобывающих, нефтеперерабатывающих, нефтехимических и других промышленных комплексов. Важную роль в экономике республики играет многоотраслевое сельское хозяйство.

Совершенно очевидно, что дальнейшее развитие производств определяется главным образом количественным и особенно качественным состоянием водных ресурсов. Первостепенное значение при этом играют ресурсы пресных подземных вод, сосредоточенные в самой верхней части бассейна (мощностью около 100 м) и являющиеся основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Пресными питьевыми водами Республика Башкортостан обеспечена недостаточно и они распределены по территории крайне неравномерно: модули подземного стока колеблются от 5–10 (Уфимское плато) до 1,5 (Белебеевская возвышенность) — 0,3 л/с·км² (Зауралье) и почти полного отсутствия (значительная часть Уршак-Бельского междуречья и др.).

В целях защиты здоровья населения, улучшения экологической обстановки в республике, для комплексного решения проблем полного удовлетворения потребностей в высококачественной питьевой воде, обеспечения охраны подземных вод от загрязнения в 2001 году приня-

та Президентская программа «Питьевые и минеральные воды Республики Башкортостан». Сроки реализации программы разделены на 2 этапа: первый рассчитан на 2002–2005, второй — на 2006–2010 годы.

Программой предусмотрено решение целого комплекса задач: активизация поисково-разведочных работ, выявление и уточнение запасов подземных хозяйственно-питьевых и минеральных вод, предотвращение загрязнения и совершенствование технологий их очистки, обеспечение населения питьевой родниковой водой высшего качества, бутилированными питьевыми и минеральными водами, сокращение объемов расхода питьевой воды на промышленные цели, развитие нормативно-правовой базы и хозяйственного механизма водоиспользования, стимулирующего экономию воды и привлечение инвестиций.

Как отмечено в Постановлении Кабинета министров Республики Башкортостан (№ 298 от 23.11.2001 г.), особенно неудовлетворительное санитарное состояние источников водоснабжения наблюдается в городах Баймаке, Белебее, Белорецке, Октябрьском, Туймазах, Учалах и Уфе, в Абзелиловском, Бижбулякском, Бураевском, Бурзянском, Дуванском, Иглинском, Калтасинском, Кигинском, Куюргазинском, Стерлибашевском, Туймазинском, Чекмагушевском, Шаранском и Хайбуллинском районах.

Целью настоящей работы является выяснение закономерностей размещения и формирования пресных вод, оценка их запасов и прогнозных ресурсов в геологических системах Республики Башкортостан. В основу работы положены результаты многолетних собственных исследований авторов. В ней также широко использованы фондовые и литературные данные по гидрогеологии, тектонике, геохимии этого региона.

В работе отсутствует специальный раздел по истории изучения пресных питьевых вод в республике, поэтому следует хотя бы кратко осветить и перечислить источники по этой проблеме. К числу наиболее значительных работ, внесших большой вклад в познание закономерностей размещения и формирования пресных вод Башкортостана и прилегающих территорий, относятся работы Р.Ф. Абдрахманова, Н.Д. Буданова, И.К. Зайцева, К.И. Макова, В.Г. Попова, В.Ф. Ткачева, М.М. Толстихина, Л.А. Шимановского и др.

Важной вехой в изучении подземных вод явились среднемасштабные гидрогеологические съемки (масштаба 1:200 000), начатые в 1961 г. и завершившиеся в 1987 г. (В.А. Алексеев, Г.М. Андрианов, М.С. Верзаков, М.С. Короткин, А.Г. Муртазин, В.Г. Попов, Н.Н. Толстунова, Р.А. Фаткуллин, М.М. Хузин, А.М. Шевченко и др.).

Наиболее значительные работы по выяснению условий формирования пресных подземных вод выполнены при поисково-разведочных работах для целей централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения (М.С. Верзаков, А.И. Епифанов, А.Н. Камышников, В.И. Мартин, Б.И. Орехов, В.Ф. Ткачев, Ю.Н. Чалов и др.).

Первая региональная оценка эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод на территории Башкортостана проведена А.И. Епифановым и Е.А. Епифановой в 1962–63 гг. Водоносные горизонты и комплексы были сгруппированы в 12 гидрогеологических районов по литологическому признаку и водопроницаемости пород. Общая сумма эксплуатационных ресурсов пресных вод на расчетной площади 138,0 тыс. км² составила 9,65 млн. м³/сут при средних эксплуатационных модулях подземного стока от 0,12–0,25 л/с·км² для зоны выветривания вулканогенных и метаморфических пород палеозоя и докембрия; до 1,5 л/с·км² — карбонатных пород нижней перми; 1,7–1,9 л/с·км² — аллювиальных четвертичных отложений. Средний модуль для территории Республики Башкортостан составляет 0,81 л/с·км². Территория в 5,5 тыс. км² развития галогенных пород кунгурского яруса не обчисливалась в связи с отсутствием пресных вод. Этими же авторами в 1966 г. составлены карты по современному и перспективному водоснабжению республики.

Обобщенные сведения по ресурсам подземных вод опубликованы в XV томе монографии «Гидрогеология СССР» [1972]. В данной работе эксплуатационные запасы представлены модулем в л/с·км² площади. Учтены привлекаемые ресурсы рек для аллювиальных четвертичных (1–2 л/с·км²) и карбонатных (0,4 л/с·км²) пород. Средние значения эксплуатационных модулей определены от 0,3 л/с·км² для вулканогенных пород восточного склона Урала до 3,0 л/с·км² для карбонатных пород Уфимского плато и четвертичных отложений крупных рек.

Следующим этапом явилась региональная оценка эксплуатационных запасов Волго-Камского и Предуральяского артезианских бассейнов, выполненная на основании задания Министерства геологии РСФСР в 1975 г. По Башкортостану рассчитаны водные ресурсы на площади 94,5 тыс. км² (40,6 млн. м³/сут или 5,1 л/с·км²) и определен подземный приток в реки маловодного года в сумме 11,3 млн. м³/сут и транзитный сток — 7 млн. м³/сут. Эксплуатационные ресурсы оценены на площади 85,4 тыс. км² в количестве 12,5 млн. м³/сут, в том числе при жесткости до 10 мг-экв/л и сухом остатке до 1,0 г/л — 10,2 млн. м³/сут. Проведена категоризация запасов с учетом разведанных и эксплуатируемых водозаборов: А — 1,0; В — 0,84; С₁ — 1,32; С₂ — 3,22; Р — 6,1 млн. м³/сут.

На основании материалов Государственного учета вод новые данные по эксплуатационным запасам приведены в отчете М.С. Верзакова и В.Ф. Ткачева по условиям сельскохозяйственного водоснабжения (1983 г.). Общие запасы подземных вод определены в 18,9 млн. м³/сут, в т. ч. 1,1 млн. м³/сут солоноватых вод с минерализацией до 3,0 г/л.

В 2001 г. по «Программе геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы Республики Башкортостан на период до 2005 г.» определены прогнозные ресурсы и эксплуатационные запасы подземных вод (табл. 1).

Таблица 1

Прогнозные ресурсы и утвержденные эксплуатационные запасы подземных вод по Республике Башкортостан на 01.01.2000 г. [Ткачев, 2001 г.]

| | Всего | С сухим остатком до 1 г/л | | | | | |
|---|-----------------------|------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------------|
| | | при общей жесткости мг-экв/л | | | | Всего до 1 г/л | Более 1 г/л |
| | | до 7 | 7–10 | до 10 | 10–15 | | |
| Прогнозные ресурсы, тыс. м ³ /сут % | <u>17817</u> 100 | <u>12055</u> 68 | <u>3848</u> 19 | <u>15503</u> 87 | <u>947</u> 5 | <u>16450</u> 92 | <u>1367</u> 8 |
| Утвержденные запасы, тыс. м ³ /сут % | <u>2569,18</u> 100 | <u>1650,15</u> 64 | <u>498,38</u> 20 | <u>2148,52</u> 84 | <u>420,65</u> 16 | <u>2569,18</u> 100 | — |

В целях решения Президентской программы «Питьевые и минеральные воды Республики Башкортостан» Центральной партией гидрогеологии и мониторинга геологической среды ОАО «Башкиргеология» выполнена работа «Вода питьевая. Оценка обеспеченности населения Республики Башкортостан ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого и питьевого водоснабжения, 2003 г.» (ответственный исполнитель Ю.Н. Чалов). В работе приведена информация об отборе и использовании подземных вод в административных районах по состоянию на 2000 год. Определена также перспективная потребность в воде хозяйственно-питьевого качества на 2010 год и экспертная оценка прогнозных ресурсов подземных вод с распределением по административным районам и крупным потребителям (города и поселки городского типа).

Настоящая работа написана коллективом авторов, представляющих Институт геологии УНЦ РАН (Р.Ф. Абдрахманов — введение, главы 1, 2, 3, заключение, раздел 2.4 написан совместно с Ю.Н. Чаловым),

ОАО «Башкиргеология» (Ю.Н. Чалов — глава 4, М.С. Верзаков — раздел 4.2.1), Башкирский государственный медицинский университет (Е.Р. Абдрахманова — глава 5).

При подготовке рукописи к изданию большую помощь оказали научные сотрудники А.О. Полева, Р.М. Ахметов, А.О. Борисова, А.П. Черников, которым авторы выражают свою признательность. Авторы глубоко благодарны доктору геолого-минералогических наук, профессору, академику РАЕН В.Г. Попову за советы и помощь в подготовке рукописи к изданию.

ГЛАВА 1.

СТРУКТУРА И НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Вода — устойчивое химическое соединение водорода с кислородом (11,19% водорода и 88,81% кислорода по массе). В шкале Цельсия температура плавления воды принята за 0°С, а температура кипения — 100°С. Наибольшую плотность вода имеет при 4°С (масса 1 г/см³), при 0°С плотность льда составляет 0,917 г/см³, а плотность воды — 0,99997 г/см³.

Чистая вода является смесью легкой (H₂O) и очень малых количеств тяжелой (D₂O) и сверхтяжелой (T₂O) воды. Существует также полутяжелая вода (HOD). Вещество, которое мы называем водой, представляет смесь различных веществ (изотопы: H⁺, H²⁺, H³⁺ и кислорода: O¹⁴, O¹⁵, O¹⁶, O¹⁷, O¹⁸, O¹⁹).

Вода является одним из самых сложных веществ, как с физической, так и с химической точки зрения. Она относится к веществам, которые наиболее трудно получить в чистом виде. Вода — это вещество, физические константы которого отличаются наибольшим количеством аномалий. Как отмечает Р. Фюрон [1966], даже если мы не знаем истинной природы воды, мы не должны забывать, что она является источником всей жизни, что она представляет собой неотъемлемую часть тканей животных и растений, что она служит источником питьевой пресной воды, энергии, что она необходима как для сельского хозяйства, так и для промышленности. Все великие цивилизации древности возникли и развивались вблизи воды, в больших речных долинах. Не существовало ни одной великой цивилизации в местности, лишенной воды.

До настоящего времени нам хватало воды, и человечество не могло допустить мысли, что скоро наступит ее нехватка. Мы ошибочно полагали, что в нашем распоряжении находятся неисчерпаемые запасы воды и что они достаточны для всех наших нужд. Следует повторить еще раз, что это было глубоким заблуждением.

1.1. Структура воды с физико-химической точки зрения

Природная вода представляет собой раствор, состоящий из молекул воды и растворенных веществ. Как отмечает В.И. Вернадский [1934], вода постоянный участник практически любого вещества — минерала, горной породы, живого тела и пр. Применение достижений структурной химии к изучению свойств воды на молекулярном уровне дает возможность познать поведение воды в природе, взаимосвязи с компонентами в природных растворах в зависимости от температуры, давления и других факторов внешней среды и тем самым познать сами гидрогеохимические процессы.

Форма молекулы воды (H_2O), с современных позиций, представляется в виде электронного облака (рис. 1), атом кислорода с отрицательным зарядом расположен в центре, а два атома водорода с положительными зарядами — в противоположных углах нижней грани условного куба [Крайнов и др., 2004]. Диаметр молекулы воды составляет $2,76 \text{ \AA}$, а угол связи между электронными орбитами атомов водорода равен $104,51^\circ$ [Зацепина, 1974]. Молекула воды чрезвычайно устойчива. Распределение положительного и отрицательного зарядов в молекуле воды обуславливает большой дипольный момент молекулы воды, что имеет важное значение при взаимодействии молекул между собой и с растворенными веществами.

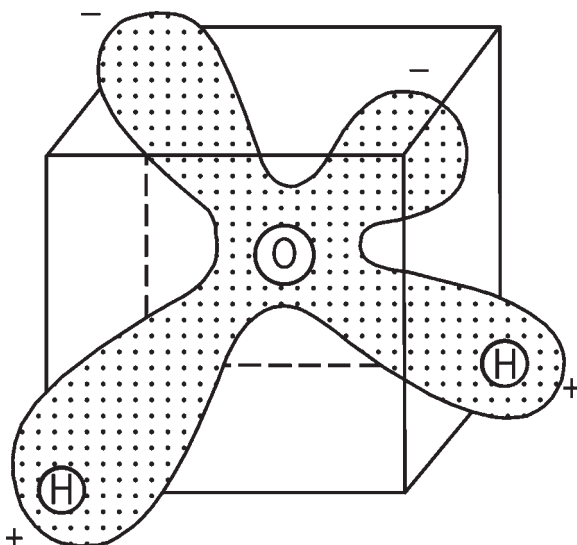


Рис. 1. Структура воды [Крайнов и др., 2004]

Водородные связи между молекулами воды и возникающие пространственные структуры молекул определяют межмолекулярную структуру воды, которая и служит одной из причин ее аномальных свойств и уникальности ее как растворителя. Наиболее простой структурой обладает газообразная вода, состоящая преимущественно из мономеров, т. е. одиночных молекул H_2O . Чтобы превратить воду в газ (пар) при 100°C , требуется затратить 2,26 кДж/г, при этом разрываются все водородные межмолекулярные связи [Крайнов и др., 2004].

Растворенные в воде вещества изменяют ее структуру и свойства, заполняя пространство внутри кристаллической решетки воды. Так, электропроводность растворов обычно возрастает в десятки тысяч раз благодаря появлению в воде различных ионов.

Из природных веществ вода наиболее универсальный растворитель. В природных водах обнаружено больше половины известных химических элементов. Вода является инертным растворителем, поскольку она сама химически не изменяется под воздействием тех веществ, которые она растворяет. Высокая величина диэлектрической постоянной воды способствует растворению в воде веществ, молекулы которых соединены исключительно или в основном ионной связью. Диссоциация солей на ионы способствует, а соединение их вновь в кристаллы препятствует взаимодействию положительных ионов с отрицательной (кислородной) оконечностью молекулы H_2O и взаимодействию заряженных ионов с положительной (водородной) оконечностью молекулы [Черняев, Шаманаев, 1994].

Вода проявляет аномальные свойства при изменении температуры, давления, воздействии внешних полей (электрических, магнитных и пр.) и других факторов, которые не исчезают в течение какого-то времени после прекращения этого воздействия («структурная память»). Наблюдающиеся в воде «эффекты» связаны с наличием в ней молекулярных комплексов, дискретно меняющих свою структуру или размеры при изменении температуры. Такими свойствами, по данным А.Н. Киргинцева и Л.Н. Ефанова [1967], обладает только свежеперегретая вода и приготовленные на ней растворы. Через несколько суток осцилляции на кривых температурной зависимости эти свойства резко уменьшаются. Обычная вода также отличается от талой воды по свойствам, которые подвержены изменениям ее диэлектрической постоянной и вязкости. Это состояние оказывается непостоянным, так как с течением времени талая вода также теряет свои необычные свойства [Сикорский и др., 1959].

Одно из возможных объяснений временного изменения свойств талой воды было предложено Л.Д. Кисловским [1967]. При заморажи-

вании между льдом и водой, в связи с разделением зарядов, возникает разность потенциалов. При этом могут возникать метастабильные ионы или комплексы, упрочняющие структуру воды при их попадании в свободные полости квазикристаллического каркаса. Имеются также предположения, что временные изменения свойств талой воды могут быть связаны с возникновением под действием света свободных радикалов, образующих относительно долгоживущие комплексы типа H_2O_4 или $\text{H}_2\text{O}\cdot\text{O}_2$. Диэлектрическая постоянная воды возрастает, достигая табличного значения в течение 15–20 минут после окончания плавления льда. Вязкость талой воды становится равной табличной лишь через 3–6 суток после плавления [Дерягин, Чураев, 1971].

Какова бы ни была причина этих явлений, не вызывает сомнений, что вода или водные растворы, по-видимому, могут находиться в неравновесном состоянии и что скорости релаксации невысоки.

В технике давно уже используется способность воды длительно сохранять свойства, приобретенные в результате магнитной обработки. Последняя заключается, как известно, в пропускании через трубку потока воды, пересекающего магнитные поля, создаваемые несколькими последовательно установленными магнитами.

Действие магнитного поля сводится, по-видимому, к пространственному разделению разноименных ионов, рекомбинация которых протекает медленно. Повышение температуры, как показывают эксперименты, сокращает время релаксации магнитнообработанной воды к стабильному состоянию.

Высказано предположение [Кисловский, 1967], что этот эффект возможен только при наличии «посторонних примесей», например, ионов Ca^{2+} , способных образовывать стабильные комплексы типа $\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$. Другая гипотеза предложена К.М. Джоши, П.В. Камат [Черняев, Шаманаев, 1994], по мнению которых при магнитной обработке изменяется константа диссоциации молекул воды, что должно вести к временному увеличению числа носителей тока — OH^- и H_3O^+ ионов. Как известно, эти ионы также могут служить центрами образования относительно стойких надмолекулярных структур.

Впрочем, так же, как и в опытах со свежеперегретой и талой водой, эффект может быть обусловлен ориентацией в магнитном поле парамагнитных атомов или молекул растворенных газов, временно изменяющих структуру воды. Скорости релаксации к нормальному состоянию после снятия магнитного поля невелики, по-видимому, из-за происходящего при этом образования относительно стойких надмолекулярных структур [Черняев, Шаманаев, 1994].

Структура жидкой воды до сих пор полностью не выяснена, хотя существует много моделей структуры воды: модель малых агрегатов молекул воды, модель пустот, смешанные модели разновидностей молекулы воды. Большое внимание в последние годы привлекает модель искаженных водородных связей, в соответствии с которой в жидкой воде, как и во льду, сохраняется тетраэдрический порядок в расположении молекул и наблюдается лишь небольшое изменение расстояний между молекулами воды (или их радиуса). Считается, что модель искаженных водородных связей находится в согласии с большинством известных экспериментальных данных о структуре воды [Крайнов и др., 2004]. По-видимому, аномальные физические и химические свойства воды лежат в особенностях структуры воды, образуемых отдельными молекулами при различных агрегатных состояниях, связанных с изменением условий (температуры, давления, растворенных компонентов и др.), в которых находится вода.

В целом проблема структуры воды и водных растворов чрезвычайно сложна, противоречива и недостаточно выяснена. Проблема, касающаяся природы воды, водных растворов на границе разделов вода – порода, вода – газ, разработана еще меньше. Некоторые вопросы, касающиеся взаимодействия вода – порода и кинетики обменно-адсорбционных процессов и их роли в формировании отдельных геохимических типов подземных вод, рассмотрены в нашей работе [Попов, Абдрахманов, Тугуши, 1992].

Использование достижений структурной химии в области изучения структуры воды и водных растворов открывает большие возможности для объяснения гидрохимических процессов и количественной их интерпретации.

В связи с решением проблемы обеспечения населения качественной пресной водой в настоящее время весьма актуальна разработка проблем по вопросам структурной организации воды, ее растворов. Количественная оценка процессов формирования состава природных вод и самоочищения последних, миграции компонентов загрязнения в водоемах и водотоках и т. п. имеет весьма важное практическое значение.

1.2. Нормативные требования к качеству питьевой воды

При установлении норм для воды питьевого водоснабжения учитывается величина минерализации (сухой остаток), содержание макро- и микрокомпонентов, физические свойства воды, микробиологическое и радиационное состояние.

В настоящее время для хозяйственно-питьевого водоснабжения используются в основном подземные воды, причем их доля постоянно растет. По данным С.Р. Крайнова и др. [2004], в России в общем балансе водоснабжения подземные воды составляют 70% и в перспективе их использование будет возрастать. В Башкортостане хозяйственно-питьевое водоснабжение населения на 83% также обеспечивается за счет подземных вод.

Несмотря на малую минерализацию и кажущуюся простоту химического состава, подземные воды хозяйственно-питьевого назначения представляют собой достаточно сложные многокомпонентные гидрогеохимические системы. В настоящее время в пресных мало-минерализованных подземных водах в различных концентрациях обнаруживают около 80 химических элементов (табл. 2). В них содержатся также различные органические вещества, газы и микрофлора [Крайнов и др., 2004].

Основным документом, регламентирующим качество питьевых вод, до 1996 г. был ГОСТ 2874–82 «Вода питьевая». Этот документ регламентировал микробиологические показатели, органолептические свойства, около 20 макро- и микроэлементов в питьевой воде.

С 1996 года качество питьевых вод определяется документом «Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы» (СанПиН 2.1.4.559–96), а с 2001 года — СанПиН 2.1.4.1074–01. Кроме обобщенных показателей и макрокомпонентов химического состава воды, эти нормативы регламентируют большое число микроэлементов (около 50) и органических веществ (680 наименований) 1–4 класса опасности (табл. 3). Классы опасности веществ подразделяются на:

- 1 класс — чрезвычайно опасные;
- 2 класс — высокоопасные;
- 3 класс — опасные;
- 4 класс — умеренно опасные.

При обнаружении в питьевой воде нескольких химических веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из них в воде к величине его ПДК не должна быть больше 1. Расчет ведется по формуле:

$$\frac{C_{\text{факт}}^1}{C_{\text{доп}}^1} + \frac{C_{\text{факт}}^2}{C_{\text{доп}}^2} + \dots + \frac{C_{\text{факт}}^n}{C_{\text{доп}}^n} \leq 1$$

где C^1 , C^2 , C^n — концентрации индивидуальных химических веществ 1 и 2 класса опасности: факт. (фактическая) и доп. (допустимая).

Таблица 2

Порядок максимальных концентраций химических элементов, обнаруживаемых в маломинерализованных подземных водах [Крайнов и др., 2004]

| Элемент | Концентрация, мг/л | Элемент | Концентрация, мг/л | Элемент | Концентрация, мг/л |
|-----------|--------------------|-----------|---------------------|----------|--------------------|
| Азот | n·100 | Кобальт | 0,00n | Свинец | 0,0n |
| Алюминий | 0, n–n | Кремний | n·10 | Селен | 0,0n |
| Барий | 0, n | Лантан | 0,0n | Сера | n·100 |
| Бериллий | 0,00n–0,0n | Литий | 0,0n–0, n | Серебро | 0,0n |
| Бор | n | Лютеций | <0,00n | Скандий | 0,00n |
| Бром | 0, n | Магний | n – 100 | Стронций | n – 10 |
| Ванадий | 0,00n–0,0n | Марганец | n | Сурьма | 0,0n |
| Висмут | <0,00n | Медь | 0, n | Таллий | 0,00n |
| Вольфрам | 0,0n | Молибден | 0,0n | Тантал | 0,00n |
| Гадолиний | <0,00n | Мышьяк | 0, n | Теллур | 0,00n |
| Галлий | 0, n | Натрий | n·100 | Тербий | 0,00n |
| Гафний | <0,00n | Неодим | <0,00n | Титан | 0, n |
| Германий | 0,00n | Никель | 0,0n | Торий | 0,00n–0,0n |
| Гольмий | <0,00n | Ниобий | 0,0n | Тулий | <0,00n |
| Диспрозий | <0,00n | Олово | 0,0n | Углерод | n·100 |
| Европий | <0,00n | Палладий | <0,00n | Уран | 0,0n |
| Железо | n·10 | Платина | <0,00n | Фосфор | 0, n |
| Золото | 0,00n | Празеодим | <0,00n | Фтор | n·10 |
| Индий | <0,00n | Прометий | <0,00n | Хлор | n·100 |
| Йод | 0, n | Радий | n·10 ⁻¹⁰ | Хром | 0,0n |
| Иттербий | 0,00n | Рений | 0,00n | Цезий | 0,0n |
| Иттрий | 0,0n | Ртуть | 0,00n–0,0n | Церий | 0,0n |
| Кадмий | 0,0n | Рубидий | 0,0n | Цинк | 0, n |
| Калий | n·10 | Рутений | <0,00n | Цирконий | 0,00n |
| Кальций | n·100 | Самарий | <0,00n | Эрбий | <0,00n |

Важным критерием для определения пригодности воды для питья является величина минерализации (не более 1000 мг/л). С другой стороны, очень малая минерализация (менее 100 мг/л) тоже ухудшает качество воды, а лишённая солей вода вообще считается вредной, так как она понижает осмотическое давление внутри клетки. Важной частью оценки качества подземных вод хозяйственно-питьевого назначения является установление их жесткости, определяющей технологические свойства подземных вод. Термин жесткость определяет свойства,

Таблица 3

Нормативные показатели и предельно допустимые концентрации (ПДК) химических элементов в питьевых водах [СанПиН 2.1.4.1074–01, 2001]

| Показатели | Единицы измерения | Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более | Класс опасности |
|---|-------------------|--|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Обобщенные показатели | | | |
| Водородный показатель | единицы рН | В пределах 6–9 | |
| Общая минерализация (сухой остаток) | мг/л | 1000(1500) ₁₎ | |
| Жесткость общая | м-экв/л | 7,0(10) ₁₎ | |
| Окисляемость перманганатная | мг/л | 5,0 | |
| Нефтепродукты, суммарно | мг/л | 0,1 | |
| Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионо-активные | мг/л | 0,5 | |
| Фенольный индекс | мг/л | 0,25 | |
| Неорганические вещества | | | |
| Алюминий (Al^{3+}) | мг/л | 0,5 | 2 |
| Барий (Ba^{2+}) | — | 0,1 | 2 |
| Бериллий (Be^{2+}) | — | 0,0002 | 1 |
| Бор (В, суммарно) | — | 0,5 | 2 |
| Железо (Fe, суммарно) | — | 0,3 (1,0) ₁₎ | 3 |
| Кадмий (Cd, суммарно) | — | 0,001 | 2 |
| Марганец (Mn, суммарно) | — | 0,1 (0,5) ₁₎ | 3 |
| Медь (Cu, суммарно) | — | 1,0 | 3 |
| Молибден (Mo, суммарно) | — | 0,25 | 2 |
| Мышьяк (As, суммарно) | — | 0,05 | 2 |
| Никель (Ni, суммарно) | мг/л | 0,1 | 3 |
| Нитраты (по NO_3^-) | — | 45 | 3 |
| Ртуть (Hg, суммарно) | — | 0,0005 | 1 |
| Свинец (Pb, суммарно) | — | 0,03 | 2 |
| Селен (Se, суммарно) | — | 0,01 | 2 |
| Стронций (Sr^{2+}) | — | 7,0 | 2 |
| Натрий | — | 200,0 | 2 |
| Сульфаты (SO_4^{2-}) | — | 500 | 4 |
| Фториды (F^-) | — | 0,7–1,5 | 2 |
| Хлориды (Cl^-) | — | 350 | 4 |
| Хром (Cr^{6+}) | — | 0,05 | 3 |
| Цианиды (CN^-) | — | 0,035 | 2 |
| Цинк (Zn^{2+}) | — | 5,0 | 3 |
| Таллий | мг/л | 0,0001 | 2 |
| Фосфор элементарный | — | 0,0001 | 1 |
| Ниобий | — | 0,01 | 2 |

Окончание таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------------|------|---------------------|---|
| Теллур | — | 0,01 | 2 |
| Самарий | — | 0,024 | 2 |
| Литий | — | 0,03 | 2 |
| Сурьма | — | 0,05 | 2 |
| Вольфрам | — | 0,05 | 2 |
| Серебро | — | 0,05 | 2 |
| Ванадий | — | 0,1 | 3 |
| Висмут | — | 0,1 | 2 |
| Кобальт | — | 0,1 | 2 |
| Рубидий | — | 0,1 | 2 |
| Европий | — | 0,3 | 4 |
| Аммиак (по азоту) | — | 2,0 | 3 |
| Хром(Cr^{3+}) | — | 0,05 | 3 |
| Кремний | — | 10,0 | 2 |
| Роданид-ион | — | 0,1 | 2 |
| Хлорит-ион | — | 0,2 | 3 |
| Бромид-ион | — | 0,2 | 2 |
| Персульфат-ион | — | 0,5 | 2 |
| Гексанитрокобальтиат-ион | — | 1,0 | 2 |
| Ферроцианид-ион | — | 1,25 | 2 |
| Гидросульфид-ион | — | 3,0 | 2 |
| Нитрит-ион | — | 3,0 | 2 |
| Терхлорат-ион | — | 5,0 | 2 |
| Хлорат-ион | — | 20,0 | 3 |
| Сероводород | — | 0,003 | 4 |
| Перекись водорода | — | 0,1 | 2 |
| Органические вещества | | | |
| γ -Г ХЦГ (линдан) | — | 0,002 ₂₎ | 1 |
| ДДТ (сумма изомеров) | — | 0,002 ₂₎ | 2 |
| 2,4-Д | — | 0,03 ₂₎ | 2 |
| Общая радиоактивность | | | |
| Общая α -радиоактивность | Бк/л | 0,1 | |
| Общая β -радиоактивность | Бк/л | 1,0 | |

Примечания: 1) величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки; 2) нормативы приняты в соответствии с рекомендациями ВОЗ.

которые придают воде растворенные в ней соединения кальция и магния. При оценке химического состава воды для цели питьевого водоснабжения имеет значение не только концентрация растворенных в ней отдельных компонентов, но и характер комбинаций анионов с катионами, т. е. солевой состав [Посохов, 1975]. В последние годы трудами

ученых медиков установлено важное значение микроэлементов и других компонентов в питьевой воде для здоровья человека. Заболевания человека, обусловленные дефицитом или избытком как эссенциальных, так и токсичных элементов, а также их дисбалансом, представляют в последние годы серьезную проблему в связи с массивным загрязнением окружающей среды токсикантами [Авцын и др., 1991].

Биологическая роль химических элементов связана с их участием практически во всех биохимических процессах в организме. Так, заболевания, вызываемые токсическим влиянием микроэлементов, были известны с античных времен (отравления ртутью, свинцом), а болезни, связанные с недостатком эссенциальных элементов, таких как железо и йод, были описаны в конце XIX века. Медико-биологические последствия избытка металлов связывают с их способностью к депонированию в организме, вызывая эмбриотоксический, тератогенный, нейротоксический, канцерогенный и другие эффекты.

Не менее опасными являются последствия длительного дефицита отдельных микроэлементов, таких как селен, йод, обуславливающих развитие врожденных уродств, задержку психического развития у детей, рост онкологических, эндокринных заболеваний у населения [Старова, Абдрахманов, Борисова, Абдрахманова и др., 2003].

По данным Центра Госсанэпиднадзора Республики Башкортостан, а также результатам специальных исследований в области микрокомпонентного состава природных вод [Попов, Абдрахманов, 1979; Попов, 1988 и др.], повсеместно отмечается низкое содержание фтора и йода в питьевой воде, поэтому республика относится к неблагоприятной территории по эндемическому зубу (заболевание щитовидной железы), а заболеваемость кариесом зубов составляет почти 100% взрослого и 94% детского населения республики.

Глава 2.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПРЕСНЫХ ВОД В ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

2.1. Природные условия

Рельеф. Разнообразие физико-географических условий территории Башкортостана оказывает определяющее влияние на питание, распределение и формирование поверхностных и подземных вод.

Территория Республики характеризуется сложным геолого-геоморфологическим строением [Рождественский, 1971]. Большая по площади западная часть ее принадлежит Русской платформе с равнинным рельефом земной поверхности (восточная часть Русской равнины), а центральная и восточная части относятся к Уральской складчатой области, выраженной здесь низко- и среднегорным рельефом Южного Урала, за исключением узкой окраинной восточной полосы, имеющей характер приподнятой равнины (Зауралье).

Рельеф Западного Башкортостана представляет собой пологоволнистую, местами увалистую равнину, приподнятую над уровнем моря в среднем на 250–300 м. Она состоит из ряда крупных возвышенностей и понижений рельефа (рис. 2). К первым относятся Белебеевская возвышенность (абс. выс. до 481 м), Приуральский Общий Сырт (до 450 м) и Уфимское плато (до 517 м), а ко вторым — Камско-Бельское, Юрюзано-Айское и Бельское понижения. На восточной границе Русской равнины выделяется Белокатайское плато (450–500 м) и грядово-холмисто-увалистые предгорья западного склона Урала (300–500 м) с глубиной вреза долин 100–230 м.

Область Горного Урала шириной до 150 км подразделяется на низкогорные (500–800 м) и среднегорные (1000–1300 м) хребты западного склона, Южно-Уральское плоскогорье (500–700 м), водораздельный (для бассейнов рек Волги и Урала) хребет Уралтау (750–1600 м) и низкогорные хребты восточного склона (500–950 м).

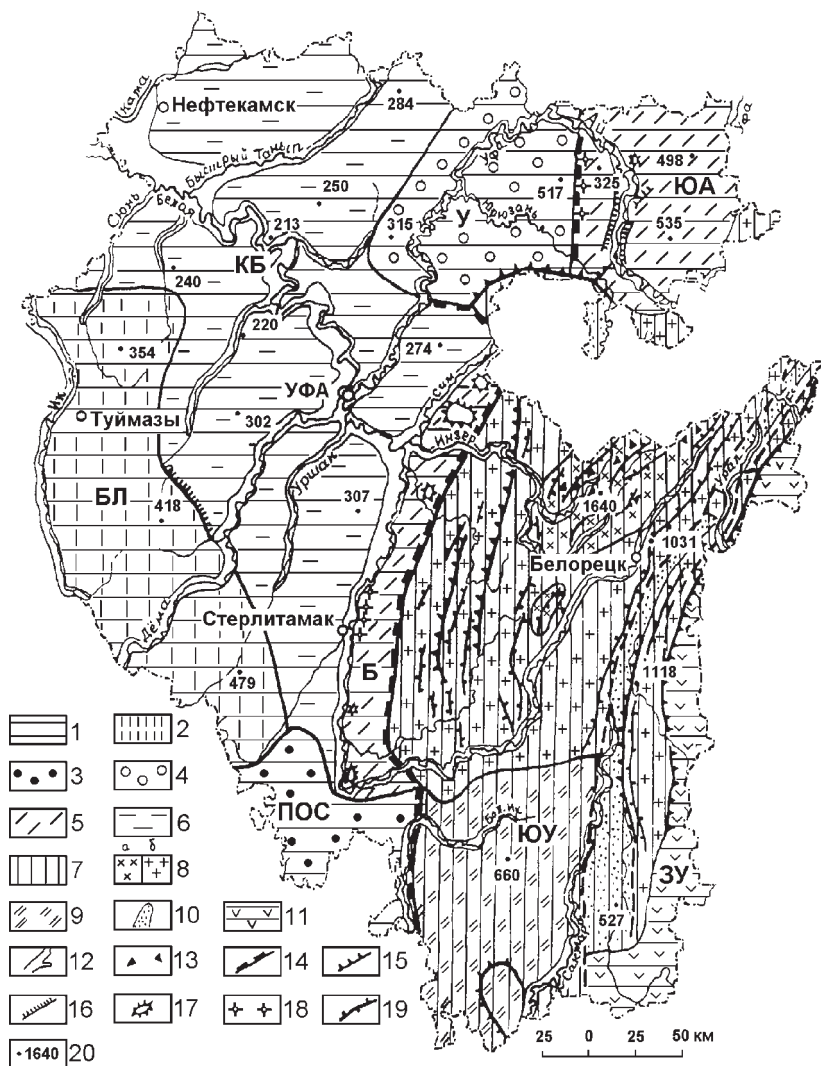


Рис. 2. Геоморфологическая карта Башкортостана (по А.П. Рождественскому [Абдрахманов и др., 2002])

Восточная часть Русской равнины (1): 2 — Белебеевская возвышенность (БЛ), 3 — возвышенность Приуральского Общего Сырта (ПОС), 4 — Уфимское плато (У), 5 — предгорные равнины — Юрюзано-Айская (ЮА), Бельская (Б), 6 — Камско-Бельское понижение (КБ); Южно-Уральские горы (7): 8а — среднегорье с абсолютными высотами выше 1000 м (до 1640 м), 8б — низкогорье с абсолютными высотами от 500 м до 1000 м, 9 — Южно-Уральское плоскогорье (ЮУ), 10 — внутригорные понижения, 11 — Зaurальский пенеплен (ЗУ); 12 — речные долины наиболее крупных рек с комплексом плиоценовых и четвертичных террас; 13 — районы распространения гольцовых террас и курумов (каменные реки); 14–18 — отдельные формы рельефа: 14 — уступы рельефа, обусловленные изгибами

В *Зауралье* (область Западно-Сибирской равнины) выделяются грядово-мелкосопочные предгорья восточного склона Урала (500–650 м), Сакмаро-Таналыкская (400–600 м) и Кизило-Уртазымская равнины (300–450 м) с преобладающей глубиной вреза долин 30–80 м.

Климат территории Башкортостана определяется характером взаимодействия радиационных и атмосферно-циркуляционных процессов с земной поверхностью. Северная часть Республики характеризуется влажным, а южная — недостаточно влажным типом климатических условий.

В целом климат Республики континентальный со значительными различиями между Предуральем, Южным Уралом и Зауральем, обусловленными расчлененностью рельефа и значительной протяженностью территории: с севера на юг — 550 км, с запада на восток — 430 км. Среднегодовая температура воздуха от 0,4°С в центре Урала до 2,8°С на западе и юго-востоке (табл. 4). Наиболее холодным месяцем является январь (–11,6 — –17°С), а самым теплым — июль (+16 — +18°С). Период со среднесуточной температурой воздуха выше 0°С составляет 6–7 месяцев.

Наибольшее количество осадков 700–900 мм (табл. 5, рис. 3) выпадает в горной части (средне-максимальное 856 мм), наименьшее — на юго-востоке 300–400 мм (средне-минимальное 328 мм), на остальной территории — 400–600 мм (г. Уфа — 500–600 мм). В теплый период выпадает 60–70% осадков. Испарение с поверхности суши составляет 360–380 мм в Зауралье и 380–430 мм в горной части и Предуралье. Устойчивый снежный покров держится с 5–15 ноября до второй — первой декады апреля. Глубина промерзания грунта от 0,5 до 0,8 м.

По данным В.А. Балкова [1978], количество осадков, формирующих подземный сток по территории Башкортостана, колеблется от 15–27 мм (21–26% суммы осадков) на Чермасанско-Ашкадарской и Кизило-Таналыкской степных равнинах до 120–170 мм (30–53% осадков) на Уфимском плато и в Инзерско-Симском горном районе. Средний сток по Республике составляет 56 мм (8,0 км³) в год.

Гидрография. Речная сеть относится к трем речным системам: Волги — 75%, Урала — 24% и Оби — менее 1% территории (см. рис. 2). Систему р. Волги представляют левые притоки р. Камы: реки Белая, Буй, Ик и др. Главная река Башкортостана — Белая (Агидель)

слоев горных пород, 15 — уступы рельефа, обусловленные разрывными нарушениями, 16 — денудационные уступы, 17 — эрозионно-денудационные останцы, 18 — изолированные возвышенности рифовых массивов; 19 — осевые линии наиболее крупных хребтов; 20 — абсолютные отметки рельефа (м)

Средняя месячная и годовая температура воздуха по многолетним данным

| Метеостанция | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | за год |
|--------------|-------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-------|--------|
| Янаул | -14,4 | -13,1 | -6,8 | 3,7 | 11,9 | 17,1 | 18,5 | 15,8 | 10,1 | 2,8 | -5,5 | -11,0 | 2,4 |
| Дуван | -14,6 | -12,9 | -6,2 | 3,6 | 11,1 | 16,1 | 17,3 | 14,6 | 9,4 | 1,9 | -6,1 | 11,5 | 1,9 |
| Бакалы | -11,6 | -12,7 | -6,5 | 4,8 | 12,8 | 17,3 | 18,8 | 16,2 | 10,8 | 3,3 | -4,6 | -10,5 | 3,2 |
| Бирск | -13,0 | -12,0 | -5,3 | 4,7 | 13,1 | 17,6 | 19,0 | 16,4 | 11,1 | 3,1 | -4,9 | -10,6 | 3,3 |
| Кушнаренково | -17,0 | -12,9 | -6,5 | 5,3 | 13,3 | 17,9 | 19,2 | 16,7 | 11,3 | 3,5 | -4,7 | -10,7 | 3,1 |
| Уфа—Дема | -14,2 | -12,7 | -6,1 | 5,5 | 13,3 | 17,8 | 19,1 | 16,4 | 11,0 | 4,0 | 4,6 | -11,0 | 3,2 |
| Чишмы | -14,1 | -12,8 | -6,4 | 5,5 | 13,5 | 17,8 | 19,3 | 16,8 | 11,3 | 4,0 | -4,6 | -10,8 | 3,2 |
| Буздяк | -13,3 | -11,9 | -5,6 | 5,4 | 13,5 | 17,9 | 19,3 | 16,8 | 11,6 | 3,5 | -4,4 | -10,0 | 3,5 |
| Туймазы | -13,3 | -12,2 | -5,7 | 5,6 | 13,6 | 17,8 | 19,1 | 16,6 | 11,4 | 3,7 | -4,0 | -10,0 | 3,6 |
| Аксаково | -14,2 | -13,0 | -6,7 | 3,8 | 12,5 | 16,8 | 18,2 | 15,8 | 10,5 | 2,4 | -5,4 | -10,1 | 2,6 |
| Стерлитамак | -14,2 | -13,0 | -6,3 | 5,6 | 13,7 | 18,2 | 19,7 | 16,8 | 11,4 | 4,0 | -4,6 | -11,1 | 3,2 |
| Стерлибашево | -13,7 | -12,3 | -6,3 | 4,7 | 13,0 | 17,4 | 18,7 | 16,3 | 11,0 | 3,6 | -4,9 | -10,8 | 3,0 |
| Мелеуз | -14,5 | -13,5 | 6,6 | 5,5 | 14,0 | 18,6 | 20,0 | 17,4 | 11,9 | 3,8 | -4,6 | -11,1 | 3,4 |
| Белорецк | -15,1 | -13,3 | -6,7 | 3,9 | 10,5 | 15,2 | 16,5 | 13,9 | 8,6 | 2,1 | -7,1 | -12,8 | 1,2 |
| Учалы | -14,4 | -13,2 | -6,8 | 4,6 | 10,9 | 15,7 | 16,9 | 14,3 | 9,0 | 1,7 | -6,6 | -12,0 | 1,7 |
| Зилаир | -14,5 | -12,4 | -7,0 | 3,8 | 11,5 | 16,3 | 17,8 | 15,3 | 9,8 | 2,1 | -6,1 | -11,3 | 2,0 |
| Акъяр | -14,8 | -13,4 | -7,9 | 5,5 | 13,5 | 18,7 | 19,4 | 17,7 | 11,9 | 3,8 | -5,5 | -12,9 | 3,0 |

Таблица 5

Средняя месячная и годовая сумма осадков по многолетним данным

| Метеостанция | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | за год |
|--------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|--------|
| Янаул | 30 | 20 | 16 | 18 | 33 | 60 | 77 | 60 | 55 | 51 | 39 | 31 | 490 |
| Дуван | 25 | 20 | 19 | 30 | 40 | 60 | 79 | 68 | 58 | 51 | 36 | 26 | 512 |
| Бакалы | 26 | 20 | 15 | 25 | 29 | 59 | 60 | 57 | 50 | 44 | 35 | 26 | 443 |
| Бирек | 38 | 31 | 22 | 32 | 38 | 64 | 73 | 61 | 62 | 63 | 51 | 41 | 575 |
| Кушнарнково | 30 | 25 | 18 | 29 | 30 | 54 | 62 | 49 | 50 | 2 | 41 | 33 | 477 |
| Уфа – Дема | 43 | 36 | 27 | 35 | 36 | 60 | 59 | 64 | 51 | 63 | 52 | 44 | 571 |
| Чишмы | 27 | 24 | 18 | 28 | 34 | 59 | 62 | 53 | 45 | 49 | 35 | 30 | 463 |
| Бузяк | 23 | 18 | 14 | 23 | 28 | 57 | 66 | 46 | 45 | 41 | 29 | 24 | 408 |
| Туймазы | 22 | 18 | 15 | 22 | 32 | 59 | 64 | 53 | 50 | 41 | 27 | 22 | 425 |
| Аксаково | 40 | 29 | 24 | 29 | 32 | 63 | 58 | 59 | 55 | 58 | 51 | 43 | 542 |
| Стерлитамак | 40 | 28 | 24 | 28 | 38 | 58 | 64 | 62 | 41 | 51 | 40 | 43 | 515 |
| Стерлибашево | 34 | 25 | 24 | 33 | 32 | 52 | 54 | 51 | 43 | 52 | 42 | 39 | 481 |
| Мелеуз | 34 | 23 | 23 | 25 | 33 | 47 | 53 | 46 | 38 | 47 | 40 | 40 | 448 |
| Белорецк | 22 | 18 | 18 | 32 | 38 | 58 | 75 | 65 | 46 | 43 | 31 | 27 | 473 |
| Учалы | 17 | 14 | 17 | 28 | 38 | 62 | 81 | 60 | 30 | 27 | 22 | 19 | 413 |
| Зилаир | 40 | 28 | 28 | 31 | 35 | 59 | 56 | 53 | 48 | 56 | 48 | 45 | 529 |
| Акъяр | 20 | 17 | 21 | 27 | 28 | 43 | 44 | 41 | 26 | 23 | 25 | 25 | 340 |

протяженностью 1430 км и площадью водосбора — 142 тыс. км². Система р. Урал представлена собственно рекой Урал и ее правыми притоками: Миндык, Мал. и Бол. Кизил, Худолаз, Таналык, Сакмара. К системе р. Оби относятся верховья рек Уй и Миасс.

Речной сток формируется в основном за счет снеговых (60–80%), дождевых (2–12%) осадков и подземных вод (13–38%) [Гидрогеология СССР, 1972]. Среднегодовое межение величины модулей стока

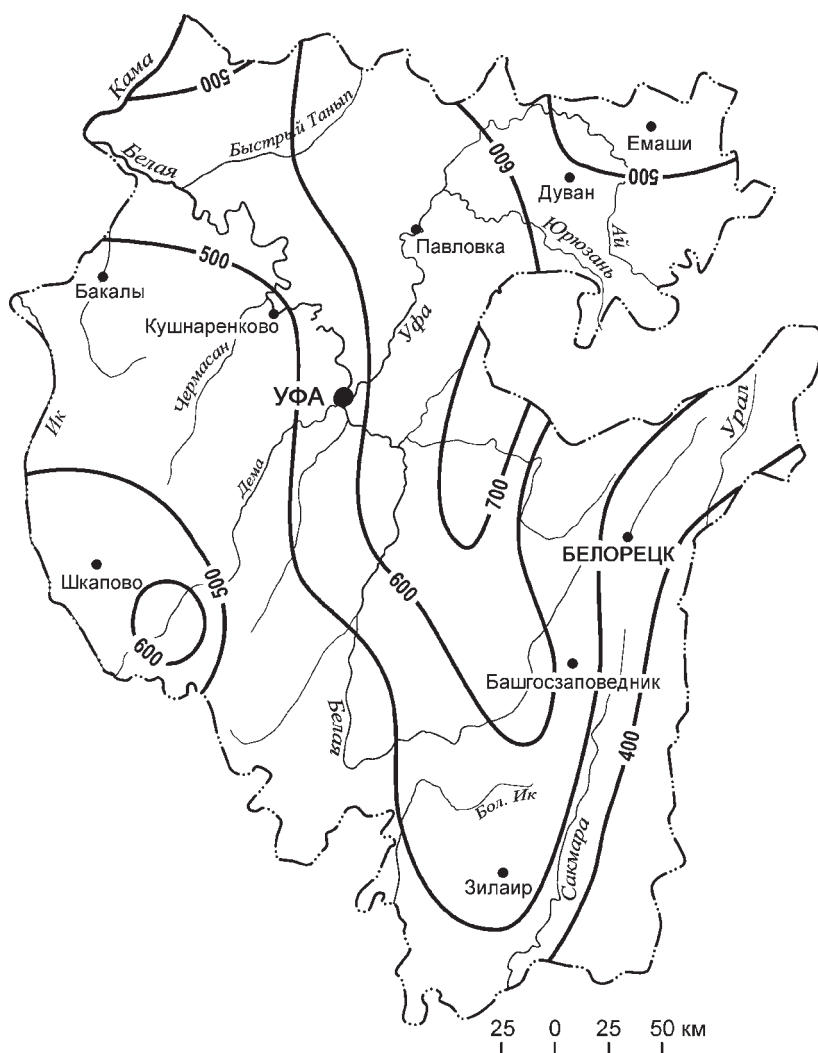


Рис. 3. Среднее годовое количество осадков, мм

изменяются от 4–5 л/с·км² (реки Сим, Уфа) до 0,2–0,06 л/с·км² (реки Сакмара, Таналык). Обеспеченные (P = 95%) минимальные месячные модули для этих же рек от 2,0–2,3 до 0,04 л/с·км². В устье р. Белая для летне-осенней межени они составляют 2,51–0,92 л/с·км². По частным бассейнам наибольшими обеспеченными ресурсами (P = 90–95%) характеризуются территории развития карбонатных пород Уфимского плато и Горного Урала — модули стока 5–2 л/с·км², наименьшими — 0,2–0,1 и менее 0,1 л/с·км² — юго-восточные районы Зауралья. Площадь озер и водохранилищ — 427 км².

2.2. Геолого-структурные условия

Условия формирования подземных вод, в первую очередь, определяются геолого-тектоническими особенностями и историей развития геологических структур Урала и сопредельных регионов. В пределах рассматриваемой территории с запада на восток выделяются следующие структуры первого порядка: юго-восточный склон Восточно-Европейской (Русской) платформы, Предуральский прогиб, Западно-Уральская зона складчатости, Центральное-Уральское поднятие и Магнитогорский мегасинклинорий (рис. 4).

Юго-восточный склон Русской платформы занимает юго-восточную часть Волго-Уральской антеклизы. Восточная граница его трассируется вдоль субмеридиональной полосы нижнепермских рифовых массивов, развитых по западному борту Предуральского прогиба. Верхняя часть литосферы антеклизы состоит из двух структурных этажей. Нижний представлен метаморфическими породами (гнейсами) архея — раннего протерозоя, слагающими кристаллический фундамент. Верхний структурный этаж сложен осадочными породами каратауской серии рифея (кварцито-песчаники, доломиты, известняки, мергели, аргиллиты) и ашинской серии венда (конгломераты, песчаники, аргиллиты). Общая мощность пород возрастает в восточном направлении от 0 до 5000–6000 м. Палеозой представлен средним — верхним девонем, карбоном и пермью. Это в основном карбонатные, в меньшей степени терригенные, гипсоносные и соленосные отложения. Мезозойско-кайнозойские осадки развиты локально, мощность их не превышает 100–200 м.

Фундамент платформы разбит на отдельные блоки тектонически нарушениями, часть из которых прослеживается в осадочном чехле. Наиболее широко развиты они в узких (до 3–5 км), но довольно протяженных (до 200–230 км) грабенообразных прогибах (Сергеевско-Демском, Тавтимановско-Уршакском, Чекагушевско-Ермекеевском,

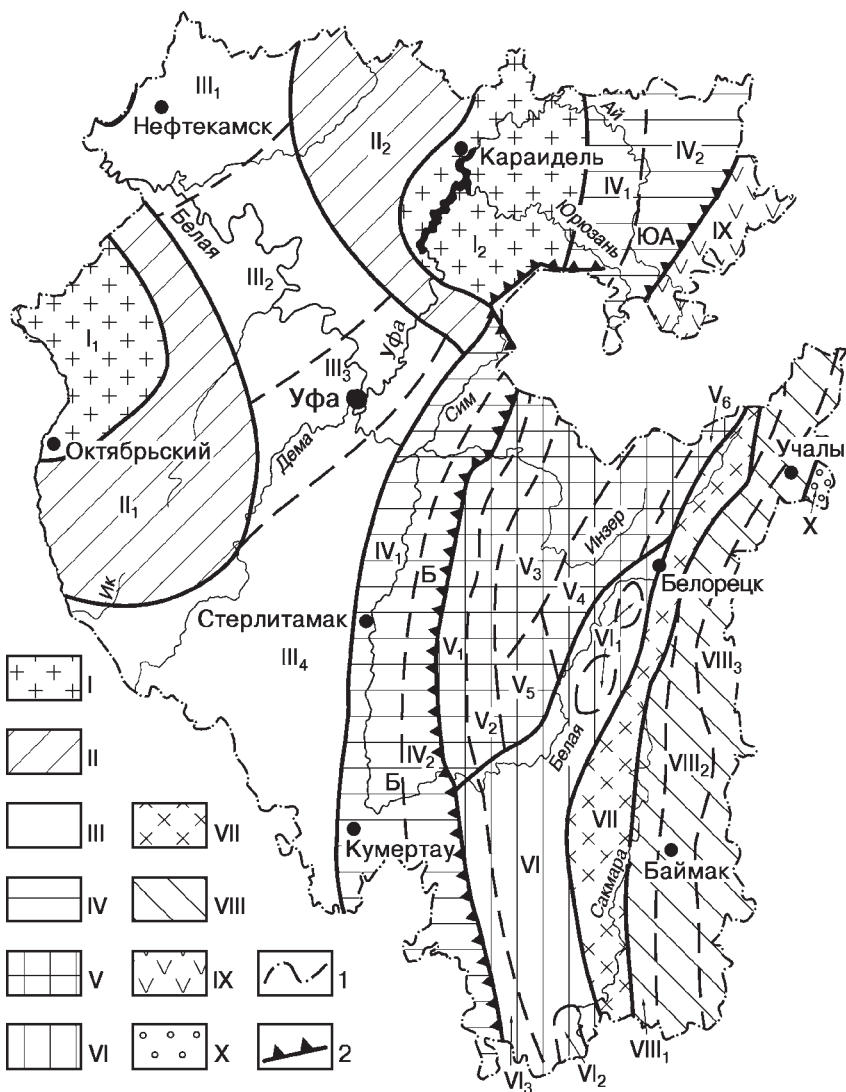


Рис. 4. Схема тектонического районирования Республики Башкортостан (по А.П. Рождественскому) [Абдрахманов и др., 2002]

I–III – восточная окраина Русской платформы: I – крупные поднятия, своды (I₁ – Южно-Татарский, I₂ – Башкирский); II – краевые зоны, склоны сводов (II₁ – Южно-Татарского, II₂ – Башкирского); III – погруженные зоны, впадины (III₁ – Верхнекамская, III₂ – Бирская, III₃ – Благовещенская, III₄ – Юго-восточный склон платформы). IV – Предуральский краевой прогиб (IV₁ – внешняя зона, IV₂ – внутренняя зона); ЮА – Юрюзано-Айская депрессия, Б – Бельская депрессия. V–X – складчатая область Южного Урала: V – Башкирское поднятие (V₁ – внешняя зона складчатости, V₂ – Алатауский антиклинорий, V₃ – Инзерский синклиний, V₄ – Ямантауский антиклинорий, V₅ –

Шарано-Туймазинском и др.). Эти малоамплитудные нарушения (до 100 м) наблюдаются в широком стратиграфическом интервале (от среднего девона до среднего карбона, редко выше) и оказывают влияние на характер вертикального и латерального флюидопереноса.

В зависимости от глубины залегания кристаллического фундамента на территории Волго-Уральской антеклизы выделяются структуры второго порядка: Татарский и Башкирский своды, Бирская и Верхне-Камская впадины, юго-восточный склон Русской плиты. Сводовые поднятия в Башкортостане представлены своими южными частями; на Татарском своде отметки фундамента составляют минус 1600–1700 м, на Башкирском — минус 3000–7000 м. Во впадинах отметки поверхности фундамента минус 4000–8000 м, а на склоне плиты от минус 3000 до минус 8000 м.

Предуральский прогиб состоит из двух впадин, разделенных Каратауским структурным комплексом, северной — Юрюзано-Сылвинской и южной — Бельской. За восточную границу его обычно принимаются выходы на поверхность подошвы нижнепермских осадков. Геологический разрез позднего протерозоя и палеозоя (включая средний карбон) аналогичен платформенному. Более молодые верхнекаменноугольные и нижнепермские отложения представлены депрессионной, молассовой, рифовой и лагунной фациями. Это карбонатные, терригенные породы и соли.

Восточным обрамлением Предуральского краевого прогиба служит Западно-Уральская зона складчатости, вытянутая в субмеридиональном направлении в виде неширокой (15–25 км) полосы. Основными структурными элементами ее служат антиклинальные и синклинальные складки палеозойских пород, представляющих собой тектонические покровы и чешуи, ограниченные снизу поверхностями пологопадающих на восток надвигов с суммарной вертикальной амплитудой смещения по ним до 2 км и более [Пучков, 2000].

Литологический состав отложений палеозоя западного склона Урала непостоянен в различных его частях. В пределах Уфимского амфитеатра, обрамляющего Юрюзано-Сылвинскую впадину с востока, широко развиты терригенные толщи среднего карбона. Южнее, в Лемезинско-Бельском междуречье, распространены преимущественно карбонатные

Юрматинский антиклинорий, V₆ — Белорецко-Златоустовский антиклинорий); VI — Зилаирский синклиний (VI₁ — Кракинское поднятие, VI₂ — Сакмарское поднятие, VI₃ — Икско-Сакмарская зона складчатости); VII — Уралтауское поднятие («антиклинорий»); VIII — Магнитогорский прогиб (мегасинклиний): VIII₁ — Присакмаро-Вознесенский синклиний, VIII₂ — Ирендыкское поднятие («антиклинорий»), VIII₃ — Магнитогорский синклиний; IX — Уфимский амфитеатр; X — Восточно-Уральское поднятие. 1 — граница РБ; 2 — граница платформенной и складчатой областей

породы каменноугольного и девонского возраста, а на крайнем юге региона, в бассейнах Ика и Сакмары — глинистые терригенные осадки.

Центрально-Уральское поднятие является наиболее крупной геологической структурой герцинского Южного Урала, сформировавшаяся в условиях миогеосинклинали. В составе его обособляются структуры второго порядка: Башкирский антиклинорий, Зилаирский синклинорий и Уралтауский антиклинорий. В пределах их распространены не содержащие магматических пород сильно литифицированные, метаморфизованные толщи верхнего протерозоя и палеозоя. Они осложнены высокоамплитудными региональными надвигами Уральского простирания протяженностью во многие десятки и сотни километров и генетически связанными с ними складчатыми формами разного размера, тяготеющими к фронтальным частям дизъюнктивов. Восточная граница Центрально-Уральского поднятия проходит по Главному Уральскому разлому (ГУР).

Магнитогорский мегасинклинорий — восточный склон Южного Урала — является южной частью общеуральской отрицательной структуры — Тагило-Магнитогорского прогиба. Мегасинклинорий расположен к востоку от Центрально-Уральской миогеосинклинальной зоны и является главной составной частью его эвгеосинклинальной зоны. Граница между ними проходит по упомянутому выше Главному Уральском разлому. К Башкортостану относятся только западная и центральная части Магнитогорского мегасинклинория — до долины р. Урал на востоке, протяженностью до 360 км. В плане он имеет удлинненную полосовидную форму субмеридионального простирания с резким заострением на севере, где ширина его составляет первые километры и сотни метров, южнее в районе г.г. Магнитогорска и Верхнеуральска она увеличивается до 100–130 км. Мегасинклинорий выполнен вулканогенными, вулканогенно-осадочными и осадочными породами палеозоя (силура, девона и карбона).

Эвгеосинклинальный разрез палеозоя сложен и неоднороден в различных частях мегасинклинория. В целом он представлен разнообразными изверженными породами (граниты, андезиты, порфириты, базальты, перидотиты и др.), туфами, туфобрекчиями, туфопесчаниками, сланцами, известняками, терригенным флишем (аргиллиты, алевролиты, песчаники, конгломераты).

Следует подчеркнуть, что современный структурный план Южного Урала и Предуралья, со всеми особенностями строения его поверхности (морфология и гипсометрия), обязан неотектонике — проявлению новейших (в основном неогеново-четвертичных) движений земной коры [Рождественский, 1971].

Депрессии, как и своды, в неотектонический этап участвовали в прерывистом поднятии земной коры, но, вследствие дифференцированного и неравномерного характера движений, они отставали от поднятий сводов, и в конечном счете на их месте образовались крупные отрицательные морфоструктуры.

Неотектонические своды и депрессии осложнены многочисленными структурами более высоких порядков — валами, прогибами, локальными поднятиями и др. Они отражены в современном рельефе рисунком гидрографической сети, морфологией и высотами водоразделов и др. Важную роль в новейшем тектоно- и геоморфогенезе Западного Башкортостана играют дизъюнктивные нарушения, активизация старых и возникновение новых разломов. Амплитуды новейших поднятий на платформе достигают 300—450 м.

Горная территория Башкортостана — новейший Южно-Уральский ороген — по характеру рельефа и новейшей структуры разделяется на два крупных меридионально вытянутых района — северный и южный. Граница между ними проходит примерно по широтному течению р. Белой.

Большой по площади северный район имеет низко- и среднегорный рельеф, представленный меридиональными и субмеридиональными хребтами и разделяющими их межгорными понижениями. К этому району приурочены участки рельефа с высотами, превышающими 1100—1200 м и достигающими 1500—1600 м (максимальные на горных массивах Ямантау — 1640 м, и Иремель — 1554 м) в районе Башкирского поднятия на западном склоне Южного Урала. Особенностью новейшей структуры северного района является ее сводово-блоковый характер. Он выявляется по закономерной связи изменений амплитуд новейших поднятий и абсолютных высот вершинной поверхности рельефа в широтном пересечении от периферии к центру горного сооружения, приходящегося на район Башкирского поднятия. Из этого же района происходит общее снижение вершинной поверхности в северном и южном направлениях, более постепенное, чем в широтном. Амплитуды новейших поднятий в северном районе достигают 900—1000 м.

Южный район представляет собой крупное блоковое поднятие, монолитность которого подчеркивается выдержанным плоскогорным характером его современного рельефа. Это — Южно-Уральское плоскогорье (см. рис. 4). Максимальные высоты местности редко достигают 650—700 м в северо-восточной части плоскогорья, отсюда они снижаются в южном и юго-западном направлениях. Амплитуда новейших поднятий плоскогорья не превышает 500 м.

Элементами новейшей тектоники территории Башкортостана являются так называемые переходные геоморфологические зоны между новейшим орогеном и соседними с ним с запада и востока материковыми платформами, расположенными гипсометрически ниже. Они выражены предгорными равнинами — Юрюзано-Айской и Бельской на западе и грядово-холмистой на востоке. Характерная особенность их заключается в закономерном усложнении строения и повышении их поверхности, возрастании роли активизированных старых и новообразованных дизъюнктивных нарушений (сбросов, сдвигов, надвигов и др.) в направлении от платформы к орогену. Разрывные нарушения являются важной составной частью новейшего тектогенеза республики, особенно в области горообразования.

Дифференцированные поднятия и опускания неогенового и четвертичного времени превратили Южно-Уральский ороген в основной регулятор и распределитель стока поверхностных и подземных вод, оказывающий большое влияние на Волго-Камский артезианский бассейн.

Новейшая тектоника оказывает влияние на карстовые процессы, карстовую гидрологию всего Южного Урала и Предуралья.

Наибольшее распространение карстовые формы рельефа имеют в районах более активного проявления восходящих движений земной коры. Известно, что в долинах равнинных и горных рек карстовые пещеры открываются своими устьями на уровне плиоценовых и четвертичных террас (рис. 5, табл. 6). Подробно распространение и проблемы развития карста рассмотрены в нашей коллективной монографии [Абдрахманов, Мартин, Попов и др., 2002].

2.3. Основные закономерности развития пресных вод в гидрогеологических комплексах

В соответствии с принципами структурно-гидрогеологического районирования на территории Башкортостана выделяются [Попов, 1985] Волго-Уральский сложный артезианский бассейн (АБ), относящийся к системе бассейнов Восточно-Европейской артезианской области (АО), и Уральская гидрогеологическая складчатая область (ГСО) (рис. 6).

Волго-Уральский артезианский бассейн геотектонически отвечает одноименной антеклизе, Предуральскому прогибу и западному склону Урала. Он состоит из двух структурных этажей: нижнего — фундамента, представленного кристаллическими образованиями архея — раннего протерозоя, и верхнего — чехла, сложенного осадочными толщами позднего протерозоя, палеозоя и мезозоя — кайнозоя. Литологически

осадочный чехол — это в основном карбонатные, в меньшей степени терригенные и галогенные породы, мощностью от 1,7–4 км на сводах (Татарском, Пермско-Башкирском) до 8–12 км во впадинах (Верхне-Камской, Бельской, Юрюзано-Сылвинской).

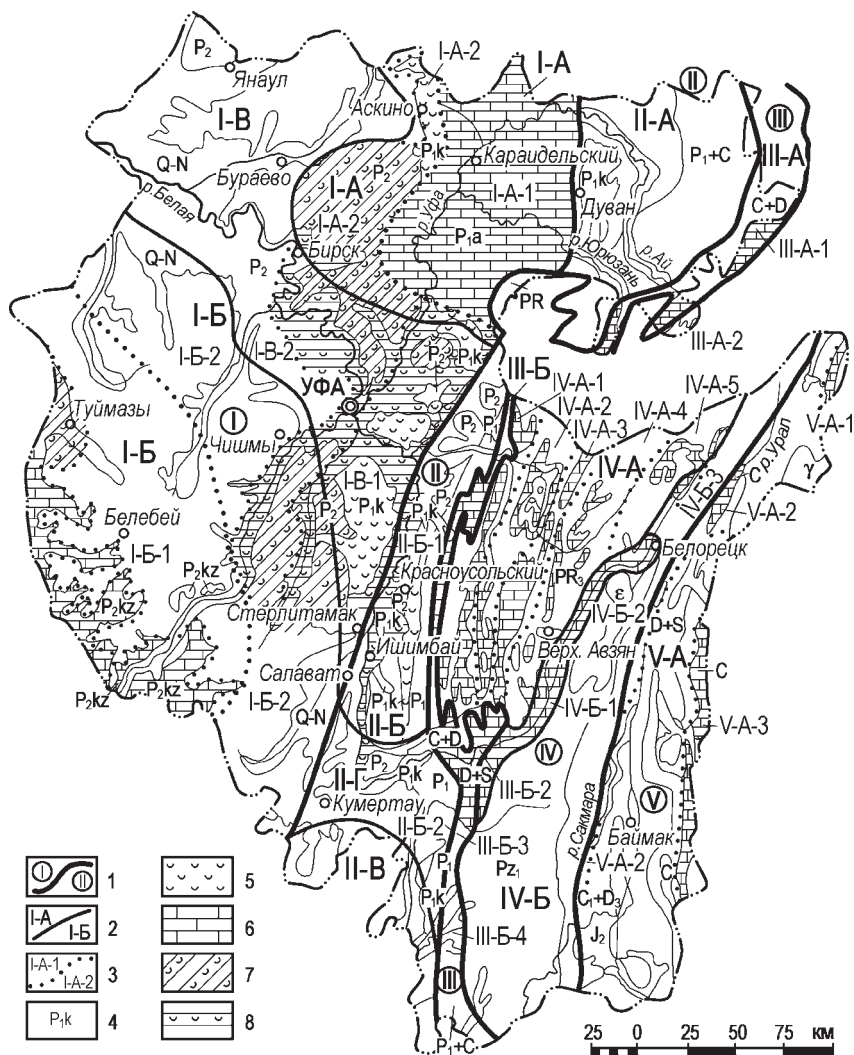


Рис. 5. Карта карста Башкортостана (по В.И. Мартину [Абдрахманов и др., 2002])

1–3 — границы карстовых провинций (1, см. табл. 6), областей (2), районов (3);
4 — возраст карстующихся пород; 5 — сульфатный карст; 6 — карбонатный карст;
7 — закрытый карст; 8 — перекрытый карст

Таблица 6

Районирование карста Башкортостана

| Карстовые провинции | Карстовые области | Усл. индексы областей | Карстовые районы | Усл. индексы р-нов на карте |
|---------------------|--|-----------------------|--|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Волго-Уральская – I | Уфимское плато – свод и его склоны (карбонатный и сульфатно-карбонатный карст) | I-A | Уфимский свод карбонатного открытого карста | I-A-1 |
| | | | Западный склон Уфимского свода сульфатно-карбонатного и сульфатного закрытого и открытого карста (участки: Аскинский, Бирско-Изякский, Улу-Телякский) | I-A-2 |
| | Шкаповско-Ромашкинская возвышенность – свод и его склоны (карбонатный, участками – сульфатный карст) | I-B | Шкаповско-Ромашкинский свод карбонатного открытого и закрытого и сульфатного открытого и перекрытого карста (Участки: Туймазинский, Белебеевский и Бижбулякский) | I-B-1 |
| | | | Склон Шкаповско-Ромашкинского свода сульфатного закрытого участками открытого и перекрытого карста (участки: Демско-Уршакский) | I-B-2 |
| | Камско-Бельское понижение – депрессия (сульфатный участками – сульфатно-карбонатный карст) | I-B | Рязано-Охлебининский сульфатного преимущественно открытого, участками перекрытого и голого карста (Участки: Шакинско-Иглинский, Тавтимановский, Охлебининский, Кабановский, Кармаскалинский, Аургазинский и др.) | I-B-1 |
| | | | Сергеевский сульфатного перекрытого участками закрытого карста (Участки: Уфимско-Благовещенский, Карюгинский, др.) | I-B-2 |
| Предуральская – II | Юрюзано-Айское понижение – депрессия (сульфатный карст) | II-A | Юрюзано-Айский закрытого сульфатного карста | |
| | Предуральское понижение – депрессия (сульфатный карст) | II-B | Предуральский закрытого, открытого и участками перекрытого сульфатного карста | |
| | Присакмарское понижение – депрессия (сульфатно-соляной карст) | II-B | Присакмарский закрытого сульфатного карста | |
| | Общесыртовая возвышенность – поднятие, (сульфатный карст) | II-Г | Общесыртовый закрытого и открытого сульфатного карста | |

Окончание таблицы 6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|---|---|--|---|--|--------|
| Западно-Уральской внешней зоны складчатости – III | Уфимский амфитеатр (карбонатный карст) | III-A | Приайский карбонатного покрытого карста | III-A-1 | |
| | | | Пристанский карбонатного покрытого карста | III-A-2 | |
| | Южная часть внешней зоны складчатости (карбонатный карст) | III-B | Зилим-Инзерский карбонатного покрытого карста | III-B-1 | |
| | | | Бельско-Нугушский карбонатного покрытого карста | III-B-2 | |
| | | | Приикский карбонатного покрытого карста | III-B-3 | |
| | | | Ассельско-Ускалыкский карбонатного покрытого карста | III-B-4 | |
| | Центрально-Уральская – IV | Башкирское поднятие – мегантиклинорий (карбонатный карст) | IV-A | Зилимо-Шишенякский (понижение между хр. Колу-Алатау) карбонатного покрытого карста | IV-A-1 |
| Инзеро-Нугушский (понижение между хр. Колу-Ардакты-Баштин) карбонатного покрытого карста | | | | IV-A-2 | |
| Бакало-Зигаинский (понижение между хр. Ардакты-Баштин-Юрматау) карбонатного покрытого карста | | | | IV-A-3 | |
| Тараташско-Ямантауский карбонатного покрытого карста | | | | IV-A-4 | |
| Иремельско-Малиногорский карбонатного покрытого карста | | | | IV-A-5 | |
| Зилаирское плато – поднятие с Прибельским понижением и Уралтауское плато – поднятие (карбонатный карст) | | IV-B | Прибельский карбонатного перекрытого и покрытого карста | IV-B-1 | |
| | | | Белорецкий карбонатного перекрытого и покрытого карста | IV-B-2 | |
| | | | Тирлянский перекрытого и покрытого карста | IV-B-3 | |
| Тагило-Магнитогорская – V | | Магнитогорское понижение – мегасинклиний (карбонатный карст) | V-A | Верхнеуральский карбонатного покрытого карста | V-A-1 |
| | | | | Сакмаро-Миндякский карбонатного покрытого карста | V-A-2 |
| | Кизильско-Суундукский карбонатного покрытого карста | | | V-A-3 | |

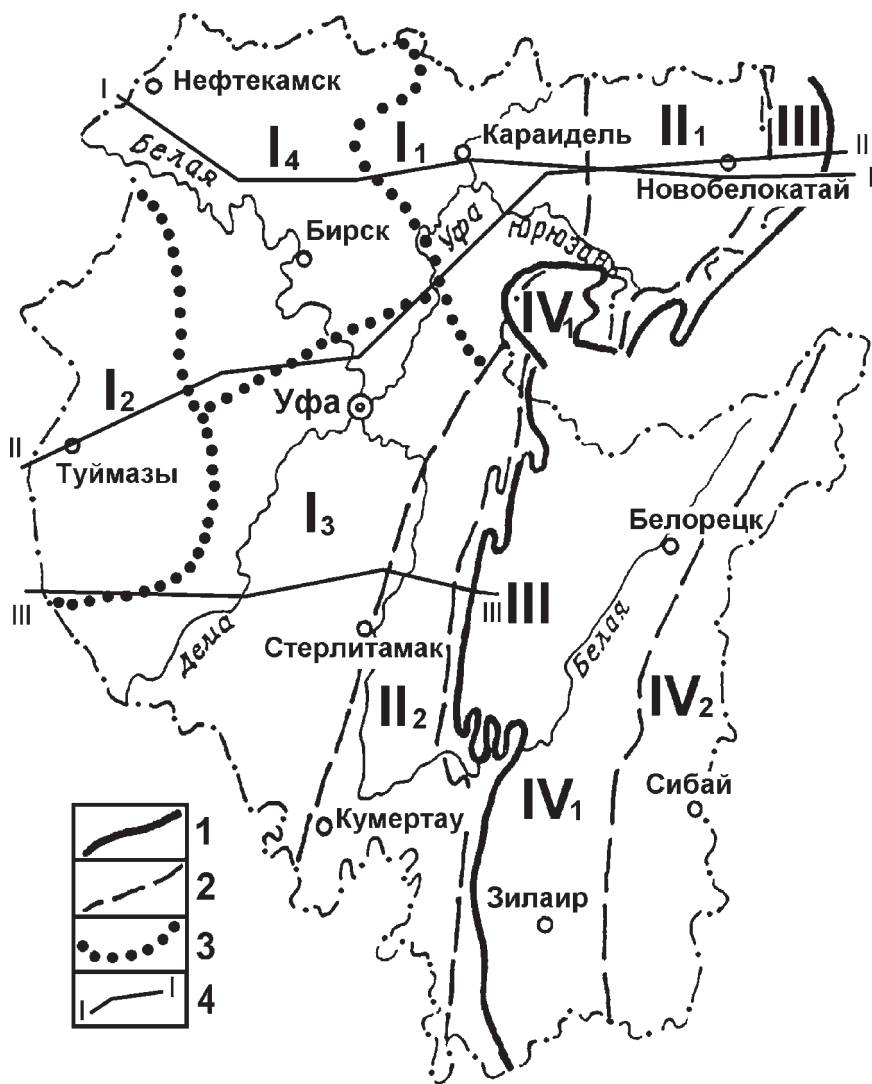


Рис. 6. Схема гидрогеологического районирования Республики Башкортостан (по В.Г. Попову [Абдрахманов и др., 2002])

1 — граница между Волго-Уральским артезианским бассейном и Уральской гидрогеологической складчатой областью; 2 — границы между гидрогеологическими структурами второго и третьего порядка: I — Волго-Камский АБ, II — Предуральский АБ; II₁ — Юрюзано-Сыльвинский АБ, II₂ — Бельский АБ, III — Западно-Уральский ААБ, IV — Уральская гидрогеологическая складчатая область: IV₁ — бассейн трещинно-жильных вод Центрально-Уральского поднятия, IV₂ — то же, Магнитогорского мегасинклинория; 3 — границы между тектоническими структурами Волго-Камского АБ: I₁ — Пермско-Башкирский свод, I₂ — Татарский свод, I₃ — юго-восточный склон Русской плиты, I₄ — Бирская и Верхне-Камская впадины; 4 — линия гидрогеохимического разреза

Волго-Уральский бассейн разделяется на Волго-Камский и Предуральский артезианские бассейны второго порядка, отвечающие соответственно ЮВ склону Русской плиты и Предуральскому краевому прогибу, и Западно-Уральский адартезианский бассейн (ААБ).

Помимо существенных различий между названными бассейнами второго порядка и их известной автономности, они обладают и целым рядом сходных черт (наличие разновозрастных толщ, их близкий состав и степень метаморфизма, присутствие одних и тех же геохимических и генетических типов вод), что и явилось основанием для их объединения в Волго-Уральский сложный артезианский бассейн. Предуральский бассейн Каратауским комплексом делится на бассейны третьего порядка: Юрюзано-Сылвинский и Бельский, в гидрогеодинамическом отношении разобщенные друг от друга.

По характеру скоплений в Волго-Уральском бассейне выделяются подземные воды порового, порово-трещинного, трещинного и трещинно-карстового классов пластового типа (рис. 7). Наиболее широко развиты они в палеозойских отложениях Волго-Камского и Предуральского бассейнов. В Западно-Уральском ААБ, представляющем собой систему линейной складчатости, сложенную карбонатными и терригенными породами карбона и девона, доминируют пластовые трещинно-карстовые и трещинные воды.

Распределение подземных вод в осадочной толще Волго-Уральского бассейна контролируется вертикальной гидрогеодинамической и газогидрогеохимической зональностями, отражающими историю его гидрогеологического развития и современные процессы в системе вода – порода – газ – органическое вещество [Попов, 1985]. Суть их заключается в последовательном замещении с глубиной (рис. 8) гидрокарбонатных¹ вод (до 1 г/л) сульфатными (1–20 г/л), сульфатно-хлоридными (5–35 г/л) и хлоридными (35–400 г/л).

Одновременно происходит смена водорастворенных газов от кислородно-азотного до сероводородно-углекисло-метаново-азотного, азотно-метанового и метанового, снижение величин Eh (от +650 до –450 мВ) и рН (от 9 до 5).

¹ Систематизация подземных вод по химическому составу произведена на базе классификации Алекина – Посохова. В соответствии с ней, при соблюдении неравенства $rCl < rNa$, выделяются тип I (гидрокарбонатный натриевый или содовый) с соотношением $rHCO_3 > rCa + rMg$ и тип II (сульфатный натриевый) с соотношением $rHCO_3 < rCa + rMg$. В случае, когда $rCl > rNa$, выделяются тип III а (хлормагнийевый) с соотношением $rCl < rNa + rMg$ и тип III б (хлоркальциевый) с соотношением $rCl > rNa + rMg$. Если в воде концентрация HCO_3 равна нулю, то она относится к типу IV. Наименование водам дается по преобладающим анионам и катионам в порядке их возрастания. Преобладающими считаются ионы, содержащиеся в количестве 20% и более при условии, что сумма анионов и катионов равна 100% в отдельности.

В осадочном чехле Волго-Уральского бассейна выделяются два гидрогеохимических этажа, которые по своему объему в целом соответствуют гидрогеодинамическим этажам. Верхний этаж (300–400 м, редко более) включает преимущественно инфильтрационные кислородно-азотные (азотные) воды различного ионно-солевого состава с минерализацией, обычно не превышающей 10–12 г/л. В гидрогеодинамическом отношении — это зоны интенсивного и затрудненного водообмена. В пределах нижнего этажа залегают высоконапорные главным образом хлоридные рассолы различного происхождения (седиментогенные, инфильтрационные, смешанные) с концентрацией солей до 250–300 г/л и более, а водорастворенные газы (H_2S , CO_2 , CH_4 , N_2) отвечают восстановительной геохимической среде, обстановкам весьма затрудненного водообмена и квазизастойного режима недр. В пределах этажей по химическому составу и степени минерализации выделяются четыре зоны — гидрокарбонатная, сульфатная, сульфатно-хлоридная и хлоридная, которые в свою очередь подразделяются на ряд подзон по катионному составу вод.

Зона пресных (до 1 г/л) гидрокарбонатных (питьевых) вод приурочена к породам широкого возрастного диапазона (от четвертичных на платформе до девонских на западном склоне Урала) и в гидрогеодинамическом отношении соответствует зоне интенсивной циркуляции. Мощность ее колеблется от 20–50 м в долинах рек до 150–200 м на водоразделах, а на Уфимском плато достигает 500–800 м (рис. 9, 10). Скорости движения вод в зависимости от фильтрационных свойств пород и гидравлического градиента изменяются от десятков и сотен метров до десятков километров в год, а сроки полного водообмена — от десятков до первых сотен лет.

В составе гидрокарбонатной зоны выделяются две подзоны (см. рис. 10): верхняя — кальциевых (магниево-кальциевых) и нижняя — натриевых вод. Мощность гидрокарбонатных кальциевых вод колеблется от 10 до 150 м, а гидрокарбонатных натриевых — от 20 до 100 м и редко более (Юрюзано-Айская впадина). Минерализация гидрокарбонатных кальциевых вод от 0,2 до 0,7 г/л, а натриевых (содовых) вод обычно составляет 0,5–0,9 г/л, но в отдельных случаях достигает 1,2–1,7 г/л. В генетическом отношении чистые содовые воды тесно связаны с терригенными существенно глинистыми пермскими формациями, представленными переслаиванием песчаников, алевролитов, аргиллитов и глин. Породы обладают довольно низкими фильтрационными свойствами и невысокой водообильностью. Газовый состав гидрокарбонатных вод отвечает окислительной геохимической обстановке: N_2 30–35, CO_2 5–30, O_2 до 10 мг/л.

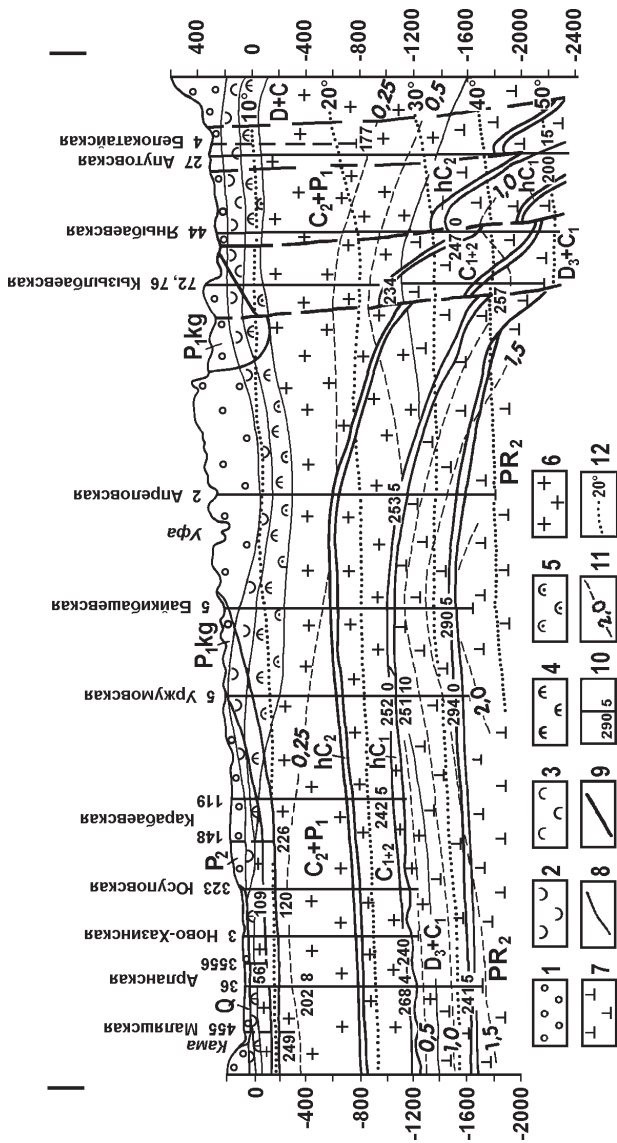


Рис. 8. Гидрогеохимический разрез Башкирского Предураля по линии I—I (см. рис. 6) [Попов, 1985]

1—7 — химический состав и минерализация подземных вод (г/л): 1 — гидрокарбонатные, реже сульфатно-гидрокарбонатные и хлоридно-гидрокарбонатные разнообразного катионного состава (до 1), 2 — сульфатные кальциевые (1-3), 3 — сульфатно-натриевые и кальциево-натриевые (3-10), редко болеее, 4 — сульфатно-хлоридные кальциево-натриевые (3-10), 5 — сульфатно-хлоридные кальциево-натриевые и хлоридные натриевые (10-36), 6 — хлоридные натриевые (36-310), 7 — хлоридные кальциево-натриевые и натриево-кальциевые (250-330); 8 — гидрогеохимические границы; 9 — стратиграфические границы; 10 — скважина; цифры слева — минерализация (г/л), справа — содержание йода в опробованном интервале (мг/л), вверху номер скважины и название нефтеразведочной площади; 11 — изолинии содержания брома (г/л); 12 — гидроизотермы

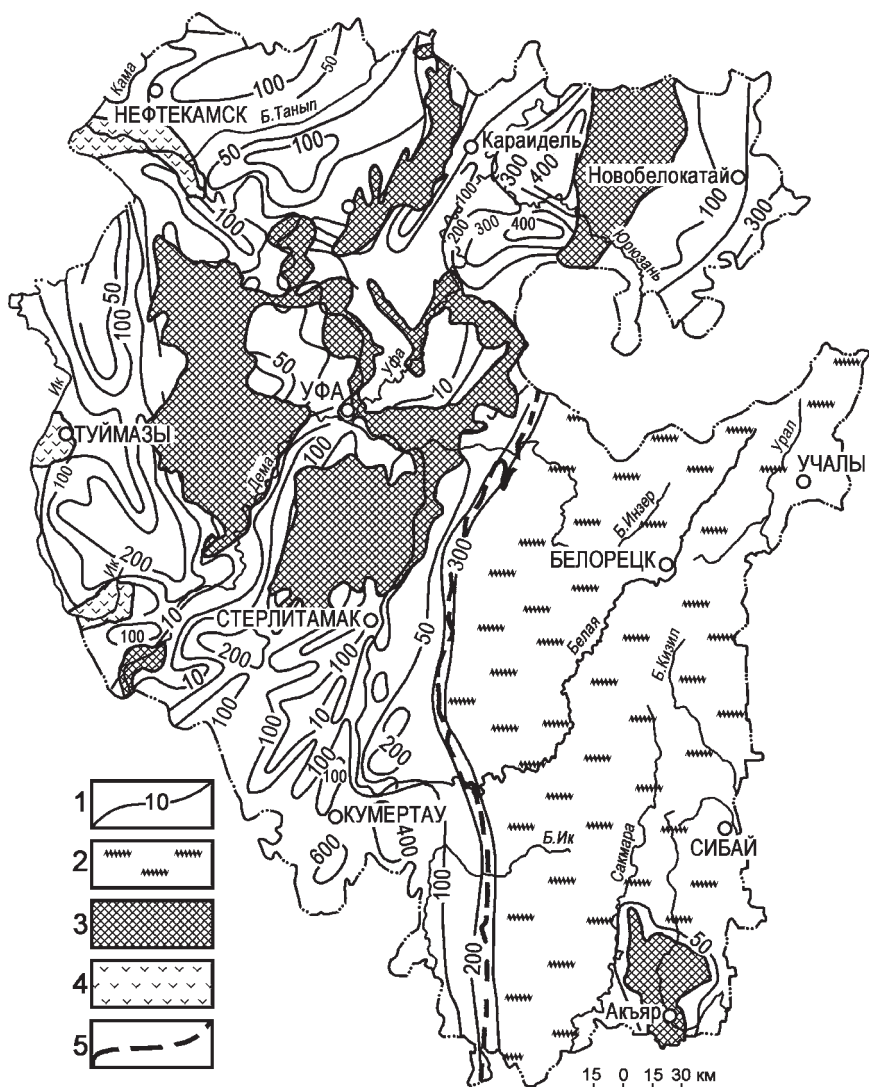


Рис. 9. Карта мощности зоны гидрокарбонатных вод Башкортостана

1 — изогипсы мощности гидрокарбонатных вод; 2 — область распространения трещинных, трещинно-жильных и трещинно-карстовых вод (мощность 50–100 м); 3 — участки спорадического распространения гидрокарбонатных вод; 4 — участки интенсивного техногенного воздействия на подземные воды; 5 — граница между Волго-Уральским артезианским бассейном и Уральской гидрогеологической складчатой областью (см. рис. 6)

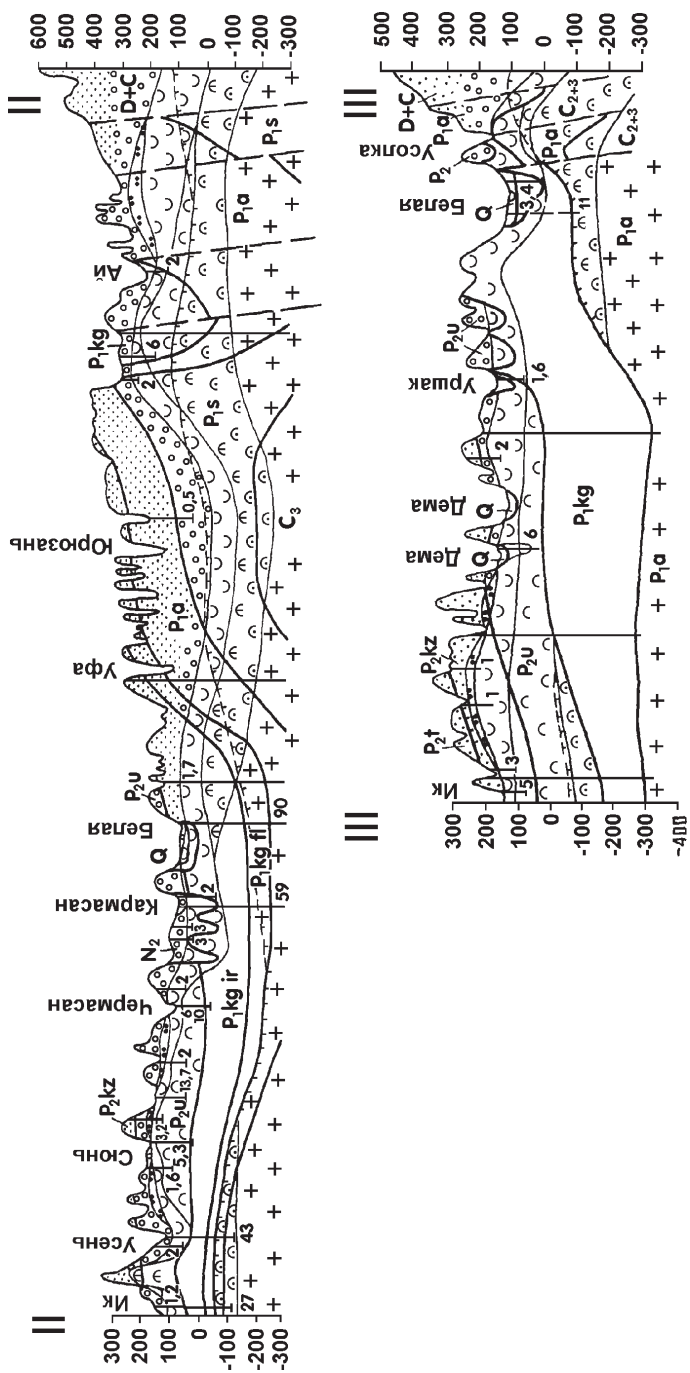


Рис. 10. Гидрогеохимические разрезы по линиям II–II и III–III [Абдрахманов, Попов, 1999]

Условные обозначения см. на рис. 8

Газонасыщенность обычно 15–50 мл/л, Eh +100...+650 мВ, рН 6,7–8,8, Т 4–6°С.

Зона сульфатных солоноватых и соленых вод развита повсеместно, исключая очаги природного и техногенного (районы некоторых нефтяных месторождений) влияния глубинных рассолов. К ней относятся сульфатный и гидрокарбонатно-сульфатный классы вод с минерализацией от 1–3 до 15–20 г/л, формирующиеся в окислительной геохимической среде главным образом в пермских гипсоносных отложениях. В гидрогеодинамическом отношении она отвечает как зоне интенсивной циркуляции (выше вреза эрозионной сети), так и зоне затрудненного водообмена, где скорости движения подземных вод снижаются до десятков метров в год, а время полного водообмена, напротив, возрастает до сотен и тысяч лет.

Глубина залегания сульфатных вод изменяется от 0 до 250 м и более. Средняя мощность зоны составляет около 100–150 м (см. рис. 10). В пределах зоны заключены основные ресурсы лечебно-питьевых вод инфильтрационного происхождения, ведущую роль в формировании состава которых играют процессы экстракции из пород гипса и ионообменные явления с участием поглощенного комплекса пород [Абдраманов, Попов, 1999].

Кислородно-азотный и азотный состав сульфатных вод формируется за счет поступления вместе с инфильтрационными водами газов воздуха, и только в редких случаях при глубоком погружении подошвы зоны и большой ее мощности в газовой фазе присутствует H_2S , генетически связанный с биохимическими процессами в сульфатизированных и битуминозных пермских породах. Концентрация O_2 вниз по разрезу зоны в связи с его расходом на окисление органического вещества, сульфидов железа снижается от 4–5 мг/л до нуля, а величина Eh — от +250 до –150 мВ. Кислотно-щелочной потенциал рН изменяется от 7,3 до 8,8; Т 4–10°С. Увеличивается содержание гелия (до $30–100 \cdot 10^{-5}$ мл/л). По катионному составу воды сульфатной зоны относятся к двум основным группам — кальциевой (магниево-кальциевой) и натриевой (кальциево-натриевой), — соответствующим гидрогеохимическим подзонам гипсовых и глауберовых вод.

Минерализация вод верхней подзоны обычно не превышает 2,5–2,6 г/л. Это типичные воды выщелачивания гипсов, загипсованных терригенных и карбонатных пород, в составе которых преобладают сульфат-ион (до 80–90%), кальций и магний (до 90–98% суммарно). Мощность подзоны изменяется от 10 до 100 м.

Сульфатные натриевые воды нижней подзоны приурочены исключительно к терригенным гипсоносным пермским осадкам ла-

гунно-морского происхождения, залегающим ниже днищ основных рек региона. Наиболее развиты они в верхнепермских отложениях на западе региона, где глубина залегания кровли подзоны изменяется от 10–20 м в долинах рек до 200 м на водоразделах. Мощность ее в среднем 100 м. В Предуральском бассейне сульфатные натриевые воды вскрываются на глубине до 100–300 м; мощность подзоны здесь может достигать 120–150 м.

Минерализация сульфатных натриевых вод колеблется от 1,4 до 20, обычно 3–10 г/л, причем рост ее происходит с глубиной. При величине минерализации до 6,0–6,5 г/л воды по катионному составу обычно кальциево-натриевые или смешанные (трехкомпонентные). В более минерализованных водах ведущее значение среди катионов принадлежит натрию (до 85–90%), что в абсолютном выражении составляет 4–5 г/л. Образование сульфатных натриевых вод обусловлено двумя взаимосвязанными и взаимообусловленными процессами, стимулирующими друг друга: экстракцией CaSO_4 и обменной адсорбцией между кальцием раствора и натрием поглощенного комплекса пород [Попов, 1985].

Гидрогеологические условия Уральской гидрогеологической складчатой области определяются условиями формирования подземной гидросферы в бассейне трещинно-жильных вод [Буданов, 1964; Гидрогеология ..., 1972]. Бассейн трещинно-жильных вод складчатого Урала в геоструктурном отношении охватывает Центрально-Уральское поднятие и Магнитогорский прогиб (см. рис. 4). Водоносность сильно дислоцированных метаморфических и осадочно-вулканогенных пород протерозоя и палеозоя с жесткими связями обусловлена их трещиноватостью, которая обычно не подчиняется возрастным границам, часто их пересекает. По отношению к названным коллекторам трещинного типа используется термин водоносная (обводненная) зона [Гидрогеология ..., 1972], и в зависимости от генезиса трещин выделяют регионально-трещинные воды зоны выветривания и локально-трещинные воды зон тектонических нарушений (разломов). Обводненность карбонатных пород, кроме трещиноватости, связана и с их закарстованностью. Динамика вод определяется рельефом местности, а также сложной гидравлически связанной между собой системой трещин. Разгрузка подземных вод происходит в речную сеть.

Мощность зоны региональной трещиноватости колеблется от 100 до 250 м, иногда до 500 м. Подземные воды региональной трещиноватости безнапорные, а локальной трещиноватости — слабонапорные.

Сложные гидрогеологические условия региона обусловлены разнообразием вещественного состава магматических, метаморфических и осадочных пород, различной степенью их тектонической

дислоцированности и трещиноватости, своеобразием условий питания, движения и разгрузки подземных вод. В отличие от Волго-Уральского артезианского бассейна со скоплениями вод пластового типа, здесь преимущественным развитием пользуются трещинно-жилые скопления вод: регионально-трещинные зон выветривания и локально-трещинные зон тектонических нарушений. Помимо типичных интрузивных и метаморфических гидрогеологических массивов, соответствующих выходам на поверхность кислых (граниты, гранито-гнейсы), средних (диориты, андезиты, порфириды), основных (базальты, диабазы) и ультраосновных (перидотиты, пироксениты, серпентиниты) пород, широкое развитие получили гидрогеологические интермассивы и адмассивы, связанные с вулканогенно-осадочными толщами силура, девона и карбона. Сильная дислоцированность пород с жесткими связями обуславливает формирование единой системы трещинных вод.

Концентрация подземного стока происходит в межхребтовых понижениях, зонах тектонических нарушений, контактов, жил и даек, обладающих повышенной трещиноватостью и водообильностью. Дебиты естественных источников здесь достигают 3–5 л/с и более, а удельные дебиты неглубоких скважин (до 50–80 м) — 1–2 л/с. С глубиной удельные дебиты скважин уменьшаются. Ниже зоны региональной трещиноватости локально-трещинные воды могут быть вскрыты только в зонах тектонического дробления и расщепления пород.

Зоны сульфатно-хлоридных и хлоридных соленых и рассольных вод — основные в гидрогеохимическом разрезе региона. Общая мощность их составляет более 90% мощности осадочного чехла региона. В силу специфики данной работы они в ней не рассматриваются.

2.4. Распространение пресных вод в водоносных горизонтах и комплексах

2.4.1. Водоносные горизонты и комплексы Волго-Уральского артезианского бассейна

Краткая характеристика водоносных горизонтов и комплексов приводится сверху вниз (от молодых к древним отложениям). Распространение и характеристика вод приведены на основе гидрогеологической карты Башкортостана масштаба 1:500 000 [Толстунова, 2001 г.] только для верхней гидродинамической зоны безнапорных и субнапорных пресных вод (см. рис. 7).

Аллювиальный четвертичный водоносный горизонт (аQ) выделен в речных долинах при ширине не менее 1 км. Наибольшую ширину горизонт имеет в нижнем течении р. Белой — до 25 км, в долинах рек Уфа, Быстрый Танып, Бол. Ик, Сим — до 10–15 км; наибольшие мощности до 20–50 м отмечены в долинах рек Белой, Уфы, Сим, Инзер, Буй, Бол. Ик. Воды горизонта преимущественно безнапорные, с глубиной залегания 1–10 м, на высоких террасах до 10–20 м (иногда до 30 м), где возможен небольшой напор.

Водообильность отложений различная: дебиты скважин от 0,1–1,0 до 50–100 л/с (долины рек Уфа, Белая, Инзер); водопроницаемость пород обычно увеличивается от верховий к устью и изменяется в пределах от 10–50 до 2000–5000 м²/сут. Повышенная водопроницаемость (м²/сут) характерна для долин рек Уфы (1300–4700), Бол. Ика (1200–2800), низовьев Инзера (2300–4600), Белой выше г. Бирска (500–5600), Ика (700–1600). Для долин средних рек типа Дема, Усень характерна водопроницаемость 200–1200 м²/сут; для остальных мелких и средних рек — преимущественно до 100 м²/сут, на высоких террасах 20–50 м²/сут. На северо-востоке в долинах рек Уфа (выше Павловского водохранилища), Ай и Юрюзань отмечена водопроницаемость от 100 до 1000 м²/сут при средних величинах (в днище) 300–500 м²/сут.

Воды четвертичного горизонта играют основную роль в водоснабжении городов и промышленных объектов (Уфа, Стерлитамак, Салават, Нефтекамск, Бирск, Октябрьский, Ишимбай, Мелеуз и другие населенные пункты). Производительность водозаборов и утвержденные запасы месторождений подземных вод (МПВ) составляют от 5–10 до 100–300 тыс. м³/сут.

Высокая производительность таких водозаборов объясняется, с одной стороны, хорошими фильтрационными свойствами аллювия и значительными эксплуатационными запасами подземных вод, а с другой — наличием тесной гидравлической связи аллювиального горизонта с реками, которые служат надежным источником восполнения запасов подземных вод. Количество речных вод, поступающих в скважины инфильтрационного водозабора, в зависимости от проницаемости аллювиальных отложений, кольматации русла и др., колеблется в широких пределах и может достигать 70–95% общей производительности водозабора этого типа.

Неогеновый водоносный комплекс (N) распространен преимущественно вдоль левобережья р. Белой в нижних частях склонов и выположенных междуречий. Подземные воды приурочены к линзам и прослоям песков, гравия среди глин общей мощностью до 100–200 м. Мощность обводненных пород от единиц до 20–30 м, глубина залегания от 5–50

до 80–120 м, напоры достигают 40–60 м и более с самоизливом до 3, иногда до 20 л/с. Дебиты скважин 0,5–2,0 л/с, удельные 0,1–1,0 л/с; водопроницаемость пород изменяется от единиц до 100–200, редко до 400–500 м²/сут, преимущественно до 20 м²/сут. Воды комплекса используются в основном для децентрализованного водоснабжения. Отдельные водозаборы централизованного водоснабжения достигают 300–600 м³/сут (Уфимский, Иглинский, Илишевский районы), а для с. Верхнеяркеево — до 1700 м³/сут.

Нижнетриасовый водоносный комплекс (Т₁) развит локальными участками по правобережью р. Белой, где практического значения не имеет. Основное развитие комплекс имеет в южной части в пределах Общего Сырта и предгорий Западного склона Урала, где совместно с верхнепермским комплексом (Р₂) представлен мощной терригенной толщей. Подземные воды вскрываются на глубинах от единиц до 30–40 м, часто обладают напором, возможны самоизливы. Комплекс с хорошей водообильностью, с дебитами скважин до 10–20 л/с, родников до 20 л/с. Водопроницаемость пород до 100–400 м²/сут. Воды комплекса используются для централизованного водоснабжения, в том числе и таких крупных водопотребителей как г. Кумертау (водозаборы «Мокрый Лог» — до 12,1 тыс. м³/сут, КумАПО — до 2,2 тыс. м³/сут), пгт. Маячный (запасы месторождения «Маячное» — 11,8 тыс. м³/сут.

Верхнепермский водоносный комплекс (Р₂), преимущественно терригенного состава, развит полосой по правобережью среднего течения р. Белой и на междуречье Белая – Сухайля (Бельская депрессия) общей мощностью до 2000 м (на юге). Водообильность отложений хорошая, дебиты скважин до 10–20 л/с, удельные от 0,4 до 12 л/с, водопроницаемость до 400–600 м²/сут. Глубина залегания различная, иногда бывают самоизливы. Дебиты родников от 0,5 до 10–15 л/с.

Мощность зоны пресных вод достигает 300 м. Вода широко используется для децентрализованного водоснабжения (Архангельский, Куюргазинский районы).

Казанско-татарский водоносный комплекс (Р₂kz + Р₂t) выделен в пределах Бугульминско-Белебеевской возвышенности, междуречий Сюнь – База, Быстрый Танып – Буй. В северной части комплекс характеризуется средней водообильностью: дебиты родников от 0,2–3,0 до 15,0 л/с при хорошем качестве, дебиты скважин 0,1–1,0 л/с, водопроницаемость 13–16 м²/сут.

Южнее г. Туймазы комплекс представлен терригенно-карбонатными отложениями с переслаиванием водоносных и водоупорных слоев, что создает сложную картину соотношений (подвешенных – разноэтажных) водоносных слоев (до семи) на разных уровнях.

Межпластовые воды выше уреза рек безнапорные, каждый слой имеет свой уровень с разрывом до 10–20 м и более. Мощность толщи пресных вод может достигь 100–150 м. Воды разгружаются многочисленными родниками с наибольшими дебитами до 50–100 л/с, дебиты скважин 1–5 л/с (возможны и до 20 л/с), водопроницаемость обычно 30–40 м²/сут, в долинах до 600–800 м²/сут.

Воды комплекса широко используются для централизованного (водозаборы до 1,0–6,5 тыс. м³/сут) и децентрализованного водоснабжения путем каптажей родников и скважинных водозаборов. Утвержденные запасы по МПВ — родникового стока от 6,0 тыс. м³/сут до 30,0 тыс. м³/сут; производительность отдельных водозаборов до 1,0–3,0 тыс. м³/сут.

Уфимский водоносный комплекс (P₂šš + P₂sl) занимает значительную часть Прибельской равнины на левобережье и правобережье р. Белой, в долинах рек Ик, Усень и Сюнь, а также вдоль западной окраины Уфимского плато. Это преимущественно терригенная толща мощностью до 300 м (шешминский горизонт); карбонаты преобладают в составе соликамского горизонта мощностью 40–90 м. В составе комплекса выделяются 2–3 водоносных слоя с глубиной фиксации уровней от единиц до 40–60 м. Водопроницаемость пород незначительная, в среднем до 20 м²/сут; для соликамского — 100–260 м²/сут. Дебиты скважин чаще 1–2 л/с, удельные — 0,02–0,5 л/с; для соликамского горизонта дебиты скважин составляют до 3–5 л/с, максимальные — 7–9 л/с. Дебиты родников 0,5–3,0 л/с, отдельных — от 5–20 до 30–40 л/с (в основном для соликамского горизонта).

Мощность зоны пресных вод не превышает 40–50 м, на значительных площадях вследствие загипсованности пород пресные воды отсутствуют. Подземные воды комплекса используются для водоснабжения райцентров, сельхозобъектов, местного населения. Производительность водозаборов 0,5–1,0 тыс. м³/сут, в отдельных случаях (Туймазинское МПВ) с подпитыванием из аллювия от 1,0–6,0 тыс. м³/сут до 14,0 тыс. м³/сут (Усеньский).

Кунгурский водоносный комплекс (P₁k) развит в Юрюзано–Сылвенской депрессии и сложен карбонатно-терригенными породами. Подземные воды вскрываются на глубинах до 50 м и проявляют себя родниками с дебитами до 1–5 л/с или пластовыми выходами до 5–80 л/с. Удельные дебиты скважин от 0,03 до 18 л/с (средние — порядка 1 л/с), водопроницаемость изменяется для песчаников от 10 до 260 м²/сут, для известняков от 10 до 1300 м²/сут. Выше гидрографической сети воды безнапорные и пресные, ниже — приобретают напор и повышается их минерализация.

Подземные воды кунгурского яруса используются преимущественно для децентрализованного водоснабжения как скважинами, так и родниками. Для с. Большеустыикинское утверждены эксплуатационные запасы — 0,65 тыс. м³/сут, а суммарный отбор составляет 0,8 тыс. м³/сут.

Галогенная часть кунгурского яруса (иреньская свита) выделена в самостоятельный горизонт в междуречьях Уфа — Сим, Уршак — Белая, по правобережью р. Тюй и участками вдоль восточного борта Бельской депрессии. Подземные воды с минерализацией 1—3 г/л и жесткостью до 30—35 мг-экв/л не имеют практического значения для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Нижнепермский водоносный комплекс (Р₁) характеризуется чрезвычайной сложностью и неоднородностью. В Предуральском прогибе частая смена водоупорных и водоносных пород определяет сложную гидравлическую связь. Водопроницаемость отложений от 10—30 до 300—400 м²/сут, дебиты родников от долей до 20 л/с, удельные дебиты скважин 0,05—5 л/с. Оптимальные дебиты водозаборных скважин от 2—5 до 10 л/с при глубине 50—80 м; производительность водозаборов 1—2,5 тыс. м³/сут.

На Уфимском плато трещинно-карстовые воды известняков дают мощные родниковые выходы до 2000 л/с, а меженный расход карстового родника «Красный Ключ» составляет 5—6 тыс. м³/сут. Глубина залегания карстовой зоны около 120 м и она имеет хорошую гидравлическую связь с речными водами. Удельные дебиты скважин от 0,04 до 6 л/с и более, коэффициент фильтрации от 1 до 340 м/сут, водопроницаемость пород в долинах 130—4000 м²/сут, на водоразделах 10—200 м²/сут. При залегании выше гидрографических врезов подземные воды с сухим остатком 0,5—1,0 г/л, при погружении приобретают напор и минерализацию. Оптимальные дебиты водозаборных скважин составляют 2—5 л/с, в долинах — 10—20 л/с; глубины скважин до 100 м; расчетная производительность скважинных водозаборов и каптажей родников в долинах и нижних частях склонов варьирует от 2 до 10 тыс. м³/сут и более.

Каменноугольно-девонские карбонатно-терригенные комплексы (D + C) выходят на поверхность в пределах Западно-Уральского бассейна и орографически привязаны к низкогорным хребтам западного склона Урала. Во внешней зоне складчатости на отрезке преобладания карбонатных пород (от р. Юрюзань до р. Мал. Ик) трещинно-карстовые воды разгружаются многочисленными родниками с дебитами до 100—400 л/с (родники «Берхомут» и «Аскен-Куль» суммарно до 800 л/с). В северной и южной частях, где преобладает терригенная фация, свой-

ственная флишоидам, дебиты родников преимущественно до 5 л/с, из карбонатных прослоев до 20–30, редко до 100 л/с.

Дебиты скважин из карбонатов достигают 10–50 л/с, из терригенных отложений 2–10 л/с, ниже уреза гидросети удельные дебиты менее 1,0 л/с. Ввиду малой заселенности этого региона, воды девона и карбона используется мало даже для децентрализованного водоснабжения. Указанные выше родники «Берхомут» и «Аскен-Куль» каптированы для обеспечения водоснабжения г. Стерлитамака. Средняя производительность водоотбора около 50–55 тыс. м³/сут.

2.4.2. Бассейн трещинных, трещинно-жильных, трещинно-карстовых вод Уральской гидрогеологической складчатой области

Эта территория орографически охватывает всю область горного Урала и Зауралья. Разнообразие литологического состава и геоморфологической ситуации определяют различную глубину залегания и распространения подземных вод, широкий диапазон водопроницаемости и степени водообильности отложений. Мощность зоны активной трещиноватости терригенных, карбонатных, метаморфических, вулканогенно-осадочных, интрузивных пород обычно составляет 40–60 м; в крепких разностях пород (кремнистые сланцы, яшмы, кварцевые песчаники) может достигать 100–150 м; в карстующихся породах и зонах региональной трещиноватости — до 200 м и более. Глубина залегания подземных вод на высоких водоразделах, вдоль крутых склонов 40–50 м, на выположенных водоразделах и пологих склонах от 10 до 30 м. В днищах долин, в межхребтовых и межгорных понижениях при отсутствии делювиальных суглинистых отложений и коры выветривания уровни подземных вод встречаются на глубинах от 1 до 10 м. Воды безнапорные, в случае наличия перекрывающего слоя — уровни на глубине до 20–30 м и воды приобретают напор.

Аллювиальный четвертичный водоносный горизонт (аQ) развит в долинах рек Белой, Урала, Сакмары и их притоков (Бол. и Мал. Кизила, Таналыка и др.). Мощность гравийно-песчаной фракции от единиц до 5–8 м (в карстовых углублениях до 20–30 м). Дебиты скважин (разведочных и эксплуатационных) обычно от 0,2 до 2–3 л/с, но могут достигать 7–12,5 л/с (р. Белая, Урал). Водопроницаемость отложений по разведочным участкам и водозаборам от 18 до 360 м²/сут, средние значения 100–150 м²/сут. Воды аллювия для централизованного водоснабжения используются мало (водозаборы в г. Белорецке и с. Акъяр, производительностью до 5,0 и 1,4 тыс. м³/сут соответственно).

Нижне-среднеюрский водоносный комплекс выделен на юге в бассейне р. Таналык и имеет общую мощность до 225 м. Водобильность отложений невысокая, удельные дебиты скважин от сотых до 0,7 л/с при водопроницаемости от единиц до 50 м²/сут. В конце 90-х годов на Самарском участке в Хайбуллинском районе на площади около 3 км² вскрыта 10–30-метровая толща песчано-гравийных юрских отложений, гидравлически связанная с аллювием р. Таналык и подстилающим палеозойским (S–D₂) комплексом. Из юрских отложений в интервалах глубин 32–60, 37–110 м получены дебиты от 0,6 до 5–18 л/с, удельные дебиты 0,7–33 л/с, водопроницаемость пород 200–340 м²/сут. Прогнозные эксплуатационные ресурсы участка оцениваются в 6,4 тыс. м³/сут. Воды используются для водоснабжения, обычно совместно с подстилающими комплексами, дебиты эксплуатационных скважин в пределах 40–60 м³/сут.

Нижне-среднекаменноугольный водоносный терригенно-карбонатный комплекс (уртазымская – кизильская свиты) занимает узкие полосы в основном вдоль хребтовых и межгорных понижений или вдоль долин рек, выходя на выложенные водораздельные пространства Кизило-Уртазымской равнины. В долинах рек при благоприятных условиях перехвата речного стока водопроницаемость трещинно-карстовых пород от 90 до 4200 м²/сут, средние расчетные величины водопроницаемости на Учалинском и Миндякском месторождениях составляют от 360 м²/сут (Уразовский участок) до 1880 м²/сут (участок «Шагарка»), а в долине р. Бол. Кизил на Абдряшевском участке — 4000 м²/сут, на Уральском МПВ — 1750 м²/сут. Дебиты скважин от 1 до 25 л/с, на Кургашском водозаборе до 67 л/с, на Абдряшевском участке до 60 л/с. На выложенных склонах и в терригенной пачке водопроницаемость от 13 до 130 м²/сут при дебитах скважин 0,4 до 4,2 л/с.

При небольшой площади распространения (около 1320 км²) комплекс имеет важное значение для водоснабжения — количество утвержденных запасов по нему 97,0 тыс. м³/сут для водоснабжения г.г. Учалы и Магнитогорска. Используется для водоснабжения сельских пунктов: Янгельский, Красная Башкирия, Комсомольское и другие с водоотбором до 420–480 м³/сут.

Среднедевонско-нижнекаменноугольная (D₂ + C₁) и среднедевонско-силурийская (S + D₂) водоносные зоны занимают основную часть Ирландской группы бассейнов (ранее Восточно-Уральской) и простираются полосой шириной 15–45 км с севера на юг. При всем разнообразии литологического состава вулканогенно-осадочных пород и степени трещиноватости усредненные гидрогеологические параметры, дебиты скважин, производительность сельских водозаборов идентичны. Зоны

экзогенной (выветривания) трещиноватости достаточно изучены при обследовании водозаборов [Чалов, Верзаков, 2003 г.].

Дебиты достаточно многочисленных родников преимущественно от 0,01 до 2,5 л/с, при рассредоточенных выходах из трещиноватых пород — от 3–7 до 12–20 л/с. Удельные дебиты скважин варьируют от сотых долей до 0,5 л/с, иногда до 2–5 л/с. Дебиты скважин от 0,1–0,2 до 2–3,5, реже до 7–19 л/с (Учалинское, Баймакское МПВ). Средние значения водопроницаемости, принятые к оценке ресурсов и запасов на основании анализа материалов, составляли от 16 до 30 м²/сут, на участках разведки — от 50–70 до 130–140 м²/сут (Шартымское, Учалинское, Баймакское МПВ).

Подземные воды широко используются для водоснабжения с водоотбором от 50 до 3000 м³/сут.

Средне-нижнепалеозойская водоносная зона (PZ₁₊₂) имеет распространение на площади Зилаирского плато и к северу от него. Выходы родников многочисленны, но малодобитны — преобладают до 0,3 л/с, редко до 1,0 л/с. Удельные дебиты скважин варьируют от тысячных до 0,7 л/с, среднее значение 0,105 л/с. Водопроницаемость пород (трещиноватых сланцев, песчаников, аргиллитов) составляет 3–20 м²/сут, среднее значение около 10 м²/сут, воды используются для децентрализованного водоснабжения. Дебиты скважин от 0,1 до 4,0 л/с, оптимальные дебиты 0,5–1,0 л/с, водоотбор по сельским населенным пунктам 20–200 м³/сут.

Девонский (D) и девон-силурийско-ордовикский (D–O) карбонатно-терригенные водоносные комплексы. Девонский комплекс выделен на небольшом участке (площадью 78 км²) в долине р. Инзер. Девон-ордовикский комплекс развит вдоль долины р. Белой и проявляется высокодебитными (75–125 л/с) одиночными родниками из массивных известняков, пластовыми выходами 10–15 л/с из тонкослоистых известняков. Удельные дебиты скважин составляют от 0,001–0,1 л/с до 2,5 л/с. Воды питьевого качества с сухим остатком 0,2–0,4 г/л при жесткости 2–5 мг-экв/л используются для водоснабжения (в том числе технического) в г. Белорецке, пгт. Тирляномском и в сельских населенных пунктах.

Ашинская водоносная зона (Vaš) развита на западном фланге Уральского бассейна. Гидрогеологическая изученность этой территории низкая. Водоносность зоны проявляется выходами родников, дебиты которых определяются литологическим составом пород и степенью их трещиноватости: от 0,005–1,0 л/с из щебнисто-глинистого элювио-делювия до 3–6 и 20 л/с из кварцитовых и аркозовых песчаников повышенной трещиноватости.

Нижнепалеозойско-верхнепротерозойская водоносная зона (PR₃ + PZ₁) развита в центральной части Южного Урала — зона хребта Урал-Тау (сланцы, кварциты). Родники имеют дебиты от 0,01 до 12 л/с; дебиты скважин от долей до 2–3,3 л/с; в долинах удельные дебиты выше (около 0,13 л/с), чем на склонах (0,06 л/с). Водопроницаемость пород в пределах 5–40 м²/сут, среднее значение — от 6 м²/сут в Баймакском до 17 м²/сут в Хайбуллинском районе. Производительность водозаборов и групп скважин (от 2 до 4 скважин) в Хайбуллинском и Зилаирском районах от 40–50 до 160–380 м³/сут.

Верхнепротерозойская водоносная зона (PR₂) занимает территорию западнее хребта Урал-Тау в пределах Центрального Уральского поднятия. Подземные воды объединенного (8 гидростратиграфических комплексов) комплекса (см. рис. 7) проявляются многочисленными естественными выходами: родники из карбонатов миньярской, катавской, лапыштинской свит с дебитами от 3–5 до 30 и даже 112 л/с; из терригенных отложений — от сотых долей до 0,6–1,0 л/с, в зонах повышенной трещиноватости — до 5–7 л/с.

Водообильность скважин пестрая: дебиты разведочных и эксплуатационных скважин от 0,1–0,2 до 1–2,0 л/с при удельных 0,01–0,14 л/с. Водопроницаемость в пределах 1–20, в основном 10–13 м²/сут. На участках горных работ и разведанных месторождений отмечены дебиты скважин 4–10 л/с (п. Тукан), 5,8–29,0 л/с (Катайское МПВ) при водопроницаемости 250–410 м²/сут.

Слабоводоносная зона интрузий среднего и нижнего палеозоя (PZ₁₊₂ (γδ + Σ)). Интрузии кислого и среднего состава (γδ) выделяются в восточной части Учалинского района — Ахуновский гранитный массив. Водообильность пород невысокая: удельные дебиты скважин 0,003–0,83 л/с, дебиты водозаборных скважин до 1–2 л/с, водопроницаемость 10 м²/сут. Качество воды: сухой остаток 0,2–0,6 г/л при жесткости 2,4–7,4 мг-экв/л. Воды используются для водоснабжения деревень Ахуново и Кидаш с суммарным водоотбором 380 и 20 м³/сут соответственно.

Интрузии основного состава (S) развиты в пределах горных массивов Крака, частично на юге Зилаирского плато, и протягиваются цепью вдоль западной границы Магнитогорского мегасинклинария. Подземные воды проявляются в виде родников с дебитами от 0,1–0,5 л/с до 1,0 л/с, в днищах долин до 3 л/с. Удельные дебиты скважин от тысячных долей до 0,17 л/с, в долинах до 2 л/с при среднем 0,23 л/с. Водопроницаемость пород от 4 до 24 м²/сут. Подземные воды с сухим остатком 0,2–0,7 г/л при жесткости 5–13 мг-экв/л используются для водоснабжения. Водоотбор из одиночных скважин составляет от 30 до 100 м³/сут.

2.5. Защищенность пресных подземных вод от загрязнения

Санитарное состояние подземных вод определяется их естественной защищенностью от техногенного (антропогенного) влияния. Здесь не рассматривается вопрос об истощении запасов, так как подземные воды являются возобновляемыми за счет постоянной инфильтрации атмосферных осадков, и оценка ресурсов выполнялись с приведением их к уровням 90 и 95% обеспеченности минимального месячного межennale стока.

Оценка естественной защищенности подземных вод от загрязнения относится к числу важных гидрогеологических задач. В настоящее время процессы техногенного воздействия на подземные воды в Башкортостане превратились из локальных в региональные. В связи с этим угроза загрязнения пресных подземных вод представляет во много раз большую опасность, чем угроза их количественной нехватки. В этих условиях оценка природной защищенности подземных вод от загрязнения представляет не только теоретический, но и большой практический интерес.

По определению Н.В. Роговской [1976], понятие защищенности подземных вод включает то, что в природе на пути миграции вод встречаются различные природные «препятствия – барьеры», не пропускающие или затрудняющие проникновение загрязняющих веществ в водоносный горизонт. В числе природных особенностей, играющих роль естественных механических или физико-химических барьеров, выделяются факторы: 1) зона аэрации (ее мощность, геолого-литологическое строение, водно-физические, сорбционные и прочие свойства пород); 2) региональный водоупор, залегающий первым от поверхности, на котором формируются грунтовые воды (характер его распространения, мощность, литологический состав пород); 3) гидродинамическая изолированность основного водоносного горизонта (условия питания, разгрузки грунтовых и напорных вод); 4) химический состав подземных вод защищаемого горизонта; 5) водно-физические (фильтрационные) свойства пород водоносных горизонтов; 6) локальные условия интенсивной фильтрации (физико-геологические процессы: карст, трещиноватость пород и др.).

В.М. Гольдберг [1987] все эти факторы объединяет в три группы: природные, техногенные и физико-химические.

К основным природным факторам относятся: наличие в разрезе слабопроницаемых отложений и их фильтрационные свойства, поглощающие и сорбционные свойства пород, соотношение уровней водоносных горизонтов и пр.

К техногенным факторам относятся условия нахождения загрязняющих веществ на поверхности земли (пруды-накопители, шламохранилища, поля фильтрации, орошаемые сточными водами, и пр.) и определяемый этими условиями характер проникновения загрязняющих веществ в подземные воды.

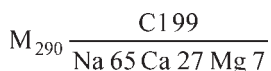
Физико-химические факторы определяются специфическими свойствами загрязняющих веществ (миграционная способность, сорбируемость, растворимость, химическая стойкость — время распада загрязняющего вещества) и взаимодействием загрязняющих веществ с породами и подземными водами.

К.Е. Питьева [1984] важное значение при оценке защищенности придает гидрогеохимическим условиям (геохимическим барьерам) формирования подземных вод в техногенно нарушенных условиях.

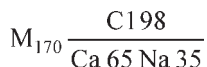
Произведена оценка защищенности подземных вод от проникновения загрязняющих веществ «сверху» — через зону аэрации и «снизу» — в результате разгрузки напорных минерализованных вод через разделяющие глинистые слои. Методика оценки их принципиально отличается.

Поступление загрязняющих веществ (нефтепромысловых, промышленных, сельскохозяйственных и других стоков) в горизонты пресных вод через зону аэрации может происходить или сплошным фильтрационным потоком из прудов-накопителей, емкостей, хранилищ стоков и пр. с постоянным уровнем длительное время, или оно носит кратковременный характер, не образуя слоя на поверхности (порывы водоводов, залповые выбросы промышленных стоков, поля фильтрации, сброс рассолов при ремонте скважин и др.). В результате этого происходит свободная фильтрация сточных вод через зону аэрации до уровня пресных вод. Движение их через глинистые осадки сопровождается молекулярной диффузией, фильтрационной дисперсией, поглощением отдельных компонентов (физическая и химическая сорбция), растворением твердой породы, теплообменом и пр. В связи с фильтрационной неоднородностью пород многие реакции между загрязненными и чистыми (пресными) подземными водами и породами протекают обычно с изменением объема растворов, значений pH и Eh и других характеристик.

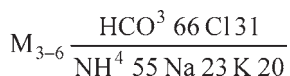
Стоки, с которыми связано загрязнение пресных подземных вод в рассматриваемом нами регионе, представляют, как правило, попутные рассолы, извлекаемые вместе с нефтью из терригенных пластов девона и карбона. Состав их обычно следующий:



Одним из загрязнителей является дистиллерная жидкость Стерлитамакского содово-цементного комбината (СЦК). Стоки эти в большом количестве сбрасываются в так называемые «Белые моря» — шламонакопители, созданные в долине р. Белой, нагнетаются в поглощающие горизонты девонских отложений различными способами. Дистиллерная жидкость представляет собой крепкий рассол с химическим составом:



Большие объемы стоков образуются в промышленно-городских агломерациях и в сельскохозяйственном производстве (стоки птицефабрик, свинокомплексов, КРС и пр.). Стоки, например, Роцинского свинокомплекса характеризуются следующим составом:



Эти стоки представлены преимущественно хлоридными рассольными и солеными водами, а также органо-биогенными комплексами. Хлориды относятся к категории стойких загрязнителей. Они не поглощаются биологическим путем и не подвержены сорбции. Поэтому глинистые породы зоны аэрации не являются гарантированным экраном загрязнению. В зависимости от коэффициента их фильтрации и мощности загрязнители могут поступать в пресные воды или сразу же после проникновения в зону аэрации, или через какой-то промежуток времени.

В условиях периодического поступления загрязнителей без образования постоянного уровня расчет защищенности грунтовых вод производится с учетом отношения мощности глинистых пород к коэффициенту фильтрации (m/K_{ϕ}). При этом параметр m/K_{ϕ} характеризует время фильтрации (сутки) при вертикальном градиенте, равном 1. А при расчете времени (t) проникновения химических загрязнителей через зону аэрации из хранилищ с постоянным уровнем используется формула Цункера [Гольдберг, 1987]:

$$t = \frac{\mu H}{K} \left[\frac{m}{H} - \ln \left(1 + \frac{m}{H} \right) \right]$$

где H — высота слоя сточных вод в хранилище;

K, m — коэффициент фильтрации и мощность пород зоны аэрации;

μ — недостаток насыщения пород зоны аэрации ($\mu = n - n^0$);

n — пористость;

n^0 — начальная влажность пород зоны аэрации.

Мощность зоны аэрации изменяется от 1–5 до 15–30 м и более. Как показывают расчеты, время проникновения загрязняющих веществ до уровня пресных вод исчисляется от нескольких до сотен суток.

При характеристике условий защищенности пресных вод от загрязнения необходимо особо подчеркнуть широкое развитие в регионе карста (см. рис. 5). Наличие многочисленных поверхностных и подземных карстовых форм способствует быстрому распространению загрязняющих веществ подземными потоками, что в значительной степени определяется большими коэффициентами фильтрации (от 5–10 до 100–150 м/сутки, достигая иногда 300–500 м/сутки) закарстованных пород.

При составлении карт крупного масштаба (оценка защищенности отдельных районов) качественная оценка природных условий защищенности грунтовых вод выполняется на основе сопоставления категорий защищенности [Гольдберг, 1987]. Каждая категория защищенности отличается своей суммой баллов, зависящей от глубины залегания уровня грунтовых вод, мощности слабопроницаемых отложений, их литологии и прочих факторов.

Более высоким категориям защищенности соответствует большая сумма баллов. Обоснование баллов, соответствующих разным глубинам залегания уровня грунтовых вод, мощностям и литологии (фильтрационным свойствам) слабопроницаемых отложений, производится исходя из времени достижения фильтрующимися с поверхности земли загрязняющими веществами уровня грунтовых вод.

Сумма баллов, обусловленная грациями глубин залегания грунтовых вод, мощностями слабопроницаемых отложений и их литологией, определяет степень защищенности грунтовых вод. По сумме баллов выделяются шесть категорий защищенности грунтовых вод: I — $\Sigma \leq 5$, II — $5 < \Sigma \leq 10$, III — $10 < \Sigma \leq 15$, IV — $15 < \Sigma \leq 20$, V — $20 < \Sigma \leq 25$, VI — $\Sigma > 25$.

Наименьшей защищенностью характеризуются условия, соответствующие категории I, наибольшей — категории VI.

Например, если грунтовые воды залегают на глубине 7 м (1 балл) и в разрезе зоны аэрации имеется слой супесей и легких суглинков мощностью 3 м (2 балла), то по сумме баллов, равной 3, эти условия соответствуют I категории защищенности. Если же грунтовые воды залегают на глубине 14 м (2 балла) и имеется слой глин мощностью 5 м (6 баллов), то сумма баллов 8, что соответствует II категории защищенности и т. д.

На карту крупного масштаба выносятся также основные источники загрязнения грунтовых вод (крупные промышленные предприятия, поверхностные хранилища жидких и твердых отходов, поля фильтрации и орошения сточными водами, крупные животноводческие комплексы и др.), водозаборы подземных вод, участки развития карста и пр.

В условиях этажного расположения водоносных горизонтов (выделяется от 2–3 до 8–10 водоносных пластов) в пермских, особенно верхнепермских образованиях в пределах Бугульминско-Белебеевской возвышенности, Камско-Бельской низменности и отдельных участках Юрюзано-Сылвинской равнины защищенность пресных вод от проникновения загрязняющих веществ с глубиной усиливается (время проникновения увеличивается). Водоупоры, разделяющие водоносные горизонты (слои), представлены аргиллитами, глинами, алевролитами с коэффициентами фильтрации в среднем $n \cdot 10^{-4}$ м/сутки. На отдельных участках, особенно в приповерхностных частях Уршак-Ашкадарского, Усень-Демского междуречий и Юрюзано-Сылвинской равнины, коэффициенты фильтрации глинистых пород составляют $n \cdot 10^{-2}$ – $n \cdot 10^{-3}$ м/сут.

Горизонты пресных вод залегают в зоне активной циркуляции. Нижняя граница ее в общем случае определяется положением местных базисов эрозии. На платформе в существенно глинистых фильтрационно-анизотропных верхнепермских отложениях она находится на уровне днищ долин основных рек Камско-Бельского бассейна. Днища малых рек обычно расположены выше этой границы. Мощность зоны с учетом подзон аэрации и фильтрации колеблется от 10–30 м в речных долинах до 200–250 м на водораздельных пространствах (см. рис. 9, 10).

Примерно такие же мощности наблюдаются в Юрюзано-Сылвинской депрессии и внутренней зоне Бельской впадины в карбонатно-терригенных отложениях нижней перми и карбона. В вулканогенно-осадочных породах Башкирского Зауралья они составляют 50–100 м.

В сильно трещиноватых и закарстованных, хорошо проницаемых карбонатных породах Уфимского плато и передовых складок Урала, нижняя граница зоны интенсивного водообмена опускается значительно ниже местных базисов эрозии. В связи с этим мощность ее достигает 500–550 м. Видимо близкие мощности и в метаморфических породах горного Урала.

Воды зоны активной циркуляции безнапорные или слабонапорные, сток их происходит под действием гидравлических градиентов. В целом для этой зоны свойственна нисходящая циркуляция вод.

Скорость движения подземных вод составляет $n - n \cdot 10^{-2}$ км/год, а сроки полного водообмена — от десятков до первых сотен лет.

Основную роль в формировании подземного стока играют процессы взаимосвязи водоносных горизонтов через слабопроницаемые слои. Более детально условия взаимосвязи водоносных горизонтов рассмотрены в наших ранее опубликованных работах [Попов, 1985; Абдрахманов, Попов, 1985; Абдрахманов, 2005 и др.]. Здесь же только кратко освещены особенности вертикальных межпластовых перетоков, так как с ними связаны особенности загрязнения пресных вод в условиях этажного залегания. В качестве показателя вертикальных межпластовых перетоков используется градиент фильтрации (напора). Для двух напорных горизонтов (или безнапорного и напорного) он равен отношению разности отметок уровней вод этих горизонтов и мощности разделяющего слабопроницаемого слоя. В случае пары безнапорных горизонтов, учитывая, что поступление воды на кровлю нижнего горизонта происходит по схеме «дождевания», градиент вертикальной фильтрации представляет частное от деления мощности водонасыщенной части верхнего горизонта на мощность подстилающего водоупора.

Экспериментальным путем установлено, что движение воды через глины начинается только при достижении определенной величины градиента, названной начальным градиентом фильтрации. В природных условиях фильтрация через глинистые породы начинается при величине градиентов до 1.

Особенности изменения уровней вод с глубиной в пределах верхнего гидрогеологического этажа Предуралья показаны на рис. 11. По этому признаку выделяются три типа гидродинамических разрезов.

Тип I свойствен водоразделам и склонам долин. Здесь наблюдается обратное соотношение уровней вод этажнорасположенных горизонтов с глубиной (уменьшение их абсолютных отметок), что является необходимым условием возникновения нисходящих межпластовых перетоков (рис. 12). Градиент фильтрации всегда имеет положительную величину ($J > 0$). В зависимости от величины напора вод, обусловленной главным образом мощностью и выдержанностью глинистых пород, в составе данного типа выделяется три вида гидродинамических разрезов, первый из которых (IA) свойствен Уфимскому плато и Бугульминско-Белебеевской возвышенности ($3 > J > 1$), а два других (1Б и 1В) — Камско-Бельскому понижению ($1 > J > 0$). В их пределах градиенты фильтрации с глубиной обычно уменьшаются.

Тип II отражает гидродинамическую обстановку в речных долинах, где наблюдается прямое соотношение уровней вод в многослойном разрезе (рост отметок с глубиной), что вызывает восходящие

перетоки из нижних горизонтов в верхние, в конечном итоге — в аллювий и русла рек (см. рис. 12). Величина вертикального градиента фильтрации колеблется от $-0,01$ до $-0,3$.

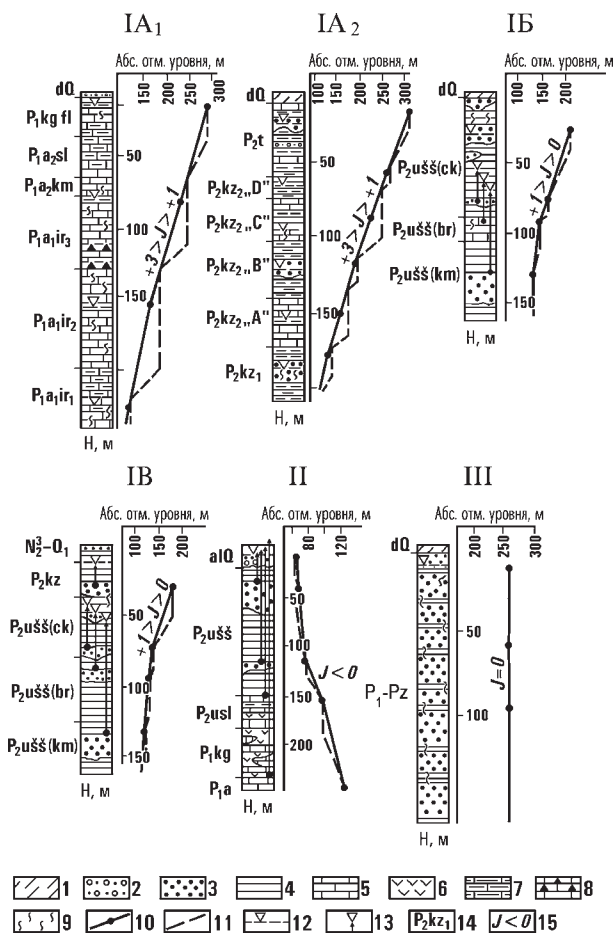


Рис. 11. Типизация гидродинамических разрезов верхнего этажа бассейна [Попов, 1985]

I — с обратным соотношением уровней этажнорасположенных горизонтов: $J > 0$; II — с прямым соотношением уровней: $J < 0$; III — с квазистационарным режимом: $J \approx 0$. 1–8 — породы: 1 — суглинки, 2 — песчано-галечниковые отложения, 3 — песчаники, 4 — глины, алевролиты, 5 — известняки, 6 — гипсы, 7 — известняки глинистые, 8 — известняки битуминозные; 9 — трещиноватость; 10 — линия изменения уровней с глубиной; 11 — то же, видоизмененная в результате схематизации гидродинамических условий; 12 — уровень безнапорных вод; 13 — пьезометрический уровень; 14 — индекс возраста пород; 15 — величина градиента фильтрации

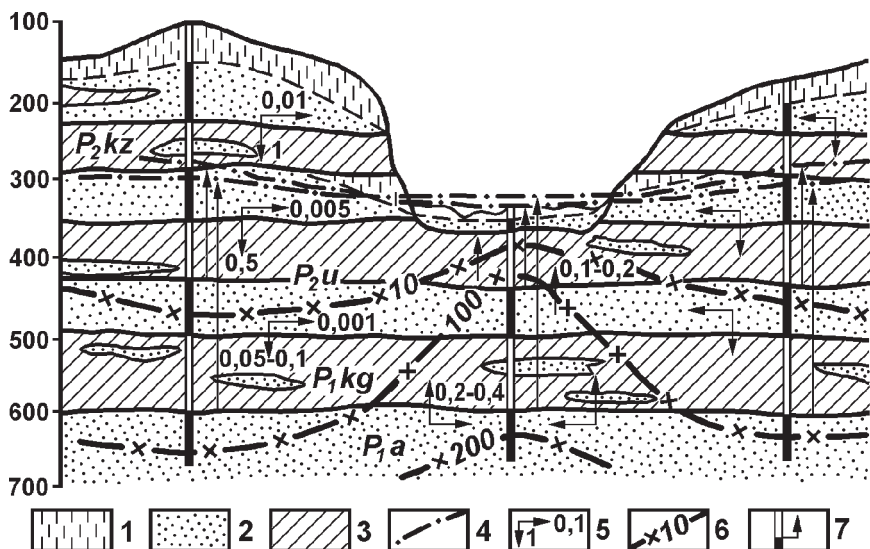


Рис. 12. Схема взаимосвязи водоносных горизонтов зон интенсивной и затрудненной циркуляции Предуралья [Попов, 1985]

1 — зона аэрации; 2–3 — породы: 2 — водопроницаемые, 3 — относительно водоупорные; 4 — пьезометрический уровень; 5 — направления и градиенты фильтрации; 6 — изолинии минерализации, г/л; 7 — скважина (стрелка соответствует напору вод, закрашены водопроницаемые породы)

Тип III гидродинамических разрезов характерен для восточной и центральной частей Юрюзано-Сылвинской депрессии, а также для горно-складчатого Урала и Зауралья, где водоносные отложения обладают высокой проницаемостью, в то время как глинистые разности пород относительно маломощны, фациально не выдержаны и нередко сильно трещиноваты. Водоносные горизонты, вскрываемые на различных глубинах, имеют один уровень, то есть представляют единую гидравлическую систему. Градиент фильтрации равен нулю (или близок к нему). Поэтому вертикальная миграция вод может осуществляться под действием градиентов, имеющих иную природу, нежели гидростатическую, например, градиента плотности воды.

С учетом соотношения уровней (градиентов фильтрации) в региональном плане выделяется три категории защищенности подземных вод [Гольдберг, 1987].

I — защищенные: водоносные горизонты разделены выдержанным по площади и без нарушения сплошности водоупором при $m > 10$ м и $H_2 > H_1$ (H_2 — уровень нижележащего, H_1 — уровень вышележащего горизонтов). В группе I защищенность напорных вод обеспечивается

большой мощностью водоупора и такими гидродинамическими условиями, при которых невозможно перетекание загрязненных подземных вод сверху.

II — условно защищенные: водоносный горизонт перекрыт выдержанным по площади водоупором без нарушения сплошности при $5 \text{ м} < m < 10 \text{ м}$ и $H_2 > H_1$, а при $m > 10$ — с отношением уровней $H_2 \leq H_1$.

III — незащищенные: водоупор небольшой мощности ($m < 5 \text{ м}$) и $H_2 < H_1$.

Выполненный анализ соотношения уровней свидетельствует о том, что водораздельные пространства и склоны долин (I и II типы гидродинамических разрезов) относятся к III, иногда — II категории защищенности. В крупных речных долинах (тип II гидродинамической обстановки) наблюдается прямое соотношение уровней ($H_2 > H_1$), вызывающее восходящие перетоки вод из нижних горизонтов в верхние. Вследствие этого разгрузка природных некондиционных (соленых и рассольных) вод вызывает ухудшение (загрязнение «снизу») качества пресных вод аллювиальных отложений.

Выполненные расчеты времени проникновения загрязненных вод в этажнорасположенные водоносные горизонты свидетельствуют о том, что в верхний из них загрязняющие вещества проникают за время менее одного года. В нижележащие водоносные горизонты время проникновения загрязнения с глубиной увеличивается (до 10–60 лет), соответственно усиливается степень их защищенности.

В данной работе мы оцениваем только региональную защищенность пресных подземных вод и районирование региона производим по градациям: условно защищенные (защищенные) и незащищенные.

По времени фильтрации загрязненных вод выделяются водоносные горизонты незащищенные — менее одного года, условно защищенные — более одного года.

2.6. Районирование Башкортостана по условиям защищенности подземных вод

Геофильтрационные свойства глинистых пород, как уже отмечалось, являются одним из главных факторов, определяющих степень защищенности подземных вод от техногенного влияния. В результате изучения водопроницаемости этих пород, с учетом их литологического состава, мощности, условий залегания, а также гидрогеодинамических особенностей региона произведена оценка (районирование)

защищенности подземных вод от проникновения жидких загрязняющих веществ с поверхности («сверху»).

В соответствии с указанными градациями, в исследуемом регионе по условиям защищенности пресных подземных вод выделяются две категории районов: условно защищенных и незащищенных [Абдрахманов, 1993, 2005].

К первой категории (условно защищенных) относятся обширная территория Камско-Бельской низменности, северо-восточная часть Бугульминско-Белебеевской возвышенности и отдельные участки Юрюзано-Айской и Бельской впадин Предуральяского прогиба (рис. 13), вулканогенно-осадочных и терригенных пород Магнитогорского мегасинклинария. Общими их чертами являются: 1) существенно глинистый тип разреза стратиграфических комплексов пермской системы; 2) преимущественно межпластовый характер залегания подземных вод; 3) относительно длительное время проникновения загрязняющих веществ в эксплуатационные горизонты через зону аэрации и разделяющие слои ($n - 10n$ лет); в условиях этажного распределения водоносных горизонтов время проникновения загрязнения с глубиной увеличивается, соответственно усиливается степень защищенности вод; 4) низкие ($n - 10n$ м/год) скорости движения подземных вод (и загрязняющих веществ).

По степени защищенности выделяются следующие районы. Район 1А охватывает большую часть Камско-Бельской низменности, северо-восточную часть Бугульминско-Белебеевской возвышенности, сложенных преимущественно терригенными породами уфимского, участками казанского и неогенового возраста, обладающими низкими фильтрационными свойствами (до $n \cdot 10^{-5}$ м/сут). Водоносные породы (песчаники, известняки), заключающие пресные воды, залегают среди глинистых осадков в виде отдельных выклинивающихся пластов, слоев и линз мощностью 1–5, редко 10–15 м. Мощность зоны пресных вод изменяется от 10–20 до 80–100 м и более. Глубина залегания подземных вод (мощность зоны аэрации) колеблется в пределах от 3 до 20 м.

В верхнепермской толще, слагающей зону пресных вод, выделяется несколько водоносных пластов: на Буй-Таныпском междуречьи их 4–5, Бельско-Таныпском — до 3, Сюнь-Чермасан-Демском, Уршак-Демском, Чермасанском, Уршак-Ашкадарском междуречьях — 2–4. Очень часто (левобережья рек База, Чермасан, Дема) уже в первых водоносных горизонтах заключены соленоватые воды (до 3 г/л). Воды верхнего горизонта обычно имеют свободную поверхность, а нижележащие — обладают напором с величиной 20–70 м. Разность отметок уровней колеблется от 5–15 до 40–50 м, что при мощности глинистых

водоупоров между ними, равной 15–60 м, соответствует градиенту нисходящей фильтрации 0,3–2,1 (в среднем 1). При переходе от верхних горизонтов к нижним градиент имеет тенденцию к уменьшению.

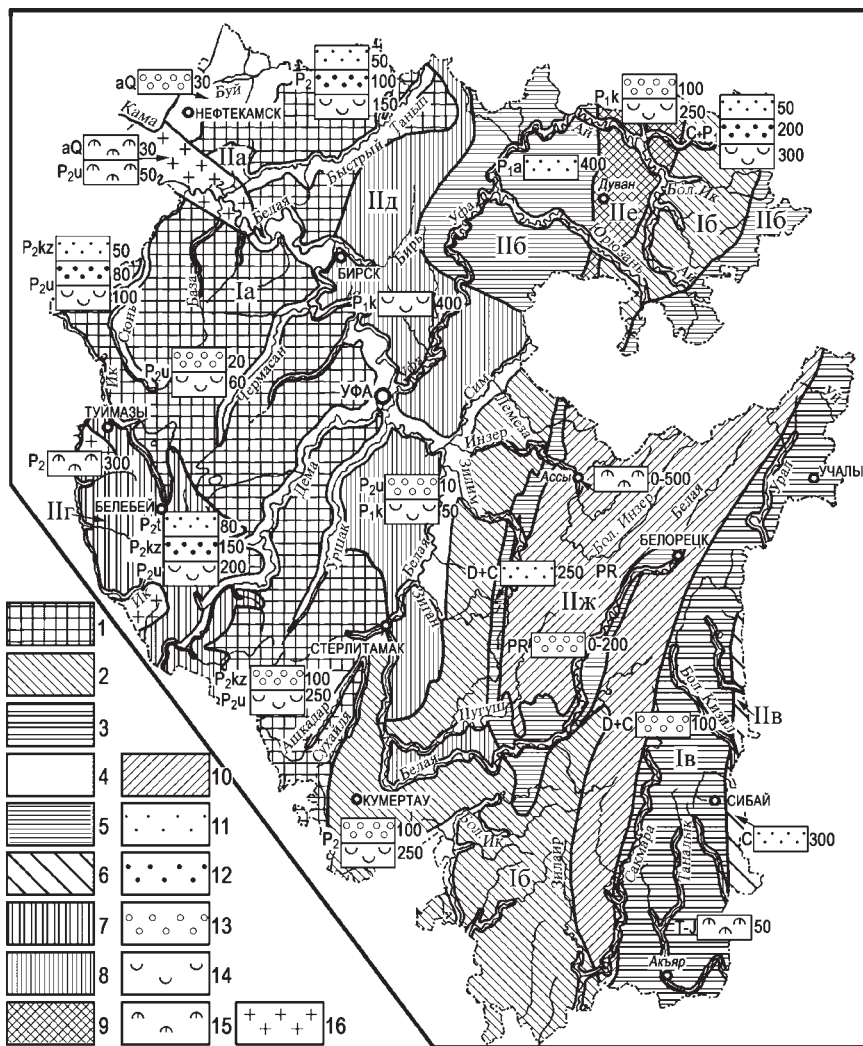


Рис. 13. Карта защищенности пресных подземных вод от загрязнения через зону аэрации

1–10 — районы и подрайоны по степени защищенности: 1–3 — условно защищенные (Ia, Ib, Iv); 4–10 — незащищенные (IIa, IIб, IIв, IIг, IIд, IIе, IIж); 11–15 — химический состав и минерализация подземных вод (на колонках): 11 — C_{Ca} (до 0,5 г/л), 12 — C_{Na} (0,5–1 г/л), 13 — C_{CaMgNa} (до 1 г/л), 14 — S_{Ca} (1–13 г/л), 15 — $CSCaNa$ (1–15 г/л); 16 — районы интенсивного техногенного воздействия на подземные воды

Расчеты времени перетекания вод из верхних в нижние водоносные горизонты в этом подрайоне показали, что при залегании первого горизонта непосредственно под зоной аэрации оно составляет менее года. А когда первый водоносный пласт залегает среди слабопроницаемых пермских глинистых отложений, время проникновения загрязняющих веществ увеличивается до 1–5 лет, в нижележащие горизонты — до 10–60 лет. Анализ геолого-гидрогеологических условий этого района позволяет отнести его к условно защищенным от загрязнения.

Район 1Б отвечает площади развития терригенных пород пермского и раннетриасового возраста в восточной части Юрюзано-Сылвинской депрессии, в Бельской впадине и южной части Зилаирского синклинория (см. рис. 13). Мощность зоны пресных вод здесь изменяется от 50–100 до 300 м, иногда в верхнепермских мульдах — до 600 м. Водоносные горизонты имеют сложную гидравлическую связь между собой в условиях частого чередования водоупорных и водоносных пород.

Водоносные горизонты, приуроченные к различным стратиграфическим подразделениям, обычно имеют единый уровень (тип III разреза). На отдельных участках отмечается небольшая разница в отметках уровней (1–5 м), что указывает на возможность вертикальных перетоков. Градиенты фильтрации составляют 0,06–0,5. Коэффициенты фильтрации глинистых пород со значительной трещиноватостью меняются в пределах $5 \cdot 10^{-2}$ – $3 \cdot 10^{-4}$ м/сут. Время проникновения загрязняющих веществ до уровня пресных подземных вод оценивается в 0,4–2 года и более. Учитывая то, что скорость движения подземных вод сравнительно небольшая (n – 10 н м/год), этот район относится к условно защищенным.

Район 1В охватывает область развития осадочно-вулканогенных терригенных пород Магнитогорского мегасинклинория. Мощность зоны пресных вод достигает 60–100 м, иногда до 200 м. Водоносность пород определяется характером и степенью трещиноватости. В качестве водоупоров выступают плотные и массивные разновидности этих же пород.

Вторая категория районов (не защищенных от поверхностных загрязнений) включает долины рек, а также Уфимское плато, западный склон Урала, западную часть Юрюзано-Сылвинского понижения, некоторые участки Камско-Бельской низменности, Бельской впадины, Бугульминско-Белебеевской возвышенности, Центрально-Уральского поднятия, а также область развития карбонатных пород Магнитогорского мегасинклинория. Для них характерны следующие признаки: 1) широкое развитие карстовых процессов, отсутствие или

малая мощность глинистых покровных отложений; 2) быстрое проникновение загрязнителей в горизонты трещинно-карстовых вод (10n сутки) и высокие скорости их миграции (10n – 100n м/сутки); 3) в долинах рек: а) наличие глинистых пород в зоне аэрации, б) короткое время проникновения загрязняющих веществ в водоносный горизонт (10n – 100n сутки).

Район ПА соответствует долинам рек Камы, Белой, Демы, Ика, Урала и их притоков. Здесь выделяется выдержанный водоносный горизонт аллювиальных четвертичных отложений. Ширина его изменяется от 1–2 до 8–10 км, достигая в устьях Белой и Ика 30–50 км. Мощность водоносных песчано-гравийно-галечниковых отложений, залегающих в основаниях террас, колеблется от 3–5 до 20–30 м, иногда и более. Зеркало подземных вод горизонта в межень находится в 2–7 м от поверхности на первой и 5–15 м — на второй и третьей надпойменных террасах. Воды горизонта, как правило, имеют единую гидравлическую поверхность, наклоненную к реке (величина уклона 0,0005–0,03). Коэффициенты фильтрации песчано-гравийно-галечниковых отложений варьируют от 5–10 до 100–150 м/сут и более. Сверху они перекрыты глинистыми слабопроницаемыми ($K_{\phi} = 0,01–1,2$ м/сут) осадками мощностью от 3–5 до 20–30 м. Большая часть глинистых отложений находится в зоне аэрации.

При характеристике этого района необходимо подчеркнуть то, что долины рек, с одной стороны, несут наибольшую техногенную нагрузку (здесь расположены все крупные города, промышленные предприятия, сельскохозяйственные объекты и пр.), а с другой — к ним приурочен наиболее высокопроизводительный водоносный горизонт, эксплуатирующийся многочисленными водозаборами. Большинству долин рек Предуралья и бассейна нижнего течения р. Таналык характерно увеличение минерализации (от 0,3 до 3, иногда до 10 г/л) вниз по разрезу аллювия и к бортам долин за счет разгрузки солоноватых и соленых вод из подстилающих пермских, меловых и других пород. Последнее связано с тем, что долинам рек свойственно прямое соотношение уровней вод горизонтов в вертикальном разрезе. Пьезометрические уровни вод в пермских отложениях обычно превосходят уровень аллювиальных вод. С глубиной уровни повышаются, то есть создаются условия для восходящих перетоков из нижних горизонтов в верхние и в русла рек. Эта закономерность выдерживается в долинах рек не только первого порядка, но и второго и третьего порядков. Градиенты напора при фильтрации из пермских и неогеновых (кинельских) отложений в аллювий составляют минус 0,05–0,2, а в русла рек — до минус 0,4–1,5.

Гидрохимически восходящая разгрузка проявляется в аномальном составе вод — хлоридно-гидрокарбонатном в низовьях Белой, Быстрого Таныпа и сульфатном натриевом в долинах Демы, Чермансана, сульфатно-хлоридном в долине р. Таналык и др.

Наличие четвертичных глинистых отложений в долинах рек не гарантирует защищенности аллювиального водоносного горизонта и от проникновения загрязняющих веществ «сверху». Выполненные расчеты показывают, что время проникновения их, в зависимости от мощности и фильтрационных свойств глинистых пород, исчисляется от нескольких десятков, до сотен суток. Все изложенное выше свидетельствует о том, что этот район наименее защищен от загрязнений.

Район ПБ соответствует Уфимскому плато и западному склону Урала, сложенным мощной толщей сильно закарстованных карбонатных осадков нижней перми, карбона и девона, заключающих пресные воды гидрокарбонатного кальциевого состава.

На Уфимском плато толща представлена переслаиванием водопроницаемых (до 90%) известняков, доломитов и относительно водупорных (около 10%) мергелей, глинистых и кремнистых известняков нижней перми. Из-за сильной трещиноватости и закарстованности пород практически весь поверхностный сток переводится в подземный. Даже весной не все реки, за исключением крупных (Ай, Юрюзань и некоторые другие), имеют водоток.

В пределах Уфимского плато, включая и долины рек, наблюдается хорошо выраженное обратное соотношение уровней по вертикали. Разрыв уровней между отдельными водоносными горизонтами составляет 30–80 м, а градиенты нисходящей фильтрации — от 0,2–0,4 до 1,0–3,0. Относительно высокие градиенты межпластовой фильтрации связаны с хорошей проницаемостью карбонатных пород, большой мощностью обводненной их части и малой мощностью разделяющих слабопроницаемых слоев (1А вид гидродинамического разреза).

Схожие условия взаимосвязи водоносных горизонтов имеют карбонатные породы карбона и девона на западном склоне Урала.

Таким образом, широкое развитие карста, трещиноватости пород, отсутствие или малая мощность покровных глинистых отложений и особенности гидрогеодинамических условий обусловили незащищенность пресных подземных вод района. Расчеты времени проникновения загрязняющих веществ до уровня подземных вод показали, что она исчисляется от нескольких до ста суток.

Район ПВ выделен на границе Башкортостана с Челябинской областью в зоне развития карбонатных пород каменноугольного воз-

раста в Магнитогорском мегасинклинии. Условия формирования и защищенность пресных подземных вод аналогичны району ПБ.

Район ПГ расположен в пределах Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Он охватывает площади распространения верхнепермских (татарских, казанских, местами уфимских) отложений, представленных чередованием известняков, мергелей, песчаников, алевролитов и аргиллитоподобных глин. В пределах зоны дренирования эрозионной сетью мощностью до 200–250 м повсеместно распространены образования татарского и казанского ярусов перми, заключающие пресные воды. В слоистой, фильтрационно-неоднородной толще пород выделяются до 5–6 водоносных слоев известняков и песчаников, разделенных глинами и алевролитами. В юго-западном направлении в разрезе увеличивается содержание карбонатов, достигая в верхнеказанском подъярусе 80–90% мощности. В этом направлении происходит уменьшение мощности песчано-глинистых осадков и появление в разрезе гипсов мощностью до 15 м и более.

Карбонатные и сульфатные породы подвержены интенсивным карстовым процессам. Закарстованность отложений вместе с сильной их трещиноватостью обусловила значительную водопроницаемость верхнепермских пород. Коэффициенты фильтрации песчаников изменяются от 0,5 до 5,0–7,0, иногда 10–15 м/сут, известняков — от 3–5 до 30–50, достигая в интенсивно закарстованных породах 100 м/сут, а действительные скорости составляют 1,7–4,3 м/сут.

Водоносные горизонты безнапорные (1А вид разреза), иногда наблюдается местный напор с величиной до 15–30 м (1Б вид). Отметки уровней с глубиной уменьшаются; величина градиента фильтрации в зависимости от соотношения мощностей обводненной части верхних горизонтов (5–20 м) и разделяющих слабопроницаемых слоев (4–30 м) колеблется от 0,2–0,4 до 1,8–2,5, обычно 1,0–1,2.

Выполненные расчеты времени перетекания подземных вод из верхних в нижние водоносные слои показали, что оно в северо-восточной части района исчисляется до 7–10 лет и более. В юго-западном направлении, в пределах распространения преимущественно карбонатных пород, для всей верхнепермской толщи зоны дренирования оно не превышает одного года. В целом эти расчеты подтверждаются многолетними натурными наблюдениями за процессом загрязнения на нефтяных месторождениях Шкаповской и Туймазинской групп.

Район ПД отвечает площади развития карбонатно-сульфатных отложений уфимского яруса (соликамский горизонт) и сульфатных пород кунгурского яруса (иреньский горизонт) на Прибельской равнине. В этом районе пресные воды развиты лишь спорадически.

В основном подземные воды характеризуется повышенной (до 3 г/л) минерализацией и сульфатным кальциевым составом. Они, не имея большого хозяйственно-питьевого значения, представляют ценность как минеральные лечебно-столовые, а также могут использоваться в качестве оросительной воды.

Водоносность пород обусловлена их закарстованностью и трещиноватостью. Мощность трещинно-карстовой зоны составляет в среднем 50–100 м. Воды в основном безнапорные, и только в придолинных зонах, где пермские трещиноватые и закарстованные породы экранированы глинистыми плиоценовыми и четвертичными отложениями, они обладают напором. Здесь отмечены мощные восходящие источники с дебитом до 100–150 л/с более. Характерны большие скорости движения подземных вод; коэффициенты фильтрации пород достигают 100 м/сут, а действительные скорости — 1–3 км/год и более. Столь высокие скорости способствуют интенсивной миграции загрязняющих веществ в закарстованных породах.

Район ПЕ выделен в западной части Юрюзано-Айского понижения (см. рис. 13). Поверхность его выровненная и слабо расчлененная. Сложен район карбонатно-терригенными осадками кунгура. Основная часть (до 60–70%) их представлена водопроницаемыми породами — известняками, загипсованными песчаниками. Мощность зоны пресных вод (участками слабосоленоватых — 1–2 г/л) составляет 100–150 м. Первый от поверхности водоносный горизонт обычно безнапорный, а нижележащие — обладают напором величиной от 5–10 до 50–60 м. Уровни с глубиной снижаются (1Б вид разреза); градиент фильтрации на водоразделе Ай — Юрюзань — до 0,5. Время перетекания подземных вод из верхних в нижние водоносные горизонты составляет обычно менее года.

Район ПЖ характеризует область развития трещинно-жильных вод Центрально-Уральского поднятия. Он сложен сильно литифицированными, в различной степени метаморфизованными (кварциты, сланцы и др.) и дислоцированными породами позднего протерозоя и раннего палеозоя.

Мощность подземных вод зоны экзогенной трещиноватости достигает 80–100 м. Ресурсы подземных вод определяются исключительно количеством атмосферных осадков.

Таким образом, в пределах Предуралья *к условно защищенным горизонтам отнесены:*

— площади распространения верхнепермских водоносных комплексов преимущественно с межпластовыми водами Бугульминско-Белебеевской возвышенности и Общего Сырта;

- верхнепермских, неогеновых и неоген-четвертичных образований выровненной левобережной части холмисто-увалистой Прибельской равнины;
- нижнепермских, преимущественно терригенных комплексов Приайской равнины и верхнепермских на холмисто-увалистых предгорьях западного склона Урала.

К незащищенным горизонтам отнесены:

- площади карстующихся карбонатных и сульфатных нижнепермских образований Уфимского плато и Прибельской равнины в междуречьях Уршак – Белая, Уфа – Сим и части, примыкающие к указанному плато;
- площади нижнепермских преимущественно терригенных комплексов в пределах северной и центральной частей Белокатайского плато и передовых низкогорных хребтов западного склона Урала с мало-мощным суглинистым слоем или с отсутствием последнего;
- площади распространения аллювиального четвертичного горизонта долин рек (преимущественно пойма и первая надпойменная терраса).

Область Горного Урала характеризуется развитием подземных вод зон открытой трещиноватости метаморфических образований, перекрытых с поверхности невыдержанными по площади, мощности и составу песчано-глинистыми и щебнистыми элювиально-делювиальными отложениями; на водоразделах последние могут отсутствовать. ***По этой причине вся территория отнесена к незащищенной.***

Территория Зауралья (Сакмаро-Таналыкская и Кизило-Урта-зымская равнины) ***отнесена к условно защищенной*** в связи с почти повсеместным перекрытием водоносных толщ делювиальными неоген-четвертичными суглинистыми и глинистыми отложениями. ***К незащищенным*** на этой территории относятся участки речных долин и логов с глубиной залегания как грунтовых вод четвертичного горизонта, так и вод зоны трещиноватости на глубинах 1–5 м; а также площади развития каменноугольных карбонатных пород с поверхностными карстопроявлениями.

Согласно градации условий защищенности установлено, что из 51 месторождения с утвержденными эксплуатационными запасами подземных вод к условно защищенным можно отнести только 19 (37%). Это — месторождения межпластовых порово-трещинных вод Бугульминско-Белебеевской возвышенности и Общего Сырта, терригенных нижнепермских комплексов Приайской равнины.

ГЛАВА 3.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Пресные питьевые подземные воды, как уже отмечалось в главе 2, развиты главным образом в зоне активного водообмена и приурочены к породам широкого возрастного диапазона (см. рис. 7). Они формируются под воздействием гидрометеорологических и других факторов в результате выноса химических компонентов из горных пород. В пределах Волго-Уральского артезианского бассейна, где вынос компонентов происходит из осадочных терригенных и карбонатных пород, формируются преимущественно гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые, магниевые-кальциевые, кальциевые-магниевые, натриевые и смешанные по катионному составу воды с минерализацией до 1 г/л и общей жесткостью от 3 до 10–15 мг-экв/л. На площади развития гипсов кунгурского яруса и загипсованных верхнепермских пород в них образуются сульфатные кальциевые и магниевые-кальциевые воды с минерализацией 1–3 г/л и жесткостью 15–35 мг-экв/л.

В пределах Уральской гидрогеологической складчатой области (см. рис. 7) в бассейнах трещинно-жильных вод Центрально-Уральского поднятия и Магнитогорского мегасинклинория в магматических и осадочных породах формируются воды более сложного геохимического состава: гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные трехкомпонентного катионного (кальциевого, магниевое, натриевого) состава с минерализацией от 0,1–0,6 г/л, иногда до 10–15 г/л, общей жесткостью от 3–5 до 12–14 мг-экв/л и более.

3.1. Химический состав подземных вод зоны активного водообмена

Химический состав подземных вод аллювиального четвертичного горизонта (аQ) отличается разнообразием. На большей части площади развития аллювиальных отложений в них содержатся гидрокарбонатные

кальциевые и магниевые-кальциевые воды преимущественно типа II с минерализацией 0,4–0,7 г/л и общей жесткостью 6–7 мг-экв/л (табл. 7, № 1–3, 5–10, 15, 18–23, 30, 34). Воды аллювия некоторых рек Зауралья (Янгелька, Таналык, Уртазымка и др.) имеют гидрокарбонатный натриево-кальциевый и кальциево-натриевый состав, а на юго-западе Республики (Хайбуллинский район) они гидрокарбонатно-хлоридные кальциево-натриевые. Минерализация вод от 0,1–0,4 в северной части до 1,2 г/л (Акъяр) на юге, соответственно жесткость — от 3–6 до 12–14 мг-экв/л.

На отдельных участках разгрузки вод из гипсов и загипсованных пород кунгурского и уфимского ярусов в аллювии речных долин рек Белой (между г.г. Стерлитамак и Бирск), Уфы (нижнее течение), Демы, Уршака, Чермасана, Ика, Быстрого Таныпа, Бири, Базы, Уязы и др. встречены гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатные магниевые-кальциевые и кальциевые воды (см. табл. 7). Минерализация их колеблется от 1 до 3 г/л, а жесткость достигает 30–35 мг-экв/л.

В долинах рек Белой (в районе пос. Дюртюли, деревень Новобура и Баргата), Быстрого Таныпа (у с. Каратамак) и Ика (западного) известны воды хлоридно-гидрокарбонатного класса типа IIIa и IIIб. Минерализация их варьирует от 0,4 до 0,81–1,0 г/л, содержание хлора достигает 100–120 мг/л (до 30%-экв). В районе Бирских минеральных источников в аллювиальных отложениях установлены сульфатно-хлоридные натриево-кальциевые воды типов II и IIIa повышенной минерализации (до 5 г/л).

В долинах рек Демы, Ика, Быстрого Таныпа, Уршака, Чермасана, Кармасана, нижнего течения р. Белой, Урала, Сакмары, Таналыка в водах аллювия отмечается повышенное содержание железа (до 2–5 мг/л), марганца (до 1–2 мг/л) и некоторых других компонентов.

Характеризуя химический состав вод аллювиальных отложений необходимо отметить, что они являются основным источником хозяйственного питьевого водоснабжения городов и населенных пунктов Республики. При этом важное эколого-гигиеническое значение, наряду с химическим составом, имеет микрокомпонентный (биологически активные F, B, Br, I и др.) состав воды. Нами при оценке закономерностей распределения и накопления в природных водах (подземных и поверхностных) микроэлементов особое внимание уделялось распределению фтора в бассейне среднего и нижнего течения р. Белой [Попов, Абдрахманов, 1979]. Известно, что фтор поступает в организм человека главным образом с питьевой водой: физиологическое качество воды ухудшается как при повышенном содержании фтора, так и при слишком малом его количестве.

Химический состав воды централизованных систем водоснабжения населенных пунктов

| №п/п | Населенный пункт (наименование водозабора) | Воловмешан- шие породы и их возраст | Минерализа- ция, г/л | pH | Ингредиенты, мг/л, % | | | | | | | Общая жест- кость (мг-экв/л) |
|------|--|---|-------------------------|-----|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|---------------------------------|
| | | | | | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | г. Уфа (северный) | Песок, гравий, аQ | 0,62 | 7,5 | 228,1 44 | 217,0 52 | 10,0 4 | 140,0 80 | 18,0 18 | 5,3 2 | 0 0 | 8,5 |
| 2 | г. Уфа (южный) | Песок, гравий, аQ | 0,5 | 7,6 | 228,1 55 | 134,0 41 | 10,0 4 | 98,2 71 | 21,0 25 | 6,1 4 | 0 0 | 6,6 |
| 3 | г. Стерлитамак (Ашкадарский) | Песок, гравий, аQ | 0,67 | 7,2 | 336,0 60 | 103,7 23 | 53,5 17 | 72,1 40 | 34,0 25 | 73,0 35 | | 5,9 |
| 4 | г. Стерлитамак (Берхомутский) | Известняк, С ₂ | 0,47 | 7,1 | 256,3 63 | 59,5 18 | 46,0 19 | 65,1 48 | 22,5 30 | 24,5 22 | | 5,2 |
| 5 | г. Ишимбай (Ишимбайский) | Песок, гравий, аQ | 0,46 | 7,6 | 259,0 67 | 50,0 17 | 36,3 16 | 72,1 57 | 23,1 30 | 18,6 13 | | 5,5 |
| 6 | г. Салават (Зирганский) | Песок, гравий, аQ | 0,46 | 7,4 | 195,3 48 | 39,0 11 | 96,0 41 | 55,0 43 | 15,0 19 | 54,7 37,2 | 2,0 0,8 | 4,0 |
| 7 | г. Октябрьский (Мало-Бавлинский) | Песок, гравий, аQ | 1,02 | 7,4 | 305,0 32 | 255,0 34 | 185,0 33 | 188,4 60 | 53,5 28 | 39,0 11 | | 13,8 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 8 | г. Октябрьский (Якшаевский) | Песок, гравий, аQ | 0,95 | 6,9 44 | 378,0 44 | 320,0 47 | 45,0 9 | 160,0 57 | 51,0 30 | 43,7 13 | | 12,2 |
| 9 | г. Нефтекамск (Нефтекамский) | Песок, гравий, аQ | 0,34 | 7,5 | 138,0 48 | 58,0 25 | 48,0 27 | 60,0 62 | 9,0 15 | 22,3 21,7 | 2,5 1,3 | 3,8 |
| 10 | г. Мелеуз (Каранский) | Песок, гравий, аQ | 0,31 | 7,7 | 198,0 78 | 28,9 15 | 10,0 7 | 40,1 48 | 18,2 36 | 15,0 16 | | 3,5 |
| 11 | г. Кумертау (Мокрый Лог) | Песчаник, P ₂ -T ₁ | 0,33 | 8,4 | 201,0 75 | 44,0 20 | 8,1 5 | 45,1 50 | 16,4 30 | 20,7 20 | | 3,5 |
| 12 | г. Сибай (Кизильский) | Известняк, C ₁ | 0,39 | 7,6 | 228,0 72 | 40,8 15 | 25,4 13 | 58,8 55 | 15,6 25 | 23,7 20 | | 4,2 |
| 13 | г. Белебей (Усеньский) | Известняк, песчаник, P ₂ ц | 0,44 | 7,4 | 298,0 83 | 27,8 10 | 14,5 7 | 60,7 50 | 26,8 37 | 16,0 12 | | 5,2 |
| 14 | г. Учалы (Курташский, Бирса) | Известняк, песчаник, песок, гравий, D _{1,2} + аQ | 0,31 | 7,5 | 193,0 79 | 38,1 19 | 2,6 2 | 48,1 58 | 13,3 27 | 13,5 15 | | 3,5 |
| 15 | г. Бирск (Костаревский) | Песок, гравий, аQ | 0,66 | 6,9 | 274,0 48 | 99,0 22 | 99,0 30 | 168,6 86 | 7,3 7 | 16,0 7 | | 8,6 |
| 16 | г. Белорецк (Катайский) | Доломиты, сланцы, дресва, PR ₂ av + аQ | 0,15 | 6,9 | 91,0 72 | 15,8 14 | 10,9 14 | 23,5 57 | 7,2 28 | 6,9 14 | | 1,8 |
| 17 | г. Туймазы (Нуркеевский ТЭГО, Бишиндинский) | Известняк, песок, гравий, P ₂ ц + аQ | 1,7 | 7,1 | 323,0 21 | 590,0 48 | 278,6 31 | 236,2 46 | 70,5 23 | 179,4 31 | | 17,6 |
| 18 | г. Давлеканово (Курманкеевский) | Песчаник, песок, гравий, P ₂ ц + аQ | 1,5 | 7,3 | 360,1 27 | 727,0 69 | 32,0 4 | 306,0 65 | 70,0 24,8 | 55,4 10 | 2,2 0,2 | 21,0 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|--|--|------|-----|-------------|-------------|------------|---------------|--------------|--------------|------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 19 | п. Чишмы (Исаковский) | Песок, гравий, аQ | 0,95 | 7,5 | 341,7 43 | 325,0 52 | 22,0 5 | 185,0 63,6 | 49,0 28 | 27,9 8 | 2,0 0,4 | 13,3 |
| 20 | п. Иглино (Кляшевский) | Песок, гравий, аQ | 0,2 | 7,2 | 31,0 80 | 55,5 17 | 5,8 3 | 94,3 72 | 17,4 21 | 9,2 7 | | 6,1 |
| 21 | п. Раевский (Раевский) | Песок, гравий, аQ | 0,8 | 7,5 | 364,0 55 | 195,8 37 | 30,2 8 | 137,7 64 | 44,9 34 | 3,7 2 | | 10,6 |
| 22 | с. Месягутово (Месягутовский) | Песчаник, песок, гравий, P _{1a} + аQ | 0,6 | 7,3 | 348,0 61 | 148,0 33 | 19,3 6 | 106,0 57 | 28,7 25 | 39,0 18 | | 7,6 |
| 23 | п. Архангельский (Архангельский) | Песок, гравий, аQ | 0,7 | 7,1 | 543,1 91 | 17,0 3 | 21,9 6 | 133,5 68 | 20,3 17 | 32,2 15 | | 8,4 |
| 24 | с. В. Яркеево (Кикичу) | Песок, гравий, N ₂ | 0,5 | 7,1 | 397,0 93 | 11,5 3 | 11,4 4 | 88,4 63 | 23,8 28 | 13,8 9 | | 6,4 |
| 25 | с. Большеустыинское (старый, новый) | Известняк, песчаник, P _{1fl} | 0,55 | 7,3 | 397,0 89 | 24,0 7 | 9,55 4 | 60,2 41 | 47,7 54 | 7,8 5 | | 6,9 |
| 26 | с. Бакалы (Бакалинский) | Песчаник, P _{2u} | 0,64 | 6,9 | 360,0 71 | 73,0 18 | 33,0 11 | 105,0 54 | 43,0 35 | 23,4 10,5 | 1,8 0,5 | 8,8 |
| 27 | с. Языково (Топоринский) | Песчаник, известняк, P _{2u} | 0,75 | 7,5 | 318,1 52 | 223,0 45 | 10,0 3 | 110,0 48 | 55,0 39 | 31,7 12,7 | 1,1 0,3 | 10,0 |
| 28 | с. Чекомагуш (Игенче) | Известняк, песчаник, P _{2u} | 1,3 | 7 | 335,6 30 | 606,0 68 | 13,0 2 | 150,0 40 | 82,0 35,7 | 105,5 24 | 2,3 0,3 | 14,3 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|----|-------------------------------------|--|------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|------------|------|
| 29 | с. Караидель (Караидельский) | Известняк, P ₁ | 0,51 | 7,1 | 357,0 84 | 33,1 10 | 15,5 6 | 100,2 63 | 30,4 32,8 | 6,0 4 | 0,7 0,2 | 7,5 |
| 30 | с. Акъяр (Таналык) | Песок, гравий, J ₁₋₂ + aQ | 1,17 | 7,9 | 366,0 35 | 290,0 35 | 181,0 30 | 105,2 22 | 62,0 22 | 163,5 56 | | 10,4 |
| 31 | с. Киргиз-Мияки (Миякинский) | Песчаник, известняк, P ₂ kz ₁ | 0,7 | 7,6 | 433,0 74 | 106,0 23 | 12,3 3 | 45,2 23 | 34,0 29 | 106,0 48 | | 5 |
| 32 | с. Кушнареново (Кушнареновский) | Песок, гравий, N ₂ | 0,5 | 7,4 | 384,0 92 | 2,0 0,6 | 18,0 7 | 78,5 57 | 29,7 36 | 12,0 7 | | 6,3 |
| 33 | с. Мраково (Мраковский) | Песчаник, алевролит, P ₂ | 0,6 | 7,1 | 378,0 82 | 50,0 9 | 38,1 9 | 119,7 78 | 20,3 6 | 15,0 16 | | 7,7 |
| 34 | с. Красная Горка (Красная Горка) | Песок, гравий, aQ | 0,5 | 7,5 | 342,0 86 | 31,6 9 | 9,3 5 | 88,4 68 | 20,9 26 | 9,2 6 | | 6,1 |
| 35 | с. В. Киги (Купертау) | Песчаник, P ₁ s-a | 0,8 | 7 | 500,0 70 | 121,0 21 | 40,1 9 | 34,0 14 | 91,7 63 | 59,8 22 | | 9,2 |

¹ Химический состав вод приводится по данным анализов ГУ Центра госсанэпидемнадзора г. Уфы, Испытательного центра ФГУН УфНИИ МТЭИ, ЦАККВ МУП «Уфалодоканал» и РАЦ ККВ ГУП «Башкоммунводоканал», выполненных по заданию контрольно-счетной палаты Республики Башкортостан в апреле 2005 г.

Установлено, что у людей в течение длительного времени использующих для питья воду с содержанием фтора свыше 1,5 мг/л развивается флюороз, который приводит к полному разрушению зубов. При концентрации фтора более 2,0 мг/л флюороз нередко распространяется и на костную систему человека [Николаева, Ицкова, 1973]. Избыток фтора в организме, кроме того, тормозяще действует на образование антител в крови и угнетает многие ферментативные процессы.

При дефиците фтора в источнике водоснабжения резко возрастает заболеваемость кариесом, особенно среди детей, что, в свою очередь, может привести к поражению сердца, суставов и желудочно-кишечного тракта.

Исследования [Попов, Абдрахманов, 1979] показали, что для среднего течения р. Белой (с. Иштуганово — г. Уфа), протяженностью 450 км, характерно постепенное нарастание минерализации воды от 0,16 до 0,76 г/л. При выходе р. Белой из гор на равнину у с. Иштуганово вода по составу является гидрокарбонатной магниево-кальциевой с содержанием фтора 0,16 мг/л. Такой состав при постепенно увеличивающемся содержании солей сульфатов и хлоридов сохраняется до г. Стерлитамака, в районе которого концентрация фтора составляет 0,32–0,48 мг/л (рис. 14).

Существенные изменения химического состава воды в р. Белой происходят ниже г. Стерлитамака; вода становится хлоридно-гидро-

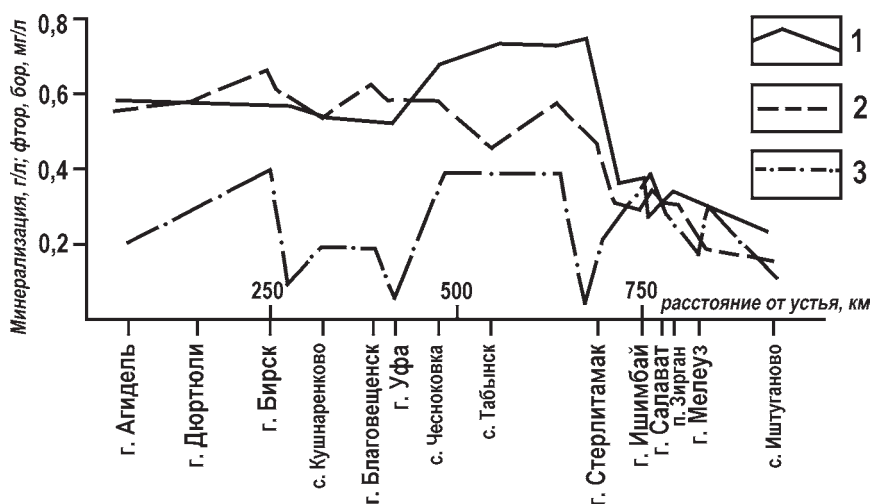


Рис. 14. Изменение минерализации воды, содержания фтора и бора в среднем и нижнем течении р. Белой [Попов, Абдрахманов, 1979]

1 — минерализация, 2 — фтор, 3 — бор

карбонатной и гидрокарбонатно-хлоридной смешанного катионного состава с минерализацией 0,6–0,9 г/л. Содержание фтора у г. Уфы возрастает до 0,6 мг/л.

В нижнем течении р. Белой (450 км), после впадения в нее многоводного левого притока — р. Уфы, гидрохимический режим реки несколько стабилизируется, что выражается в узком диапазоне колебания минерализации (0,53–0,6 г/л) и относительном постоянстве содержания главных ионов. Воде свойственен хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатный магниевый-кальциевый состав; концентрация фтора на этом отрезке колеблется от 0,56 до 0,68 мг/л.

Таким образом, содержание фтора увеличивается вниз по течению р. Белой от 0,16 до 0,6–0,68 мг/л. Средневзвешенная для реки величина равна 0,46 мг/л, что близко к содержанию фтора в р. Каме и ее водохранилищах — 0,34–0,62 мг/л. Это свидетельствует об устойчивости фтора в поверхностных водах Западного Предуралья.

Концентрация фтора в Бельской воде находится в прямой корреляционной связи с величиной минерализации (см. рис. 14). Эта связь, кроме того, подчеркивается сравнительно неширокими пределами колебания коэффициента $F \cdot 10^4 / \Sigma c$ (6–10), являющегося одновременно и показателем обогащенности фтором солевого состава воды. Примерно такими же величинами этого отношения (в среднем 8) характеризуются и подземные сульфатные кальциевые воды Башкирского Предуралья, формирующиеся в гипсах и загипсованных породах пермского возраста. Примечательна также связь в поверхностных водах фтора с бором, что свойственно и подземным водам.

Левые притоки р. Белой (Ашкадар, Куганак, Уршак, Дема, Чермасан, Сюнь и др.), истоки которых находятся на равнине, имеют, как правило, гидрокарбонатно-сульфатный состав с минерализацией до 2,2 г/л и содержат повышенные концентрации фтора — 0,8–1,1 мг/л. В маломинерализованных водах (0,1–0,5 г/л) правых притоков (Инзер, Зилим, Селеук, Уфа), берущих начало в горах, содержание фтора значительно ниже — от «не обнаружено» до 0,2 мг/л.

Основным источником поступления фтора в поверхностные воды Башкирского Предуралья являются подземные воды. Некоторое, как нам представляется — незначительное, количество фтора извлекается из загипсованных терригенных пород и гипсов, обнажающихся на склонах долин и нередко выходящих в руслах рек, путем прямого выщелачивания минералов фтора.

В полном соответствии с данными по фтороносности речных вод находится содержание фтора в водозаборах грунтово-инфильтрационного типа на р. Белой, снабжающих питьевой водой г.г. Кумертау,

Салават, и на р. Уфе, используемых для водоснабжения г. Уфы. Доля речных вод в общей производительности водозаборов этого типа достигает 70–80%.

Содержание фтора в маломинерализованных (0,3–0,4 г/л) гидрокарбонатных кальциевых водах Кумертауского водозабора (Ировский и Ялчинский участки) колеблется от 0,05 до 0,2 мг/л (в среднем 0,1 мг/л), а в р. Белой — 0,16–0,2 мг/л. Примерно такое же содержание фтора (менее 0,15 мг/л) установлено и в воде хозяйственно-питьевого водозабора для г. Салавата.

Наиболее отчетливая зависимость содержания фтора в воде грунтово-инфильтрационных водозаборов от его концентрации в реке наблюдается на группе Уфимских водозаборов в долине р. Уфы. Содержание фтора в воде р. Уфы, имеющей сульфатно-гидрокарбонатный магниевый-кальциевый состав с минерализацией 0,3–0,4 г/л, обычно колеблется в пределах 0,2–0,75 мг/л, а в воде Максимовского водозабора — 0,1–0,8, редко до 1,5 мг/л.

Для вод этого водозабора также отмечается прямая корреляционная связь между фтором и минерализацией. Как следует из рис. 15, участок Максимовского водозабора не является благоприятным в отношении фтороносности. В водах, отвечающих требованиям, предъявляемым к питьевым водам по общему солевому составу, величине минерализации и жесткости, содержание фтора составляет 0,1–0,5 мг/л, то есть ниже СанПин 2.1.4.1074–01 [2001]. С другой стороны, оптимальная для источников питьевого использования концентрация этого

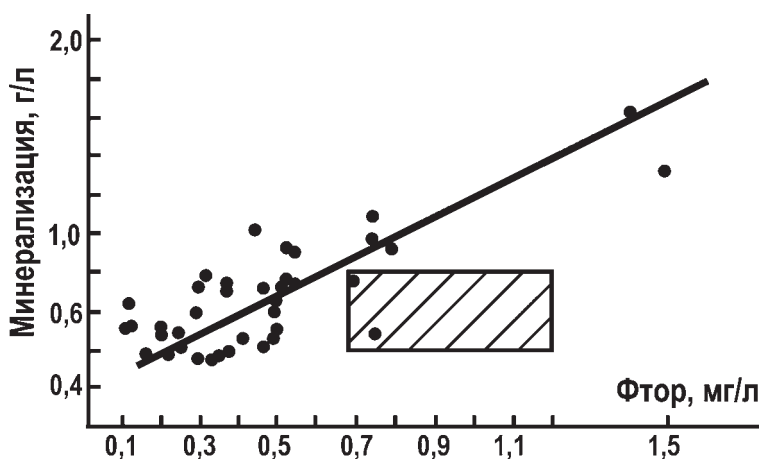


Рис. 15. Связь между содержанием фтора и величиной минерализации воды (Максимовский участок Уфимского водозабора) [Попов, Абдрахманов, 1979]

микроэлемента в пределах указанного водозаборного участка встречена преимущественно в водах, имеющих повышенную минерализацию (0,8–2 г/л) и высокую жесткость (10–25 мг-экв), то есть в водах, не удовлетворяющих питьевым нормам по этим показателям. На рис. 15 показан прямоугольник, отвечающий хорошему качеству воды по всем рассматриваемым ингредиентам (фтор, минерализация, жесткость, содержание сульфатов и хлоридов). Как видно, почти все проанализированные пробы находятся вне его.

Микроэлементный состав воды аллювиального горизонта характеризуем по состоянию на апрель 2005 г. на примере водозаборов г. Уфы по данным ЦАККВ МУП «Уфаводоканал» (табл. 8).

В целом все водозаборы, эксплуатирующие аллювиальный водоносный горизонт, находятся в сложном экологическом состоянии. В наиболее сложном положении оказались инфильтрационные водозаборы г.г. Уфы (Южный), Октябрьского (Якшеевский и Кызыляровский), Туймазы. Как уже отмечалось, 80–90% воды в них составляют речные воды, которые подвержены интенсивному загрязнению [Абдрахманов, 1993, 2005]. В ходе миграции к водозабору за счет различных физико-химических процессов происходит улучшение качества речной воды: освобождение от механических примесей и патогенных бактерий, снижение содержания некоторых компонентов, главным образом органического происхождения. Особую роль при оценке качества воды инфильтрационных водозаборов играют фенолы, нефтепродукты, диоксины, бенз(а)пирен, ПАВ, СПАВ и другие супертоксики. Присутствие, например, фенолов, даже в небольших концентрациях, придает воде неприятный специфический запах, усиливаемый при хлорировании. Присутствие в воде р. Белой фенолов, нефтепродуктов и других органических веществ сверх допустимых норм является одним из основных факторов, ограничивающих создание в нижнем ее течении высокопроизводительных инфильтрационных водозаборов.

Чрезвычайные происшествия, имевшие место на Южном водозаборе г. Уфы в 90-е годы прошлого века, свидетельствуют, насколько актуальна охрана водных ресурсов бассейнов рек от загрязнения. По данным М.Г. Сафарова [2000], в 1992 г. концентрация диоксинов и фуранов (пг/л) составляла: на Южном водозаборе г. Уфы — 17,4, Северном — 8,1, Демском — 24,6, Изякском — 5,5¹.

¹ Максимально допустимое содержание (ПДК) диоксинов в воде, принятое в России в 1991 г. (Приказ Минздрава №142-9/105 от 5.06.91 г) составляет 20 пг/л (до 1991 г. — 0,26 пг/л, а в США — 0,013 пг/л, Германии — 0,01 пк/л, Италии — 0,05 пг/л)

Таблица 8

Химический состав воды Уфимских водозаборов

| Показатели, мг/л | Северный водозабор | Южный водозабор |
|----------------------------|--------------------|-----------------|
| Сульфаты | 217 | 134 |
| Хлориды | 10 | 10 |
| Нитраты | 3,7 | 6,5 |
| Кальций | 140 | 98,2 |
| Магний | 18 | 21 |
| Натрий | 5,3 | 6,1 |
| Калий | 0,61 | 0,58 |
| Сухой остаток | 550 | 413 |
| Общая жесткость (мг-экв/л) | 8,5 | 6,6 |
| pH | 7,5 | 7,6 |
| Окисляемость | 1,3 | 0,7 |
| Полифосфаты | <0,02 | <0,02 |
| Фтор | 0,28 | 0,24 |
| Железо | <0,1 | <0,1 |
| Никель | <0,002 | <0,002 |
| Хром | <0,002 | <0,002 |
| Кадмий | <0,0001 | <0,0001 |
| Свинец | <0,0002 | <0,0002 |
| Медь | 0,0020 | 0,0026 |
| Цинк | <0,002 | <0,002 |
| Кремний | 4,2 | 3,4 |
| Серебро | <0,0001 | <0,0001 |
| Хлороформ | 0,0032 | 0,0035 |
| 1,2-Дихлорэтан | <0,001 | <0,001 |
| 4-хлористый угл. | <0,00006 | 0,000062 |
| Трихлорэтилен | <0,0005 | <0,0005 |
| Бромдихлорметан | 0,0015 | 0,0011 |
| Дибромхлорметан | 0,00047 | <0,0003 |
| Тетрахлорэтилен | <0,0002 | <0,0002 |
| Бромформ | <0,001 | <0,001 |

Значительную опасность для водозаборов инфильтрационного типа представляют широко используемые на нефтепромыслах для интенсификации добычи различные химические реагенты: поверхностно-активные вещества (ПАВ), кислоты, щелочи и пр. Только в объединении «Башнефть» за последние десять – двадцать лет использовано от 85 до 127 наименований химических соединений в количестве до нескольких десятков тонн в год [Байков, Галиев, 1987; Мурзакаев, Максимов, 1989].

Потенциальная опасность ПАВ для геологической среды обусловлена их особыми физико-химическими свойствами (хорошая растворимость в воде, капиллярная активность, пенообразующая, диспергирующая и другие способности). ПАВ, поступая в процессе нефтедобычи с рассолами на поверхность, обладают высокой способностью мигрировать через почвогрунты. Отдельные ПАВ обнаруживаются на глубине до 30 м на расстоянии до 3 км от источника загрязнения по потоку подземных вод. Кроме того, ПАВ способствуют более широкому распространению в геологической среде других химических соединений. Они оказывают влияние на адсорбцию и десорбцию, переводят в растворенное состояние нефть и нефтепродукты [Мурзакаев, Максимов, 1989]. Закачиваемые в скважины ПАВ интенсивно сорбируются горными породами в нефтеносных пластах, а в дальнейшем десорбируются нефтью и переходят в пластовые рассолы. Концентрация ПАВ в пластовых водах контролируется процессами сорбции и биохимической деструкции [Тютюнова, 1987]. Активность этих процессов в значительной степени зависит от термобарических и гидрохимических условий.

Извлекаемые вместе с нефтью пластовые рассолы, попадая через порывы водоводов, прискважинные площадки, пруды-накопители, карстовые воронки и прочие емкости в зоны аэрации и пресных вод, насыщают ПАВ последние.

Исследованиями [Мурзакаев, Максимов, 1989], проведенными в специально пробуренных на горизонты пресных вод скважинах, установлено присутствие в подземных водах ПАВ в значительных количествах (мг/л): анионоактивных — от 0,6 до 12,3, катионоактивных — от 0,3 до 4,4, неионогенных — от 0,8 до 6,4, фосфорорганических комплексов — от 0,13 до 7,2. В поверхностных водах содержание ПАВ примерно в 2–3 раза ниже, чем в подземных (мг/л): анионоактивных — 0,1–6,7, катионоактивных — 0,2–3,4, неионогенных — 0,9–1,6, фосфорорганических — 0,04–2,2.

Накопление в подземных водах зоны активного водообмена высоких концентраций ПАВ способствует длительному загрязнению ими поверхностных вод и, в конечном счете, представляет значительную опасность в целом для окружающей среды. Установлено, что анионоактивные и неионогенные ПАВ уже в небольших концентрациях способствуют интенсивному размножению сапрофитных бактерий, а также патогенных микроорганизмов (бактерий брюшного тифа). Большинство ПАВ практически не подвергается разложению в процессе обработки питьевой воды на очистных сооружениях, то есть барьерная функция водопроводных сооружений по отношению к ПАВ очень низка.

Необходимо также отметить длительный срок сохранения ПАВ в водной среде. В поверхностных водоемах они легко сорбируются органическими и минеральными веществами, оседают вместе с ними на дно и являются вторичным источником загрязнения воды.

Воды неогенового комплекса (N) спорадически развиты в бассейне среднего и нижнего течения р. Белой (см. рис. 7). Характеризуются преимущественно гидрокарбонатным магниево-кальциевым составом с минерализацией 0,3–0,8 г/л и общей жесткостью 5–8 мг-экв/л. Известны также в нижнем течении р. Белой гидрокарбонатные кальциево-натриевые воды и воды смешанного катионного состава [Попов, 1976]. В долинах палео-Белой и др. (рис. 16), в пределах которых осуществляется разгрузка вод иренско-соликамских отложений, известны воды сульфатного и сульфатно-хлоридного классов с минерали-

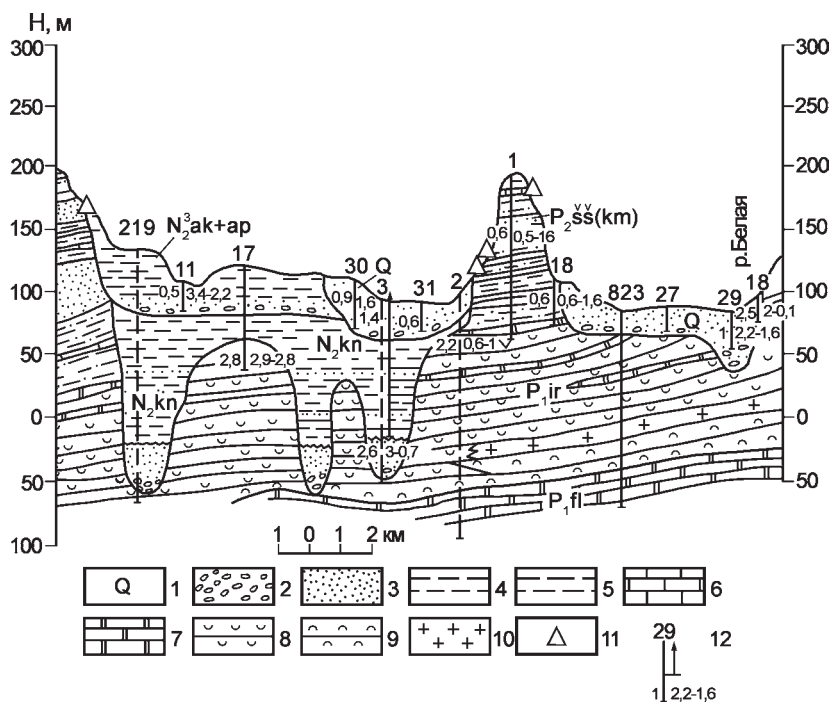


Рис. 16. Гидрогеологический разрез палеодолины р. Белая в створе г. Благовещенска [Попов, 1976]

1 — суглинки; 2 — пески, песчаники; 3 — гравийно-галечные отложения, конгломераты; 4 — гипсы, ангидриты; 5 — известняки; 6 — доломиты; 7 — мергели; 8 — глинистые известняки; 9 — алевролиты; 10 — аргиллитоподобные глины, аргиллиты; 11 — соли; 12 — индекс возраста пород; 13 — скважина: наверху — номер по первоисточнику, штрихами показан уровень подземных вод, стрелка соответствует напору вод

зацией 2,5–3,4 г/л. Среди катионов преобладают кальций и магний. Тип вод II.

В зонах хозяйственной деятельности в воде присутствуют соединения азота (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-). Содержание нитратов достигает 200–300 мг/л. В воде часто присутствует железо (1–3 мг/л).

Нижнетриасовый водоносный комплекс (Т₁) развит локально на правом берегу р. Белой (см. рис. 7). Вода гидрокарбонатного кальциевого и натриево-кальциевого состава с минерализацией 0,3–0,5 г/л, при общей жесткости 5–7 мг-экв/л.

Верхнепермский водоносный комплекс (Р₂) развит в Бельской депрессии (Архангельский, Гафурийский, Ишимбайский, Кугарчинский районы). Воды комплекса характеризуются гидрокарбонатным натриево-кальциево-магниевым составом с минерализацией 0,3–0,6 г/л при общей жесткости 5–7 мг-экв/л. Встречаются сульфатно-гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией 0,7–0,8 г/л. Тип воды II.

Один из источников (скважина картировочного бурения глубиной 323,8 м) из этих отложений каптирован и используется ООО «Басу» для розлива (бутилирования) в Архангельском районе под названием «Алтын-Шишма» («Золотой родник»). Источник расположен в 0,7 км северо-восточнее д. Ново-Сарты на левом берегу безымянного ручья на абсолютной отметке 125 м. Разгрузка происходит с глубины 150–300 м из напорного водоносного горизонта (известняки, песчаники). Первоначально, при фонтанировании, расход скважины составлял 27 л/с (7.07.1961 г.). В настоящее время при самоизливе дебит равенется 5 л/с (12.11.2002 г.).

Химический состав источника — гидрокарбонатный натриево-кальциево-магниевый, жесткость 6,5–7,0 мг-экв/л, рН 7,6–7,7. Минерализация, по данным режимных наблюдений за последние 50 лет (1950–2005 г.), колеблется от 0,38 до 0,64 г/л. Среди микрокомпонентов большой интерес представляет наличие в воде оптимальных концентраций фтора (0,6–0,75 мг/л), что редко встречается в пресных водах на территории Республики Башкортостан. Химический состав воды и содержание в ней микроэлементов приводится по данным анализов (21.04.2005 г.) испытательного центра Госсанэпиднадзора (ЦГСЭН) Республики Башкортостан (табл. 9).

Вода питьевая, обладает хорошими органолептическими свойствами (мутность — 0,6 ЕМФ, цветность — 3,8°, запах, привкус — 0 баллов) и соответствует первой категории.

Казанский водоносный комплекс (в состав комплекса включен и татарский) (Р₂kz + Р₂t). Широко используется для водоснабжения населенных пунктов западных и юго-западных районов Башкортостана.

Таблица 9

Химический состав источника «Алтын-Шишма» («Золотой родник»)

| Наименование показателей | Содержание компонента, мг/л | Наименование показателей | Содержание компонента, мг/л |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| HCO_3^- | 451,5 | Cu | 0,005 |
| SO_4^{2-} | 26,2 | Zn | 0,006 |
| СГ | 8,30 | Pb | 0,0007 |
| Ca^{2+} | 76,1 | Si | 13,7 |
| Mg^{2+} | 38,9 | Mn | 0,0017 |
| Na^+ | 91,7 | Cd | 0,0001 |
| K^+ | 1,25 | Ni | 0,0029 |
| Сухой остаток | 468,3 | Cr | 0,0002 |
| pH | 7,58 | Ba | 0,0414 |
| Окисляемость | <0,25 | F | 0,6–0,75 |
| NO_3^- | 0,52 | Полифосфаты | 0,030 |
| Fe^{2+} | 0,031 | Хлороформ | <0,0006 |

В юго-западных районах (Туймазинский, Белебеевский, Бижбулякский, Миякинский и др.) химический состав вод, формирующихся в терригенно-карбонатных отложениях, преимущественно гидрокарбонатный магниевый-кальциевый. Тип вод II. Минерализация их составляет от 0,3 до 0,8 г/л. Общая жесткость 4–6 мг-экв/л. В западных и северо-западных районах (Балтачевский, Бураевский, Илишевский, Янаульский и др.), где в казанских отложениях преобладают песчано-глинистые породы, в катионном составе, наряду с магнием и кальцием, присутствует натрий (до 200–210 мг/л). Тип воды преимущественно I (содовый).

В бассейне р. Уязы (приток р. Дема) и в верхнем течении р. Ик в составе комплекса развиты также гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатные воды с минерализацией до 2,6 г/л, общей жесткостью до 20–30 мг-экв/л.

Воды комплекса характеризуются величинами Eh от +100 до +350 мВ, pH 7,0–8,5, содержанием микроэлементов (мг/л): фтора — 0,12–0,36, брома — 0,05–0,3, йода — 0,001–0,05, бора — 0,01–0,5, стронция — менее 0,5, лития — менее 0,01.

Водоносный комплекс в районах добычи нефти (Туймазинское, Шкаповское и др. месторождения) подвержен мощному техногенному воздействию [Абдрахманов, 2005]. В результате проникновения пластовых рассолов в верхние водоносные горизонты утратились естественные связи ионно-солевого состава подземных вод с литолого-

минералогическими особенностями водовмещающей среды, появились новые, ранее не свойственные отложениям геохимические типы вод. Минерализация вод во многих случаях повысилась и достигла 5–10 г/л. Одновременно воды стали хлоридными натриевыми и хлоридными кальциево-натриевыми типа IIIa (хлормagneиевого) и IIIб (хлоркальциевого). В солевом составе вод появились NaCl, CaCl₂, и MgCl₂ (рис. 17). На один – три порядка возросли концентрации микроэлементов (мг/л): брома — 0,5–66,5, йода — 0,7–2,2, бора — 0,5–2,85, стронция — 1,0–8,5, лития — 0,03–0,75. Снизилось содержание O₂ (от 8–10 до 0,1–0,5 г/л), в отдельных водопунктах появился H₂S (до 0,5–3, иногда 112 мг/л), в связи с чем значение Eh уменьшилось до –340 мВ, а pH — до 6,2. Отмечается присутствие в подземных водах нефтепродуктов (от 0,1–0,25 до 3,7–4,5 мг/л, иногда и более) и других органических соединений.

Формирование этих вод обусловлено процессами смешения пластовых рассолов карбона – девона с маломинерализованными водами неогеново-четвертичных и верхнепермских отложений. Это подтверждается анализом графиков смешения (рис. 18, 19), из которых виден характер этого процесса, соответствующий линейной зависимости. Необходимо обратить внимание на то важное обстоятельство, что в серии промежуточных вод верхнепермских отложений с минерализацией 2,5–10 г/л доля рассолов глубинного происхождения не превышает 1–3%. Это свидетельствует о сильной уязвимости верхней гидрогеохимической зоны по отношению к загрязнению: в существующих условиях даже небольшого количества рассолов, попадающих в пресные воды, вполне достаточно для того, чтобы последние стали непригодны для хозяйственно-питьевых целей.

Проблема питьевого водоснабжения в районах и городах (г.г. Октябрьский, Туймазы и др.) со сложными эколого-гидрогеологическими условиями отчасти может быть решена с более широким использованием чистых подземных вод путем бутилирования. Имеющиеся значительные ресурсы экологически чистых питьевых вод в этом комплексе позволяют успешно решить эту проблему. Как пример решения проблемы водоснабжения путем бутилирования населенных пунктов Туймазинского района мы рекомендуем [Абдрахманов, Чалов, 1998 г.] использование воды родников из данного водоносного комплекса.

Так, мощный родник дебитом до 50 л/с из верхнеказанских известняков приурочен к левому крутому борту в средней части Казанского Лога в 3,5–4,0 км северо-западнее пос. Нижнетроицкий. Это пластовый выход подземных вод, рассредоточенный вдоль склона на 50 м. Превышение над руслом речки 53 м. Ниже источника наблюдается

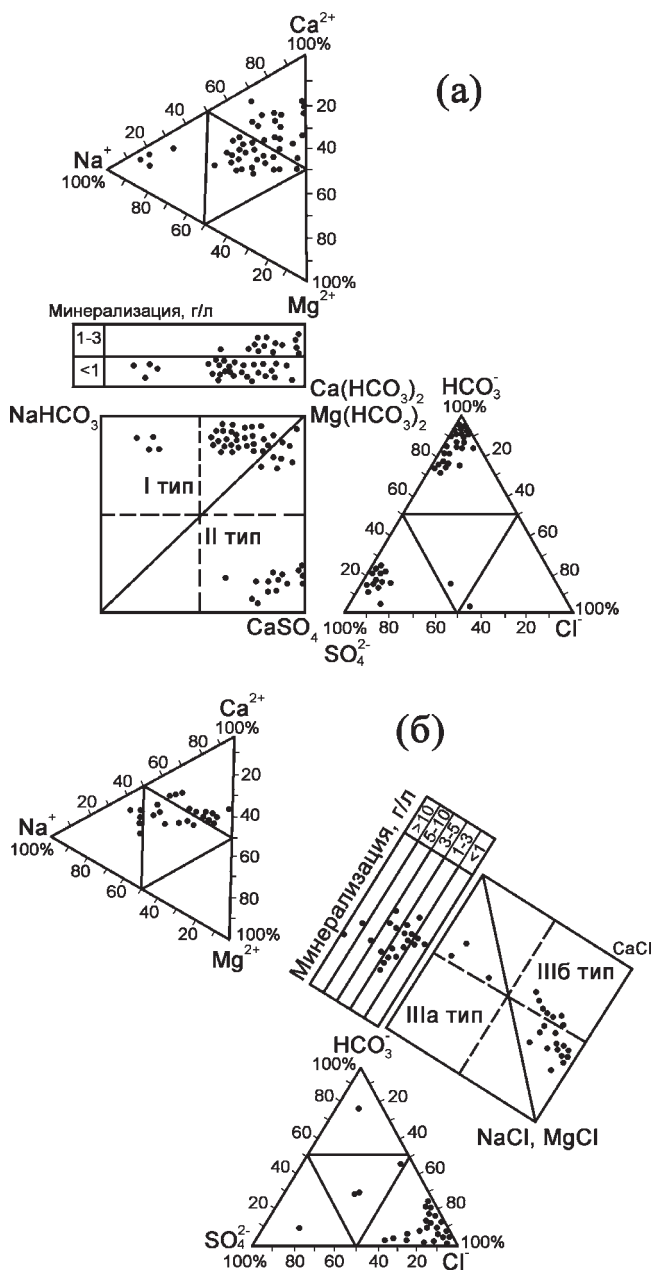


Рис. 17. Графики химического состава вод верхнеказанских отложений за контуром нефтяных месторождений (а) и внутри контура (б) [Абдрахманов, 2005]

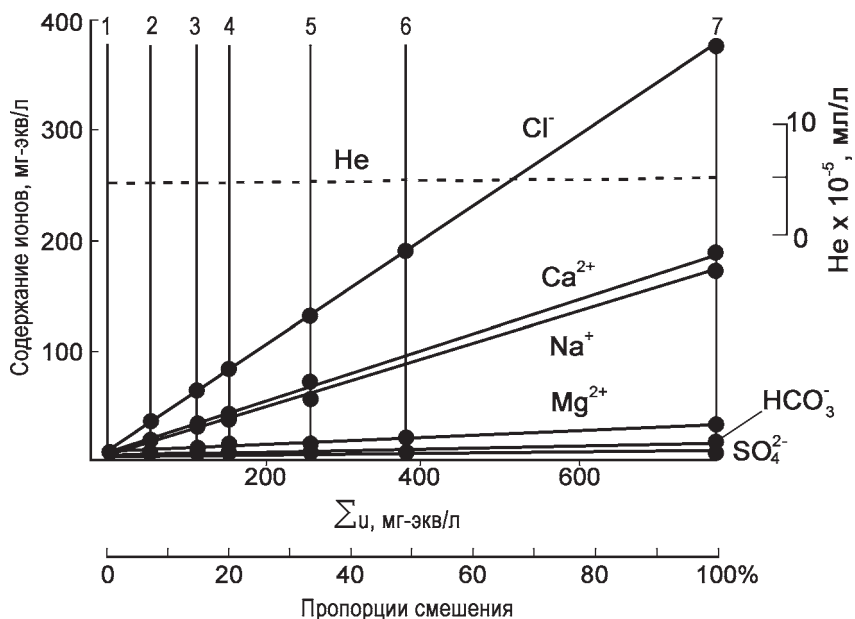


Рис. 18. График смешения гидрокарбонатных магниевых-кальциевых и хлоридных натриево-кальциевых вод в верхнепермских отложениях Шкаповского нефтяного месторождения [Абдрахманов, 2005]

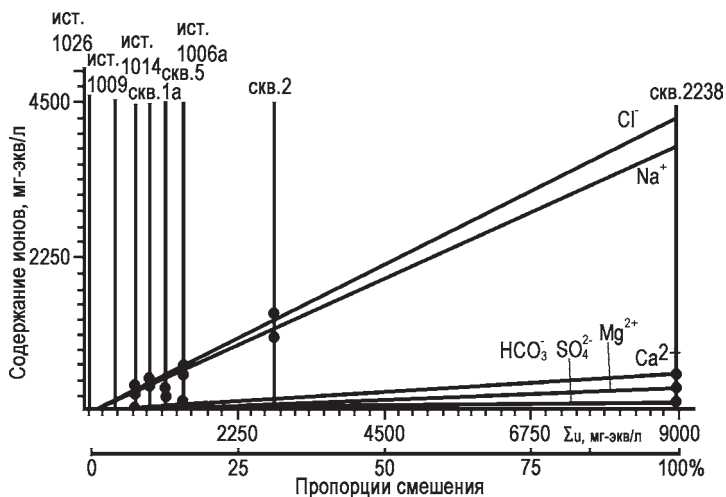


Рис. 19. График смешения гидрокарбонатных кальциевых и хлоридных натриевых (пластовых) вод в неогеновых отложениях в районе Манчаровского нефтяного месторождения [Абдрахманов, 2005]

интенсивное отложение известкового туфа (травертина) со своеобразными карстовыми формами.

Химический состав источника гидрокарбонатный магниевый-кальциевый, минерализация 0,4–0,5 г/л рН 7,5–8,2. Многолетние наблюдения за химическим составом воды источника свидетельствуют о его постоянстве. Колебания отдельных компонентов по годам незначительные (табл. 10). Микрокомпонентный состав источника, определенный в аналитической лаборатории «Башкоммунводоканал» (табл. 11), вполне благоприятен для бутилирования воды. Превышения нормативов ГОСТ 2874–82 «Вода питьевая» и СанПин 2.1.4.1074–01 [2001] ни по каким ингредиентам не отмечается. Суммарная альфа-и бета-активность не превышает допустимых уровней.

Таблица 10

**Химический состав водоисточника в долине руч. Казенный Лог
Туймазинского района**

| № пробы | Водовмещающая порода, ее возраст | Дата отбора | Дебит, л/с | рН | Минерализация, г/л | Ингредиенты, мг/л, мг-экв/л, % | | | | | |
|---------|---|-------------|------------|------|--------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------------------------|
| | | | | | | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ + K ⁺ |
| 1 | Известняк, P ₂ kz ₂ | 28.08.1972 | 50 | 8,2 | 0,5 | 338,5 | 12,3 | 3,5 | 72,1 | 24,3 | 9,9 |
| | | | | | | 5,55 | 0,26 | 0,1 | 3,6 | 2,0 | 0,43 |
| | | | | | | 92 | 4 | 2 | 60 | 33 | 7 |
| 2 | | 12.11.1999 | — | 7,45 | 0,4 | 280,4 | 37,6 | 6,1 | 68,1 | 19,5 | 12,6 |
| | | | | | | 4,6 | 0,78 | 0,17 | 3,40 | 1,60 | 0,55 |
| | | | | | | 82,9 | 14,0 | 3,1 | 61,3 | 28,8 | 9,9 |
| 3 | | 11.01.2000 | — | 8,0 | 0,4 | 308,1 | 11,0 | 12,0 | 74,2 | 13,8 | 6,9 |
| | | | | | | 5,05 | 0,23 | 0,34 | 3,70 | 1,62 | 0,30 |
| | | | | | | 89,9 | 4,1 | 6,0 | 65,8 | 28,8 | 5,4 |

Воды уфимского комплекса исключительно разнообразны как по степени минерализации, так и по составу растворенных солей (см. рис. 7).

В зоне, расположенной выше основных эрозионных врезов, распространены воды двух основных классов — гидрокарбонатного и сульфатного. Среди гидрокарбонатных вод выделяются магниевый-кальциевые, кальциевые и натриевые. Преобладают щелочноземельные воды. Они имеют слабовыраженные типы I и II, минерализацию от 0,3 до 0,8 г/л и общую жесткость 4–7 мг-экв [Попов, 1976].

Гидрокарбонатные натриевые воды встречаются довольно редко. Они имеют хорошо выраженный тип I (содовый). Минерализация их обычно изменяется от 0,5 до 0,9 г/л с сохранением чистоты типа (NaHCO₃ — 80–90%). Общая жесткость не превышает 0,5 мг-экв.

Таблица 11

Содержание микрокомпонентов в водоисточнике в долине руч. Казенный
Лог в Туймазинском районе

| Ингредиенты, мг/л | Содержание | Ингредиенты, мг/л | Содержание |
|-------------------|-----------------|-------------------------|------------|
| Медь | 0,0030 ± 0,0012 | Кремний | 6,5 ± 0,6 |
| Марганец | 0,0020 ± 0,0004 | СПАВ | <0,025 |
| Молибден | <0,001 | 2,4-Д | <0,002 |
| Свинец | <0,001 | ДДТ | <0,0001 |
| Цинк | 0,008 ± 0,003 | Линдан | <0,0001 |
| Стронций | 0,86 ± 0,17 | Триаллат | <0,0001 |
| Никель | <0,004 | Атразин (майозин) | <0,001 |
| Кадмий | <0,0001 | Симазин | 0,000 |
| Хром общий | <0,001 | Кинмикс | <0,002 |
| Литий | 0,009 ± 0,004 | ТМТД | <0,01 |
| Мышьяк | <0,005 | Карате | <0,005 |
| Алюминий | <0,02 | Гексахлорбензол | <0,000002 |
| Ртуть | <0,0001 | Гептахлор | <0,00001 |
| Селен | <0,0001 | Хлороформ | <0,001 |
| Бериллий | <0,00005 | Четыреххлорист. углерод | <0,0006 |
| Аммоний солевой | <0,05 | 1,2-Дихлорэтан | <0,001 |
| Нитриты | 0,008 ± 0,001 | Трихлорэтилен | <0,001 |
| Нитраты | 5,8 ± 0,9 | Тетрахлорэтилен | <0,001 |
| Железо общее | <0,05 | Бромдихлорметан | <0,001 |
| Окисляемость | 0,26 ± 0,21 | Дибромхлорметан | <0,001 |
| Фенольный индекс | <0,001 | Бромформ | <0,001 |
| Нефтепродукты | <0,05 | Бензол | <0,005 |
| Цианиды | <0,005 | Толуол | <0,005 |
| Полифосфаты | 0,01 ± 0,01 | о-Ксилол | <0,005 |
| Фтор | 0,14 ± 0,03 | п-Ксилол | <0,005 |
| Бор | 0,08 ± 0,05 | Формальдегид | <0,025 |

Воды такого состава вскрыты скважинами в шешминских отложениях на Буй-Таныпском междуречье.

Сульфатные и гидрокарбонатно-сульфатные воды распространены главным образом в юго-западных районах (Буздякский, Благоварский, Чекмагушевский и др.). Среди катионов преобладают кальций и магний. По составу и минерализации они существенно отличаются от вод, формирующихся в гипсах и загипсованных породах иренского и соликамского горизонтов.

В шешминских отложениях, залегающих ниже эрозионных врезов, установлены воды сульфатного, хлоридного, сульфатно-хлоридного и хлоридно-сульфатного классов.

По преобладающим катионам среди вод сульфатного класса выделяются две основные группы — кальциевая и натриевая. Сульфатные натриевые (реже кальциево-натриевые) воды повсеместно распространены на юго-западе района. Минерализация их обычно составляет 1,6–4, иногда до 15–19 г/л. Содержание ионов сульфата и натрия достигает соответственно 95 и 85%. По ионно-солевому составу и величине минерализации они близки к Черновцинским, Угличским и Учумским минеральным водам, а также к водам Иаскараенского минерального источника в Венгрии [Абдрахманов, Попов, 1999].

Нижнепермский водоносный комплекс (P₁) характеризуется разнообразным химическим составом вод. На Уфимском плато (Караидельский, западная часть Дуванского, северная половина Нуримановского районов) минерализация вод комплекса составляет 0,1–0,4 г/л (чаще 0,2–0,3 г/л), общая жесткость 2–6 мг-экв/л. Состав вод гидрокарбонатный кальциево-магниевый. Тип воды II. Общий химический и микрокомпонентный состав приводится по бутилируемой воде «Красный Ключ» (табл. 12).

Таблица 12

Химический состав источника «Красный ключ»

| Наименование показателей | Содержание, мг/л | Наименование показателей | Содержание, мг/л |
|----------------------------|------------------|--------------------------|------------------|
| Гидрокарбонаты | 219,7 | Медь | 0,006 |
| Сульфаты | 10,3 | Цинк | 0,010 |
| Хлориды | 6,24 | Свинец | 0,0005 |
| Кальций | 48,1 | Кремний | 3,40 |
| Магний | 21,9 | Марганец | 0,0009 |
| Натрий | 5,84 | Никель | 0,0020 |
| Калий | 1,12 | Хром (VI) | 0,0004 |
| Нитраты | 3,66 | Барий | 0,0067 |
| Общая минерализация | 313,2 | Фенолы | <0,00013 |
| Общая жесткость (мг-экв/л) | 4,2 | Полифосфаты | 0,081 |
| pH | 7,23 | Хлороформ | <0,0006 |
| Железо | 0,016 | | |

В Предуральском прогибе (Юрюзано-Сылвинская и Бельская депрессии) воды гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатные, хлоридно-гидрокарбонатные. В катионном составе вод

преобладают кальций и магний. В северо-восточных районах (Белокатайский, Салаватский) в составе воды иногда преобладает натрий (до 150–200 г/л). Минерализация колеблется от 0,4 г/л (с. Корлыханово) до 0,9 г/л (с. Рухтино), общая жесткость 6–10 мг-экв/л.

Каменноугольно-девонские комплексы (D + C) характеризуются гидрокарбонатным магниево-кальциевым составом воды (карстовые источники «Берхомут», «Аскен-куль»). Величина минерализации 0,2–0,5 г/л при общей жесткости до 5 мг-экв/л. Воды хорошего питьевого качества, широко могут использоваться для бутилирования.

Водоносные комплексы бассейна трещинно-жильных, трещинных вод Южного Урала характеризуется сложным химическим составом.

Нижне-среднеюрский водоносный комплекс развит в бассейне среднего течения р. Таналык (Хайбуллинский район). Воды комплекса характеризуются пестрым химическим составом: гидрокарбонатно-хлоридные, сульфатно-хлоридные, кальциево-магниево-натриевые, магниево-натриевые. Содержание хлоридов до 500, натрия до 300 мг/л. Минерализация колеблется от 0,2–0,5 до 10–15 г/л (жесткость до 15–25 мг-экв/л), рН 7–8,3, содержание железа до 2,9 мг/л. Химический состав и содержание микроэлементов по одной из скважин Акъярского водозабора приведен в табл. 13.

Таблица 13

Химический состав воды (скв. 7) Акъярского водозабора (старый)

| Наименование показателей | Содержание (мг/л) | Наименование показателей | Содержание (мг/л) |
|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| Гидрокарбонаты | 476,0 | Марганец | 2,6 |
| Сульфаты | 267,0 | Железо | 0,14 |
| Хлориды | 227,0 | Кобальт | <0,01 |
| Нитраты | 7,50 | Никель | <0,01 |
| Кальций | 102,2 | Медь | 0,01 |
| Магний | 109,4 | Цинк | 0,13 |
| Натрий | 139,7 | Селен | 0,002 |
| Общая минерализация | 1398,8 | Свинец | <0,01 |
| рН | 7,98 | Стронций | 0,63 |
| Общая жесткость | 14,10 мг-экв/л | Молибден | <0,003 |
| Кремний | 22,0 | Кадмий | <0,001 |
| Бром | 0,8 | Фтор | 0,04 |
| Бор | 0,10 | Йод | <0,5 |
| Алюминий | 1,07 | Фенолы | <0,002 |
| Хром | 0,01 | | |

Нижне-среднекаменноугольный комплекс развит на востоке Республики (Учалинский, Абзелиловский, Баймакский, Хайбуллинский районы) и характеризуется Учалинским и Миндякским месторождениями подземных вод гидрокарбонатного, хлоридно-гидрокарбонатного магниево-кальциевого состава, с минерализацией 0,3–0,5 г/л, при жесткости до 5 мг-экв/л. На юге минерализация увеличивается до 1,8–2,8 г/л, а жесткость — до 16–25 мг-экв/л, состав гидрокарбонатно-хлоридный, гидрокарбонатно-сульфатный магниево-кальциевый (см. рис. 7).

Нижнекаменноугольная — среднедевонская и силурийская водоносные зоны занимают основную часть Ирлендыкской группы бассейнов и представлены гидрокарбонатными магниево-натриевыми (до 0,5 г/л), гидрокарбонатно-хлоридными, гидрокарбонатно-сульфатными водами часто трехкомпонентного катионного состава (от 0,5–1,0 г/л до 5–10 г/л). Жесткость от 2–5 до 20–30 мг-экв/л.

Средне-нижнепалеозойская водоносная зона (S–C₁) распространена на Зилаирском плато. Воды пресные (гидрокарбонатные кальциевые, магниево-кальциевые, натриево-кальциевые), минерализация их 0,1–0,3 г/л, общая жесткость до 5 мг-экв/л.

Нижнепалеозойско-верхнепротерозойская и верхнепротерозойская водоносные зоны (Белорецкий, Бурзянский и др. районы) характеризуются развитием ультрапресных и пресных вод с минерализацией от 30–40 до 300 мг/л гидрокарбонатного, сульфатно-гидрокарбонатного натриевого, кальциево-натриевого, натриево-кальциево-магниевого состава. Жесткость воды до 5 мг-экв/л.

Заканчивая характеристику химического состава бассейна трещинно-жилых и трещинно-карстовых вод Уральской гидрогеологической складчатой области надо отметить, что здесь не обнаружены воды «простого» чистого химического состава, такие как, например, гидрокарбонатные натриевые, сульфатные натриевые, сульфатные кальциевые, которые, как указывалось, широко развиты в Башкирском Предуралье. В 70% случаев воды осадочных, вулканогенно-осадочных пород пяти-, шестикомпонентные. Обычно это гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные кальциево-магниево-натриевые, хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатные натриево-магниево-кальциевые, сульфатно-хлоридные магниево-кальциево-натриевые природные водные растворы с минерализацией до 1,4–1,8 г/л. 25% проб представлены четырехкомпонентными водами: гидрокарбонатно-сульфатными магниево-натриевыми и магниево-кальциевыми, сульфатно-хлоридными кальциево-магниево-натриевыми и кальциево-натриевыми. Минерализация их до 1,9 г/л.

Газовый состав — кислородно-азотный, атмосферного происхождения; величина рН колеблется от 7,2 до 8,8, т. е. воды слабо-щелочные и щелочные.

В пределах медноколчеданных месторождений (рудные тела представлены пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, борнитом и др.) формируются преимущественно гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые и натриевые подземные воды с минерализацией менее 1 г/л, величиной рН 6,5–8,1. На юге региона воды имеют повышенную минерализацию (до 1,5–3 г/л) и хлоридный натриевый состав.

Разработка рудных месторождений вызвала коренные преобразования геохимического облика вод [Абдрахманов, 2005; Пучков, Салихов, Абдрахманов и др., 2007]. Среди элементов, присутствующих в подземных водах здесь экологически наиболее опасны не сами типоморфные элементы месторождений — медь, цинк, свинец, а микроэлементы-спутники, такие как кадмий, ртуть, мышьяк, сурьма, имеющие минимальные ПДК в питьевой воде. Эти элементы опасны еще в связи с тем, что большая их часть подвержена процессам метилирования с образованием различных форм $\text{Cd}(\text{CH}_3)^+$, $\text{Hg}(\text{CH}_3)^+$, $\text{As}(\text{CH}_3)_3^0$, токсичность которых на порядок и более выше, чем у простых катионных форм. В связи с распространением этих элементов в подземных водах известны массовые случаи отравления населения мышьяком и ртутью (на Урале и в некоторых рудных районах западных штатов США) [Крайнов и др., 2004].

Высоко содержание различных токсикантов и в фильтрате хвостохранилищ. Анализ проб воды из наблюдательных скважин хвостохранилища БМСК показал, что в ней содержится (мг/л): Cu до 0,2, Zn до 0,2, Pb до 0,09, Fe до 320, цианид-иона до 0,30, фторид-иона до 1,94 и т. д. В таблице 14 показан микрокомпонентный состав подотвальных вод горнорудных районов Башкирского Зауралья и содержание их в подземных водах в зоне влияния хвостохранилищ и внешних отвалов.

Анализ микрокомпонентов выполнен по методу ICP–MS.PLASMA QUAD фирмы «VG instruments» в ИГЕМ РАН. Как видно из анализов, микроэлементы слагают значительную часть солевого состава данных вод. Содержания Mn, Cu, Zn, Co, Ni достигают ураганных значений. Высоки содержания таких супертоксикантов как Be и Tl, их концентрации достигают до 500 и 90 ПДК питьевых вод соответственно.

Самыми специфичными среди стоков горноперерабатывающего комплекса являются подотвальные воды: минерализация их нередко превышает минерализацию рудничных вод, а огромные объемы

Таблица 14

Микрокомпонентный состав подотвальных вод горнорудных районов
Башкирского Зауралья (мг/л)

| Элемент | Бурибаевское ме- сторождение | Бакр-Тауское ме- сторождение | Сибайское место- рождение | Учалинское место- рождение | Куль-Юрт-Тауское месторождение | Подземные воды в зоне влияния Куль-Юрт-Тау |
|---------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Li | 0,4 | 0,4 | 3,1 | 0,7 | 0,2 | 0,3 |
| Be | 0,01 | 0,04 | 0,1 | 0,04 | 0,02 | 0,03 |
| Sc | 0,9 | 0,7 | 6,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| Ti | 2,6 | 3,02 | 16,9 | 0,9 | 0,9 | 0,4 |
| Cr | 0 | 0,7 | 0 | 0 | 0,4 | 1,2 |
| Mn | 176 | 43,1 | 314 | 72,8 | 19,3 | 47,5 |
| Co | 8,8 | 6,5 | 18,8 | 1,8 | 4,9 | 3,8 |
| Ni | 8,8 | 4,3 | 9,4 | 1,6 | 1,1 | 1,3 |
| Cu | 352 | 129,3 | 1884 | 72,8 | 16,4 | 6,9 |
| Zn | 220 | 652,9 | 9734 | 418,6 | 7,6 | 5,6 |
| Ga | 0,03 | 0,01 | 0,1 | 0,02 | 0,03 | 0,006 |
| Ge | 0 | 0,004 | 0 | 0 | 0,006 | 0,003 |
| Rb | 0,04 | 0,02 | 0,8 | 0,01 | 0,009 | 0,002 |
| Sr | 2,2 | 4,3 | 6,3 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| Y | 1,3 | 1,3 | 6,3 | 1,8 | 0,3 | 0,4 |
| Zr | 0,04 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,01 |
| Nb | 0,01 | 0,001 | 0,1 | 0,004 | 0,001 | 0 |
| Mo | 0,02 | 0,007 | 0 | 0 | 9,2 | 0,01 |
| Ag | 0,02 | – | 0,04 | – | 0 | 0,005 |
| Cd | 2,2 | 4,3 | 31,4 | 1,5 | 0,08 | 0,05 |
| Sn | 0,2 | 0 | 0,06 | 0,2 | 0,004 | 0 |
| Sb | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,002 | 0,0009 |
| Te | 0 | – | 0,004 | – | 0,2 | 0 |
| Cs | 0,003 | 0,0009 | 0,03 | 0 | 0,002 | 0,0002 |
| Ba | 1,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 |
| La | 0,2 | 0,2 | 0,9 | 0,3 | 0,5 | 0,6 |
| Ce | 0,9 | 0,7 | 2,2 | 0,7 | 1,2 | 1,8 |
| Pr | 0,1 | 0,09 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| Nd | 0,6 | 0,4 | 1,9 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| Sm | 0,2 | 0,1 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
| Eu | 0,04 | 0,02 | 0,3 | 0,07 | 0,04 | 0,06 |
| Gd | 0,3 | н. д. | 1,3 | 0,4 | 0,2 | 0,2 |
| Tb | 0,04 | 0,04 | 0,3 | 0,07 | 0,02 | 0,03 |
| Dy | 0,2 | 0,2 | 1,6 | 0,4 | 0,1 | 0,2 |
| Ho | 0,04 | 0,04 | 0,3 | 0,09 | 0,02 | 0,04 |
| Er | 0,1 | 0,09 | 0,9 | 0,3 | 0,04 | 0,09 |
| Tm | 0,02 | 0,02 | 0,09 | 0,04 | 0,005 | 0,01 |
| Yb | 0,09 | 0,1 | 0,6 | 0,2 | 0,06 | 0,08 |
| Lu | 0,01 | 0,02 | 0,09 | 0,04 | 0,01 | 0,01 |
| Hf | 0 | 0 | 0,003 | 0,001 | 0 | 0 |
| Ta | 0,02 | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0,0006 |
| W | 0,005 | – | 0,006 | – | 0,006 | 0,0002 |
| Tl | 0,0009 | 0,0004 | 0,009 | 0,0002 | 0,002 | 0,0004 |
| Pb | 0,04 | 0,2 | 1,3 | 0,1 | 0,2 | 0,05 |
| Bi | 0,001 | 0,0002 | 0 | 0,0007 | 0 | 0,0009 |
| Th | 0,009 | 0,1 | 0,1 | 0,03 | 0,2 | 0,1 |
| U | 0,09 | 0,007 | 0,9 | 0,09 | 0,3 | 0,5 |
| Сухой остаток г/л | 44,0 | 21,6 | 314,0 | 18,2 | 52,0 | 19,7 |

отвалов обеспечивают столь же большие массы подотвальных вод [Черняева и др., 1978; Гаев, 1989; Абдрахманов, 2005 и др.].

Кроме приоритетных металлов, в подотвальных водах встречаются редкие, редкоземельные элементы, уран, торий [Абдрахманов, Ахметов, 2007]. Большинство элементов содержится в концентрациях, превышающих региональный кларк, в том числе и редкие элементы, что диктует необходимость более детального дальнейшего изучения этих элементов с точки зрения загрязнения подземных вод. Особого внимания заслуживают TR и радиоактивные металлы (Th, U).

Аномальная радиоактивность приурочена не только к площадям и участкам медноколчеданного оруденения, но и заметно проявлены аккумулятивные по отношению к радионуклидам процессы с образованием аномалий. В обстановке низких значений рН уран мигрирует с жидкими техногенными образованиями и по мере снижения кислотности среды может накапливаться в природных подсистемах (почвы, донные отложения и др.). Распространение редкоземельных элементов, урана, тория в почвах, растениях, биосубстратах населения Южного Урала приведено в работе Н.В. Старовой, Р.Ф. Абдрахманова и др. [2003].

Карьерные, шахтные, подотвальные воды и фильтрат хвостохранилищ представляют собой концентрированные растворы тяжелых металлов и других загрязнителей и представляют большую угрозу для окружающей среды и, в конечном счете, для людей [Абдрахманов, 2005].

В районе Семеновской золотоизвлекательной фабрики (СЗИФ), например, в трещиноватых породах развиты субнапорные воды грунтового типа. Они слабо защищены от техногенного влияния через зону аэрации (рис. 20). Глубина залегания подземных вод колеблется от 0,1 м до 5,1 м.

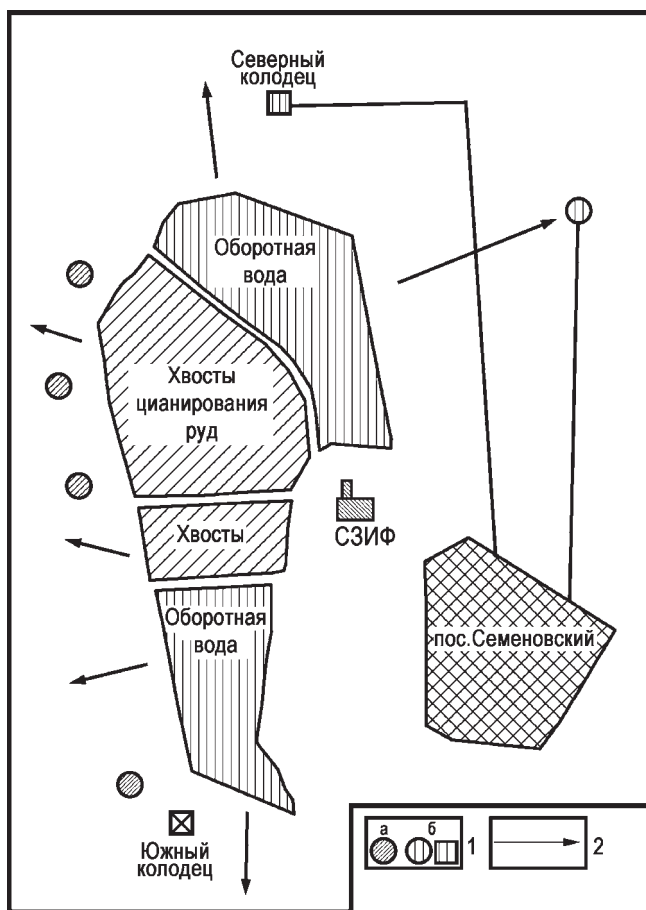


Рис. 20. Схема отвода стоков и водоснабжения Семеновской золотоизвлекательной фабрики

1а — режимные скважины, 1б — скважина и колодец для водоснабжения (до 1996 г.); 2 — направление миграционных потоков токсикантов

Весной уровень подземных вод здесь превышает уровень поверхности земли. Из-за слабой защищенности от техногенного влияния химический состав подземных вод подвержен значительному загрязнению. Нашими исследованиями в 1996–1999 гг. в водопродной воде обнаружены превышающие ПДК для питьевых вод концентрации марганца (до 21 ПДК), кадмия (до 2 ПДК), железа (до 500 ПДК), ртути (до 14, а в северном колодце до 59 ПДК), цианида (до 32 ПДК). Содержание ртути в питьевой воде поселка равнялось 0,0121 мг/л (24 ПДК). Водоснабжение населения поселка Семеновский питьевой водой в настоящее время производится из новых водозаборных скважин, расположенных у д. Мунасыпово. В четырех из пяти проб питьевой воды установлены содержания железа, существенно превышающие допустимые нормы. Так, в одной из проб содержание железа равно 1,598 мг/л, в пробе из водопродной колонки — 1,185 мг/л.

В целом пределы содержаний токсикантов в подземных водах района СЗИФ составляют (мг/л): ртуть — 0,026–0,090, свинец — 0,681, медь — 1,72–12,31, цинк — 0,03–12,055, железо — 0,491 [Зайнуллин, Абдрахманов, Ибатуллин и др., 2005].

Заключая в целом характеристику химического состава подземных вод можно отметить, что в соответствии с условиями формирования химического состава подземных вод распределение ресурсов пресных подземных вод, пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения, неравномерное. В отдельных районах, где преимущественное развитие имеют загипсованные породы кунгурского яруса и верхней перми, ресурсы пресных вод весьма ограничены или отсутствуют (Аургазинский, Благоварский, Давлекановский районы). Напряженный баланс питьевых вод на юго-востоке, в частности в Хайбуллинском районе, где наряду с низкой водообильностью, континентальным засолением почв в подземных водах фиксируется повышенное содержание железа, марганца и других металлов 1-го и 2-го классов опасности. Практически повсеместно в питьевых водах отмечается недостаток йода и фтора.

Существуют значительные отклонения по качественным показателям подземных вод от нормируемых. Так, из 51 месторождения в 40 качество подземных вод не отвечает установленным требованиям (превышение по жесткости, содержанию железа, марганца, нитратов, кремния и пр.). В связи с тем, что за 40-летний период разведки и утверждения эксплуатационных запасов изменялись требования к величине сухого остатка и жесткости, эксплуатационные запасы для отдельных объектов в отсутствие вод лучшего качества утверждались с условием доведения их до питьевых норм (умягчение, обезжелезивание).

К таким отнесены крупные потребители — г. Октябрьский, г. Давлеканово, пгт. Чишмы и ряд более мелких. Количество утвержденных запасов с минерализацией более 1,0 г/л и общей жесткостью более 10 мг-экв/л составляет 420 тыс. м³/сут (16% от утвержденных). Если принять во внимание необходимость оценки питьевых вод по сумме отношений показателей веществ в воде 1 и 2 класса опасности (барий, бор, бром, кадмий, литий, натрий, кремний, иногда ртуть, алюминий и другие), то получим более высокий процент несоответствия вод, используемых для питьевого водоснабжения.

Анализ качества воды современного централизованного водоснабжения показывает, что наиболее неблагополучны системы и запасы г. Октябрьского, г. Туймазы, г. Давлеканово, пгт. Чишмы. В процессе эксплуатации водозаборов г. Туймазы произошло как подтягивание солоноватых сульфатных вод из подстилающих горизонтов, так и, в основном, попадание соленых нефтепромысловых вод при эксплуатации нефтепромысла и загрязненных промышленных вод с территории города.

Для г. Давлеканово, г. Октябрьский и пгт. Чишмы запасы утверждены с кондициями по жесткости (11–20 мг-экв/л), сухому остатку (до 1,2 г/л), железу (0,5–2,5 мг/л), марганцу (0,3–0,6 мг/л) с учетом их доведения до норм ГОСТа. Если для г. Октябрьского установлена система обезжелезивания, то по умягчению воды не было никаких мероприятий. Перспективные решения по улучшению качества питьевых вод для этих пунктов связывается с подачей воды из соседних районов путем строительства групповых водопроводов.

3.2. Микрокомпоненты в подземных водах

Вопросы изучения микрокомпонентного состава вод заслуживают пристального внимания с различных точек зрения (использование подземных вод для питьевых целей, в бальнеологии и т. д.).

В условиях исследуемого региона формирование микрокомпонентного состава маломинерализованных метеогенных вод в зоне интенсивной циркуляции определяется двумя главными факторами:

- а) привнесом микрокомпонентов с инфильтрующимися атмосферными осадками;
- б) литолого-минералогическим составом водовмещающих пород, контролирующим основной ионно-солевой состав подземных вод.

Общее содержание микроэлементов в водозаборах региона приведено в табл. 15.

Таблица 15

Содержание микроэлементов в водозаборах

| Ингредиенты | Волго-Уральский артезианский бассейн | Уральская гидро- геологическая склад- чатая область |
|-------------|---|---|
| | <i>предельные значения</i> | |
| | <i>средние значения</i> | |
| 1 | 2 | 3 |
| Алюминий | $\frac{0,06 - 0,09}{0,075}$ | $\frac{0,02 - 1,07}{0,105}$ |
| Бериллий | $\frac{0,00005 - 0,00009}{0,00005}$ | $\frac{0,00005 - 0,0001}{0,00009}$ |
| Бор | $\frac{0,05 - 0,22}{0,134}$ | $\frac{0,05 - 0,6}{0,164}$ |
| Бром | – | $\frac{0,1 - 1,3}{0,56}$ |
| Висмут | – | $\frac{0,02 - 0,05}{0,047}$ |
| Йод | – | $\frac{0,02 - 1,4}{0,397}$ |
| Кадмий | $\frac{0 - 0,0005}{0,0005}$ | $\frac{0,0002 - 0,002}{0,0002}$ |
| Марганец | $\frac{0,0006 - 0,44}{0,068}$ | $\frac{0,0016 - 3,69}{0,657}$ |
| Медь | $\frac{0,001 - 0,05}{0,017}$ | $\frac{0,01 - 0,11}{0,02}$ |
| Молибден | $\frac{0,001 - 0,0036}{0,0019}$ | $\frac{0,003 - 0,015}{0,0039}$ |
| Мышьяк | $\frac{0,0005 - 0,05}{0,0068}$ | $\frac{0,01 - 0,2}{0,0097}$ |
| Никель | $\frac{0,01 - 0,016}{0,013}$ | $\frac{0,01 - 0,08}{0,012}$ |
| Ртуть | $\frac{0,0002 - 0,0002}{0,0002}$ | $\frac{0,0002 - 0,0003}{0,00022}$ |
| Селен | $\frac{0,0002 - 0,019}{0,0017}$ | $\frac{0,0001 - 0,1581}{0,0072}$ |

| 1 | 2 | 3 |
|---------------|------------------------------|-----------------------------|
| Свинец | $\frac{0-1,76}{1,76}$ | $\frac{0,0003-0,06}{0,01}$ |
| Серебро | — | $\frac{0,005-0,005}{0,005}$ |
| Стронций | $\frac{0,005-4,1}{1,17}$ | $\frac{0,09-2,9}{0,92}$ |
| Фтор | $\frac{0,083-0,456}{0,23}$ | $\frac{0,09-1,5}{0,49}$ |
| Хром | $\frac{0,008-0,01}{0,009}$ | $\frac{0,001-0,18}{0,0188}$ |
| Цинк | — | $\frac{0,01-1,69}{0,0138}$ |
| Фосфор | — | $\frac{0,01-0,08}{0,015}$ |
| Нефтепродукты | $\frac{0,05-0,08}{0,059}$ | $\frac{0,05-0,06}{0,052}$ |
| Фенолы | $\frac{0,001-0,0013}{0,001}$ | $\frac{0,001-0,05}{0,005}$ |

Большое влияние на питьевые качества воды оказывают многие биологически активные микрокомпоненты (бром, йод, фтор, бор и др.). Наиболее детально эти элементы изучены В.Г. Поповым [1976] в водоносных комплексах в бассейне нижнего течения р. Белой.

В бассейне нижнего течения р. Белой в пресных гидрокарбонатных кальциевых, магниевых-кальциевых и кальциевых-натриевых водах, а также в водах смешанного катионного состава типов I и II содержание брома, как правило, не превышает 0,1 мг/л и лишь в отдельных случаях достигает 0,27 мг/л (табл. 16, № 1–5). Хлор-бромный коэффициент для них изменяется от 7 до 71, редко до 117–135. Примечательно, что близкими по величине коэффициентами Cl/Br (6–56) обладают и атмосферные осадки исследуемого района.

В гидрокарбонатно-сульфатных и сульфатных соленоватых водах с преобладанием среди катионов кальция и магния содержание брома остается таким же, как и в гидрокарбонатных (см. табл. 16, № 6, 7).

Таблица 16

Микроэлементы в природных водах Северо-Западного Башкортостана
(по В.Г. Попову [1976])

| № пробы | Пункт отбора пробы | Водовмещающие породы | рН | Минерализация (Σu), г/л | Микроэлементы, мг/л | | | Индекс воды по О.А. Алекину |
|---------|---|---|-----|-----------------------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------------------------|
| | | | | | Br ⁻ | I ⁻ | F ⁻ | |
| 1 | Источник с. Новонагаево | песчаники, P ₂ kz ₂ | 7,3 | 0,509 | 0,03 | 0,003 | 0,19 | C _{II} ^{MgCa} |
| 2 | Источник, дер. Чатра | песчаники, P ₂ u | 7,4 | 0,591 | 0,1 | н. о. | 0,28 | C _{II} ^{MgCa} |
| 3 | Источник, с. Новобиктово | известняки, P ₂ u | 7,4 | 0,516 | 0,27 | 0,003 | 0,23 | C _{II} ^{Ca} |
| 4 | Скважина, с. Тузлукушево | песчаники, P ₂ u | 8,5 | 0,477 | 0,1 | 0,003 | 0,92 | C _I ^{CaNa} |
| 5 | Скважина, с. Новотавларово | песчаники, P ₂ u | 8,4 | 0,573 | н. о. | 0,002 | 0,80 | C _I ^{CaNaMg} |
| 6 | Источник 0,8 км восточнее с. Старотазларово | известняки, гипсы, P ₁ kg | 7,9 | 2,44 | 0,25 | н. о. | 2,25 | S _{II} ^{Ca} |
| 7 | Источник, с. Старокалмашево | известняки, P ₂ u | 7,2 | 1,27 | 0,07 | 0,014 | 0,92 | CS _{II} ^{MgCa} |

В вулканогенно-осадочных водоносных комплексах Магнитогорского мегасинклиория (с.с. Акъяр, Подольск, Татыр-Узяк и др.) содержание брома достигает 0,5–1,3 мг/л (см. табл. 15).

Содержание йода в гидрокарбонатных и сульфатных водах зоны активного водообмена еще меньше, чем брома, и обычно составляет 0,001–0,005 мг/л (см. табл. 16, № 1–6). Необходимо отметить, что примерно в третьей части анализируемых проб йод или отсутствует, или его содержание менее 0,001 мг/л. Авторы не имеют статистических данных об эндемии зоба среди населения исследуемой территории, однако весьма низкие содержания йода в питьевых водах свидетельствуют о возможности такого заболевания. Воды ряда источников с весьма низкими концентрациями йода на протяжении многих лет используются населением для питья (дер. Чулпан, села Старотумбагуш и Акбарисово Шаранского района, дер. Байраш Буздякского района, с. Новоянтузово Бураевского района и др.).

Основным источником поступления йода в подземные воды зоны активного водообмена, так же как и брома, являются атмосферные осадки. Среднее содержание йода в дождевых водах составляет 0,002 мг/л, а брома около 0,1 мг/л.

Содержание фтора в подземных водах Северо-Западного Башкортостана колеблется в широких пределах — от 0,1–0,5 до 8,7–9,2 мг/л.

Наиболее бедны фтором (0,12–0,36 мг/л) пресные гидрокарбонатные кальциевые и магниевые-кальциевые воды типа II с величиной $pH = 6,8-7,5$ (см. табл. 16, № 1–3). Коэффициент $F \cdot 10^4 / \Sigma u$, показывающий долю, которую составляет элемент в солевом составе вод, для них изменяется от 1,5 до 4,5. Как видно из рис. 21, минерализация вод этого типа не оказывает влияния на содержание в них фтора.

Более высокие концентрации фтора (0,25–1,5 мг/л) встречены в гидрокарбонатных натриевых и кальциевых-натриевых водах, а также в водах смешанного катионного состава (см. табл. 16, № 4, 5). Отличи-

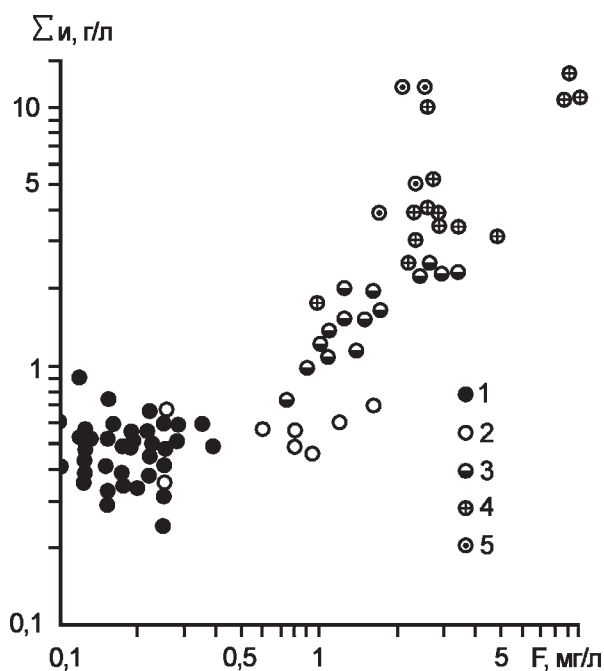


Рис. 21. Связь между содержанием фтора и минерализацией подземных вод [Попов, 1976]

Состав вод: 1 — гидрокарбонатный кальциевый; 2 — гидрокарбонатный натриевый; 3 — сульфатный кальциевый; 4 — сульфатный натриевый; 5 — хлоридный натриевый и сульфатно-хлоридный кальциевых-натриевый

тельной особенностью их является повышенная величина рН (7,7–8,5) и наличие в солевом составе соды, содержание которой колеблется от 20–30 до 80–90%-экв при минерализации 0,5–0,7 г/л. Как правило, концентрация фтора в содовых водах увеличивается с ростом рН. Коэффициент $F \cdot 10^4 / \Sigma \text{и}$ для них варьирует в пределах 10,5–21,4.

Как известно из работ Е.В. Посохова, Т.Ф. Бойко и других исследователей, подвижность фтора заметно снижается в присутствии высоких концентраций кальция вследствие осаждения его в виде CaF_2 . Поэтому значительное содержание кальция (до 85%-экв, или до 600 мг/л) в сульфатных кальциевых и магниевых-кальциевых водах, казалось бы, должно препятствовать накоплению в них фтора. Однако анализ распределения фтора в указанных водах не подтверждает это предположение. Сульфатные щелочноземельные воды содержат 1–3,2 мг F^- /л; с увеличением минерализации, вызванным главным образом ростом концентрации кальциевого и сульфатного ионов, происходит рост содержания фтора (см. табл. 16, № 6, 7, и рис. 21).

По мнению С.Р. Крайнова [Крайнов и др., 2004], высокая подвижность фтора в водах, насыщенных кальцием, объясняется наличием в них бор-фторидных комплексов. Некоторые из них, как известно, образуют с кальцием относительно хорошо растворимые соединения. Действительно, оценивая с этой позиции сульфатные кальциевые воды, можно заметить в них ассоциацию фтора с бором, что, по-видимому, является косвенным свидетельством существования указанных комплексных соединений. Содержание бора колеблется в пределах 0,2–1 мг/л.

В водах сложного химического состава водоносных комплексов Магнитогорской мегазоны содержание фтора колеблется от 0,09–0,4 до 1,2–1,5 мг/л. Наиболее высокие содержания их в водозаборах сел Подольск (1,0–1,2 мг/л), Антиган (0,6–0,9 мг/л), Ивановка (1,5 мг/л) и др. Хайбуллинского района (см. табл. 15).

Кремний распределен в подземных водах свободного водообмена более или менее однообразно. Он определен практически во всех анализировавшихся пробах. Наибольшим количеством проб характеризуются интервалы содержаний 3–8 мг/л. Средние содержания составляют обычно 5–6 мг/л при минимальных 2–3 мг/л и максимальных 10–27 мг/л.

Максимальные концентрации кремния (12–27 мг/л) отмечаются в водозаборах восточных и юго-восточных районов Республики, расположенных в различных гидрогеологических комплексах. В скважинах для водоснабжения с. Акъяр (старый водозабор) содержание этого элемента колеблется от 15,5 до 22,0 мг/л (при ПДК 10 мг/л), Татыр-Узякского водозабора — 10–12,8 мг/л, а с. Подольск — 12,0–13,9 мг/л.

В вулканогенно-осадочных комплексах в восточной части Башкортостана водоносные комплексы характеризуются высоким содержанием марганца от 0,06–0,23 до 3,11–3,69 мг/л (ПДК составляет 0,1 мг/л). В водозаборных скважинах с. Акъяр этот элемент составляет от 0,56 до 3,69 мг/л, Татыр-Узяка — 0,22–0,36 мг/л, с. Самарска — 0,49 мг/л.

В целом, как видно из табл. 16, содержание большинства микроэлементов в водозаборах как в Волго-Камском артезианском бассейне, так и Уральской гидрогеологической складчатой области колеблется в значительных пределах — колебания от ниже ПДК до выше ПДК (см. табл. 3 и 16). Превышение нормативов в основном характерно для водозаборов в пределах Уральской гидрогеологической складчатой области (бор и кадмий до 1, алюминий и свинец до 2, хром до 3, мышьяк до 4, селен до 15, марганец до 37 ПДК). Необходимо особо отметить, что для большинства водозаборных колодцев и неглубоких скважин сельских населенных пунктов характерно высокое содержание соединений азота. Содержание нитрат-иона часто превышает ПДК (45 мг/л) и достигает 200–300, иногда 500–600 мг/л.

3.3. Особенности формирования химического состава пресных подземных вод

Под факторами формирования химического состава подземных вод понимаются движущие силы (причины), обуславливающие течение разнообразных процессов, которые вызывают изменение минерализации и химического состава воды [Посохов, 1975].

Формирование состава воды определяется, с одной стороны, составом ионно-солевого комплекса пород, слагающих территорию, с другой — внешней средой, в условиях которой осуществляется взаимодействие подземных вод и вмещающих их пород.

К группе прямых факторов относятся те, которые путем непосредственного воздействия влияют на состав воды (почвогрунты зоны аэрации и горные породы более глубоких слоев). В группу косвенных факторов входят климат, структурно-тектонические условия, гидродинамика и пр. В последние годы на формирование химического состава подземных вод в Башкортостане мощное воздействие оказывают антропогенные (техногенные) факторы (районы нефтедобычи и горнодобывающего комплекса, промышленно-урбанизированные территории и пр.).

Вопросы формирования химического состава подземных вод подробно рассмотрены в опубликованных работах [Крайнов, Рыженко,

Швец, 2004; Алекин, 1970; Посохов, 1975; Попов, 1985; Попов, Абдрахманов, Тугуши, 1992 и др.]. Поэтому в данной монографии мы останавливаемся только на некоторых общих проблемах формирования химического состава пресных подземных вод. Вопросы формирования химического состава подземных вод верхней гидродинамической зоны Башкортостана под техногенным влиянием освещены в наших работах [Абдрахманов, 1993, 2005 и др.].

Химический состав подземных вод на самой первой низкой стадии минерализации формируют в значительной степени атмосферные осадки. По данным В.А. Балкова [1978], как уже отмечалось, количество осадков, формирующих подземный сток по территории Башкортостана, колеблется от 15–27 мм (21–26% суммы осадков) на Черманско-Ашкадарской и Кизило-Таналыкской степных равнинах до 120–170 мм (30–53% осадков) на Уфимском плато и в Инзерско-Симском горном районе.

Минерализация атмосферных осадков в многолетнем плане (табл. 17) по территории республики колеблется в значительных пределах: от 12,9–16,1 (станция Башгосзаповедник, с. Емаши) до 47,0–81,5 мг/л (станция Бакалы, г. Белорецк). В пределах даже небольшой территории, подверженной техногенезу (например, г. Уфа), минерализация осадков колеблется от 8 (южная часть) до 62 мг/л (северная промышленная зона). Средняя минерализация атмосферных осадков по Республике 20–32 мг/л (рис. 22).

Химический состав атмосферных осадков отличается большим разнообразием. В анионном составе их преобладают сульфатные ионы — 30,5–59,6%-экв (табл. 17). Концентрация сульфатов колеблется от 4,3 (Башгосзаповедник) до 33,6 мг/л (г. Белорецк). Второе место занимают гидрокарбонатные ионы — 16,1–50,9% (1,8–21,9 мг/л). Ионы хлора занимают третье место; их содержание составляет 1,9–4,7 мг/л (9,6–32,4%). Практически во всех пробах обнаруживаются нитраты в количестве 0,1–5,8, реже до 10 мг/л. Среди катионов обычно преобладает кальций — 37–63,3%-экв (1,0–12,4 мг/л). Содержание натрия колеблется от 0,6 до 3,6 мг/л (9,6–29,6%). Концентрация магния обычно 0,6–1,8 мг/л (16–36,3%), Белорецкая метеостанция фиксирует его содержание до 5,9 мг/л (см. табл. 17). Концентрация калия 0,4–2,3 мг/л (2,9–10,7%).

Таким образом, по составу атмосферные осадки являются сульфатно-гидрокарбонатными, гидрокарбонатно-сульфатными, хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатными кальциевыми, магниевыми, магниевыми, магниевыми-натриево-кальциевыми, относятся к типу II, реже к типам I и IIIa. Величина рН в течение года колеблется от 3,50 до 7,48.

Таблица 17

Химический состав атмосферных осадков [Черняева и др., 1978]

| Метеостанция | Период | Сумма ионов, г/л | Ингредиенты, мг/л, %-экв | | | | | | |
|------------------|----------|------------------|--------------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Емаша | Год | 16,1 | 1,9 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 2,5 | 7,3 | 2,2 |
| | | 45,0 | 31,3 | 16,6 | 7,1 | 16,1 | 59,6 | 24,3 | |
| Дуван | Год | 24,6 | 3,6 | 1,4 | 1,2 | 0,8 | 7,9 | 7,1 | 2,6 |
| | | 49,1 | 31,3 | 14,2 | 5,4 | 37,2 | 42,7 | 21,0 | |
| Павловка | Теплый | 19,4 | 1,9 | 0,9 | 1,7 | 0,1 | 5,1 | 6,7 | 2,3 |
| | 45,5 | 35,4 | 9,6 | 9,5 | 29,2 | 48,3 | 22,5 | | |
| | Холодный | 26,9 | 3,0 | 1,2 | 2,1 | 0,7 | 6,6 | 9,2 | 4,1 |
| 41,9 | 27,7 | 25,4 | 5,0 | 25,9 | 46,2 | 27,9 | | | |
| Год | 23,1 | 2,4 | 1,0 | 1,9 | 0,8 | 5,8 | 8,0 | 3,2 | |
| 39,3 | 26,9 | 27,2 | 6,6 | 27,0 | 47,4 | 25,6 | | | |
| Бакалы | Теплый | 59,2 | 10,2 | 1,8 | 3,6 | 2,3 | 17,5 | 19,4 | 4,4 |
| | 58,3 | 17,0 | 18,0 | 6,7 | 35,2 | 49,6 | 15,2 | | |
| | Холодный | 34,8 | 4,5 | 1,1 | 1,8 | 1,0 | 8,0 | 15,0 | 3,4 |
| 53,6 | 21,7 | 18,6 | 6,1 | 24,3 | 57,9 | 17,8 | | | |
| Год | 47,0 | 7,4 | 1,4 | 2,7 | 1,6 | 12,8 | 17,2 | 3,9 | |
| 57,5 | 17,9 | 18,2 | 6,4 | 31,0 | 52,8 | 16,2 | | | |
| Кушнаренково | Теплый | 24,4 | 4,0 | 0,8 | 1,5 | 0,9 | 6,8 | 6,3 | 4,1 |
| | 56,5 | 18,6 | 18,4 | 6,5 | 31,0 | 36,6 | 32,4 | | |
| | Холодный | 37,6 | 5,5 | 1,1 | 2,1 | 1,3 | 9,5 | 13,4 | 4,7 |
| 56,0 | 18,6 | 18,6 | 6,8 | 27,5 | 49,1 | 23,4 | | | |
| Год | 31,0 | 4,7 | 1,0 | 1,8 | 1,1 | 8,2 | 9,8 | 4,4 | |
| 63,3 | 16,0 | 15,2 | 5,5 | 50,9 | 30,5 | 18,6 | | | |
| Уфа | Теплый | 34,0 | 5,0 | 1,5 | 3,2 | 1,1 | 7,4 | 12,4 | 3,4 |
| | 46,3 | 22,8 | 25,7 | 5,2 | 25,5 | 54,3 | 20,2 | | |
| | Холодный | 28,0 | 3,6 | 1,1 | 2,8 | 0,8 | 5,7 | 10,7 | 3,3 |
| 43,6 | 22,0 | 29,6 | 4,8 | 22,7 | 54,5 | 22,8 | | | |
| Год | 31,0 | 4,3 | 1,3 | 3,0 | 1,0 | 6,5 | 11,6 | 3,3 | |
| 45,0 | 22,4 | 27,2 | 5,4 | 24,2 | 54,8 | 21,0 | | | |
| Шкапово | Теплый | 31,1 | 4,7 | 1,6 | 2,5 | 0,9 | 9,8 | 8,3 | 3,3 |
| | 47,1 | 26,5 | 21,8 | 4,6 | 37,7 | 40,5 | 21,8 | | |
| | Холодный | 36,5 | 4,4 | 1,7 | 2,4 | 0,8 | 9,0 | 14,7 | 3,5 |
| 45,5 | 28,9 | 21,5 | 4,1 | 26,6 | 55,4 | 18,0 | | | |
| Год | 33,7 | 4,6 | 1,6 | 2,4 | 0,8 | 9,4 | 11,5 | 3,4 | |
| 47,3 | 27,2 | 21,4 | 4,1 | 31,5 | 48,9 | 19,6 | | | |
| Белорецк | Год | 81,5 | 12,4 | 5,9 | 2,3 | 1,4 | 21,9 | 33,6 | 4,0 |
| 49,9 | 39,1 | 8,1 | 2,9 | 30,6 | 59,7 | 9,6 | | | |
| Башгосзаповедник | Теплый | 15,3 | 1,4 | 0,7 | 0,9 | 0,8 | 4,0 | 5,5 | 2,0 |
| | 37,4 | 31,0 | 20,9 | 10,7 | 27,9 | 48,5 | 23,9 | | |
| | Холодный | 10,6 | 1,0 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 1,8 | 4,3 | 1,9 |
| 37,0 | 36,3 | 19,3 | 7,4 | 16,8 | 52,0 | 31,2 | | | |
| Год | 12,9 | 1,2 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 2,9 | 4,9 | 1,9 | |
| 37,7 | 30,8 | 22,0 | 9,4 | 23,5 | 50,0 | 26,5 | | | |
| Зилаир | Теплый | 18,2 | 2,7 | 0,9 | 1,3 | 0,7 | 3,2 | 6,5 | 2,9 |
| | 48,3 | 25,7 | 19,8 | 6,2 | 19,3 | 50,2 | 30,5 | | |
| | Холодный | 21,3 | 3,0 | 0,8 | 1,6 | 1,0 | 3,9 | 7,8 | 3,2 |
| 48,1 | 21,2 | 22,4 | 8,3 | 20,3 | 51,3 | 28,4 | | | |
| Год | 19,7 | 2,8 | 0,8 | 1,5 | 0,8 | 3,6 | 7,2 | 3,0 | |
| 48,1 | 22,7 | 22,3 | 6,9 | 20,1 | 51,0 | 28,9 | | | |

Усиление атмотехногенных воздействий привело к сдвигу крайних значений рН как влево (до 2,0), так и вправо (до 9,0). Величина Eh дождевых вод составляет около +350–360 мВ, а снеговых — от +210 до +285 мВ, содержание свободной углекислоты 9–16 мг/л.

В пределах горно-складчатого Урала и Урал-Тау, где выпадает наибольшее количество осадков и краткий путь их циркуляции, в трещиноватых метаморфических породах формируются воды с минерализацией до 0,1 г/л и пестрого химического состава в основном за счет привноса веществ атмосферными осадками. Почти полностью метеорное происхождение в пресных подземных водах имеют микроэлементы, йод, бром и др.

Химический состав подземных вод и условия их формирования в трещиноватой зоне пород Центрально-Уральского поднятия выяснены слабо. Здесь сформировались преимущественно пресные воды (0,1–0,5 г/л) гидрокарбонатного, сульфатно-гидрокарбонатного кальциево-натриевого и натриево-кальциевого состава. В Магнитогорском мегасинклинии состав подземных вод более разнообразен. Здесь, наряду с гидрокарбонатными, встречаются сульфатно-хлоридные и хлоридные воды смешанного трехкомпонентного состава. Минерализация изменяется от 0,5–0,7 до 2–3, иногда до 5 г/л.

На Учалинском, Сибайском и других медноколчеданных месторождениях вблизи рудных тел, залегающих среди туфогенных пород кислого состава, под влиянием окисляющихся, как уже отмечалось в разделе 3.1, сульфидов формируются кислые (рН 3,6–4,3) почти чистые сульфатные воды (до 96% SO_4^{2-}) пестрого катионного состава с минерализацией до 8–12 г/л. В них установлены: Fe^{2+} 0,2–200, Fe^{3+} 0,2–19,5, Cu 8,4–175, Zn 174–576 мг/л и др. Анализ гидрогеохимических данных за последние 30 лет свидетельствует о росте минерализации рудничных вод и концентрации в них металлов.

Вещественный состав горных пород имеет ведущее значение в образовании минерализации и химического состава инфильтрогенных подземных вод. Совершенно очевидно, что в зависимости от состава легкорастворимых минералов и пород (известняки, доломиты, гипсы, галит и пр.) будут формироваться воды гидрокарбонатного, сульфатного или хлоридного классов, групп — кальция, магния или натрия. В эту общеизвестную закономерность нередко вносит свои коррективы фактор гидродинамики. В частности, вследствие широкого развития перетоков между отдельными водоносными горизонтами, последние могут заключать как «первичные» воды, так и «вторичные». Например, как «вторичные» следует рассматривать гидрокарбонатные натриевые и сульфатные натриевые воды, встречающиеся в кар-

бонатных породах. Эти воды формируются в терригенных породах под влиянием процессов растворения и катионного обмена. «Вторичные» и смешанные воды часто наблюдаются в аллювии речных долин, дренирующих водоносные горизонты различных гидрогеохимических зон [Попов, 1976, 1985].

В природных условиях при просачивании атмосферной воды через почвенный слой происходит окисление органики, в результате чего изменяется газовый состав воды; содержание кислорода уменьшается, а двуокиси углерода увеличивается. Выделяющийся CO_2 служит источником образования гидрокарбонатного иона.

Параллельно с обогащением подземных вод солями и газами в породах зоны аэрации протекают процессы метаморфизации. Поглощенный комплекс этих, как правило, континентальных образований на 90–95% представлен щелочноземельными компонентами (емкость обмена до 60–65 мг-экв/100 г), поэтому при взаимодействии с ними осадков, в катионном составе которых превалирует натрий, в подземные воды за счет обменно-адсорбционных процессов переходят ионы кальция и магния.

Литолого-минералогический состав водовмещающих пород является ведущим фактором формирования химического состава подземных вод. Особенно велика роль этого фактора для вод верхней гидродинамической зоны. Основным процессом, обуславливающим изменение минералов горных пород и поступление растворимых соединений в подземные воды, является химическое выветривание, складывающееся из растворения, гидролиза, гидратации и окисления [Посохов, 1975].

Главнейшими растворимыми породами, определяющими величину минерализации и ионно-солевой состав подземных вод Башкортостана, являются известняки, доломиты, гипсы и др. Естественно, что в мономинеральных породах состав подземных вод полностью отражает состав самой породы, а в полиметалльных — главным образом ее наиболее растворимых частей.

Широкое распространение в Башкортостане известняковых толщ, повсеместная обогащенность карбонатным веществом терригенных пород вызвали формирование гидрокарбонатных кальциевых вод, по распространенности занимающих первое место среди класса гидрокарбонатных вод.

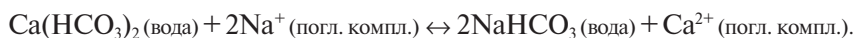
Минерализация гидрокарбонатных вод, связанных с карбонатными породами Уфимского плато, западного склона Урала и других регионов Башкортостана, колеблется от 0,2 до 0,6 г/л. Содержание гидрокарбонат-иона редко снижается до 80%, обычно 85–98%. В катионном

составе доминирует кальций — 50–90%. Повсеместно в водах содержится магний в количестве 10–40%, что связано с выщелачиванием доломитизированных известняков.

В результате выщелачивания гипсов и загипсованных пород формируются сульфатные и гидрокарбонатно-сульфатные воды, содержащие до 70% сульфата кальция. Минерализация их, как правило, не превышает 2,6 г/л.

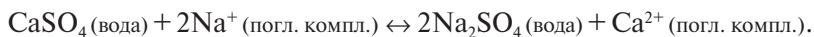
Как уже отмечалось в разделе 2.3, в нижних частях гидрокарбонатной гидрохимической зоны развиты гидрокарбонатные натриевые, а сульфатной зоны — сульфатные натриевые воды. Формирование их, по В.Г. Попову [1976, 1985; Попов, Абдрахманов, Тугуши, 1992], связано с процессами катионного обмена в системе «вода — порода».

Эти процессы объясняются следующим. В результате взаимодействия агрессивного растворителя (атмосферная вода) с карбонатами и сульфатами в раствор поступают ионы HCO_3^- , Ca^{2+} и Mg^{2+} . Ионы кальция и магния атмосферного происхождения, а также перешедшие в раствор за счет растворения пород, обладая высокой адсорбционной способностью, вступают в реакцию катионного обмена с натрием поглощенного комплекса:



В результате этой реакции в растворе появляется сода, второй тип воды преобразуется в первый, щелочноземельные компоненты удаляются из раствора.

В формировании сульфатных натриевых вод так же, как и гидрокарбонатных натриевых, наряду с процессами растворения участвует катионный обмен. Образование этих вод связано с вытеснением натрия из поглощенного комплекса терригенных пород согласно реакции:



Таким образом, сульфатная кальциевая вода, образовавшаяся при выщелачивании гипса, входящего в состав водовмещающих пород, метаморфизуется в сульфатную натриевую.

В естественных условиях зона интенсивной циркуляции является главной ареной развития процессов смешения, в которых могут участвовать очень большие объемы взаимодействующих вод. Гидрогеохимический характер взаимодействия в первую очередь определяется ионно-солевым составом и величиной минерализации смешивающихся вод, тогда как масштабы процессов смешения зависят от гидрогеодинамического, геотектонического и литолого-фациального

факторов. Помимо естественных причин, процессы смешения подземных вод могут быть вызваны техногенезом.

На территории горно-складчатого Урала в пределах хребтов западного склона и Уралтау, где выпадает наибольшее количество осадков, формирование очень пестрого химического состава подземных вод с минерализацией до 0,1 г/л происходит преимущественно за счет привноса веществ атмосферными осадками. Лишь в толщах с преобладанием карбонатных отложений и в зоне трещиноватости ультраосновных пород химический состав вод образуется за счет выноса из них веществ, в результате чего минерализация вод в них достигает 0,3 г/л при гидрокарбонатном кальциевом и магниевом-кальциевом составах, а в серпентинитах — гидрокарбонатном магниевом составе.

Южнее, в пределах Зилаирского плато и плато Уралтау, состав вод, преимущественно гидрокарбонатный кальциевый и смешанный по катионам при минерализации до 0,5 г/л, определяется выносом веществ из пород. Отмеченная смена минерализации и состава вод свидетельствует о проявлении широтной гидрохимической зональности, вызванной уменьшением количества атмосферных осадков в южных районах Урала.

В пределах Тагило-Магнитогорского прогиба широтная и вертикальная зональности проявляются более четко. Так, в пределах системы хребтов Ирендык — Крыкты севернее г. Баймака преобладают воды с минерализацией 0,1–0,3 г/л при гидрокарбонатно-кальциевом составе, а южнее — до 0,5 г/л при преобладании катионов натрия. На Кизило-Уртазымской равнине в северной ее части преобладают пресные гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые и натриево-кальциевые воды. В южных районах формируются пестрые по составу и минерализации (0,3–3,0 г/л) воды, как за счет выноса веществ, так и их концентрирования в результате процессов континентального засоления. Из-за этого на юго-востоке Башкортостана достаточно четко прослеживается быстрая смена химического состава вод в зависимости от высоты и широты местности.

ГЛАВА 4.

РЕСУРСЫ И МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В понимании и определении ряда авторов (А.М. Овчинников, Л.С. Язвин, Б.В. Боровский и др.) месторождением подземных вод называют участки водоносных горизонтов или комплексов, в пределах которых под влиянием естественных или искусственных факторов создаются благоприятные условия для отбора подземных вод определенного состава, отвечающего установленным кондициям, в количестве, достаточном для экономически целесообразного использования.

Согласно Методическим рекомендациям [1995], под прогнозными эксплуатационными ресурсами подземных вод (ПЭРПВ) предложено понимать возможный суммарный водоотбор подземных вод в пределах того или иного региона (района, территории) при заданных гидрогеологических, природоохранных и других ограничениях. Модуль ПЭРПВ — количество воды в л/с, которое можно получить водозаборными сооружениями с 1 км² площади распространения оцениваемого водоносного горизонта при соблюдении заданных гидрогеологических, природоохранных и других ограничений.

Потенциальные ресурсы это суммарный расход водозаборов, расположенных по условной равномерной сетке, а **перспективные ресурсы** — суммарный расход водозаборов, подсчитанный для реальной схемы существующего и проектируемого водоснабжения с учетом возможного размещения условных дополнительных водозаборов на перспективных участках. В таком понимании потенциальные и перспективные эксплуатационные ресурсы нашли отражение в государственном водном кадастре. На практике размещение водозаборов по равномерной сетке нереально в силу разобщенности населенных пунктов, мелких и крупных потребителей и учета заданных ограничений так же, как полное использование ранее оцененных емкостных, естественных и привлекаемых ресурсов.

Для практических целей достаточно ограничиться понятием **прогнозные эксплуатационные ресурсы**. В соответствии с классификацией эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод, подсчитанные для оценки обеспеченности определенной территории прогнозные эксплуатационные ресурсы соответствуют категории Р.

4.1. Методика оценки прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод

Оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения выполнена на основе Методических рекомендаций [1995].

Выделение участков ПЭРПВ проведено на базе гидрогеологического районирования в пределах выделенных гидрогеологических структур по условиям формирования ресурсов подземных вод и их использования.

На основе гидрогеологических, санитарных, природоохранных и иных ограничений из бассейнов исключены участки, где отсутствуют пресные воды, пригодные для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Оценка ПЭРПВ проведена преимущественно для первого от поверхности водоносного горизонта (комплекса, зоны), исключая слабоводоносные и локально развитые водоносные горизонты с низкой водопроницаемостью и малой мощностью, не имеющие практического значения для централизованного водоснабжения. Ресурсы небольших (менее 20 км²) площадей распространения подземных вод учитывались в смежных горизонтах.

ПЭРПВ определяются мощностью зоны пресных вод (10–150 м) или мощностью зоны активной трещиноватости (40–80 м) и в среднем, исходя из практики, составляют 60 м. В долинах небольших и средних рек оценка ресурсов проведена по отдельности для четвертичного и подстилающего горизонтов.

Из оценки прогнозно-эксплуатационных ресурсов подземных вод исключены селитебные территории, территории промышленных зон, населенных пунктов, в том числе и сельскохозяйственных объектов. Расчетная площадь их равна 16,7 тыс. км², что составляет 11,6% площади Башкортостана. Подземные воды промышленно-урбанизированных территорий, населенных пунктов подвержены химическому и органическому загрязнению, и водозаборы подземных вод на этих

территориях не могут быть обеспечены регламентированными зонами санитарной охраны.

Исключены также из ПЭРПВ территории нефтедобывающего (Арланское, Кушкульское, Манчаровское, Сергеевское, Туймазинское, Шкаповское, Уршакское и др. нефтяные месторождения) и горнодобывающего (Башкирского медно-серного, Бурибайского, Учалинского горно-обогатительного и других комбинатов) комплексов, где происходит интенсивное загрязнение пресных подземных вод [Абдрахманов, 2005]. Площадь их загрязнения составляет до 10 тыс. км² (7,5% площади республики).

Другой значительной территорией, исключенной из оценки запасов, являются площади распространения солоноватых подземных вод с сухим остатком свыше 1,0 г/л и общей жесткостью свыше 10 мг-экв/л (участки развития гипсов и загипсованных пород кунгурского и уфимского ярусов). Расчетная площадь их составляет 13,5 тыс. км² — 9,4% территории РБ.

Участками, ограниченными природоохранными зонами, где не оценены ПЭРПВ, но расчетные модули эксплуатационных ресурсов указаны на карте (рис. 23), являются территории национальных парков и заповедников общей площадью 4,4 тыс. км²:

- национальный парк «Асли-Куль» — 312 км²;
- Южно-Уральский государственный природный заповедник — 2560 км²;
- Башкирский государственный природный заповедник — 491 км²;
- национальный парк «Башкирия» — 798 км²;
- государственный природный заповедник «Шульган-Таш» — 225 км².

Следует отметить, что отдельные части указанных территорий могут перекрываться, к примеру, площади солоноватых вод с селитебными территориями, площади низкой водопроницаемости с территориями заповедников, особенно в горно-таежной местности и т. п.

Водохозяйственные ограничения связаны с необходимостью сохранения в реке при эксплуатации береговых водозаборов определенного расхода воды — 75% его меженного стока. Эта часть ограничений применена при оценке ресурсов Волго-Камского и Предуралья бассейнов в долинах рек (Белая, Ик, Дема, Инзер), где имеется большая насыщенность береговыми водозаборами и значительным отбором воды промышленными предприятиями. По долинам рек утверждены эксплуатационные запасы с учетом сохранности санитарного меженного стока и рассчитаны балансовые схемы обеспеченности водоотбора. Аналогичный баланс использования привлекаемых

ресурсов рек Урал и Миндяк выполнен на Уральском и Миндякском месторождениях подземных вод (МПВ) [Чалов, 2003 г.].

В основу выделения форм скопления подземных вод положен литолого-стратиграфический принцип с учетом типа и величины проницаемости пород, а также характера водоносности пород по площади.

Без оценки оставлены суглинисто-глинистые со щебнем элювиально-делювиальные отложения, не содержащие самостоятельного водоносного горизонта, слабоводоносный верхнеэоценовый горизонт и мел-палеогеновый преимущественно безводный комплекс.

- Распределение пород по величине проницаемости следующее:
- а) водоносные — преобладающий коэффициент фильтрации 1 м/сут и более;
 - б) слабоводоносные — коэффициент фильтрации от 10^{-3} до 1,0 м/сут;
 - в) водоупорные — коэффициент фильтрации менее 10^{-3} м/сут.

Оценка ПЭРПВ выполнена в первую очередь на площадях водоносных горизонтов, где распространены подземные воды с минерализацией до 1 г/л. В районах, где отмечается дефицит или отсутствие пресных вод, частично оценены ресурсы слабосоленых и жестких вод с минерализацией 1–1,5 г/л при жесткости 10–15 и до 20 мг-экв/л. Значительная часть таких ресурсов утверждена как эксплуатационные запасы по четвертичному горизонту в долинах рек Белая (Козарезовское МПВ), Уфа (Уфимское МПВ), Дема (Давлекановское и Чишминское МПВ), Ик (Якшаевское МПВ) в расчете на доведение (умягчение) воды до питьевых норм. На площади развития уфимского, соликамского, кунгурского горизонтов в Предуралье оценены частично ресурсы вод с жесткостью 10–15 мг-экв/л с минерализацией до 1,0 г/л.

В зависимости от конкретных гидрогеологических условий и степени изученности оценка прогнозных ресурсов выполнялась гидродинамическими (аналитические расчеты) и балансовыми (оценка родникового стока) методами, методом аналогии и экспертной оценки (горный Урал, горно-таежные территории с недостаточной изученностью). В качестве основного применялся гидродинамический метод с применением вспомогательных рабочих карт: мощности водоносного горизонта, водопроницаемости и других параметров (в основном по Предуралью).

Для большей части территории, на которой водозаборы удалены от приречных зон и зон разгрузки родникового стока, расчет эксплуатационных ресурсов выполнен по формуле:

$$Q = \frac{2\pi K_{\phi} HS}{\ln R - \ln r},$$

где Q — производительность водозабора, м³/сут;

K_{ϕ} — коэффициент фильтрации пород, м/сут;

H — мощность водоносного горизонта, м;

S — понижение уровня, м;

R — радиус влияния, м;

r — радиус скважины, м.

Расчет производился для схемы расположения условных водозаборов по сетке с шагом 2,5; 5,0; 7,5 и 10 км. Шаг сетки подбирался с учетом расположения населенных пунктов, рельефа местности и гидрогеологических параметров. Схемы водозаборов подбирались такими, чтобы привлечь максимум естественных ресурсов, были рациональными и близкими к реальным водозаборам. Лимитирующим показателем водоотбора являлись модули естественных ресурсов и питания. Для части территории применялся метод гидрогеологических аналогов, в том числе и с учетом речного питания и родникового стока.

Гидрогеологические расчеты береговых инфильтрационных водозаборов выполнены по формуле Маскет-Лейбенсона [Минкин, 1973]:

$$Q = \frac{K_{\phi} S(2H - S)}{\frac{a}{l} + \frac{1}{\pi N} \ln \frac{\sigma}{\pi r}}$$

где a — расстояние скважин от реки, м;

l — половина длины линейного водозабора, м;

N — количество скважин, шт.;

σ — половина расстояния между скважинами, м.

В качестве контроля использовались величины линейного модуля (тыс. м³/сут на 1 км ряда), определенного по разведочным участкам и действующим водозаборами (табл. 18). Лимитирующим показателем являлась норма использования меженного речного стока — 25%.

Нагрузка на 1 км берегового водозабора составляла от 0,2–1,0 до 10–20 тыс. м³/сут (по факту до 25–50 тыс. м³/сут).

В районах с интенсивной разгрузкой родникового стока оценка проведена балансовым методом. К оценке принимались родники с дебитами не менее 5 л/с. Модули меженного родникового стока года 95% обеспеченности для участков на Бугульмино-Белебеевской возвышенности (в казанском водоносном комплексе) составили 0,8–1,7 л/с·км², для нижнепермского комплекса на Уфимском плато линей-

Таблица 18

Пропускная способность русла и определяющие параметры

| Река, месторождение (участок) | Мощность водоносного горизонта (Н), м | Коэффициент фильтрации (K_f), м/сут | Водопроницаемость горизонта (KH), м ² /сут | Несовершенство гидравлической связи (ΔL), м | Сопровождение русловых отложений (A_0), сут | Удельный расход (q), тыс. м ³ /сут/л/с на 1 км |
|-------------------------------|---------------------------------------|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| р. Ик Якшаевское | 5,5–8,6 | 98–607 | 540–5200 | 18–93 | 1,5 | $\frac{26,4}{300}$ |
| р. Ик Нижне-Тамакское | 4,8 | 502 | 2400 | 320 | 5,0 | $\frac{13,6}{157}$ |
| р. Ик Ново-Бавлинское | 5,3 | 320 | 1700 | 52 | 0,9 | $\frac{44,0}{509}$ |
| р. Усень Нижне-Тукаевский | 5,1 | 200 | 1020 | 100 | 1,3 | $\frac{3,6}{42}$ |
| р. Усень Тукаевский | 5,1–5,7 | 50–130 | 280–660 | 215–125 | 2,8–1,0 | $\frac{2,3-6,4}{27-74}$ |
| р. Стивинзя Суккуловское | 3,4 | 62 | 210 | 100 | 3,5 | $\frac{0,64}{7}$ |
| р. Усень Туймазинское | 7–8 | 93–146 | 650–1170 | 80–300 | – | $\frac{4,0}{46}$ |
| р. Уфа Изякский | 7–8,5 | 110–152 | 630–970 | 15–30 | 0,4–1,5 | – |
| р. Уфа Максимовский | 6–8,3 | 135–512 | 850–2000 | 12–112 | 0,1–8,8 | $\frac{34,0}{394}$ |
| р. Уфа Южноуфимское | 15,3 | 202–270 | 2600–4000 | 80–150 | 2,1–3,3 | $\frac{40-47,5}{463-550}$ |
| р. Белая Ировское | 4,8–7,0 | 195–350 | 936–2190 | 20 | – | $\frac{7,2-29,7}{83-344}$ |
| р. Белая Зирганское (блок II) | 4,7–6,2 | 225–895 | 1260–5907 | 13–66 | 0,65 | $\frac{12,8}{148}$ |
| р. Белая Зирганское (блок I) | 50 | 47 | 2350 | 30 | 0,31 | $\frac{137,5}{1590}$ |
| р. Белая Сергеевский уч. | 6,5–6,8 | 58–72 | 394–468 | 58–64 | 9–9,6 | $\frac{5,1}{59}$ |
| р. Белая Дюртюлинское | 5,4–10,0 | 47–391 | 254–2150 | 50 | 1,7 | $\frac{11,0}{127}$ |
| р. Дема Курманкеевский | 7–11,2 | 32–118 | 266–1322 | 29–450 | 20 | $\frac{13,0}{150}$ |
| Водозабор | 7,4 | 76 | 560 | 540 | 37–46 | $\frac{4,6-7,6}{53-88}$ |
| р. Дема Исаковский | 5,5–6,7 | 21–59 | 115–395 | 13–100 | 1,4–19,0 | $\frac{2,5-3,3}{29-38}$ |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------------------|--------------|-----|---------|------|----------|--------------------|
| р. Инзер Тавакачевский | инт. 0–10 м | | 145–485 | 2–20 | 0,24–0,8 | $\frac{39,4}{456}$ |
| | инт. 11–40 м | | 5450 | 720 | 6,0 | $\frac{81,2}{940}$ |
| р. Ай Месягутовское | 6,6 | 102 | 673 | 25 | 0,9 | $\frac{39,0}{450}$ |
| р. Юрюзань Малоязовское | 3,3 | 134 | 442 | 40 | 3,0 | $\frac{11,4}{132}$ |

Примечание: Использованы материалы разведочных работ М.С. Верзакова [1970 г., 1972 г., 1975 г., 1976 г., 1977 г., 1980 г.], А.Н. Камышникова [1972 г., 1973 г.], Ю.Н. Чалова [1972 г., 1977 г., 1978 г., 1989 г.], А.М. Шевченко [1990 г.] и др.

ные модули — 10–23 л/с с 1 км. Пересчет дебитов родников к обеспеченности 95% проведен на основании многолетних наблюдений по родниковым аналогам на разведочных участках, по которым утверждены эксплуатационные запасы (Суккуловский, Кидашский, Мартыновский, Кош-Елгинский) в сумме 72,2 тыс. м³/сут. Расчет трещинно-карстовых родников Уфимского плато ориентировался на режимный родник Тюба с 24-летним сроком наблюдений (табл. 19).

Коэффициенты перехода измеренных дебитов летне-осенней межени к минимально-обеспеченным ($P=90\%$) следующие:

$$K_1 = Q_{90\%} / Q_{50\%} = 0,04 / 0,21 = 0,19,$$

$$K_2 = Q_{90\%} / Q_{75\%} = 0,04 / 0,23 = 0,3,$$

$$K_{cp} = 0,24.$$

Для характеристики параметров водоносных горизонтов использованы данные более чем по 150 поисково-разведочным участкам, 200 водозаборам, 2000 скважинам и 700 родникам.

За мощность водоносного горизонта принималась мощность обводненных пород в пределах зоны пресных вод, а при отсутствии таковых, исходя из опыта поисково-разведочных работ, в среднем 60 м. Величина допустимого понижения принята как 1/3 мощности обводненной толщи на неизученных площадях, при наличии напора — напор + 1/3 мощности для обеспечения необходимого резерва и учета понижения скважины, поскольку последняя в расчетной формуле не учитывается.

Территория Башкортостана по количеству выпадающих и испаряющихся осадков расположена в трех зонах увлажнения [Ткачев и др. 1984 г.].

Зона избыточного увлажнения (W составляет от 600–800 до 1000 мм/год, $E = 300–400$ мм/год, $(K = W / E \geq 2)$, где W — осадки, E —

Таблица 19

Обеспеченность измеренных дебитов карстового родника Тюба
(Уфимское плато)

| № п/п | Фазы водности | Дебит, м ³ /с обеспеченностью | | | |
|----------|---|--|------|-------|-------|
| | | 50% | 75% | 90% | 95% |
| 1 | Среднегодовой ($Q_{\text{ср.год.}}$) | 0,48 | 0,41 | 0,30 | 0,26 |
| 2 | Предвесенний минимум | 0,20 | 0,07 | 0,03 | 0,01 |
| 3 | Весенний максимум | 6,8 | 4,4 | 2,5 | 2,15 |
| 4 | Осенне-летний минимум | 0,21 | 0,13 | 0,04 | 0,02 |
| 5 | Осенний максимум | 0,76 | 0,41 | 0,23 | 0,12 |
| 6 | Полусумма ($Q_{\text{ср.мин.}}$) предвесенне-го и осеннего летнего минимума | 0,20 | 0,10 | 0,035 | 0,015 |
| 7 | Коэффициент $Q_{\text{ср.мин.}}$ | 0,42 | 0,24 | 0,12 | 0,06 |
| 8 | Атмосферные осадки, мм (МС Павловка) | 817 | 724 | 582 | 577 |

испарение, K — коэффициент увлажнения). Эта зона занимает почти всю горную часть и часть Приуралья (территория сплошного развития лесов).

Зона умеренного увлажнения ($W = 400\text{--}600$ мм/год, $E = 280\text{--}350$ мм/год, $K \sim 1,4$) — большая часть Предуралья, Приайская равнина, южная часть горной области, полоса восточных грядово-мелкосопочных предгорий системы хребтов Ирэндык-Крыкты и северная часть Кизило-Уртазымской равнины.

Зона недостаточного увлажнения ($W = 400$ мм/год, $E = 260\text{--}280$ мм/год, $K < 1,4$) — юго-восток республики, части Сакмаро-Таналыкской и Кизило-Уртазымской равнин.

Самый напряженный баланс подземных вод испытывает территория Башкирского Зауралья — модули 0,1–0,2 и менее 0,1 л/с·км². Следует отметить, что модуль подземного стока не может отождествляться с модулем питания, так как разгрузка подземных вод в реки представляет только один из элементов разгрузки подземных вод и в ней, к примеру, не находит отражение разгрузка путем испарения с уровня грунтовых вод, с поверхности заболоченных территорий и другие факторы.

В этой связи представляет практический интерес определение модуля питания по материалам долгосрочных и краткосрочных режимных наблюдений, что и было выполнено в процессе работы. Расчет инфильтрационного питания был произведен по формуле:

$$\omega = \frac{\Delta h + \Delta z}{\Delta t}$$

где w — инфильтрационное питание,

Δh — разность отметок уровня воды,

Δz — величина снижения уровня (отток по пласту),

Δt — время наблюдения.

Долгосрочный режим с периодом наблюдений от 16 до 35 лет характеризуется следующими среднемноголетними данными:

- по четвертичному горизонту в зоне избыточного увлажнения модуль питания равен от 3,2 до 6,7 л/с·км², коэффициент инфильтрации от 0,17 до 0,33;
- по нижнепермским горизонтам (известняки, доломиты) — 4,6–10,6 л/с·км² и 0,27–0,54 соответственно;
- в зоне умеренного увлажнения по неоген-четвертичному и общесыртовому горизонтам модуль питания составил 1,2–5,2 (средний 2,5–3) л/с·км², коэффициент инфильтрации 0,08–0,33 (средний 0,18);
- по верхнепермским горизонтам (алевролиты, песчаники, известняки) — 0,7–5,7 л/с·км² (средний около 3) и 0,06–0,3 (средний 0,18) соответственно;
- в зоне недостаточного увлажнения в четвертичном горизонте модуль питания 0,6–1,0 л/с·км², коэффициент инфильтрации 0,04–0,07;
- по уфимскому горизонту (глины, алевролиты) — 0,4–0,7 л/с·км² и 0,26–0,05 соответственно;
- по улутауской свите (туфопесчаники, порфириты) — от 0,19 до 0,55 л/с·км², коэффициент инфильтрации 0,02–0,05.

Среднемноголетние модули питания в среднем в 2 раза превышают обеспеченные модули естественных ресурсов и могут быть применены для оценки ПЭРПВ сельских потребителей.

При поисковых работах по водоснабжению в Хайбуллинском районе также по годичным наблюдениям получены новые данные по инфильтрационному питанию за 1992–2000 гг. В зоне трещиноватости и коре выветривания вулканогенно-осадочных и метаморфических пород модули питания составляют от 0,1 до 0,64 л/с·км² при коэффициенте инфильтрации от 1 до 9%; по неогеновым, триасовым и юрским отложениям — от 0,2 до 2,4 л/с·км² и инфильтрация — от 2 до 17%; по четвертичным (речная терраса) — 0,7–3,1 л/с·км² и 10–45% соответственно [Макаров, Кагарманова, 2002 г.].

Расчетами ПЭРПВ по Хайбуллинскому району с учетом данных по инфильтрационному питанию, схемы водозабора и площади питания достигнуты положительные результаты по обеспечению сельских

водозаборов в этом самом засушливом районе Республики. Модули эксплуатационных ресурсов составили от 0,07 до 0,34 л/с·км² при среднем — около 0,2 л/с·км², в то время как модули естественных ресурсов по речному стоку в бассейне р. Таналык менее 0,1 л/с·км².

4.2. Формирование прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод

Основными источниками формирования прогнозных ресурсов являются естественные и привлекаемые ресурсы.

4.2.1. Естественные ресурсы подземных вод

Естественные ресурсы подземных вод (в модулях — л/с·км²) по всей площади Башкортостана (кроме площадей развития четвертичного аллювиального водоносного горизонта в долинах средних и крупных рек) определены по подземному притоку в реки по [Методические ..., 1982]. За характеристику среднегодовой величины подземного притока в реки принято значение полусуммы средних за 25–30 дней величин минимального речного стока за периоды летне-осенней и зимней межени, в некоторых случаях — полусуммы минимальных среднемесячных (за календарный месяц) величин за те же периоды. Как показало сопоставление, результаты того и другого вариантов различаются не более чем на 10%. Используются материалы длительных наблюдений за стоком рек по постам Росгидромета и результаты разовых замеров расходов в межень по малым рекам и ручьям, выполнявшихся при гидрогеологических съемках.

По западной части Башкортостана использованы материалы ранее выполненных работ по Волго-Камскому артезианскому бассейну [Чалов и др., 1985 г.], впоследствии дополненные данными с 1986 по 1997 гг. По р. Белой использованы наблюдения по створам: Сыртланово ($F=10100$ км²) — за 57 лет, Стерлитамак ($F=21000$ км²) — за 79 лет, Уфа ($F=10000$ км²) — за 120 лет.

По другим постам ряд так же был удлинен на 16 лет (по некоторым меньше — ввиду их закрытия). Поскольку водоносные горизонты, развитые на территории Башкортостана, как правило, не имеют большой регулирующей емкости (для регулирования ресурсов в многолетнем плане), то при региональной оценке естественных ресурсов подземных вод как источника водоснабжения принимаем гарантированную величину подземного питания 95% обеспеченности.

Для аллювиального водоносного горизонта естественные ресурсы оценены по аналогии с детально изученными участками, на которых подземный сток был оценен гидродинамическим методом. По качеству подземных вод естественные ресурсы разделены на 1) воды с минерализацией до 1 г/л и жесткостью до 10 мг-экв и 2) воды с минерализацией 1–3 г/л и жесткостью 10–30 мг-экв.

Выделенная на карте **платформенная часть и Предуральский краевой прогиб** относятся к Восточно-Европейской системе артезианских бассейнов (см. рис. 6).

В пределах республики наиболее высокие значения модуля естественных ресурсов (5–2 л/с·км²) отмечены на Уфимском плато (водоносный горизонт закарстованных карбонатных пород в пределах Караидельского, частично Аскинского, Дуванского, Нуримановского, Благовещенского, Салаватского и Мишкинского районов).

Модули 2–1 и 1–0,5 л/с·км² имеют водоносные горизонты и комплексы:

- Белебеевской возвышенности (P₂kz) (Туймазинский, Белебеевский, Еремекеевский, Бижбулякский, Миякинский, Стерлибашевский, Федоровский районы);
- правобережья р. Ай (P₁) (Дуванский, Мечетлинский, Белокатайский, Кигинский районы);
- левобережья рр. Буй и Быстрый Танып (P₂u) (Янаульский и Татышлинский районы);
- западного и южного склонов Уфимского плато (P₁) в верховьях рр. Бирь и Изяк, в бассейне р. Усы, по левобережью р. Салдыбаш (Мишкинский, Благовещенский, Нуримановский районы);
- правобережья р. Белой в пределах Бельской депрессии Предуральского краевого прогиба (P₂) от широтного колена р. Белой южнее г. Мелеуза до устья р. Сим, включая междуречье Инзер – Сим (Мелеузовский, Ишимбайский, Стерлитамакский, Гафурийский, Архангельский, Иглинский районы);
- южной части Бельской депрессии в бассейнах рек Б. Юшатырь и Б. Ик (Куюргазинский, Кугарчинский, Зианчуринский районы).

Модули 0,5–0,2 л/с·км² имеют площади (P₂kz, P₂u):

- северной части Белебеевской возвышенности (в среднем и нижнем течении р. Усень), в междуречье Сюнь – База (Туймазинский, Шаранский, Бакалинский, Илишевский районы);
- междуречья Буй – Быстрый Танып (Янаульский и Калтасинский районы).

Для большой площади по левобережью р. Белой (около 20 тыс. км²) от устья р. Куганак (непосредственно севернее г. Стерлитамака) до

устья р. Базы (Стерлитамакский, Аургазинский, Кармаскалинский, Давлекановский, Чишминский, Уфимский, Буздякский, Благоварский, Чекмагушевский, Кушнаренковский, Дюртюлинский районы) и по правобережью Белой (около 10 тыс. км²) в междуречьях Уфа – Сим, Быстрый Танып – Бирь и Быстрый Танып – Уфа (Иглинский, Бирский, Мишкинский, Балтачевский и Аскинский районы) для некоторых участков характерны низкие модули естественных ресурсов пресных подземных вод (от 0,2–0,1 до <0,1 л/с·км²). Нулевые значения соответствуют, главным образом, площадям широкого развития сульфатных отложений кунгурского яруса нижней перми. Здесь общие модули подземного стока могут быть довольно высокими, но воды имеют минерализацию выше 2,0 г/л и жесткость 20–30 мг-экв/л. В междуречьях База – Чермасан и Чермасан – Дема подземные воды приурочены к загипсованным терригенным, преимущественно глинистым толщам шешминского горизонта уфимского яруса. Здесь модули ресурсов пресных подземных вод имеют нулевые значения (вода имеет минерализацию 1,1–1,4 г/л и жесткость 14–15 мг-экв/л) при весьма низких общих модулях подземного стока.

В горной части общий модуль подземного стока составляет 1–0,5 л/с. Водообильность пород весьма различна. К карбонатным закарстованным толщам карбона, девона и древних свит приурочены родники с дебитами до десятков и сотен л/с. Толщи метаморфических сланцев различного состава значительно менее водообильны. Модули естественных ресурсов этих толщ условно разделены по таким грациям: карбонатные породы (по аналогии с Уфимским плато) — 5–2 л/с·км², остальные толщи — 0,5–0,2 л/с·км². Бассейн р. Сим, занимающий северную часть указанного района, характеризуется максимальным для Башкортостана количеством осадков. Общий модуль подземного стока здесь по бассейнам рек Лемеза и Инзер 1,3–2,2 л/с·км², поэтому для некарбонатных толщ принято более высокое, по сравнению с остальной частью бассейна р. Белой, значение модуля — 1–0,5 л/с·км².

По правым притокам р. Сакмары и р. Урал (верховья Бол. и Мал. Кизила) модуль естественных ресурсов — 0,5–0,2 л/с·км². Наибольшей водообильностью здесь отличаются кварциты, кварцевые песчаники, значительно реже — карбонатные породы. В региональном плане это неширокие меридионально вытянутые полосы.

По остальной площади Башкирского Зауралья, кроме полос известняков нижнего карбона на восточной границе республики, модуль естественных ресурсов <0,1 л/с·км². Самые низкие его значения (близкие к нулевым) характерны для нижней части бассейна р. Таналык.

Повышенная водообильность и концентрация естественных ресурсов характерны в этом районе для меридионально вытянутых узких полос яшм и яшмовидных кремнистых сланцев.

Естественные ресурсы известняков нижнего карбона детально изучены при разведке нескольких месторождений подземных вод по рекам Бол. и Мал. Кизил, Янгелька. Модуль естественных ресурсов для частных водосборов площадей месторождений в 100–300 км² составляет: $P_{50\%}$ — около 1,2 л/с·км², $P_{95\%}$ — 0,5–0,7 л/с·км² [Палкин, 1995 г.]. Расчетный, при 95% обеспеченности, для этой площади составляет 1–0,5 л/с·км². Учитывая, что приведенные цифры относятся к наиболее водообильным участкам, не исключено, что в целом вся площадь развития известняков по восточной границе Республике имеет модуль естественных ресурсов для года 95% обеспеченности не ниже 0,5 л/с·км².

4.2.2. Привлекаемые ресурсы

Привлекаемые ресурсы за счет транзитного стока поверхностных вод в речных долинах являются одним из основных источников формирования эксплуатационных ресурсов действующих водозаборов, разведанных месторождений и регионально оценены на территории Республики. Для четвертичного горизонта эксплуатационные ресурсы, формирующиеся за счет привлечения поверхностного стока, составляют для Волго-Камского бассейна около 75%, для Предуралья — 62%. Линейный модуль на 1 км берегового ряда (долины) изменяется от 2–10 до 100–200 л/с. Наиболее высоким линейным модулем характеризуется горизонт в долине р. Белой и в приустьевых частях рек Уфы и Инзера — 250–650 л/с на 1 км.

Привлекаемые ресурсы оценены во всех долинах больших, средних и части малых рек, где допускается экономическая целесообразность их освоения или нет конкурирующего варианта использования другого водоносного комплекса, более водообильного, нежели четвертичный горизонт. В долине малых и средних рек подстилающий аллювий горизонт коренных пород иногда более продуктивен (Катайское, Учалинское, Миндякское, Суккуловское МПВ). Расчет привлекаемых ресурсов в приречных зонах проводился с учетом следующих ограничений:

— протяженность расчетной части блока от 0,25 до 0,5 его длины независимо от извилистости русла или возможности создания водозаборов на обоих берегах, выведенная на основании опыта эксплуатации и разведочных работ в наиболее освоенных речных долинах;

- разрешенная норма (25%) использования минимального речного стока;
- расчетная величина ПЭРПВ контролировалась по замыкающему стволу в долинах малых рек или по промежуточному для средних и больших рек (Белая, Уфа, Ик, Дема).

Расчетная производительность по блоку контролировалась пропускной способностью русла, а в расчетную формулу закладывалась величина ΔL , определенная на аналогичных разведочных участках и действующих водозаборах (см. табл. 18).

Искусственное пополнение подземных вод учтено только при подсчете эксплуатационных запасов на Учалинском МПВ — 19,8 тыс. м³/сут и Миндякском МПВ — 3,7 тыс. м³/сут.

4.3. Оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод

При оценке прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод исключено около 35 тыс. км² территории Башкортостана, включающих площади распространения соленоватых вод, загрязненных участков, площади селитебных вод и площади национальных парков и заповедников.

Дополнительно не производилась оценка горно-таежных местностей с практическим отсутствием населения и потребителей — 20 тыс. км² и территорий развития водоносных горизонтов с низкой водопроницаемостью (общесыртовый, неогеновый, мел-палеогеновый, нижнетриасовый) — 8,2 тыс. км². В местностях с низкой степенью заселенности расчетная площадь покрывалась сеткой расчетных водозаборов не полностью, а избирательно — по количеству населенных пунктов.

Практикой поисково-разведочных работ с последующим переходом к подсчету запасов показано, что от общей опоискованной территории полезной к подсчету запасов остается 18–33%, остальная территория отбраковывается по гидрогеологическим, санитарным и другим ограничениям [Чалов, 2003 г.]. Поэтому на недостаточно изученных территориях — Горного Урала и Зауралья, Уфимского плато и других — при оценке ПЭРПВ применялся понижающий коэффициент к оцениваемой площади 0,25–0,5 в зависимости от густоты населенных пунктов и общей потребности района. Таким образом, оцененная территория составила 59,0 тыс. км² или 41,2% территории Башкортостана. При этом следует отметить недоучет площади в части привлекаемых ресурсов,

количество которых из общей суммы ПЭРПВ в 6,64 млн. м³/сут составляет 3,0 млн. м³/сут. Например, по Южно-Предуральскому бассейну привлекаемые ресурсы, обеспеченные транзитным стоком р. Белой, составили 1080,2 тыс. м³/сут, а площадь питания не учтена. Средний модуль эксплуатационных ресурсов (без привлекаемых) по территории Республики составляет $M_{\text{пр}} = 3631,6 \text{ тыс. м}^3/\text{сут} / 56,0 \text{ тыс. км}^2 = 0,7 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$. Принимая этот модуль для обеспечения привлекаемых ресурсов получим дополнительную расчетную площадь $3033 \text{ тыс. км}^2 / (0,7 \cdot 86,4) \approx 50 \text{ тыс. км}^2$. Можно принять, что общая учтенная территория $59 + 50 = 119 \text{ тыс. км}^2$, что в сумме с площадью солоноватых вод и территорий с низкой водопроницаемостью и селитебных зон составит $119 + 13,5 + 8,2 + 16,7 = 157,4 \text{ тыс. км}^2$, несколько больше территории (143 тыс. км²) Республики. Как уже отмечалось, площадь селитебных зон, участки низкой водопроницаемости и солоноватых вод могут перекрываться и четкого учета площади не получится, тем более что часть поверхностного стока по бассейну р. Уфа с привлекаемыми ресурсами в 1090 тыс. м³/сут может приходиться транзитом из соседних областей.

Результаты подсчета ПЭРПВ по административным районам и водоносным горизонтам с градацией по качеству приведены в табл. 20. Общая сумма ресурсов составила 6664,6 тыс. м³/сут, в том числе

Таблица 20

Прогнозные эксплуатационные ресурсы и водоотбор подземных вод по административным районам (тыс. м³/сут)

| Наименование административного района | ПЭРПВ | | Разведенные запасы | Современный водоотбор | Общая потребность 2010 г. |
|---------------------------------------|-------|------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|
| | всего | до 1 г/дм ³ | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Абзелиловский | 97,2 | 93,9 | 65,0 | 6,9 | 11,63 |
| Альшеевский | 94,3 | 47,5 | – | 10,5 | 13,24 |
| Архангельский | 272,6 | 265,3 | 140,9 | 1,3 | 5,78 |
| Аскинский | 168,7 | 155,2 | – | 2,9 | 5,98 |
| Аургазинский | 6,0 | 0,7 | – | 2,5 | 8,20 |
| Баймакский | 42,6 | 42,6 | 21,0 | 13,0 | 47,85 |
| Бакалинский | 30,8 | 22,8 | – | 8,1 | 9,68 |
| Балтачевский | 76,9 | 27,1 | 6,3 | 2,7 | 7,13 |
| Белебеевский | 111,7 | 111,7 | 23,0 | 32,9 | 38,18 |
| Белокатайский | 50,9 | 50,9 | 3,4 | 4,3 | 6,42 |
| Белорецкий | 113,2 | 113,2 | 36,5 | 33,2 | 48,13 |
| Бижбулякский | 65,0 | 64,8 | 13,9 | 6,0 | 8,2 |
| Бирский | 149,6 | 137,8 | 59,2 | 15,2 | 19,06 |

Окончание таблицы 20

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Благоварский | 13,2 | 2,3 | – | 6,2 | 8,53 |
| Благовещенский | 268,3 | 253,1 | 144,4 | 63,4 | 23,61 |
| Будзякский | 14,3 | 10,9 | – | 5,7 | 8,74 |
| Бураевский | 46,6 | 46,6 | 4,3 | 4,8 | 7,81 |
| Бурзянский | 49,4 | 49,4 | – | 0,7 | 4,13 |
| Гафурийский | 135,0 | 135,0 | 39,2 | 8,9 | 9,06 |
| Давлекановский | 52,7 | 5,2 | 36,0 | 7,5 | 10,79 |
| Дуванский | 191,8 | 191,8 | 9,7 | 6,4 | 8,81 |
| Дюртюлинский | 104,2 | 103,2 | 39,0 | 8,4 | 21,78 |
| Ермекеевский | 112,0 | 82,0 | 56,0 | 33,0 | 6,01 |
| Зианчуринский | 102,3 | 99,9 | – | 4,0 | 8,27 |
| Зилаирский | 20,6 | 20,6 | – | 1,4 | 5,04 |
| Иглинский | 162,9 | 141,3 | 89,0 | 3,5 | 10,8 |
| Илишевский | 26,4 | 26,4 | – | 9,1 | 11,41 |
| Ишимбайский | 304,4 | 304,4 | – | 162,8 | 33,33 |
| Калтасинский | 62,7 | 62,7 | – | 5,4 | 7,27 |
| Караидельский | 236,3 | 236,3 | – | 5,1 | 7,35 |
| Кармаскалинский | 57,6 | 39,7 | 40,9 | 7,9 | 11,94 |
| Кигинский | 79,2 | 79,2 | 1,5 | 5,4 | 5,76 |
| Краснокамский | 125,5 | 124,2 | – | 43,9 | 62,85 |
| Кугарчинский | 179,8 | 170,9 | – | 6,0 | 8,64 |
| Кушнаренковский | 42,7 | 27,4 | – | 4,9 | 8,02 |
| Куюргазинский | 168,0 | 165,9 | 108,6 | 28,4 | 32,83 |
| Мелеuzовский | 622,7 | 622,7 | 511,4 | 140,7 | 29,12 |
| Мечетлинский | 119,1 | 115,1 | 3,4 | 5,8 | 7,52 |
| Мишкинский | 35,0 | 23,5 | – | 2,6 | 7,40 |
| Миякинский | 100,8 | 63,0 | 3,2 | 6,4 | 10,20 |
| Нуримановский | 348,9 | 331,6 | 40,0 | 2,3 | 5,54 |
| Салаватский | 104,6 | 104,6 | 2,1 | 9,4 | 8,06 |
| Стерлибашевский | 63,2 | 62,7 | 6,0 | 3,5 | 6,42 |
| Стерлитамакский | 55,8 | 42,5 | – | 31,8 | 227,89 |
| Татышлинский | 17,6 | 16,6 | 2,0 | 4,5 | 7,30 |
| Туймазинский | 164,7 | 74,4 | 117,8 | 46,1 | 79,53 |
| Уфимский | 902,6 | 691,6 | 826,4 | 332,7 | 578,09 |
| Учалинский | 82,0 | 82,0 | 65,3 | 20,0 | 27,58 |
| Федоровский | 31,6 | 31,6 | 4,1 | 4,1 | 6,21 |
| Хайбуллинский | 30,0 | 27,9 | 2,4 | 7,5 | 9,81 |
| Чекмагушевский | 8,7 | 7,6 | – | 7,5 | 9,61 |
| Чишминский | 55,0 | 11,0 | 36,4 | 12,1 | 14,67 |
| Шаранский | 19,6 | 19,6 | – | 5,9 | 7,54 |
| Янаулский | 67,3 | 67,3 | 11,0 | 14,8 | 16,62 |
| Итого | 6664,6 | 5907,2 | 2569,2 | 1230,0 | 1611,4 |
| На 1 жителя (л/сут) | 1622 | 1437 | 625 | 299 | 392 |

3033,0 тыс. м³/сут — это привлекаемые ресурсы транзитного стока рек. Средний модуль эксплуатационных ресурсов к расчетной площади составляет 0,7 л/с·км². Распределение ПЭРПВ неравномерное и в основном соответствует естественным ресурсам. На карте (см. рис. 23) эти показатели приведены в модульном выражении.

На территории Волго-Камского бассейна наиболее водообильны нижнепермские карбонатные отложения на Уфимском плато — средний модуль 3,1 л/с·км²; модуль в днищах долин до 20 л/с на 1 км². Вдоль долин основных дрен — рек Ая, Юрюзани, Уфы — осуществляется разгрузка родникового стока (модуль 5–10 л/с·км²). Имеются родники с дебитами 30–50 и более л/с, а родник Красный Ключ — 5–6 тыс. л/с. Здесь возможно заложение линейных водозаборов с производительностью от 5 до 25 тыс. м³/сут, но район малозаселенный, потребители отсутствуют. Естественно часть этих ресурсов привлекается через транзитный сток р. Уфы для водоснабжения г.г. Уфа и Благовещенск.

Хорошей водообильностью характеризуется аллювиальный четвертичный водоносный горизонт в долинах рек Уфа, Белая, Ик. Площадные модули эксплуатационных ресурсов изменяются от 2 до 4 л/с, а в совокупности с привлечением поверхностного стока возможно создание водозаборов до 100–280 тыс. м³/сут (Максимовский, Терегуловский водозаборы г. Уфы). Линейные модули привлекаемых ресурсов составляют от 25–60 до 200–300 л/с на 1 км, по Терегуловскому (Южному) водозабору г. Уфы в долине р. Уфы до 650 л/с на 1 км. К сожалению, до 25% ПЭРПВ вод этого горизонта имеют превышение (более 10 мг-экв) по жесткости, а также и по содержанию железа. Общие ресурсы горизонта оцениваются 2235,4 тыс. м³/сут (56% региональных).

В пределах Бугульмино-Белебеевской возвышенности эксплуатационные модули казанского комплекса варьируют от 0,2 до 2,0 л/с·км², в том числе по родниковому стоку 1–2 л/с·км². Значительно ниже водообильность казанского и уфимского комплексов на северном и восточном склонах возвышенности и в пределах Прибельской равнины — модуль 0,15–0,5 л/с·км². На данной территории утверждены запасы по родниковому стоку по 5 участкам (Суккуловское, Кидашское, Мартыновское, Кош-Елгинское МПВ, Исмагиловский УМПВ) с запасами от 6,0 до 32,7 тыс. м³/сут; действуют водозаборы с водотбором 3,0–6,0 тыс. м³/сут.

Территория Предуральского бассейна по расчетной величине прогнозных ресурсов занимает второе место после Волго-Камского — 1,9 млн. м³/сут, из них привлекаемые 1,2 млн. м³/сут (63%) преимущественно в долине р. Белой (табл. 21). Здесь утверждены запасы по крупным месторождениям на привлекаемых ресурсах: Зирганское

Таблица 21

Распределение привлекаемых ресурсов
по гидрогеологическим районам и водоносным горизонтам

| № п/п | Гидрогеологический район (бассейн) | Водоносный горизонт, комплекс, зона | Прогнозные ресурсы, тыс. м ³ /сут |
|-------|---|--|--|
| 1 | Волго-Камский | Четвертичный | 1682,9 |
| 2 | Северо-Предуральский (Юрюзано-Сылвинский) | Четвертичный | 123,0 |
| 3 | Южно-Предуральский (Бельский) | Четвертичный | 1080,2 |
| 4 | Уральский | Четвертичный | 11,6 |
| | | Нижнесреднеюрский | 1,2 |
| | | Нижне-среднекаменноугольный | 61,2 |
| | | Нижнекаменноугольно-среднедевонская зона | 1,7 |
| | | Среднедевонско-силурийская зона | 24,0 |
| | | Нижнепалеозойско-верхнепротерозойская зона | 36,5 |
| | | Верхнепротерозойская зона | 8,8 |
| 5 | Западно-Уральский | Четвертичный | 2,0 |
| | Итого | Четвертичный и нижне-среднеюрский Все остальные | 2900,9 132,2 |
| | Всего | | 3033,1 |

МПВ — 435 тыс. м³/сут, Ировское — 96,8 тыс. м³/сут, действуют крупные водозаборы на неутвержденных запасах с водоотбором 25–75 тыс. м³/сут (Ашкадарский, ЗАО «Каустик»). В южной части по верхнепермским и триасовым отложениям модуль эксплуатационных ресурсов 0,7 л/с·км², утверждены запасы по Маячному МПВ в количестве 11,8 тыс. м³/сут, действуют водозаборы с производительностью 1,2–9,6 тыс. м³/сут («Мокрый Лог»). В северной части бассейна модули по нижнепермскому и кунгурскому комплексам (средние) 0,8–1,0 л/с·км², МПВ не крупные с запасами от 0,65 до 9,7 тыс. м³/сут, производительность водозаборов по райцентрам 0,4–0,94 тыс. м³/сут. Качество подземных вод преимущественно хорошее.

Высокими модулями (2–4 л/с·км²) характеризуются каменно-угольно-девонские преимущественно карбонатные комплексы Западно-Уральского бассейна, где имеются родники с дебитами 50–100 л/с. Карстовые родники «Берхомут» и «Аскен-Куль» с обеспеченным расходом 650 л/с каптированы и используются для водоснабжения г. Стерлитамак. Остальная часть ресурсов ввиду отсутствия потребителей незадействована. На локально развитых полосах карбонатных и трещинных пород горно-складчатого Урала с привлечением поверхностного стока и искусственным пополнением разведаны месторождения с запасами 5–36 тыс. м³/сут (Учалинское, Миндякское и Катайское МПВ), действуют водозаборы с производительностью до 10 тыс. м³/сут. Линейные модули привлекаемых ресурсов из рек Урал, Миндяк, Белая по этим месторождениям составляют от 10 до 60 л/с на 1 км ряда.

На остальной территории Урала модули эксплуатационных ресурсов от 0,09 л/с (кизильская и березовская слабоводоносная зона) до 1,4 л/с·км² (девонско-силурийско-ордовикские комплексы). Территория Зауралья, особенно юго-восток, испытывает определенный дефицит пресных вод. На части территории модуль ПЭРПВ менее 0,1 л/с·км². При общем низком стоке в бассейне р. Таналык (даже отсутствие зимнего стока) эксплуатационные ресурсы по поисково-разведочным участкам на площади развития вулканогенно-осадочных толщ на основании инфильтрационного питания составляют 0,2–0,3 л/с·км², что достаточно для обеспечения водозаборов производительностью до 200–300 м³/сут. При этом большинство населенных пунктов приурочено к естественным дренам — долинам постоянных и временных водотоков. На данной территории (в предгорьях хр. Ирендык) разведано Баймакское МПВ с запасами 11,0 тыс. м³/сут со средним эксплуатационным модулем 0,85 л/с·км², производительность водозабора Ирендык на базе этого МПВ — до 3 тыс. м³/сут на естественных ресурсах.

В верховьях бассейна р. Таналык в зоне сочленения среднедевонско-силурийской и нижнекаменноугольно-среднедевонской водоносных зон в долине реки с привлечением речного стока (400 м³/сут) разведано Таналыкское МПВ с запасами 1,2 тыс. м³/сут. Эксплуатационный модуль месторождения с площади питания 160 км² составил 0,09 л/с·км².

По восточной границе Республики в полосе карбонатных отложений кизильской свиты разведаны 2 месторождения — Абдряшевский УМПВ и Уральское МПВ с привлечением поверхностного стока и запасами 65,0 и 10,0 тыс. м³/сут соответственно.

4.4. Обеспеченность населения разведанными и прогнозными ресурсами подземных вод

Степень обеспеченности населения Башкортостана ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения отражена на карте (рис. 24, см. табл. 20). Здесь приведены общие ПЭРПВ, их количество с сухим остатком подземных вод до 1,0 г/л; разведанные запасы, современный водоотбор и потребности до 2010 г. При характеристике обеспеченности населения республики хозяйственно-питьевыми водами выделены крупные потребители, рассредоточенные потребители и сельские потребители.

К крупным потребителям отнесен 21 город Башкортостана. Численность городского населения (без поселков городского типа) на 2000 г. составляла 2447,8 тыс. человек, современное использование подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения — 647,5 тыс. м³/сут и поверхностных (г. Уфа, Агидель, Белорецк, Дюртюли) — 139,5 тыс. м³/сут. Утвержденные эксплуатационные запасы подземных вод составляют 2138,2 тыс. м³/сут при потребности на 2010 г. 1125,7 тыс. м³/сут. Не обеспечены утвержденными запасами города Агидель, Ишимбай, Нефтекамск, Туймазы, Стерлитамак, Янаул.

Город Уфа совместно с городом Благовещенск имеет на балансе 1090,4 тыс. м³/сут разведанных запасов. Повышенная жесткость (часть запасов Терегуловского, Максимовского, Изьякского и Каршидинского участков), невозможность обеспечения зоны санитарной охраны (Козарезовское МПВ) исключают на ближайшую перспективу использование значительной доли запасов. Для г. Уфы при существующей разведанности [Ткачев, 2001 г.] и опыте эксплуатации можно обеспечить гарантированный отбор подземных вод с общей жесткостью менее 10 мг-экв/л в количестве 481 тыс. м³/сут, для г. Благовещенска — 67,8 тыс. м³/сут. Дефицит подземных вод для г. Уфы покрывается Ковшовым водозабором из р. Уфы.

Для г. Белебей имеются разведанные запасы на Кош-Елгинском МПВ, Белебеевском МПВ, Мартыновском МПВ, но удаленность этих участков составляет 10–25 км, при этом все они на родниковом стоке, что потребует дополнительных коммуникаций для сбора родниковой воды. Перспективное водоснабжение связывается с доразведкой и утверждением запасов на Усеньском водозаборе и в долине р. Усень.

Город Давлеканово при потребности всего в 4,7 тыс. м³/сут не обеспечен разведанными запасами подземных вод питьевого качества

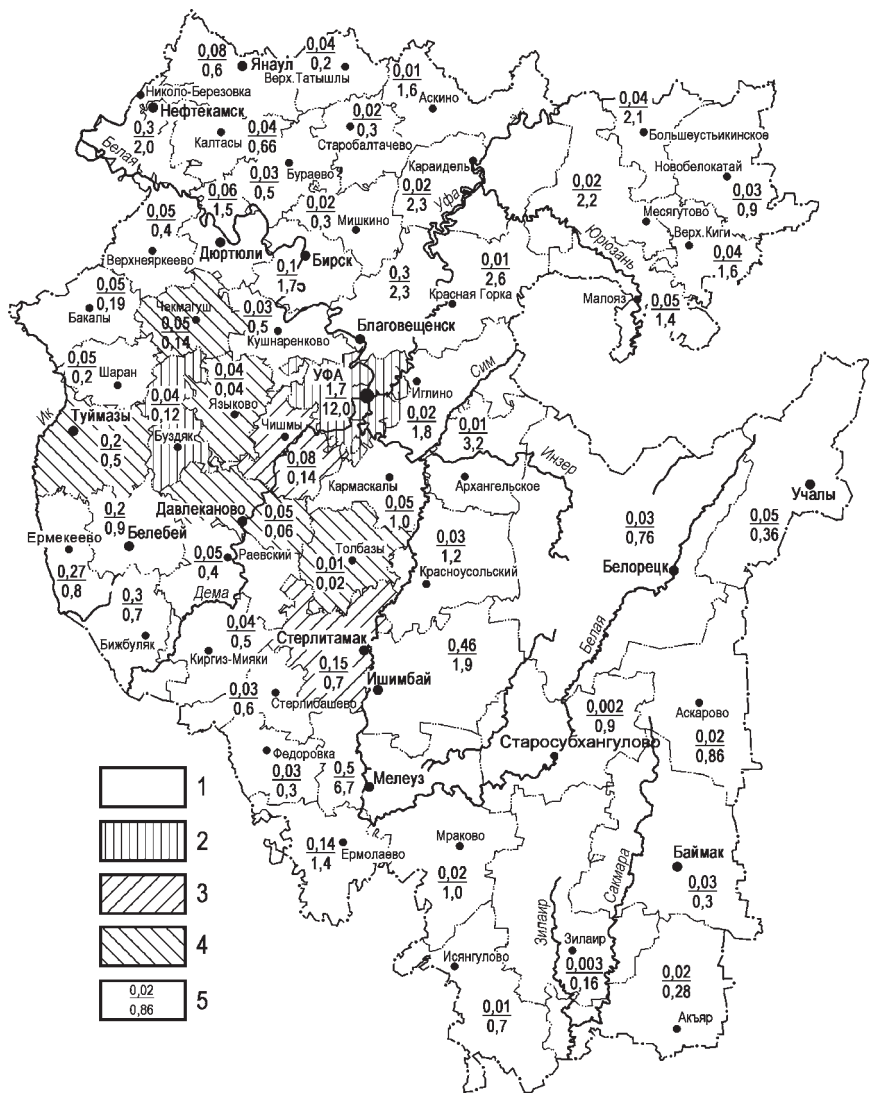


Рис. 24. Карта обеспеченности населения Республики Башкортостан прогнозными эксплуатационными ресурсами подземных вод (ПЭРПВ) для хозяйственно-питьевого водоснабжения

1–4 — степень обеспеченности ПЭРПВ по административным районам: 1 — надежно обеспеченные, 2 — обеспеченные, 3 — частично обеспеченные, 4 — недостаточно обеспеченные; 5 — в числителе — модули современного отбора подземных вод (л/с·км²), в знаменателе — модули прогнозных эксплуатационных ресурсов (л/с·км²)

(повышенная жесткость — свыше 10 мг-экв/л и наличие железа). Для города необходимо разработать мероприятия: обезжелезивание и умягчение воды или изыскание нового источника для покрытия дефицита воды путем строительства группового водопровода (с подачей воды из г. Уфы).

Остро стоит проблема водоснабжения г. Туймазы. Подземные воды Туймазинского МПВ оказались загрязненными вследствие подтягивания некондиционных соленых нефтепромысловых вод (и солоноватых вод из подстилающих отложений), загрязнения от промпредприятий. На водозаборы г. Туймазы продвижение фронта засоления наблюдается с северо-запада на юго-восток (со стороны Туймазинского нефтяного месторождения). Темп увеличения концентрации хлора за последние 15–20 лет в среднем за год составлял от 4–9 до 50–60 мг/л [Потехина, 1994]. В эксплуатационных скважинах завода медицинского стекла, мясокомбината, маслосырокомбината и др. содержание ионов хлора достигает 800 мг/л и более (при ПДК 350 мг/л). Тип воды при этом меняется из II (сульфатно-натриевого) в IIIа (хлор-магниевый) и IIIб (хлор-кальциевый). В связи с этим требуется переустройство запасов по Туймазинскому МПВ, снижение водоотбора на Нуркеевском водозаборе, утверждение запасов на Бишиндинском участке, доразведка и освоение запасов на Кидашском участке и др.

Для других городов требуется:

- утверждение запасов на действующих водозаборах г.г. Ишимбай, Кумертау, Нефтекамск, Стерлитамак, Янаул;
- разведка водозабора на Нижне-Бельской площади для г. Агидель или присоединение к Патраковскому (Камскому) водозабору г. Нефтекамска при его расширении.

Для г. Октябрьского требуется умягчение воды на Якшаевском МПВ с увеличением водоотбора или ее разбавление за счет искусственного пополнения запасов пресных вод путем строительства водохранилища. На Мало-Бавлинском водозаборе за период его эксплуатации минерализация возросла в 2 раза и достигла 1,2–1,3 г/л (ПДК — 1 г/л), а жесткость с 11 до 15 мг-экв/л (ПДК — 7 мг-экв/л). На Уязы-Тамакском водозаборе жесткость за время эксплуатации увеличилась с 10,4 до 19,5 мг-экв/л. На этих водозаборах отмечается постоянное превышение ПДК по бром, литию, другим микрокомпонентам и органическим веществам.

К *рассредоточенным потребителям* отнесены поселки городского типа, все сельские населенные пункты и отдельные предприятия, комплексы, железнодорожные станции и др. вне зоны городской застройки.

Поселки городского типа. Количество их — 42, численность населения 230,4 тыс. человек, современное использование подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения — около 37,0 тыс. м³/сут. Утвержденные эксплуатационные запасы подземных вод составляют 97,0 тыс. м³/сут, потребность для ХПВ — 46,7 тыс. м³/сут. Утвержденными запасами обеспечены 7 поселков: Кандры, Маячный, Нижнетроицкий, Прибельский, Приютово, Серафимовский, Чишмы. Поселок Бурибай на 60% потребности 2010 г. получает воду из Юлбарсовского МПВ. Запасы для водообеспечения пгт. Чишмы, почти десятикратно превышающие потребности, утверждены с кондициями (сухой остаток до 1,2 г/л, общая жесткость до 16–19 мг-экв/л, содержание железа до 2 мг/л) по качеству воды, не соответствующими нормам питьевой воды.

В общем все поселки городского типа (Кандры, Красный Ключ, Кудеевский, Ломовка, Раевский, Семилетка, Серафимовский, Субхангулово, Чишмы) могут быть обеспечены прогнозными ресурсами вод питьевого качества при определенных экономических затратах и выполнении мероприятий по водоподготовке и доведению воды до питьевых целей (умягчение, обезжелезивание, удаление мутности и пр.), разведке или строительстве на разведанных запасах новых водозаборов (Аксаково, Аксеново, Алкино-2, Амзя, Бурибай, Верх. Авзян, Воскресенское, Инзер, Кананикольский, Красный Ключ, Кудеевский, Ломовка, Миндяк, Мурсалимкино, Нижнетроицкий, Николо-Березовка, Новомихайловский, Первомайский, Прибельский, Тубинский, Урман, Шафраново), выполнении водоохраных мероприятий и разработке проектов зон санитарной охраны.

Сельские населенные пункты и административные районы. При описании обеспеченности административных районов основное внимание уделено сельским потребителям. Количество сельских пунктов 4574, количество дополнительно учтенных потребителей 234, численность населения 1431,5 тыс. человек. Потребность в воде питьевого качества для рассредоточенных потребителей (с учетом пгт) — 478,8 тыс. м³/сут.

Для административных районов выделено 4 категории обеспеченности водными ресурсами (K_3):

- надежно обеспеченные $K_3 = Q_3/P > 1,5$,
- обеспеченные $K_3 = Q_3/P = 1,0 - 1,5$,
- частично обеспеченные $K_3 = Q_3/P < 1$, $Q_3/P_2 > 1$, ($P_2 < Q_3 < P$),
- недостаточно обеспеченные $K_3 = Q_3/P < 1$, $Q_3 < P_2$,

где Q_3 — прогнозные эксплуатационные ресурсы, P_1 — потребность крупных потребителей, P_2 — потребность рассредоточенных потребителей, P — общая потребность ($P_1 + P_2$).

Обеспеченность прогнозными эксплуатационными ресурсами приведена на рис. 24. Из 54 административных районов прогнозными ресурсами подземных вод питьевого качества (сухой остаток до 1,0 г/л при жесткости до 10 мг-экв/л): надежно обеспеченные — 45 районов; обеспеченные — Буздякский и Уфимский; частично обеспеченные — Чишминский и Стерлитамакский; недостаточно обеспеченные — Аургазинский, Благоварский, Давлекановский, Чекмагушевский, Туймазинский районы.

Основной причиной недостаточной обеспеченности сельских районов водой питьевого качества являются природные условия (воды повышенной минерализации и жесткости) и экономический фактор — отсутствие достаточных средств для разведки водозаборов со строительством локальных и групповых водопроводов. Для обеспечения потребностей сельского населения (в т. ч. райцентров) и сельскохозяйственного производства разведано 17 месторождений: Инзерское с запасами 106,4 тыс. м³/сут; Белоозерское — 35,08; Александровское — 7,6; Старобалтачевское — 3,7; Бураевское — 4,3; Татышлинское — 1,7; Иванаевское — 2,6; Месягутовское — 9,7; Малоязовское — 2,07; Большеустикинское — 3,45; Новобелокатайское — 3,35; Верхнекигинское — 1,5; Уральское — 10; Таналыкское — 1,2; Стерлибашевское — 5,98; Федоровское — 4,05; Миякинское — 3,24; Суккуловское — 32,7; всего: 238,6 тыс. м³/сут. Из них, исключая райцентры, осваиваются только три: Белоозерское МПВ (Аургазинский водопровод для населенных пунктов одноименного района с водоотбором до 3,5 тыс. м³/сут), Александровское МПВ (Кармаскалинский групповой водопровод для населенных пунктов одноименного района с водоотбором до 1,8 тыс. м³/сут). Разведенное крупное Инзерское МПВ для водоснабжения четырех западных районов (Чишминского, Давлекановского, Буздякского и Аургазинского) могло бы полностью обеспечить потребности этих районов, испытывающих дефицит пресных вод, а также г. Давлеканово и, частично, Кармаскалинский район. Прогнозными расчетами с учетом регулирования поверхностного стока рек Инзер и Зилим доказано, что дополнительно можно подать в г. Уфу до 200 тыс. м³/сут пресных вод (рассчитывалось как замена Терегуловского водозабора в период его фенольного загрязнения).

Модули ПЭРПВ, отражающие водообеспеченность территорий районов естественными ресурсами, изменяются от 0,15–0,16 л/с·км² (Аургазинский, Буздякский районы) до 1,9–2,2 л/с·км² (Дуванский, Караидельский, Нуримановский районы). Следует отметить, что модули привязаны не ко всей площади района, а к расчетной (за минусом ограничений), в противном случае для маловодных районов они

составляли бы 0,03–0,1 л/с·км². С учетом привлекаемых ресурсов модули ПЭРПВ изменяются от 0,26–0,62 л/с·км² (Бакалинский, Давлекановский районы) до 6,7–16,0 л/с·км² (Мелеузовский, Уфимский районы). Средний модуль ПЭРПВ для РБ — 0,7 л/с·км², с учетом привлекаемых ресурсов — 1,3 л/с·км².

Обеспечение прогнозными ресурсами на одного человека составляет 1622 л/сут; утвержденными запасами — 625 л/сут; в том числе с жесткостью воды менее 10 мг-экв/л — 400 л/сут.

4.5. Эксплуатационные запасы, водоотбор и использование месторождений подземных вод

Согласно проведенной перерегистрации состава названий месторождений подземных вод (МПВ) и участков месторождений подземных вод (УМПВ), по состоянию на 01.01.2001 г. на территории Республики Башкортостан разведано 54 МПВ, содержащих 102 единичных МПВ и УМПВ (табл. 22, 23, рис. 25).

Таблица 22

Месторождения и водозаборы подземных вод Башкортостана

| № по рис. 25 | Месторождение | Утвержденные запасы, тыс. м ³ /сут | № по рис. 25 | Месторождение | Утвержденные запасы, тыс. м ³ /сут |
|--------------|----------------|---|--------------|-------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Маячное | 11,8 | 28 | Шкаповское | 2,9 |
| 2 | Учалинское | 46,3 | 29 | Давлекановское | 36,0 |
| 3 | Костаревское | 59,2 | 30 | Новокарамышевское | 4,1 |
| 4 | Козарезовское | 101,0 | 31 | Чишминское | 36,4 |
| 5 | Инзерское | 106,4 | 32 | Катайское | 36,5 |
| 6 | Зилимское | 34,5 | 33 | Старобалтачевское | 3,7 |
| 7 | Прибельское | 12,3 | 34 | Иванаевское | 2,6 |
| 8 | Буйское | 11,0 | 35 | Татышлинское | 2,0 |
| 9 | Белоозерское | 35,1 | 36 | Бураевское | 4,3 |
| 10 | Туймазинское | 20,2 | 37 | Миндякское | 17,7 |
| 11 | Тукаевское | 18,4 | 38 | Баймакское | 11,0 |
| 12 | Нижнетамакское | 10,0 | 39 | Нижегородское | 9,4 |

Окончание таблицы 22

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|-----------------|-------|----|-----------------------------|------|
| 13 | Якшаевское | 73,0 | 40 | Шартымское | 1,3 |
| 14 | Кидашское | 12,8 | 41 | Месягутовское | 9,7 |
| 15 | Южноуфимское | 285,0 | 42 | Малоязовское | 2,1 |
| 16 | Уфимское | 704,4 | 43 | Большеустыкинское склоновое | 0,6 |
| 17 | Александровское | 7,6 | 44 | Большеустыкинское береговое | 2,8 |
| 18 | Юлбарсовское | 1,2 | 45 | Новобелокатайское | 3,4 |
| 19 | Ировское | 96,8 | 46 | Верхнекигинское | 1,5 |
| 20 | Зирганское | 435,0 | 47 | Уральское | 10,0 |
| 21 | Мелеузовское | 31,4 | 48 | Таналыкское | 1,2 |
| 22 | Дюртюлинское | 10,0 | 49 | Стерлибашевское | 6,0 |
| 23 | Сергеевское | 29,0 | 50 | Федоровское | 4,0 |
| 24 | Суккуловское | 32,7 | 51 | Миякинское | 3,2 |
| 25 | Кош-Елгинское | 13,9 | 52 | Большекизилыское | 65,0 |
| 26 | Белебеевское | 9,5 | 53 | Каранское | 45,0 |
| 27 | Мартыновское | 17,4 | 54 | Канчуриновское | 1,0 |

Водозаборы на неутвержденных запасах с $Q > 5,0$ тыс. м³/сут

| | | |
|---|--|------|
| 1 | Камский (Патраковский), г. Нефтекамск | 25,0 |
| 2 | Кисаккинский, г. Янаул | 7,2 |
| 3 | Бишиндинский, г. Туймазы | 6,0 |
| 4 | Усеньский, г. Белебей | 14,7 |
| 5 | Ашкадарский, г. Стерлитамак | 22,6 |
| 6 | Берхомут, г. Стерлитамак | 52,3 |
| 7 | Питьевой ЗАО «Каустик», г. Стерлитамак | 22,0 |
| 8 | Ишимбайский, г. Ишимбай | 23,0 |
| 9 | Мокрый лог, г. Кумертау | 12,0 |

Водопонизительные системы

| № по рис. 25 | Наименование шахт и карьеров | тыс. м ³ /сут |
|--------------|---|--------------------------|
| 1 | Карьер Учалинского медноцинкового месторождения | 9,2 |
| 2 | Карьер Сибайского медноколчеданного месторождения | 7,3 |
| 3 | Шахты Октябрьского и Маканского медноколчеданных месторождений | 1,8 |
| 4 | Карьер Туканского железорудного месторождения | 1,76 |
| 5 | Кумертауский углеразрез Бабаевского буроугольного месторождения | 0,86 |

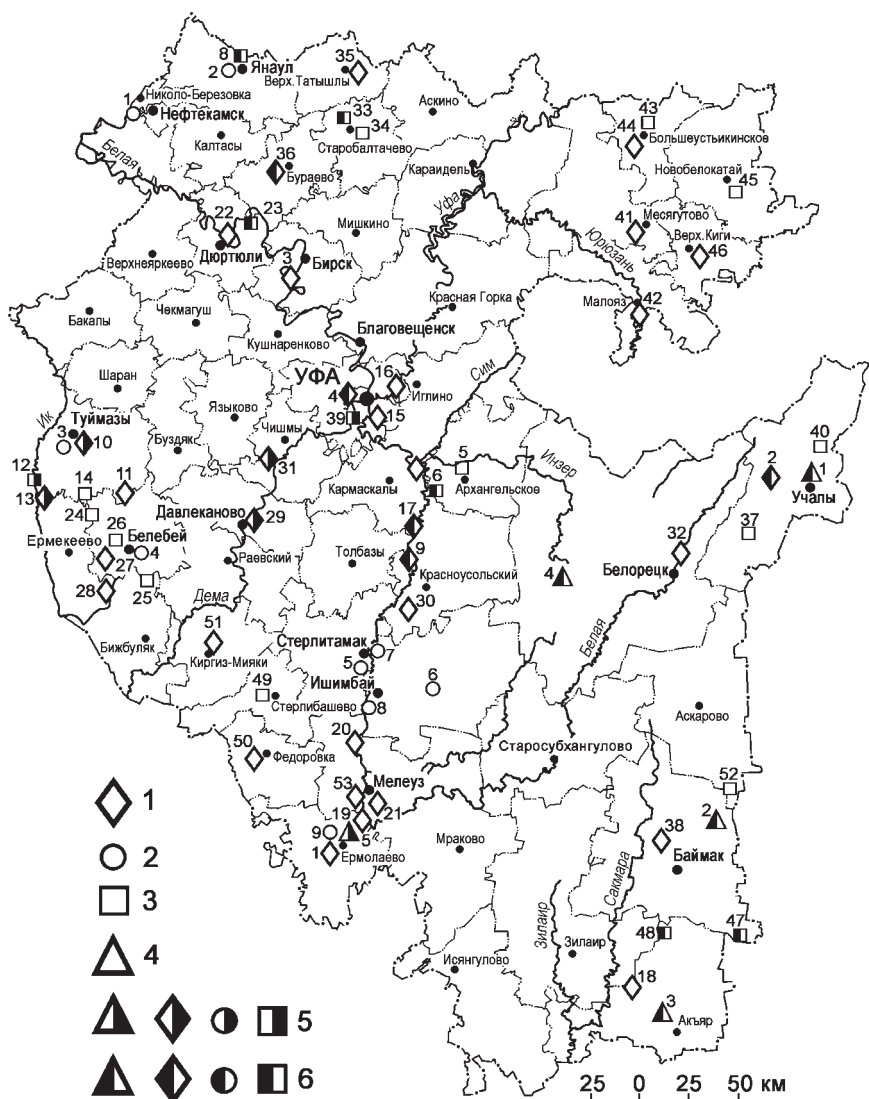


Рис. 25. Месторождения и водозаборы подземных вод на территории Республики Башкортостан [Чалов, 2003 г.]

1 — водозаборы на утвержденных участках; 2 — водозаборы на неутвержденных участках; 3 — месторождения подземных вод неосвоенные; 4 — водопонижительные (дренажные) системы; 5–6 — повышенное содержание в воде: 5 — хлор и сульфат-ионов (4 класс опасности), 6 — меди, цинка, железа, марганца (3 класс опасности)

За период 2001–2006 гг. разведан 1 участок (Березовый Лог) и оценено 1 месторождение (Канчуриновское — действующий водозабор) с запасами $A + B = 1,6$ тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ и $C_1 = 0,26$ тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$.

Суммарные утвержденные эксплуатационные запасы составляют 2569,2 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$, в том числе подготовленные к освоению — 1705,9 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$; из них три участка с запасами 40,8 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ предназначены для производственного водоснабжения. Один участок (Абдряшевский) разведан в долине р. Бол. Кизил для водоснабжения г. Магнитогорска Челябинской области. С другой стороны, в этой же долине на территории Челябинской области разведан Кизильский участок для водоснабжения г. Сибая с запасами 45 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$, а на территории Татарстана — Ново-Бавлинский участок с запасами 15,5 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ для г. Октябрьского.

Таким образом, на балансе для хозяйственно-питьевого водоснабжения Республики числилось 2564,7 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$, из них подготовленные к освоению — 1701,4 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$. Удельная обеспеченность утвержденными запасами на 1 человека — 625 л/сут при современном потреблении 193 л/сут на человека.

Распределение эксплуатационных запасов на территории Республики Башкортостан крайне неравномерно. Основную часть запасов — около 2200 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ (86%) составляют 27 месторождений в речных долинах с полным или частичным восполнением за счет транзитного стока: р. Белая — 776, р. Уфа — 989; р.р. Инзер + Зилим — 147, р. Ик — 83, р. Дема — 72 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ и другие. Все эти месторождения разведывались для крупных городов, райцентров и групповых водопроводов. По величине утвержденных запасов преобладают месторождения менее 10–50 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ — 41 МПВ, от 51 до 100 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ — 5 МПВ, 101–500 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ — 4 МПВ и свыше 500 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ — 1 МПВ. Наиболее крупные запасы по месторождениям (тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$): Уфимское — 704,4 для г.г. Уфы и Благовещенска; Зирганское — 435,0 для г.г. Салавата и Стерлитамака; Южно-Уфимское — 285,0 для г. Уфы; Инзерское — 106,4 для Буздякского, Благоварского, Давлекановского и Чишминского районов. Все они расположены в долинах крупных рек и ориентированы на привлечение транзитного стока.

В ограниченных структурах и массивах карстово-трещинных пород наиболее значительные месторождения (тыс. $\text{м}^2/\text{сут}$): Суккуловское — 32,7; Мартыновское — 17,4; Кидашское — 12,8; Кош-Елгинское — 13,9; Маячное — 11,8. Из них первые четыре формируются в основном на родниковом стоке.

Из 54 разведанных МПВ в эксплуатации находятся 32 (63%), учетный водоотбор от разведанных запасов 610,4 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ составляет 24%;

Каталог месторождений

| № месторождения по рис. 25 | Наименование месторождения (участка) | Местоположение (адм. район, ближайший населенный пункт) | Возраст Водомещающие породы и их возраст | Гидрогеологические показатели | | | | | | | Утвержденные эксплуатационные запасы, тыс. м ³ | Дата начала эксплуатации Стор. подзем. вод, тыс. м ³ /сут | Водопробегители | |
|----------------------------|--------------------------------------|---|---|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---|--|---------------------|---------------------|---|---|--|-----------------------------|
| | | | | Глубина залегания подземных вод, м | Мощность водоносного горизонта, м | Коэффициент фильтрации, м/сут | Водопроницаемость, м ² /сут | Дебит скважин, тыс. м ³ /сут | Понижение уровня, м | Удельный дебит, л/с | | | | Общая минерализация, г/л |
| 1 | | | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | |
| 1 | Маячное | Кургазинский, 3 км ЮЗ пгт. Маячный | Песчаники, Т ₁ +Р ₂ | 6-30 | 76,5 | - | 109 | 0,1-1,0 3,0-35,6 | 0,1-7,9 | 0,3-0,4 | 11,8 | 1950 1,05 | МП МРКВК г. Курментау пгт. Маячный | |
| 2а | Учалинское, (Кургашский) | Учалинский, 12 км СЗ г. Учалы | Известняки, аQ+D ₁₊₂ | 0,0-11,2 | 40 | 21,7 | - | 0,8-2,2 2-29 | 2,0-24,0 | 0,2-0,4 | 19,0 | 1964 9,4 | Учалы, МУП МРКВК | |
| 2б | Учалинское, (Уразовский) | Учалинский, 2,3 км З д. Уразово | Известняки, С ₁ +D ₂ | 1,3-5,5 | 40-50 | - | 360-660 | 0,2-2,2 0,2-17 | 0,2-13,0 | 0,2-0,4 | 6,7 | - | Не используется | |
| 2в | Учалинское, (Биринский) | Учалинский, 4 км Ю д. Рысаево | Песок, гравий, аQ Известняки, D ₂ | 1,0-4,8 1,0-4,4 | 8,2 25 | 8,0 - | - | 0,01-0,1 0,4-3,7 0,4-2,6 1,0-10,0 | 0,01-2,0 3-25 | 0,2-0,3 | 7,8 | 1995 4,8 | Учалы, МУП МРКВК | |
| 2г | Учалинское, (Тустинский) | Учалинский, 5 км С д. Уразово | Известняки, D ₁ -D ₂ | 0,4-2,4 | 22,0 | 8,0 | 660 | 0,4-1,9 0,3-3,1 | 4,0-12,2 | 0,1-0,2 | 12,8 | - | Не используется | |
| 3 | Костаревское | Биринский, 3,5 км ЮЗ д. Костареве | Песок, гравий, аQ | 8,0-8,5 | 15-25 | 111- 195 | 2000 | 1,7-3,6 0,7-1,7 | 11,2-28,6 | 0,5-0,8 | 59,2 | 1974 9,3 | МУП Водоканал, г. Бирск | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|---|--------------------------|---------|---------|----------|------------|----------------------------|----------|---------------------------|-------|---------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 4а | Козарезовское, (Северозарезовский) | Уфимский, г. Уфа, 0,8 км ниже ж/д моста ч/з р. Белую | Песок, гравий, аQ | 5,4-7,2 | - | 140 | 1120 | $\frac{0,2-0,4}{0,3-0,7}$ | 4,3-9,0 | 0,4-0,8 | 17,3 | - | Не используется |
| 4б | Козарезовское (Центрально-козарезовский) | Уфимский, г. Уфа, 1,5-2 км ниже ж/д моста ч/з р. Белую, на острове между рекой и старицей | Песок, гравий, аQ | 5,4-7,2 | 8-21 | 140 | 2940 | $\frac{0,2-2,6}{0,3-1,6}$ | 4,3-9,0 | 0,4-0,8 | 42,8 | $\frac{1967}{11,3}$ | МУП Уфаводоканал, г. Уфа |
| 4в | Козарезовское (Южнозарезовский) | Уфимский, г. Уфа, 0,8 км ниже ж/д моста ч/з р. Белую | Песок, гравий, аQ | 6,0-7,7 | 15 | 105 | 1580 | $\frac{0,3-8,8}{1,0-3,7}$ | - | 0,6-1,2 | 40,9 | $\frac{1967}{2,0}$ | МУП Уфаводоканал, г. Уфа |
| 5 | Инзерское (Тавачевский) | Архангельский, 6 км СЗ | Песок, гравий, аQ | 1-12 | 36 | 54-66 | 2100 | $\frac{1,1-4,3}{1,4-11,0}$ | 3,2-35,7 | 0,4-0,5 | 106,4 | - | Не используется |
| 6а | Злипское (Верхнезипимский) | Архангельский, 5 км В д. Карташевка | Песок, гравий, аQ | 2,4-5,5 | 8,0 | 40 77 | 320 650 | $\frac{0,2-0,5}{1,3-4,4}$ | 1,8-1,4 | 0,4-0,5 | 34,5 | - | Не используется |
| 6б | Злипское (Нижнезипимский) | Кармаскалинский, 3 км СВ пгт. Прибельский | Песок, гравий, аQ | 3,1-5,2 | 12-22,6 | 125 | 1500 | $\frac{0,2-1,7}{0,2-2,1}$ | 2,7-12,0 | 0,2-0,4 | 21,0 | - | Не используется |
| 7 | Прибельское | Кармаскалинский, пгт. Прибельский, | Галечник, N ₂ | 14-22 | 10 | 44,0 | - | $\frac{0,3-1,0}{0,3-1,9}$ | - | $\frac{0,4-0,5}{0,4-1,3}$ | 12,3 | $\frac{1969}{1,17}$ | пгт. Прибельский, Карламанск. СМКК, СКХ «Урад» |
| 8 | Буйское | Янаульский, 3 км СВ г. Янаул | Песок, гравий, аQ | 1,2-3,5 | 5,3 | 90 | 477 | $\frac{0,1-1,3}{0,4-3,9}$ | 1,4-12,1 | 0,3-0,5 | 11,0 | - | Не используется |
| 9 | Белоозерское | Гафурыйский, 7км СВ ж/д ст. Белое озеро | Песок, гравий, аQ | 2,8-4,5 | 20 | 201 | 4020 | $\frac{1,0-5,6}{1,3-3,2}$ | 8,6-28,8 | 0,3-0,5 | 35,08 | $\frac{1976}{2,15}$ | Упр. эксл. Аургазинского групп. водопр. ГУП ПСЭО Баш- водмелиорация |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------------------------------|--|--|-----------|---------|------|------|---------------------|-----------|----------|------|---------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 10а | Туймазинское (городской) | Туймазинский, 1,2 км В ж/д ст. г. Туймазы | Песчаники, известняки, P ₂ sk | 13,3–19,0 | 5–10 | 6–97 | 700 | 0,07–0,7 0,5–7,1 | 1,8–8,2 | 1,3–1,5 | 9,6 | 1963 6,1 | МУП «Туймазы КВК», г. Туймазы. |
| 10б | Туймазинское (Нуркеевское) | Туймазинский, 4 км ЮВ ж/д ст. г. Туймазы | Песчаники, известняки, P ₂ sk | 13,3–19,9 | 6–15 | 2–83 | 700 | 0,2–2,4 2,5–27,8 | 0,8–10,0 | 1,2–1,35 | 10,6 | 1979 5,5 | МУП «Туймазы КВК», г. Туймазы. |
| 11а | Тукаевское (Верхнетукаевский) | Туймазинский, 1 км В д. Тукаево | Песок, гравий, аQ | 0,7–1,7 | 5,7 | 197 | 1123 | 0,7–2,9 1,0–1,9 | 2,9–8,9 | 0,7–1,2 | 10,7 | 1988 3,8 | НГДУ Октябрьскнефть, плт. Серафимовский |
| 11б | Тукаевское (Нижнетукаевский) | Туймазинский, 1 км ЮВ д. Николаевка | Песок, гравий, аQ | 0,9–3,9 | 5,1 | 200 | 1000 | 0,2–1,3 0,1–2,2 | 1,9–12,0 | 0,5–0,7 | 3,6 | 1979 2,0 | МУП «Туймазы КВК», плт. Кандры |
| 11в | Тукаевское (Метевтамакский) | Туймазинский, 1,5 км СЗ д. Метев-Тамак | Песок, гравий, аQ | 2,8–3,6 | 6,0 | 110 | 660 | 0,08–0,4 0,2–1,4 | 0,6–12,5 | 0,6–0,8 | 4,0 | – | Не используется |
| 12 | Нижнетамакское | Туймазинский, 0,8 км СЗ д. Уязы-Тамак | Песок, гравий, аQ | 2,6–3,8 | 4,6 | 330 | 1520 | 0,6–1,3 0,5–0,9 | 13,2–19,2 | 0,4–1,1 | 10,0 | – | Не используется |
| 13а | Якшавское (Верхне-Якшавский) | Туймазинский, 0,2–3 км Ю д. Якшаво | Песок, гравий, аQ | 2,0–3,5 | 5,2 | 250 | 1300 | 0,3–1,4 0,5–2,0 | 1,1–23,0 | 0,6–0,85 | 37,6 | 1975 4,4 16,5 | Октябрьское гос. предприятие МРКВК, г. Октябрьский |
| 13б | Якшавское, (Нижне-Якшавский) | Туймазинский, Ермакеевский, 0,3–1,5 км З д. Якшаво | Песок, гравий, аQ | 1,9–2,7 | 4,5–4,8 | 250 | 1200 | 0,1–1,2 0,2–6,4 | 1,5–15,0 | 0,7–1,7 | 35,4 | – | Не используется |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|---|---|---------|----------|---------|-----------|---------------------------|-----------|---------|-------|----------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 14 | Кидашское (родники) | Туймазинский, п. Нижнетроицкий | Песчанки, известняки, P ₃ Kz | – | – | – | 50–200 | 0,2–1,9 | – | 0,2–0,5 | 12,8 | – | Не используется |
| 15 | Юляноуфимское | Уфимский, ЮВ окраина г. Уфы | Песок, гравий, аQ | 2,9–8,5 | 15,3 | 270 | 4000 | $\frac{0,9-8,4}{0,2-6,6}$ | 3,0–30,0 | 0,3–1,6 | 285,0 | $\frac{1955}{207,6}$ | МУП Уфаводоканал г. Уфа. |
| 16а | Уфимское (Изяский правобережный) | Благовещенский, 2–5 км ЮВ д. Среднеминзинтарово | Песок, гравий, аQ | 3,4–6,4 | 5,1–9,3 | 200 | 1330 | $\frac{0,2-0,9}{0,2-2,2}$ | 4,1–7,6 | 0,3–0,6 | 93,0 | $\frac{1985}{50,6}$ | МУП Уфаводоканал г. Уфа. |
| 16б | Уфимское (Изяский левобережный) | Иглинский, 3,0 км СЗ д. Кляшево | Песок, гравий, аQ | 3,7–7,0 | 6,2 | 90 | 560 | $\frac{0,1-3,5}{0,4-2,4}$ | 3,9–17,6 | 0,5–0,6 | 89,0 | – | Не используется |
| 16в | Уфимское (Карашлинский) | Уфимский, 10 км СВ г. Уфа | Песок, гравий, аQ | 3,0–8,0 | 7,3 | 100 | 730 | $\frac{0,1-1,1}{0,1-1,1}$ | 12,0–24,0 | 0,5–0,8 | 70,0 | – | Не используется |
| 16г | Уфимское (Бикмурзинский левобережный) | Нурмановский, 1–5 км ЮЗ д. Бикмурзино | Песок, гравий, аQ | 6,4–6,8 | 7,0 | 100 | 700 | 0,2–0,3 | – | 0,8 | 40 | – | Не используется |
| 16д | Уфимское (Бикмурзинский правобережный) | Благовещенский, 2,5 км Ю д. Файзуллино | Песок, гравий, аQ | 4,9–5,7 | 5,9–11,2 | 260 | – | $\frac{0,2-1,1}{0,1-7,4}$ | 6,5–46,0 | 0,3–0,7 | 51,4 | – | Не используется |
| 16е | Уфимское (Максимовский левобережный) | Уфимский, СВ окраина г. Уфы | Песок, гравий, аQ | 3,9–6,8 | 8,3 | 446 | 2810 | $\frac{1,1-5,9}{0,6-3,8}$ | 3,4–44,4 | 0,3–0,9 | 163,0 | $\frac{1968}{11,2}$ | МУП Уфаводоканал, г. Уфа |
| 16ж | Уфимское (Максимовский правобережный) | Уфимский, СВ окраина г. Уфы | Песок, гравий, аQ | 1,4–5,0 | 6,9–10,8 | 230–460 | 1260–2380 | $\frac{0,8-6,2}{0,3-2,6}$ | 14,2–84,0 | 0,3–1,5 | 198,0 | $\frac{1968}{81,6}$ | МУП Уфаводоканал, г. Уфа |

Продолжение таблицы 23

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------------------------|---|----------------------------|----------|--------|------|------|----------------------------|-----------|---------|-------|---------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 17 | Александровское | Кармаскалинский, 0,6 км В ж/д ст. Токунь | Песок, гравий, аQ | 2,0–8,0 | 10,4 | 18,7 | 200 | $\frac{0,1-0,7}{1,5-7,9}$ | 0,3–2,3 | 0,3–0,5 | 7,6 | $\frac{1974}{1,4}$ | Упр. экпл. Кармаскалинского групп. водопр. |
| 18 | Юлбарсовское | Хайбуллинский, 0,4 км С д. Юлдашево | Известняки, С ₁ | 5,4–14,6 | 37 | 1,9 | – | $\frac{0,2-0,3}{0,6-5,2}$ | 0,7–3,5 | 0,3–5,2 | 1,25 | $\frac{1980}{0,7}$ | ЗАО Бурбавский ГОК, пгт. Бурбай |
| 19а | Ировское (Верхнеиловский) | Курортазинский, 2,2 км СВ д. Ира | Песок, гравий, аQ | 1,0–3,0 | 7,0 | 300 | 2100 | $\frac{0,9-4,3}{0,8-0,2}$ | 8,0–57,0 | 0,2–0,3 | 81,6 | $\frac{1986}{9,2}$ | МП МРКВК, г. Кумертау. Мелеузовское предприятие МРКВК |
| 19б | Ировское (Нижнеиловский) | Курортазинский, 3,2 км СВ д. Ира | Песок, гравий, аQ | 2,0–3,4 | 4,8 | 195 | 936 | $\frac{0,3-3,8}{0,7-2,5}$ | 3,3–29,0 | 0,3–0,6 | 15,2 | – | Не используется |
| 20а | Зирганское (Зирганский 1) | Мелеузовский, с. Зирган, на ост-рове р. Белой | Песок, гравий, аQ | 2,0–4,0 | 50 | 50 | 2500 | $\frac{1,7-6,9}{0,6-15,0}$ | 5,1–130,0 | 0,3–0,5 | 303,0 | $\frac{1963}{98,5}$ | ДМ МРКВК г. Салават |
| 20б | Зирганское (Зирганский 2) | Мелеузовский, с. Зирган, на ост-рове р. Белой | Песок, гравий, аQ | 1,5–3,8 | 4,7 | 367 | 1275 | $\frac{0,3-3,3}{0,3-2,9}$ | 5,3–46,0 | 0,2–0,5 | 132,0 | – | Не используется |
| 21а | Мелеузовское (Тюляковский) | Мелеузовский, 1 км В г. Мелеуз | Песок, гравий, аQ | 2,9–3,9 | 3,1 | 500 | 1550 | $\frac{0,2-1,3}{0,7-1,8}$ | 1,6–7,2 | 0,3–0,4 | 8,6 | $\frac{1985}{7,9}$ | ОАО Миндуборення |
| 21б | Мелеузовское (Самойловский) | Мелеузовский, 1 км В г. Мелеуз | Песок, гравий, аQ | 1,9–3,4 | 3,8 | 650 | 2470 | $\frac{0,7-2,9}{0,2-1,6}$ | 9,2–35,0 | 0,3–0,4 | 22,9 | – | Не используется |
| 22 | Дюртолинское | Дюртолинский, 0,6 км ЮВ д. Венция | Песок, гравий, аQ | 3,4–8,7 | 4,4–12 | 108 | 864 | $\frac{0,5-1,5}{1,0-7,0}$ | 0,8–5,0 | 0,3–0,5 | 10,0 | – | Не используется |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|---|---|-----------------------------------|----------|-----|-------------------|---------------------------|---------|---------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 23 | Сергеевское | Дюртолинский, 13 км СВ г. Дюртоли | Песок, гравий, аО | 6,7-8,1 | 6,9 | 63 | 375 | $\frac{0,1-1,1}{0,4-2,6}$ | 1,6-6,5 | 0,3-0,4 | 29,0 | - | Не используется |
| 24а | Суккуловское (Суккуловский прируслово) | Ермекевский, д. Калиновка | Песчанки, известняки, Р ₃ кз | 3,1-9,0 | 5,8-34,2 | 3,7 | 214 640 | $\frac{0,2-1,0}{1,3-5,3}$ | 0,8-3,3 | 0,3-0,5 | 5,7 | - | Не используется |
| 24б | Суккуловское (Суккуловский родниковый) | Ермекевский, д. Суккулово | Песчанки, известняки, Р ₃ кз | - | - | - | 50-200 | 0,2-6,2 | - | 0,3-0,4 | 17,3 2,9 6,8 | - | Не используется |
| 24в | Суккуловское (Елизаветинский родниковый) | Ермекевский, 2 км СВ д. Райманово | Песчанки, известняки, Р ₃ кз | - | - | - | 50-200 | - | - | 0,3-0,6 | 2,9 | - | Не используется |
| 24г | Суккуловское (Калиновский родниковый) | Ермекевский, д. Калиновка | Песчанки, известняки, Р ₃ кз | - | - | - | 50-200 | - | - | 0,3-0,4 | 6,8 | - | Не используется |
| 25 | Кош-Елгинское | Биябулякский, д. Кош-Елга | Песчанки, известняки, Р ₃ кз | - | - | - | 70-220 | 0,3-3,6 | - | 0,3-0,6 | 13,9 | - | Не используется |
| 26а | Белебеевское (Дмитриевский) | Белебеевский, 1-2 км З, СЗ г. Белебей | Песчанки, известняки, Р ₂ г | 2,9-4,8 23,8-52,0 23,8-39,0 | 5-10 | - | 13-170 30-1100 | $\frac{0,4-0,9}{0,5-2,1}$ | 0,2-1,3 | 0,3-0,4 | 3,5 | - | Не используется |
| 26б | Белебеевское (Исмагиловский родниковый) | Белебеевский, 5 км С г. Белебей | Песчанки, Р ₃ кз | - | - | - | - | 6,0 | - | 0,6 | 6,0 | - | Не используется |
| 27а | Мартыновское (Большезинге- ревский) | Ермекевский, д. Большезин- герсво | Песчанки, известняки, Р ₃ кз | - | - | - | - | 0,5-6,7 | - | 0,3-0,4 | 7,2 | $\frac{1998}{2,1}$ | МРКВК г. Белебей, пгт. Приютово |

Продолжение таблицы 23

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----|---------------------------------------|---|--|---------|-------|-----|------|----------------------|----------|---------|------|-------------|---------------------------------------|
| 27б | Мартыновское (Старомихайловский) | Ермекевский, С окраина д. Привольное | Известняки, P ₂ Kz | - | - | - | - | 0,5-6,7 | - | 0,3 | 2,5 | 1965 | МРКВК г. Белебей, пгт. Приотово и СНП |
| 27в | Мартыновское (Крыкарагастский) | Белебеевский, С окраина д. Привольное | Известняки, P ₂ Kz | - | - | - | - | 0,5-6,7 | - | 0,3 | 1,7 | 1965 3,4 | МРКВК г. Белебей, пгт. Приотово и СНП |
| 27г | Мартыновское (Кутеминский) | Белебеевский, 4-10 км ЮЗ г. Белебей | Известняки, P ₂ Kz | - | - | - | - | 0,5-6,7 | - | 0,3 | 6,0 | 1963 3,8 | МРКВК г. Белебей, пгт. Приотово и СНП |
| 28 | Шкаповское | Белебеевский, 4 км СВ пгт. Приотово | Песчаники, известняки, P ₂ Kz | 16-40 | 40-60 | - | 25 | 0,2-0,6 10,0-20,0 | 0,2-0,4 | 0,3-0,5 | 2,9 | 1963 0,8 | Шкаповский газоперерабатывающий завод |
| 29а | Давлекановское (Южнокурманкеевский) | Давлекановский, ЮВ окраина г. Давлеканово | Песок, гравий, аQ | 0,8-2,1 | 11,0 | 130 | 1430 | 0,2-1,4 0,3-2,4 | 8,3-39,8 | 0,8-1,2 | 12,0 | 2000 1,0 | КВК г. Давлеканово |
| 29б | Давлекановское (Северокурманкеевский) | Давлекановский, ЮВ окраина г. Давлеканово | Песок, гравий, аQ | 2,2-3,3 | 6,6 | 47 | 310 | 0,1-1,4 0,9-3,5 | 0,9-9,5 | 0,8-1,0 | 3,5 | - | Не используется |
| 29в | Давлекановское (Старокурманкеевский) | Давлекановский, ЮВ окраина г. Давлеканово | Песок, гравий, аQ | 1,7-2,5 | 7,4 | 76 | 560 | 0,2-1,3 0,9-3,3 | 2,7-5,8 | 0,9-1,5 | 4,5 | 1963 | Законсервировано |
| 29г | Давлекановское (Шариповский) | Давлекановский, 4-10 км СЗ г. Давлеканово | Песок, гравий, аQ | 3,3-4,4 | 6,8 | 55 | 374 | 0,1-0,2 0,2-0,5 | 3,5-12,0 | 0,8-1,1 | 3,0 | - | Не используется |
| 29д | Давлекановский (Исмагиловский) | Давлекановский, 2,5 км СВ г. Давлеканово | Песок, гравий, аQ | 3,0-5,3 | 8,7 | 40 | 350 | 0,07-1,1 0,2-6,5 | 0,1-7,8 | 0,7-1,2 | 13,0 | - | Не используется |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------|---------|------------|---|---------------------|---------|------|--------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 30 | Новокарамышевское | Гафурийский, 9 км В с. Бол.Куганак | Песок, гравий, аQ | 2,0-4,0 | 6,4 | 60 | 384 | $\frac{0,2-0,8}{1,2-3,4}$ | 1,8-2,9 | 0,3-0,5 | 4,1 | $\frac{1978}{0,9}$ | Стерлитамакский завод нефтеспец-материалов, с. Бол.Куганак |
| 31а | Чишминское (Исаковский 1) | Чишминский, д. Исаковка | Песок, гравий, аQ | 2,0-4,5 | 4,9 | 37,5 | 185 | $\frac{0,04-0,9}{0,4-4,6}$ | 0,2-2,6 | 0,3-1,3 | 5,8 | - | Не используется |
| 31б | Чишминское (Исаковский 2) | Чишминский д. Исаковка | Песок, гравий, аQ | 2,7-5,0 | 4,9 | 23 | 115 | $\frac{0,03-1,1}{0,2-1,6}$ | 0,2-6,3 | 0,5-1,2 | 3,1 | 1995 3,8 | Чишминский участок ВК |
| 31в | Чишминское (Исаковский 3) | Чишминский, д. Исаковка | Песок, гравий, аQ | 1,4-4,8 | 5,3 | 18 | 130 | $\frac{0,07-0,7}{0,2-7,1}$ | 0,2-11,5 | 0,4-0,7 | 9,4 | - | Не используется |
| 31г | Чишминское (Исаковский 4) | Чишминский, д. Исаковка | Песок, гравий, аQ | 1,4-3,6 | 5,8 | 30 | 170 | $\frac{0,08-0,2}{0,6-2,4}$ | 0,9-4,0 | 0,4-1,1 | 4,3 | - | Не используется |
| 31д | Чишминское (Дучевой) | Чишминский, д. Исаковка | Песок, гравий, аQ | 3,0-5,0 | 5,3 | 13,0 | 70 | $\frac{0,1-0,5}{0,6-7,0}$ | 0,3-3,5 | 0,4-1,3 | 1,4 | - | Не используется |
| 31е | Чишминское (Центрально-чишминский) | Чишминский, д. Исаковка | Песок, гравий, аQ | 2,0-5,0 | 5,4 | 9,0 | 50 | $\frac{0,1-0,9}{0,3-4,5}$ | 0,3-2,9 | 0,4-0,9 | 2,6 | $\frac{1967}{3,8}$ | Используется совместно со вторым блоком |
| 31ж | Чишминское (Ябалаклинский) | Чишминский, д. Ябалаклы | Песок, гравий, аQ | 3,0-4,4 | 7,0 | 20 | 140 | $\frac{0,04-0,1}{0,3-2,1}$ | 0,3-3,0 | 0,5-1,2 | 9,8 | - | Не используется |
| 32а | Кагайское, (Кагайский 1) | Белорецкий, 5 км С г. Белорецк | Доломиты, аQ+PR ₂ | 2,3-3,6 2,3-4,0 | 8,4 40 | 40 - | 220 430 | $\frac{0,03-0,2}{0,1-2,7}$ $\frac{0,6-2,3}{0,5-3,7}$ | 0,02-3,2 3,4-1,4 | 0,2 | 20,0 | 1974 | Не используется |
| 32б | Кагайское, (Кагайский 2) | Белорецкий, 9 км С г. Белорецк | Доломиты, аQ+PR ₂ | 1,2-3,4 | 32 | 52-112 | 410 | $\frac{0,1-1,4}{0,2-29,0}$ | 0,3-8,3 | 0,2-0,3 | 10,0 | $\frac{1979}{9,3}$ | МП Водоканал г. Белорецк |
| 32в | Кагайское (Кагайский 3) | Белорецкий, 7,5 км С г. Белорецк | Известяки, аQ+PR ₂ | 0,9-2,2 | 24 | - | 250 | $\frac{0,08-0,7}{0,15-5,8}$ | 0,9-5,5 | 0,2-0,3 | 6,5 | $\frac{1979}{4,3}$ | МП Водоканал г. Белорецк |

Продолжение таблицы 23

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------------------------|---|-----------------------------------|----------|------|-----|---------|----------------------------|----------|---------|-----|--------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 33а | Старобалтачевское (Балтачевский) | Балтачевский, 1 км СЗ с. Старобалтачево | Песок, гравий, аО | 2,0–10,0 | 4,0 | – | 68–156 | $\frac{0,2-1,0}{1,9-6,6}$ | 0,5–4,0 | 0,3–0,4 | 3,0 | $\frac{1982}{0,2}$ | МПВК с. Старобалтачево |
| 33б | Старобалтачевское (Якшеевский) | Балтачевский, 2,7 км ЮВ с. Старобалтачево | Песок, гравий, аО | 1,0–2,0 | 2,0 | – | 84–192 | $\frac{0,1-0,2}{0,4-3,6}$ | 0,2–1,6 | 0,5 | 0,7 | – | Не используется |
| 34 | Иванаевское | Балтачевский, 4 км З с. Старобалтачево | Песчанки, P ₂ sk | 6,8 | – | – | 560 | $\frac{0,1-1,0}{0,3-3,6}$ | 0,6–1,4 | 0,5 | 2,6 | – | Не используется |
| 35 | Татышлинское (родники) | Татышлинский, 4,5–7,5 км Ю–ЮВ с. В. Татышлы | Песчанки, P ₂ u | Род. | 5–10 | – | 30–150 | 0,5–1,0 | – | 0,2–0,4 | 2,0 | $\frac{1990}{0,4}$ | МУП ЖСХ Татышлинского р-на |
| 36 | Бураевское | Бураевский, 2 км С с. Бураево | Песок, гравий, аО | 0,4–4,6 | 4,0 | – | 100–760 | $\frac{0,3-1,3}{0,8-4,7}$ | 0,6–5,0 | 0,3–0,8 | 4,3 | $\frac{1982}{0,4}$ | МУП ПУЖСХ с. Бураево |
| 37а | Миндякский (Шагарский) | Учалинский, 1,7 км З д. Кутуево | Известняки, С ₁ kz | 1,5–10,5 | 42 | – | 1880 | $\frac{0,03-4,7}{0,1-3,4}$ | 0,5–34,0 | 0,2–0,3 | 3,5 | – | Не используется |
| 37б | Миндякский (Кракинский) | Учалинский, 3 км С–СЗ д. Каинкулово | Известняки, С ₁ kz | 1,8–18,9 | – | – | 685 | $\frac{0,1-2,8}{0,1-16,7}$ | 1,3–52,3 | 0,2–0,3 | 1,3 | – | Не используется |
| 37в | Миндякский (Рястокский) | Учалинский, 3,2 км ЮВ д. Музино | Известняки, С ₁ kz | 0,6–2,6 | 60 | – | 2710 | $\frac{0,1-7,1}{0,4-11,2}$ | 0,1–31,4 | 0,2–0,3 | 8,6 | – | Не используется |
| 37г | Миндякский (Амангильдинский) | Учалинский, 1,8 км Ю д. Амангильдино | Известняки, С ₁ kz | 1,7–12,7 | 56 | – | 470 | $\frac{0,1-1,7}{0,1-14,0}$ | 1,3–15,0 | 0,3–0,4 | 4,3 | – | Не используется |
| 38а | Баймакское (Идельбаевский) | Баймакский, 1,5 км СВ г. Баймак | Туфы, порфириты, D ₁₋₂ | 2,7–13,0 | 60 | 3,9 | 130 | $\frac{0,8-1,6}{5,0-23,4}$ | 0,1–2,0 | 0,2–0,3 | 3,0 | $\frac{1967}{1,8}$ | Баймакское ПВКСС. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----|-------------------------------|--|--|----------------------|-----------|-----|------------|---|--------------------|---------|-----|-------------|------------------------------|
| 38б | Баймакское (Безымянный) | Баймакский, 2,8 км Ю-ЮВ г. Баймак | Туфы, порфириты, D ₁₋₂ | 1,5-5,0 | 60 | - | 120 | $\frac{0,04-0,6}{21,4-31,6}$ | 0,14-7,6 | 0,2-0,3 | 1,5 | - | Не используется |
| 38в | Баймакское (Малокарсагинский) | Баймакский, 5 км С-СВ г. Баймак | Туфы, порфириты, D ₁₋₂ | 2,0-6,7 | 60,0 | - | 32-60 | $\frac{0,05-0,5}{1,7-27,2}$ | 0,2-1,2 | 0,2-0,4 | 1,5 | - | Не используется |
| 38г | Баймакское (Мерясовский) | Баймакский, 9 км С-СЗ г. Баймак | Туфы, порфириты, D ₁₋₂ | 0,4-24,0 | 50,0 | - | 100 | $\frac{0,1-0,6}{1,6-37,8}$ | 0,3-0,6 | 0,2 | 2,0 | - | Не используется |
| 38д | Баймакское (Торфяной) | Баймакский, 12 км С-СЗ г. Баймак | Туфы, порфириты, D ₁₋₂ | 0-16,0 | 26-56 | - | - | $\frac{0,03-0,14}{2,5-13,0}$ | 0,05-0,7 | 0,2-0,4 | 1,5 | - | Не используется |
| 38е | Баймакское (Бахтигареевский) | Баймакский, 19,5 км С-СЗ г. Баймак | Порфириты, D ₁₋₂ | 1,2-15,8 | 30-50 | - | - | $\frac{0,01-0,22}{2,6-18,7}$ | 0,03-0,3 | 0,2-0,4 | 1,5 | - | Не используется |
| 39 | Нижегородское | Уфимский, Ленинский р-н г. Уфы, 0,4 км | Песок, гравий, аQ | 1,5-8,4 | 9,5 | 87 | - | $\frac{0,4-1,7}{0,4-3,0}$ | 3,7-25,0 | 0,6-2,7 | 9,4 | - | Не используется |
| 40 | Шарльмское | Учалинский, 3 км С с. Сафарово | Кремень, сланцы, туфопесчаники, D _{1mk} | 0,4-2,2 | 65 | - | 130 | $\frac{0,1-0,3}{2,6-5,0}$ | 0,3-1,0 | 0,2-0,4 | 1,3 | - | Не используется |
| 41 | Месягутовское | Дуванский, 2,8 км ЮЗ с. Месягутово | Песок, гравий, аQ песчаники, P _{1a2} | 2,5-10,0 2,5-30,0 | 6,6 50 | 103 | 680 720 | $\frac{0,1-0,4}{0,1-1,7}$ $\frac{0,6-1,3}{2,4-14,5}$ | 1,8-6,6 0,1-7,7 | 0,4-0,5 | 9,7 | - | Не используется |
| 42 | Малоязовское | Салаватский, В окраина с. Малояз | Песок, гравий, аQ | 1,3-2,9 | 3,3 | 135 | 445 | $\frac{0,07-0,5}{0,1-1,7}$ | 5,0-15,0 | 0,3-0,4 | 2,1 | 1970 0,8 | Салаватское ПУЖКС, с. Малояз |

Окончание таблицы 23

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----|---------------------------------|--|--|----------------|-------------|----|-------------|-------------------------------|-----------|----------|-----|--------------------|-----------------------------|
| 43 | Большеустьинское (ословое) | Мечетлинский, 2,8 км СВ с. Большеустьинское | Песчаники, алевролиты, P _{1fl} | 1,6–18,6 | 53 | – | 24 | $\frac{0,2-1,6}{2,3-14,9}$ | 0,3–2,7 | 0,6–0,65 | 0,7 | $\frac{1994}{0,8}$ | ПУЖКСХ, с. Большеустьинское |
| 44 | Большеустьинское (береговое) | Мечетлинский, 3,4 км Ю с. Большеустьинское | Песок, гравий, аQ | 1,7–3,5 | 8,6 | 24 | 255 | $\frac{0,1-0,2}{1,0-2,4}$ | 1,0–2,0 | 0,2–0,5 | 2,8 | – | Не используется |
| 45 | Новобелокатайское | Белокатайский, 2 км ЮВ с. Новобелокатай | Пески, гравий, аQ конгломераты, P _{1bl} | 2,5 1,9–4,0 | 2,1 23,0 | 34 | 70,0 250 | $\frac{0,6-1,3}{4,6-9,9}$ | 1,3–4,0 | 0,3–0,7 | 3,4 | – | Не используется |
| 46 | Верхнекигинское | Кигинский, с. Верхние Киги, 0,5 км ЮВ | Песчаники, алевролиты, P _{1(s-a)bl} | 2,6–5,3 | 30–50 | – | 40 | $\frac{0,1-10,0}{5,0-28,0}$ | 0,1–0,4 | 0,5–0,7 | 1,5 | $\frac{1967}{0,3}$ | Кигинское ПУЖКСХ |
| 47 | Уральское | Баймакский, Уральское отд., 2,5 СВ | Известняки, C ₁ | 3,2–5,9 | 42 | – | 1750 | $\frac{0,6-1,7}{0,25-2,2}$ | 28,0–52,0 | 0,5–0,7 | 10 | – | Не используется |
| 48 | Таналыкское | Хайбуллинский, 2 км Ю п. Первомайский | Порфириты, песчаники, D ₁₋₂ | 0,4–4,0 | 40 | – | 250 | $\frac{0,02-0,9}{5,2-35,6}$ | 0,2–0,8 | 0,3–0,5 | 1,2 | – | Не используется |
| 49а | Стерлибашевское (Стерлинский 1) | Стерлибашевский, 1 км 3–ЮЗ окраина с. Стерлибашево | Песчаники, известняки, P _{2kz1} | 2,6–27,0 | 65 | – | 13 | $\frac{0,13-0,47}{19,4-20,1}$ | 0,1–0,7 | 0,3–0,5 | 0,7 | – | Не используется |
| 49б | Стерлибашевское (Стерлинский 2) | Стерлибашевский, 2,5 км 3 с. Стерлибашево | Песчаники, известняки, P _{2kz1} | 1,2–4,1 | 50 | – | 105 | $\frac{0,5-0,72}{10,2-15,4}$ | 0,5–0,4 | 0,3–0,6 | 1,5 | – | Не используется |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------------------------------|---|--|-----------|------|-------|-----------|-----------------------------|-----------|----------|------|---------------------|------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 49в | Стерлибашевское (Кундырякский) | Стерлибашевский, 3 км ЮЗ с. Стерлибашево | Песчанки, известняки, P ₃ Kz ₁ | 2,0–22,5 | 28 | – | 310 | $\frac{0,5-1,5}{0,3-11,2}$ | 0,6–2,6 | 0,3–0,5 | 3,8 | – | Не используется |
| 50 | Фелоровское | Фелоровский, с. Фелорова, ЮЗ окраина | Песчанки, алевролиты, P ₃ Kz ₁ | 15,7–28,0 | 20,6 | – | 220 | $\frac{0,07-0,4}{0,8-19,0}$ | 0,2–3,1 | 0,3–0,5 | 4,0 | $\frac{1973}{0,4}$ | МУП Фелоровское ПУЖКСХ с. Фелорова |
| 51 | Миякинское | Миякинский, с. Киргиз-Мияки, В-СВ окраина | Алевролиты, известняки, P ₃ Kz | 1,0–12,4 | 30 | – | 430 | $\frac{0,1-1,0}{2,9-8,0}$ | 0,3–1,9 | 0,3–0,8 | 3,2 | $\frac{1969}{1,0}$ | ПУЖКСХ с. Киргиз-Мияки |
| 52а | Большекизильское (Абдюшевский) | Абделиловский, 5–13 км Ю ст. Альмухаметово | Известняки, C ₁ Kz | 2,0–10,0 | 80 | 30–50 | 2400–4000 | До 5,0 | – | 0,24–0,4 | 65,0 | – | Не используется |
| 52б | Большекизильское (Кизильский) | Челябинская обл., Кизильский р-н, 1 км СЗ с. Кизильское | Известняки, C ₁ Kz | – | – | – | 3500 | – | – | 0,2–0,3 | 45,0 | – | МУПВК г. Сибай |
| 53 | Каранское | Мелеузовский, 1,5 км Ю г. Мелеуз | Песок, гравий, аQ | 6,3–17,4 | 26,5 | 100 | 2600 | $\frac{1,3-1,7}{0,5-1,4}$ | 16,0–39,0 | 0,5–0,8 | 45,0 | $\frac{1975}{12,9}$ | МП ВКХ, г. Мелеуз |
| 54 | Канчуриновское | Курортазинский, 10 км С г. Кумертау | Песчанки, P ₂ | 0–8,0 | 80 | – | 170 | $\frac{0,4-1,1}{5,0-6,0}$ | 2,0–6,0 | 0,4–0,6 | 1,0 | $\frac{1970}{0,5}$ | Канчуриновской СПХГ, Баштрансгаз |

от подготовленных — 36%. По месторождениям с утвержденными запасами до 10 тыс. м³/сут из 23 в эксплуатации находятся 20 (87%); с величиной запасов 11—50 тыс. м³/сут в эксплуатации 8 (44%) из 18; с величиной запасов 51—100 тыс. м³/сут в эксплуатации 1 (25%) из 4. Из крупных МПВ наибольший процент использования на Южноуфимском (Южный водозабор г. Уфы) — 208 (73%) из 285 тыс. м³/сут; на Зирганском МПВ водоотбор до 100 (50%) из 202 тыс. м³/сут подготовленных запасов.

Из трех МПВ, разведанных для производственно-технического водоснабжения с запасами в 40,8 тыс. м³/сут, используется одно — Тюляковский УМПВ с водоотбором 7,9 тыс. м³/сут для Мелеузовского завода минеральных удобрений.

Количество МПВ, качество подземных вод которых не полностью отвечает установленным требованиям, составляет 78% — 40 МПВ; из них эксплуатируемых 23 (72%). На территории Республики основное несоответствие выявлено по превышению норм общей жесткости, содержанию железа и марганца, на отдельных МПВ — кремния и нитратов и др. Несоответствие качества подземных вод по 38 МПВ имеется в связи с естественными условиями, по двум (Туймазинское и Прибельское) вызвано антропогенным загрязнением — разработкой Туймазинского нефтяного месторождения и полями фильтрации сахарного завода.

Водозаборы на неутвержденных запасах. По материалам государственного учета вод (ГУВ) на территории Башкортостана в 2000 г. числилось 49 водозаборов на неутвержденных запасах с водоотбором свыше 1,0 тыс. м³/сут, из них 40 водозаборов (82%) — до 5 тыс. м³/сут и 6 водозаборов — от 21 до 100 тыс. м³/сут. Наиболее крупные водозаборы относятся к аллювиальному типу месторождений в речных долинах на прибрежных участках: промышленный ЗАО «Каустик» — водоотбор 61 тыс. м³/сут в долине р. Белая (г. Стерлитамак); Камский — 36 тыс. м³/сут в долине р. Кама (г. Нефтекамск); Ашкадарский — 25,4 тыс. м³/сут в долине рек Белая — Ашкадар (г. Стерлитамак); Ишимбайский — 23,5 тыс. м³/сут (р. Белая). В ограниченных по площади структурах можно отметить водозабор Мокрый Лог — 12,1 тыс. м³/сут для г. Кумертау (трещинный коллектор) и каптаж карстовых родников «Берхомут» и «Аскен-Куль» с водоотбором 53,0 тыс. м³/сут для г. Стерлитамака.

В каталог водозаборов на неутвержденных запасах включено 193 водозабора с учтенным водоотбором не менее 200 м³/сут по ГУВ за 1998 г. (в 2000 г. по значительной части водозаборов отбор воды по учету снизился). Общий отбор воды из водозаборов, одиночных скважин и родников на неутвержденных запасах составляет 656,8 тыс. м³/сут или 51%

к учетной сумме общего водоотбора. На неутвержденных запасах базируется водоснабжение городов Белебей, Ишимбай, Кумертау (50%), Нефтекамск, Стерлитамак, Туймазы (30%), Дюртюли, Янаул.

Водоотбор и использование подземных вод. По материалам ГУВ, на территории республики за 2000 г. 8,5 тыс. скважин и 1,5 тыс. родников. По отчетам водопользователей, общий водоотбор из них составлял 1230,4 тыс. м³/сут, и из 6 водопонижительных систем — 21,3 тыс. м³/сут (дополнительно получено 22,4 тыс. м³/сут с территории Челябинской области и 14,8 тыс. м³/сут с территории Татарстана); всего 1288,5 тыс. м³/сут.

Распределение водоотбора по водозаборам следующее:

- с утвержденными запасами — 610,4 тыс. м³/сут;
- с неутвержденными запасами с производительностью 1,0 тыс. м³/сут и выше (49 водозаборов) — 288,7 тыс. м³/сут;
- из мелких и одиночных водозаборов — 389,4 тыс. м³/сут.

Структура хозяйственно-питьевого водоснабжения показывает, что из 62 городов и поселков городского типа 60 (95%) пунктов имеют преимущественно один источник водоснабжения — подземные воды. Три города: Уфа, Дюртюли, Белорецк имеют дополнительный источник — поверхностные воды с общим отбором 139,9 тыс. м³/сут (11% общего водоснабжения). Сведения по потреблению поверхностных вод сельским населением недостаточны и необъективны, поэтому не приводятся. По материалам обследования 22 районов, суммарное использование поверхностных вод составляет около 0,5%, в среднем 10 м³/сут на 1 мелкий населенный пункт, количество потребителей менее 5%.

Анализ материалов водоотбора и использования за 1990—2000 г. указывает на уменьшение водоотбора и использования за 10-летие на 20—24%, объясняемое снижением производства, увеличением тарифов платы за воду, введением на части производств оборотного водоснабжения, оборудованием потребителей водосчетчиками. Из общего водоотбора (извлечение) подземных вод в 1288,5 тыс. м³/сут непосредственно на хозяйственно-питьевые и коммунальные нужды использовано 794 тыс. м³/сут (62,7%), на производственно-технические — 242 тыс. м³/сут (19%), учтенные потери составляют 104 тыс. м³/сут (8,4%). Распределение использования воды по статьям приведено в табл. 24. Удельное потребление подземных вод на 1 человека по республике выражается (л/сут):

- извлечение — 308;
- городское население — 364 (использование на ХПВ — 256);
- сельское население — 203 (на ХПВ — 75, сельхозпроизводство — 125).

Таблица 24

Водоотбор и использование подземных вод за 2000 г.

| Потребители и использование | Численность населения, тыс. чел. | Количество, тыс. м ³ /сут | Удельное потребление л/сут на 1 чел. | Примечания |
|--|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Суммарный водоотбор | 4109,6 | 1267 | 308 | 37,2 тыс. м ³ /сут получено из соседних областей |
| Города и ПГТ | 2678,1 | 975 | 364 | |
| Водоотбор | | 975 | 364 | |
| Использование для ХПВ и коммунальных нужд | | 686 | 256 | |
| для ПТВ и прочее | | 186 | 69 | |
| Потери при транспортировке | | 103 | 38 | |
| Сельское население и сельхозпроизводство (СХП) | 1431,5 | | | В т. ч. отдельные водопотребители |
| Водоотбор | | 292 | 203 | |
| Население (ХПВ) | | 108 | 75 | |
| Сельхозпроизводство (ПТВ, СХВ, ОРЗ и прочее) | | 180 | 125 | |
| Потери при транспортировке | | 4 | 3 | |

ВСЕГО: Извлечение — 1267 (100%),
 Использование ХПВ — 794 (62,7%),
 в т. ч. Города и ПГТ — 686 (54,1%),
 Сельское — 108 (8,5%),
 ПТВ и СХП — 366 (28,9%),
 в т. ч. Города и ПГТ — 186 (14,7%),
 СХП — 180 (14,2%),
 Потери — 107 (8,4%).

Водоотлив из дренажных систем крупных разрабатываемых медноколчеданных (см. табл. 22), железорудных и буроугольных месторождений составляет 21,3 тыс. м³/сут, изменяясь от 0,86 тыс. м³/сут (по Бабаевскому буроугольному месторождению) до 9,2 тыс. м³/сут (по Учалинскому медноколчеданному месторождению). Дренажные воды на всех объектах не соответствуют качеству питьевых вод, поэтому для хозяйственно-питьевого водоснабжения не используются.

Для технического водоснабжения используется 3,4 тыс. м³/сут (16% водоотлива).

В расчет не включены данные по водоотбору из колодцев, величина которого составляет от 50 до 500 м³/сут на район (1,6–7% общего водоотбора). Порайонное использование подземных вод варьирует от 0,7 тыс. м³/сут (Бурзянский район) до 337,7 тыс. м³/сут (Уфимский район), что связано с численностью населения и промышленным производством (в пересчете на 1 человека — 45 л/сут и 294 л/сут соответственно). С учетом использования поверхностных вод питьевого качества удельное потребление по г. Уфе составляет 392 л/сут на 1 человека. По сельским районам наибольшее удельное потребление с учетом сельскохозяйственного производства приходится на Бакалинский, Илишевский, Калтасинский и Кигинский районы (252–265 л/сут).

ГЛАВА 5.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

В биосфере все компоненты взаимосвязаны. Так, от геолого-литологических условий определенных территорий зависит разнообразие природных ландшафтов: почвы, химический состав подземных вод и прочее. В связи с этим местные продукты питания, в том числе вода различных геолого-гидрогеологических условий, по-разному удовлетворяют потребности человека в химических элементах. Установлено, что человеческий организм содержит в себе почти все химические элементы периодической системы. Многие из них, в том числе ряд редких, необходимы для нормальной жизнедеятельности. Еще А.П. Виноградовым было показано, что некоторые заболевания людей связаны с особенностями химического состава почв и вод [Перельман, 1961].

Медицинская география накопила значительный материал об ареалах различных болезней. Природные ландшафты различаются по химическому составу воздуха, местных продуктов питания и вод. Эти различия во многих случаях не безразличны для человеческого организма. В связи с этим познание взаимодействия живых экосистем со средой обитания играет важное экологическое значение [Старова, Абдрахманов, Борисова, Абдрахманова и др., 2003].

Сложившиеся нормы потребления элементов отнюдь не всегда оптимальны для человека, в ряде случаев они лишь минимальны. Иногда эти нормы настолько ниже потребностей человеческого организма, что служит причиной ряда заболеваний.

В последние 50 лет на все природные процессы накладывается огромный пресс антропогенных влияний: выбросы промышленных поллютантов, нарушение почвенно-растительных и геолого-гидрогеологических условий среды обитания человека в связи с разработкой рудных, нефтяных месторождений и прочее. В результате геологи-

ческая среда, в том числе подземные воды, интенсивно насыщается химическими элементами, которые ранее или отсутствовали, или не превышали предельно допустимые концентрации для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Принято считать, что здоровье человека определяется генетическими факторами, качеством жизни и факторами среды обитания. Актуальность проблемы создания системы социально-гигиенического мониторинга окружающей среды, направленной на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия, обусловлена ростом негативных влияний на состояние здоровья населения. По мнению большинства исследователей, эти тенденции связаны с техногенным загрязнением, так как конечным звеном любой миграции токсикантов в природе является человек [Русаков, Завистяева, 2006].

Важнейшим фактором, характеризующим благополучие человека, является обеспечение населения доброкачественной питьевой водой. Питьевая вода является необходимым элементом жизнеобеспечения людей, так как от ее качества, количества и бесперебойности подачи зависят состояние здоровья населения, уровень санитарно-эпидемиологического благополучия. По данным Роспотребнадзора, необходимого комплекса очистных сооружений сегодня не имеют 34,3% коммунальных и 49,3% ведомственных водозаборов. В сельской местности 45,6% водопроводов не имеют обеззараживающих установок, что соответственно отражается на качестве подаваемой воды [Онищенко, 2006].

Содержание различных элементов в воде Республики Башкортостан характеризуется значительным разнообразием. В Предуралье (Чекмагушевском, Буздякском, Благоварском, Чишминском, Давлекановском, Стерлитамакском районах) выявляется повышенная жесткость воды с превышением ПДК содержания кальция и магния. Повышенное содержание кальция в воде наблюдается в населенных пунктах: Уфа, Туймазы, Октябрьский, Языково, Бакалы и др. Токсическое действие кальция проявляется только при длительном приеме и обычно у лиц с нарушенным обменом этого биоэлемента. При избыточном поступлении кальция происходит отложение кальция в органах и тканях (в коже и подкожной клетчатке, соединительной ткани по ходу фасций, сухожилий; стенках кровеносных сосудов), наблюдается повышение кислотности желудочного сока, с развитием при определенных обстоятельствах язвенной болезни желудка; склонность к брадикардии, увеличивается вероятность ишемической болезни сердца, подагры, почечно-каменной и желчнокаменной болезни, повышается свертываемость крови, увеличивается риск развития

дисфункции щитовидной и околощитовидных желез, аутоиммунного тиреоидита; происходит вытеснение из организма фосфора, магния, цинка, железа. При недостатке кальция в организме может наблюдаться общая слабость, повышенная утомляемость, боли, судороги в мышцах и в костях, нарушение процессов роста, декальцинация скелета, деформирующий остеоартроз, остеопороз, деформация позвонков, переломы костей, мочекаменная болезнь, нарушения иммунитета, аллергии, снижение свертываемости крови.

Ближайшим соседом кальция в группе периодической системы является магний, с которым кальций вступает в обменные реакции. Эти два элемента легко вытесняют друг друга из соединений. Магний известен как противострессовый биоэлемент, способный создавать положительный психологический настрой; он снижает возбуждение в нервных клетках, обладает антиаритмическим действием, укрепляет иммунную систему, способствует восстановлению сил после физических нагрузок. Магний чрезвычайно важен для нормального функционирования нервной системы. Дефицит магния снижает устойчивость организма к инфекциям, стрессовым ситуациям и повышает риск острых нарушений мозгового кровообращения. Данных об интоксикации магнием недостаточно, но в то же время, при парентеральном введении сульфата магния могут наблюдаться симптомы интоксикации в виде общего угнетения, вялости и сонливости [Авцын и др., 1991; Скальный, Рудаков, 2004].

В Дуванском, Мечетлинском районах вода повышенной жесткости сочетается с повышенным содержанием стронция в водоисточниках. При избыточном поступлении стронция возникает так называемый «стронциевый рахит» или «уровская болезнь». Это эндемическое заболевание, впервые обнаруженное у населения, проживающего вблизи реки Уров в Восточной Сибири. «Уровская болезнь» возникает вследствие вытеснения ионов кальция ионами стронция из костной ткани или повышенного поступления в организм стронция на фоне дефицита кальция. Накопление в организме стронция приводит к поражению всего организма, однако наиболее типичным для этого заболевания является развитие дистрофических изменений в костно-суставной системе в период роста и развития организма (формируется симметричный деформирующий остеопороз из-за торможения роста костей со стороны метаэпифизарных хрящей). Болезнь впервые описана у человека российскими врачами Н.М. Кашиным и Е.В. Веком в 1895–1900 гг. [Скальный, Рудаков, 2004].

В то же время, в горной части Республики Башкортостан — в Белорецком, Бурзянском, части Архангельского района вода является ультра-

пресной и не содержит микроэлементов, которые жизненно необходимы организму человека. Использование в питьевых целях маломинерализованных (ультрапресных) вод способствует развитию хронических заболеваний сердечно-сосудистой системы, почек, желудочно-кишечного тракта, отклонений в обмене веществ. Употребление такой воды обуславливает отставание физического развития у детей, у беременных женщин, регистрируются такие осложнения как анемия, отеки, гипертония. Постоянное употребление ультрапресных вод вызывает вегето-сосудистую дистонию, связанную с дефицитом калия, кальция, магния, марганца и др. микроэлементов.

Дефицит так же, как и избыток железа, отрицательно влияет на здоровье человека. Основной функцией железа в организме является перенос кислорода и участие в окислительных процессах. Большая часть железа в организме содержится в эритроцитах; много железа находится в клетках мозга. Железо играет чрезвычайно активную роль в жизнедеятельности организма человека. Люди с избыточным содержанием железа страдают от физической слабости, чаще болеют. При этом избавиться от избытка железа часто намного труднее, чем устранить его дефицит. Необходимо помнить, что железо является окисляющим агентом и может быть причиной возникновения свободных радикалов, способных разрушать ткани. Повышено количество железа и марганца в воде в низовьях Белой: в Дюртюлинском, Краснокамском районах. Избыточное количество железа, а также цинка, меди, хрома, марганца и других металлов [Авцын и др., 1991; Скальный, Рудаков, 2004] в питьевой воде наблюдается в Башкирском Зауралье: в Учалинском, Баймакском, Абзелиловском, Хайбулинском районах, особенно в зоне расположения горно-обогатительных комбинатов.

Учалинский горно-обогатительный комбинат (ГОК) является одним из крупнейших горнодобывающих предприятий России, расположен на территории г. Учалы. Горно-обогатительный комбинат функционирует с 1958 года, здесь добываются и перерабатываются медно-цинковые, цинковые, серно-колчеданные руды. Загрязнение окружающей среды, особенно водоисточников, обуславливает миграцию активных форм токсичных элементов в продукты питания. По данным исследований [Старова, Абдрахманов, Борисова, Абдрахманова и др., 2003], в произведенных в г. Учалы продуктах питания, в первую очередь, в молоке, содержание свинца превышало ПДК в 1,5 раза, в д. Ахуново Учалинского района — в 1,8 раз. Наиболее высокими оказались показатели содержания одного из самых токсичных элементов — хрома; во всех точках отбора проб его показатели многократно превышали ПДК с максимальным уровнем в молоке

(до 38 раз). Содержание мышьяка в местных овощах превышало ПДК в 2 раза, в мясе, произведенном в районе, он определялся в концентрациях превышающих ПДК в 1,6–2 раза. Содержание ртути в молоке, взятом на анализ в различных точках района, колебалось от 0,9 до 1,4 ПДК.

В дальнейшем был изучен уровень отдельных микроэлементов биосред у жителей г. Учалы и Учалинского района в сравнении с жителями Караидельского, Белокатайского, Мечетлинского районов [Абдрахманова, 2000].

Содержание кадмия в крови у жителей г. Учалы, сел Карлыханово Белокатайского района и Большеустыикинское Мечетлинского района превышало предельные нормы у большинства обследованных (рис. 26).

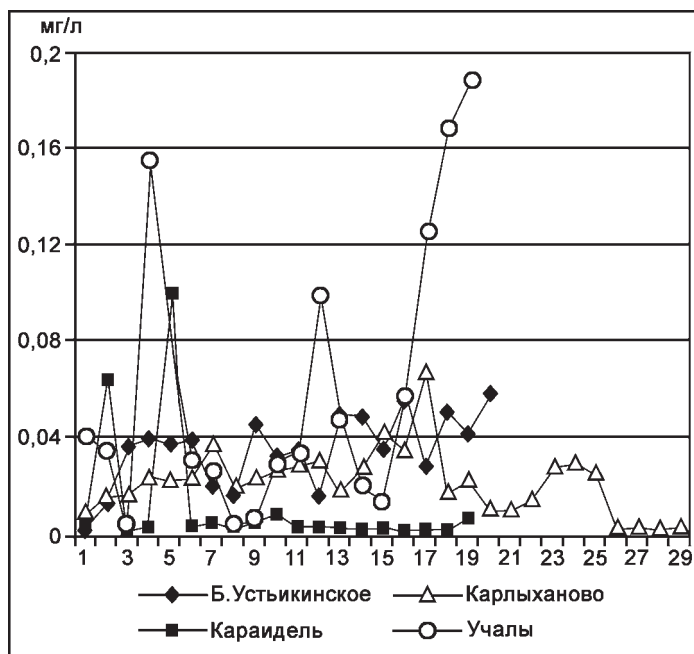


Рис. 26. Содержание кадмия в крови обследованных жителей [Абдрахманова, 2000]

Среднее содержание никеля в крови повышено у всех жителей г. Учалы и с. Караидель, у отдельных лиц в селах Большеустыикинское, Карлыханово (допустимый уровень $0,1 \pm 0,005$ мг/л) (рис. 27).

Кобальт оказывает токсическое действие на органы дыхания, кроветворения, нервной системы и органы пищеварения, длительный контакт



Рис. 27. Содержание никеля в крови обследованных жителей [Абдрахманова, 2000]

с кобальтом может привести к развитию миокардиопатии, но при этом он в небольших концентрациях необходим для жизнедеятельности живых организмов и является эссенциальным элементом.

Содержание кобальта в крови у людей, не имеющих с ним производственный контакт, не должно превышать предельный уровень $0,04 \pm 0,008$ мг/л. Как показали исследования, содержание кобальта в крови было повышено у 1 жителя г. Учалы и у 7 жителей с. Карлыханово (рис. 28).

Цинк принимает участие в процессах деления и дифференциации клеток, формировании иммунитета, функционировании десятков ферментов, в т.ч. инсулина поджелудочной железы. Цинк играет важнейшую роль в процессах регенерации кожи, роста волос и ногтей, секреции сальных желез. Цинк способствует всасыванию витаминов. Немаловажную роль он играет в переработке организмом алкоголя, поэтому недостаток цинка может повышать предрасположенность к алкоголизму (особенно у детей и подростков). При недостатке цинка происходит ухудшение деятельности сердечно-сосудистой системы, увеличивается риск ишемической болезни сердца, образования аневризмы стенок кровеносных сосудов, кардиомиопатий, нарушается минерализация костей, возникает остеопороз, усиливается предрасположенность к аллергическим заболеваниям. Вместе с тем при избытке

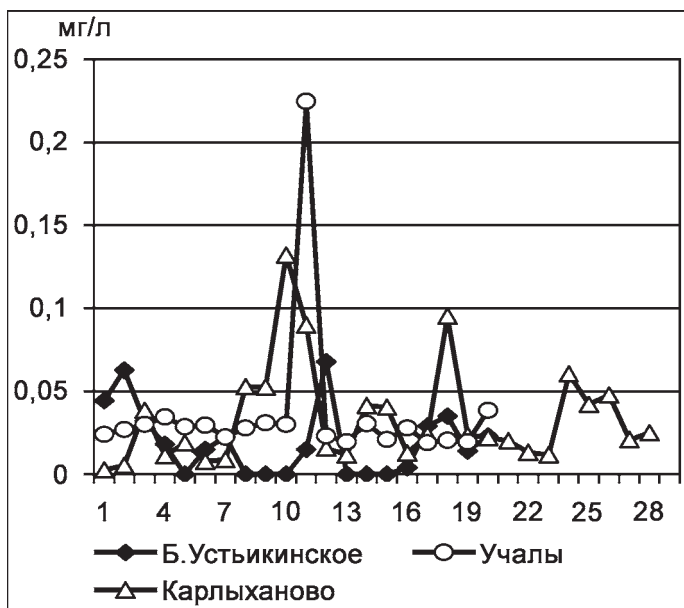


Рис. 28. Содержание кобальта в крови обследованных жителей [Абдрахманова, 2000]

цинка возникают нарушения функций иммунной системы, ослабление функций предстательной железы, поджелудочной железы и печени, снижение содержания в организме железа, меди, кадмия [Авцын и др., 1991; Скальный, Рудаков, 2004].

У жителей г. Учалы в крови содержание цинка, физиологический уровень которого составляет 6,0–8,8 мг/л, понижено (рис. 29). Средние значения содержания цинка в крови у жителей с. Карлыханово Белокатайского района составляют лишь 30–40% от должного. У 6 жителей села Большеустыкинское Мечетлинского района содержание цинка, наоборот, превышает нормальные показатели.

Медь участвует во многих биохимических процессах в организме человека. Содержание ее в крови в норме должно составлять 0,7–1,5 мг/л. Медь имеет большое значение для поддержания нормальной структуры костей, хрящей, сухожилий, эластичности стенок кровеносных сосудов, легочных альвеол, кожи, входит в состав миелиновых оболочек нервов. Действие меди на углеводный обмен проявляется посредством ускорения процессов окисления глюкозы. Известно, что медь в составе многих важнейших ферментов присутствует в системе антиоксидантной защиты организма. Этот биоэлемент повышает устойчивость организма к некоторым инфекциям, связывает микробные



Рис. 29. Содержание цинка в крови обследованных жителей [Абдрахманова, 2000]

токсины и усиливает действие антибиотиков. При избыточном поступлении меди наступают функциональные расстройства нервной системы (ухудшение памяти, депрессия, бессонница), нарушения функций печени и почек [Авцын и др., 1991; Скальный, Рудаков, 2004].

Установлено, что в крови у жителей г. Учалы и с. Карлыханово Белокатайского района содержание меди понижено и составляет 40–65% от физиологической нормы у большинства обследованных. При обследовании жителей Караидельского района дефицит меди выявлен лишь в 2 случаях (рис. 30).

Марганец относится к важнейшим биоэлементам (микроэлементам) и является компонентом множества ферментов, выполняя в организме многочисленные функции. При дефиците марганца появляется утомляемость, слабость, головокружение, плохое настроение, происходит ухудшение процессов мышления, снижение памяти и способности к принятию острых решений, могут появиться склонность к спазмам и судорогам, боли в мышцах, двигательные расстройства, дегенеративные изменения суставов, нарушения пигментации кожи, снижение уровня «полезного» холестерина в крови, нарушение толерантности к глюкозе, нарастание избыточного веса, бесплодие, расстройства иммунитета, аллергические реакции, задержка развития у детей. Однако при избыточном поступлении марганца в организм может наблюдаться

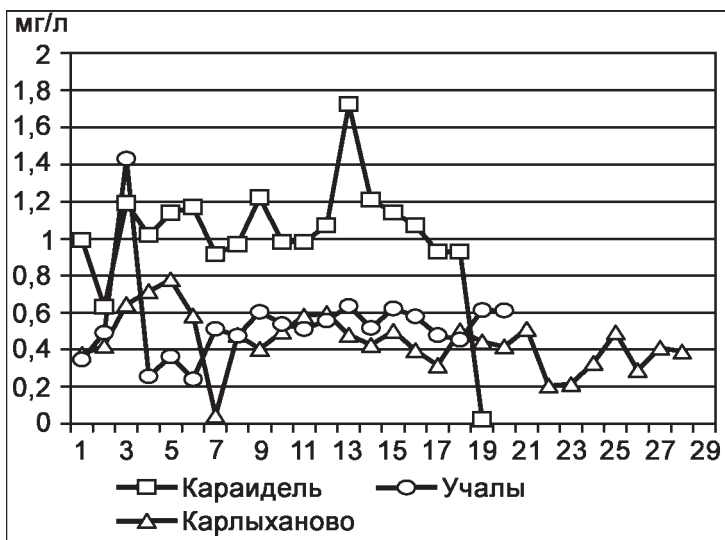


Рис. 30. Содержание меди в крови обследованных жителей [Абдрахманова, 2000]

вялость, утомляемость, сонливость, заторможенность, ухудшение памяти, депрессия, развитие паркинсонизма, энцефалопатий, фиксируются болезни щитовидной железы, кариес, камни почек и мочеточников [Авцын и др., 1991; Скальный, Рудаков, 2004; Рылова, 2005]. В крови жителей г. Учалы выявлено снижение уровня марганца.

При изучении микроэлементного состава волос получено значительное различие в содержании отдельных элементов у жителей различных регионов Зауралья. Жители, имеющие постоянный контакт с полиметаллической пылью на производстве, в сравнении с жителями других населенных пунктов, в волосах имели более высокий уровень содержания хрома, цинка, свинца, меди, мышьяка, никеля, марганца, при этом в крови наблюдался дефицит цинка, меди [Старова, Абдрахманов, Борисова, Абдрахманова и др., 2003].

Хром — жизненно важный микроэлемент, который является постоянной составной частью клеток всех органов и тканей. Хром участвует в регуляции синтеза жиров и обмена углеводов, способствует превращению избыточного количества углеводов в жиры, обеспечивает нормальную активность инсулина, участвует в регуляции работы сердечной мышцы, способствует выведению из организма токсинов, солей тяжелых металлов, радионуклидов. При избытке содержания хрома в воде и в пищевых продуктах, как это наблюдается в Зауралье, возможны проявления избытка хрома: астено-невротические расстройства;

доказано аллергизирующее действие хрома, увеличение риска онкологических заболеваний. Караидельский район в экогеохимическом отношении характеризуется благоприятными показателями, в районе нет промышленных предприятий, которые могли бы обуславливать техногенное загрязнение окружающей среды. Экономика его базируется, главным образом, на предприятиях лесной промышленности. При этом при изучении микроэлементов в пробах продуктов питания, отобранных в Караидельском районе, было обнаружено превышение ПДК по содержанию хрома в 1,5–2 раза, также загрязненным оказалось молоко местного производства.

В воде некоторых регионов Зауралья: Хайбулинском, Абзелиловском районах зафиксировано также превышение ПДК по кремнию, селену, алюминию.

Селен усиливает иммунную защиту организма, способствует увеличению продолжительности жизни. Существует высокая степень корреляции между дефицитом селена и опухолевыми заболеваниями, такими как рак желудка, простаты, толстого кишечника, молочной железы. При этом селен и все его соединения в повышенных концентрациях токсичны для человека. При изучении уровня селена в волосах у жителей Зауралья наблюдался значительный дисбаланс его содержания от полного отсутствия до значительного превышения рекомендуемых нормативов [Старова, Абдрахманов, Борисова, Абдрахманова и др., 2003] (рис. 31).

Кремний в виде различных соединений входит в состав большинства тканей, влияет на обмен липидов и на образование коллагена и костной ткани. Избыточное содержание кремния в питьевой воде может привести к нарушению саморегуляционных свойств организма, что, в свою очередь, вызывает ряд тяжелых заболеваний. При избытке поступления кремния в организм человека может развиваться мочекаменная болезнь, а также есть данные об образовании злокачественных опухолей плевры и брюшной полости [Скальный, Рудаков, 2004].

При избыточном поступлении алюминия в организм человека возможно развитие нарушения функции ЦНС (ухудшение памяти, трудности в обучении, нервозность, склонность к депрессии), нейродегенеративных заболеваний (болезни Альцгеймера, Паркинсона), дисбаланс фосфорно-кальциевого обмена, склонность к развитию остеопороза, к патологическим переломам, к остеохондрозу, рахиту и другим заболеваниям опорно-двигательного аппарата. Также в литературе описаны снижение активности отдельных ферментов, запоры, нарушение функции почек (нефропатии, увеличение риска мочекаменной

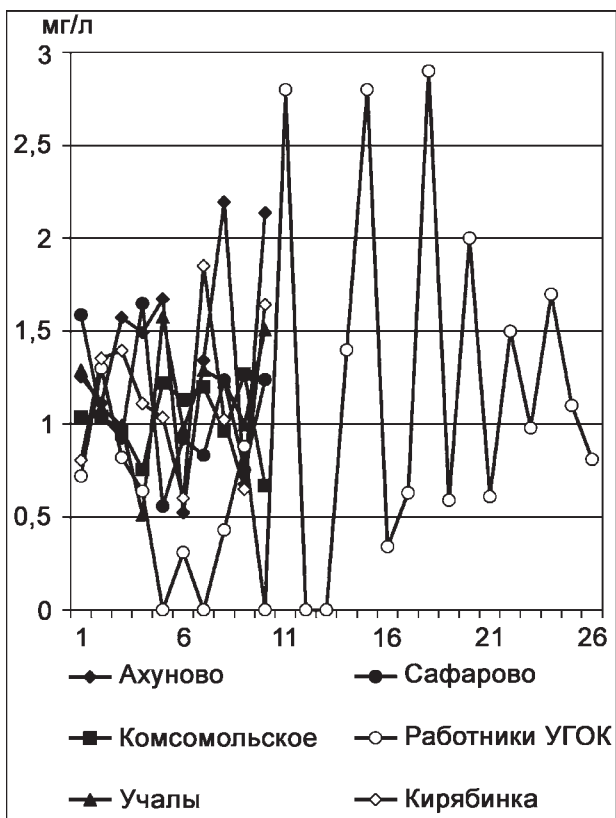


Рис. 31. Содержание селена в волосах жителей стационаров Зауралья (мг/кг) [Абдрахманова, 2000]

болезни), снижение абсорбции железа, угнетение функций Т- и В-клеток, обострение аутоиммунных заболеваний, нарушение обмена фосфора, магния, цинка, меди. Имеются данные о мутагенной активности алюминия [Авцын и др., 1991; Скальный, Рудаков, 2004].

На всей территории Республики Башкортостан имеется дефицит йода и фтора.

Йод обладает высокой физиологической активностью и является обязательным структурным компонентом гормонов щитовидной железы. Основной причиной снижения содержания йода в организме является недостаточный уровень этого элемента в пище и воде, что, в свою очередь, приводит к развитию йододефицитных состояний и заболеваний (эндемический зоб, гипотиреоз, кретинизм при недостатке йода в детстве др.).

Основные проявления дефицита фтора — кариес зубов, поражение костей (остеопороз).

В поселке Семеновский Баймакского района жители длительное время использовали питьевую воду с повышенным содержанием ртути, что привело к поражениям центральной нервной системы, в некоторых случаях с нарушением психики и интеллекта.

При исследовании основные жалобы рабочих Семеновской золото-извлекающей фабрики (СЗИФ) составляли — головная боль, повышенная утомляемость (86,69%), головокружение, ухудшение памяти, дрожь в руках, изменение фона настроения, плаксивость, тревожность, раздражительность, частыми были диссомнические расстройства — бессонница ночью, сонливость днем. Все это сопровождалось кровоточивостью десен, наличием металлического привкуса во рту, иногда слюнотечением. Среди женщин достоверно чаще, чем среди мужчин, отмечалась повышенная частота невротических расстройств. Вегетативно-сосудистые расстройства выражались сердцебиением, общей потливостью, зябкостью в кистях, стопах, онемением в пальцах кистей. В связи с тем, что практически все жители пос. Семеновск в те или иные годы работали на СЗИФ и имели многолетний контакт с различными экотоксикантами, исследовано наличие хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови. В группе обследованных частота клеток с aberrациями составила в среднем 6,8%. Основная часть хромосомных aberrаций представлена aberrациями хроматидного типа (47,0%), aberrации хромосомного типа составили 53,0%, что указывает на очевидную связь между загрязнением производственной среды и частотой цитогенетических нарушений [Алакаева, 2000].

В последние годы в воде ограничивается содержание натрия. Повышенные уровни содержания натрия, хлоридов и сульфатов увеличивают число заболеваний гипертонической болезнью и болезнями желудочно-кишечного тракта. В Янаульском районе в водоисточниках определяется превышение ПДК по натрию.

Особую проблему, далеко не полностью раскрытую в настоящее время, представляют собой вопросы влияния технологического загрязнения вод нефтью, нефтепродуктами, фенолами и другими токсикантами на состояние здоровья населения, но с достаточной уверенностью можно констатировать, что указанные загрязнители обладают мутагенными, высокотоксичными свойствами.

В водозаборах г. Уфы, как уже отмечалось, имелись случаи повышения содержания фенолов, которые при соединении с хлором, используемым для обеззараживания воды, представляют опасность образования диоксинов. Дело в том, что хлор, вступая в реакцию с неизбежно

присутствующими в воде органическими веществами, образует очень опасные соединения. Опасность эту специалисты обозначают словом «мутагенная», то есть способная вызвать рак. Также известно, что длительное время на предприятии «Химпром», ныне закрытом, производились диоксины, часть которых попала в окружающую среду и постепенно поступает в водоемные источники г. Уфы [Сафаров, 2000; Диоксины ..., 2002; Овсянникова, 2006].

Диоксины и диоксиноподобные вещества представляют собой высокотоксичные и чрезвычайно опасные химические соединения. Диоксины — это наиболее токсичные представители класса хлорорганических соединений. Им присущи специфические признаки воздействия, связанные с преимущественным поражением печени, нервной, эндокринной и иммунной систем. Диоксины обладают способностью вызывать рак и влиять на развитие потомства. Диоксины оказывают серьезное влияние на эндокринную систему, вызывая структурные изменения в коре надпочечников, селезенке, щитовидной железе, половых железах. Экспериментальными исследованиями установлено, что воздействие диоксина в первой трети беременности приводит к полной стерильности животных. Влияние диоксина на развитие потомства вызывает грубые анатомические пороки в виде расщепленного твердого неба, гидроцефалии, диафрагмальных грыж и крипторхизма. Доказано, что одной из мишеней действия диоксина на организм является иммунная система. Вызывая атрофию вилочковой железы и лимфопролиферативных органов, диоксин угнетает клеточный иммунитет. Аналогичное воздействие диоксины могут оказывать на человека, в том числе и при внутриутробном развитии. Особого внимания заслуживает канцерогенная опасность диоксина. Так у животных, получавших диоксин, часто обнаруживаются опухоли в различных органах. Установлено, что он является промотором, то есть может усиливать эффекты, вызываемые другими канцерогенами [Диоксины ..., 2002; Игнатъева и др., 2006].

Российские ученые считают, что «синтезированные» в сетях водоснабжения мутагены настигают семерых из 100 тысяч регулярно пьющих хлорированную воду из-под крана. В США другое мнение: 15% заболевших раком — это именно жертвы «хлороочистки» питьевой воды. В любом случае утолять жажду прямо из-под крана не стоит [Кожевников, Петросян 2005].

В последнее десятилетие в России активно обсуждается вопрос повышения эффективности очистки и обеззараживания питьевой воды. Все остальные методы обеззараживания воды, в том числе и промышленно применяемые в настоящее время озонирование

и УФ-облучение, не обеспечивают обеззараживающего последствия и поэтому требуют хлорирования на одной из стадий водоподготовки. Имеющиеся в России системы озонирования и УФ-облучения питьевой воды работают совместно с оборудованием для хлорирования. При этом если все преимущества и недостатки различных способов хлорирования хорошо изучены ввиду широкого их использования, альтернативные методы требуют осторожного применения вследствие недостаточной изученности влияния последствий их применения на здоровье человека. Предварительное озонирование позволяет существенно уменьшить дозу коагулянта. Вместе с тем, несмотря на российский и зарубежный опыт применения озона в технологии водоподготовки, есть еще множество нерешенных проблем. Последние исследования показали, что мнение об озонировании как о более безвредном способе обеззараживания воды ошибочно. Продукты реакции озона с содержащимися в воде органическими веществами представляют собой альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты и другие гидроксильированные алифатические и ароматические соединения. Наиболее часто в озонированной воде отмечается присутствие альдегидов (формальдегид, ацетальдегид, глиоксаль, метилглиоксаль) Существуют, как минимум, три основные причины нежелательного присутствия альдегидов в питьевой воде:

- альдегиды — высокобиоразлагаемые вещества, значительное их количество в воде повышает возможность биологического обрастания трубопроводов и увеличивает опасность вторичного загрязнения воды микробиологическими компонентами;
- некоторые альдегиды обладают канцерогенной активностью и представляют опасность для здоровья людей;
- вследствие отсутствия эффекта последствия необходимо осуществлять хлорирование на второй ступени обеззараживания питьевой воды, а при этом образовавшиеся в воде альдегиды увеличивают опасность образования хлорорганических побочных продуктов типа хлорцианатхлоральгидрата.

Применение альтернативного дезинфектанта — УФ-облучения — позволяет избавиться от побочных продуктов обеззараживания, что является его несомненным достоинством. Но на сегодня его промышленное применение осложняется отсутствием возможности оперативного контроля эффективности обеззараживания воды. Кроме того, для выполнения условий труда и безопасности здоровья обслуживающего персонала необходимо контролировать концентрацию озона в воздухе помещения, где расположена УФ-установка, соблюдать правильность хранения УФ-ламп, соблюдать правила безопасности,

указанные в документах на применяемый тип УФ-установки [Кожевников, Петросян, 2005].

В городах и населенных пунктах Туймазинского района население потребляет некондиционную питьевую воду, содержащую нефтепродукты, ПАВ, в воде повышено содержание бора, брома. Бор и бром при излишнем поступлении могут приводить к потере аппетита, поражению кожи, снижению половой активности, расстройствам сна, неврологическим нарушениям. Нефтепродукты, ПАВ при длительном поступлении в организм могут оказывать канцерогенный эффект, вызывая онкологические заболевания, поражение крови, желудочно-кишечного тракта; возможны нарушения в репродуктивной функции людей.

При анализе смертности от онкологической заболеваемости в Республике Башкортостан первое место занял Уфимский район, второе — Кармаскалинский, третье — Стерлитамакский, наиболее благополучными были Калтасинский и Аскинский районы. В Уфимском районе риск заболеваемости был выше для рака желудка, придатков, предстательной железы, мочевого пузыря, в Кармаскалинском — для рака губы, пищевода, желудка, прямой кишки, гортани, легкого, костей и соединительной ткани, шейки матки, лейкемии [Шарафутдинов, Хакимова, 2006].

Во многих сельских колодцах определяется повышенное содержание нитратов в воде, что опасно в связи с восстановлением их в нитриты в организме человека. Также в пробах воды определяются пестициды: децис, каратэ, триалат, линдан и др., хроническое действие которых на человека вызывает поражение различных органов.

В Салаватском районе жители, проживающие в окрестностях источника «Кургазак» и в санатории «Янган-Тау», потребляют воду, содержащую радон (5,4–6,3 нСи/л или 14 ед. Махе), который является продуктом распада радия. В санатории для хозяйственно-питьевых нужд используется радоновая вода источника «Кургазак». Еще в 1978 году Р.Ф. Абдрахмановым [Пучков, Абдрахманов, 2003] указывалось, что использование радоновой воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения курорта противопоказано. Это отмечалось также в заключении радиологической лаборатории ЦНИИиКФ. В связи с этим структура хозяйственно-питьевого водоснабжения должна быть заменена за счет устройства аллювиального водозабора в долине р. Юрюзань или каптажа высокодебитных карстовых источников в районе курорта. Корпускулярная радиация радона, в силу ее более высокой относительной биологической эффективности и низкой

проникающей способности обладает, при прочих равных условиях, более сильным канцерогенным действием, чем гамма-излучение. Длительное потребление такой воды вызывает заболевания желудочно-кишечного тракта и других органов [Измеров, Каспаров, 2002].

Все вышесказанное о взаимосвязи состояния здоровья населения с влиянием фактора «питьевая вода» можно отнести к эндемическим заболеваниям, так как указанные избыточные или недостаточные количества химических элементов в воде обусловлены природными зонально-региональными гидрогеохимическими условиями. В природном состоянии качество воды поверхностных и подземных источников без соответствующей водоподготовки и очистки не может соответствовать полноценному в физиологическом плане качеству питьевой воды. Проблема водоснабжения населения становится актуальной и требует с каждым годом все большего вложения материальных и физических затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ПРОБЛЕМА БУТИЛИРОВАНИЯ ПИТЬЕВЫХ ВОД

Республика Башкортостан обладает значительными запасами пресных подземных вод. Естественные ресурсы их оцениваются около 4,8 км³/год, а эксплуатационные — 6,4 км³/год (16,4 млн. м³/сут). Однако распределены они по территории Республики крайне неравномерно: модули подземного стока колеблются от 10—5 до 0,3—0,1 л/с·км². На участках развития гипсов и загипсованных пород, а также нефте-промыслового и прочего загрязнения они почти отсутствуют.

На основе сбора, анализа, обработки фондовых геологических материалов, государственного кадастрового учета по водоотбору и использованию подземных вод, их текущей и перспективной потребности, а также с учетом региональной оценки прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод проведена оценка обеспеченности населения Республики Башкортостан ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод выполнена по 25 водоносным горизонтам, комплексам, зонам на основе гидрогеологической карты масштаба 1:500 000 (2000 г.) с учетом потребности в воде питьевого качества, гидрогеологических, санитарных и природоохранных ограничений. Эксплуатационные ресурсы, применительно к качественному составу и расположению потребителей, формирующиеся за счет естественных ресурсов оценены на площади 59 тыс. км², а с учетом привлекаемых ресурсов за счет транзитного стока рек учтенная площадь оценки около 150 тыс. км².

На основе анализа гидрогеологических условий по защищенности, освоению, соответствию качества питьевым нормам обобщены данные по 51 месторождению подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения, двум МПВ для технического водоснабжения, 193 водозабора, эксплуатирующимся на неутвержденных запасах и 5 водопонижительным системам. Количество утвержденных

эксплуатационных запасов подземных вод составляет 2569,2 тыс. м³/сут, в том числе подготовленных для освоения — 1705,9 тыс. м³/сут; текущий водоотбор подземных вод составляет 1288,5 тыс. м³/сут, на участках с утвержденными запасами — 610,4 тыс. м³/сут, на участках с неутвержденными запасами — 656,8 тыс. м³/сут, при водоотливе — 21,3 тыс. м³/сут.

Общее использование подземных вод составляет 1160,4 тыс. м³/сут, из них для хозяйственно-питьевого водоснабжения — 793,9 тыс. м³/сут, в том числе для городского населения — 685,4 тыс. м³/сут, сельского — 108,5 тыс. м³/сут, для промышленного и сельскохозяйственного производства — 365,9 тыс. м³/сут. Четыре города (Уфа, Белорецк, Дюртюли, Агидель) используют для водоснабжения дополнительно поверхностные воды в количестве 139,9 тыс. м³/сут.

Суммарный водоотбор подземных вод на 1 человека по республике составляет (с учетом транспортировки из соседних областей) 308 л/сут, использование на ХПВ и коммунальные нужды по городам 256 л/сут, по сельским пунктам на ХПВ — 75 л/сут; удельное водопотребление на 1 человека для ХПВ — 193 л/сут.

Приведен анализ соответствия качества используемых для ХПВ подземных вод нормам питьевой воды. Из 51 месторождения на 40 МПВ вода не полностью соответствует нормативам (по жесткости, железу, марганцу и т. п.). Особенно напряженная обстановка с качеством воды в городах Туймазы, Октябрьский, Давлеканово, пгт. Чишмы, населенных пунктах Бижбулякского, Давлекановского, Буздякского, Благоварского, Аургазинского, Чекмагушевского, Туймазинского, Хайбуллинского районов. Удовлетворение их потребности в питьевой воде возможно решать за счет развития локальных и групповых водопроводов со строительством водохранилищ. Общее количество ПЭРПВ — 6,64 млн. м³/сут, из них привлекаемые ресурсы пресных вод питьевого качества с сухим остатком до 1,0 г/л при жесткости до 10 мг-экв/л — 5,9 млн. м³/сут.

Оценка обеспеченности потребности хозяйственно-питьевого водоснабжения проведена отдельно для городов, поселков городского типа и сельского населения по административным районам. Для всех городов и поселков городского типа разработаны такие необходимые мероприятия для обеспечения потребности как разведка или строительство нового водозабора, подготовка воды или освоение уже разведанных месторождений, утверждение эксплуатационных запасов действующих водозаборов.

Общая потребность в воде хозяйственно-питьевого качества на 2010 г. определена в 1,61 млн. м³/сут, в т. ч. для городов — 1,13 млн. м³/сут,

для поселков и сельских пунктов — 0,48 млн. м³/сут. При удельной потребности на 1 человека на 2010 г. — 392 л/сут, обеспеченность прогнозными ресурсами питьевого качества составляет 1435 л/сут, утвержденными запасами — 625 л/сут, в том числе питьевых вод с жесткостью менее 10 мг-экв/л — 400 л/сут.

Основные ресурсы пресных вод сосредоточены в самой верхней части осадочной толщи, мощность которой колеблется от нескольких до 300—400 м (в среднем около 100 м). Формирование маломинерализованных (гидрокарбонатных и сульфатных кислородно-азотных) подземных вод тесно связано с природными физико-химическими и биохимическими процессами, протекающими в атмосфере, на земной поверхности, в зоне аэрации и непосредственно в водовмещающих породах. Все это обуславливает сильную уязвимость подземных вод гидродинамической зоны активного водообмена от хозяйственной деятельности человека, влияющей как на количественные, так и на качественные их показатели.

Необходимо также отметить значительный уровень загрязнения внутри городских водопроводных сетей. Чтобы сохранить хорошее качество воды, поступающей в квартиры, требуется не только использовать дорогостоящие технологии водоподготовки, но и регулярно полностью менять трубы водопроводной системы, что, однако, как отмечают А.Я. Гаев и др. [2005], нереально.

Десятки стран мира уже решают эту проблему путем розлива или закупок экологически чистых питьевых вод. Таким же путем решается и проблема питьевого водообеспечения населения на случай аварийных ситуаций и катастроф. Города Урала и Башкортостана практически лишены резервных вариантов водоснабжения на случай аварий [Абдрахманов, 1997; Гаев и др., 2005].

Опыт цивилизованных стран наглядно показывает, что уровень здоровья населения и продолжительность жизни людей повышается (практически на 20 лет) там, где для питья используются экологически чистые воды.

По данным Международной Академии наук экологии, безопасности человека и природы (г. Санкт-Петербург) правомочно подтверждается особая важность критерия физиологической полноценности питьевой воды и влияния некоторых параметров физико-химического состояния питьевой воды на функциональное состояние организма.

Минеральные вещества входят в состав ферментов и гормонов, участвуют во всех видах обмена веществ, входят в качестве пластического материала в твердые ткани (кости, хрящи, зубы), участвуют в процессах кроветворения и свертывания крови, обеспечивают

нормальное функционирование мышечной, сердечно-сосудистой и пищеварительной систем. Так, 70% железа в организме человека входит в состав гемоглобина, медь и железо — составляющие и активизирующие около 30 ферментов, цинк — более 200. Дефицит железа нарушает нормальный синтез гемоглобина, недостаток меди нарушает синтез витамина В₁₂, что приводит к развитию анемии. Недостаток микроэлементов в составе некоторых витаминов и гормонов вызывает серьезные нарушения деятельности нервной и эндокринной систем. При недостатке микроэлементов усиливается токсическое действие на организм солей тяжелых металлов, так как они способны вытеснять и замещать в молекулах ферментов и других биологически активных веществ «нужные» микроэлементы — антагонисты, что приводит к нарушению обмена веществ, т. е. к болезням. Большинство производимых в республике бутилированных вод не отвечает критериям физиологической полноценности по содержанию калия, фтора, магния и йода и др.

После принятия Президентской программы «Питьевые и минеральные воды Республики Башкортостан» в регионе активизировалось развитие производства (бутилирования) питьевых вод.

В связи с возросшими требованиями к качеству воды, используемой для питьевых целей, разработаны СанПиН 2.1.4.1116–02, в которых введены понятия первой и высшей категорий качества питьевых вод: первая категория — вода питьевого качества, отвечающая действующим нормативным требованиям, высшая категория — помимо соответствия действующим нормативным требованиям на питьевую воду должна соответствовать критерию физиологической полноценности и содержать биологически активные химические элементы и соединения на уровне, оптимальном для человеческого организма. В частности, диапазон концентраций отдельных компонентов показателей качества такой воды составляет: общая жесткость 1,5–7 мг-экв/л, минерализация 200–500 мг/л, щелочность 0,5–6,5 мг-экв/л, кальций 25–80 мг/л, магний 5–50 мг/л, калий 2–20 мг/л, бикарбонаты 30–400 мг/л, фториды 0,6–1,2 мг/л, йодиды 40–60 мкг/л и т. д.

В Республике проводится значительная работа по обеспечению населения питьевой водой с доставкой на дом. В целях популяризации питьевой воды, производимой в Республике Башкортостан, ознакомления населения с ее свойствами и преимуществами по сравнению с завозной, наиболее полного насыщения потребительского рынка данной продукцией проводятся республиканские конкурсы производителей питьевых и минеральных вод. От конкурса к конкурсу наблюдается тенденция к увеличению числа местных производителей питьевых

вод. Республиканские государственные, акционерные и частные предприятия в настоящее время реализуют около 52 млн. литров воды в год («Ала-тау», «Алтын-Шишма» (Золотой родник), «Альпентау», «Водолей», «Красный Ключ», «Куюргаза», «Серебряный Ключ», «Фаньская», «Иремель», «Родники Ирндыка», «Приуральская», «Ермекеевские родники» и др.).

На сегодня населению предлагается более 30 наименований пресных питьевых и минеральных вод около 45 республиканских производителей (26 предприятий осуществляют бутилирование воды). Но только 18% составляет натуральная (природная) вода, а остальная часть (82%) — очищена или глубоко очищена («приготовлена»). Кроме того, не вся выпускаемая продукция имеет должное качество, имеются факты несоответствия качества бутилированных вод действующим стандартам, санитарно-гигиеническим требованиям по ряду важнейших показателей: органолептическим, токсикологическим, микробиологическим. Для искусственно минерализованных вод, «приготовленных» из различных химических ингредиентов, необоснованно рекламируется не свойственное им лечебное действие и др.

С целью оценки качества реализуемой воды Комиссией контрольно-счетной палаты Республики (один из авторов, Р.Ф. Абдрахманов, был консультантом и членом комиссии) в марте — апреле 2005 г. проведена проверка санитарного состояния предприятий по производству бутилированной питьевой и минеральной воды, ее качества, с одновременным отбором проб на анализ в местах производства воды (на складах производителей) и, частично, в торговой сети. Проверкой были охвачены товаропроизводители городов: Уфы, Нефтекамска, Белорецка, Учалов, Кумертау, Мелеуза, Стерлитамака, Ишимбая, Октябрьского, Салавата, Туймазов, Белебея и более чем 20 районов Республики.

На предприятиях розлива питьевой воды используются следующие технологии: механическая фильтрация и обеззараживание воды; механическая фильтрация, фильтрация с использованием ионообменных фильтров и обеззараживание воды; механическая фильтрация, обратный осмос и обеззараживание воды.

Всего было отобрано и исследовано 73 образца бутилированной воды, в том числе: 38 — питьевой воды высшей и первой категорий качества и 35 — минеральных вод. Кроме того, исследована водопроводная вода из 26 централизованных систем водоснабжения.

Результаты анализов показали, что качество 33 образцов бутилированной воды (45% от общего количества) не соответствует СанПиН 2.1.4.1116–02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству

воды, расфасованной в емкости», СанПиН 2.3.2.1078–01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», ГОСТу 13273–88 «Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые», в том числе 15 наименований не соответствуют нормативам по микробиологическим показателям, 18 — по химическому составу.

Содержание химических соединений в воде (нитраты, калий, натрий, магний, гидрокарбонаты, бикарбонаты, кремний, общая минерализация, щелочность) превышает гигиенические нормативы, в некоторых случаях отмечается недостаточное их содержание (кальций, сульфаты, сухой остаток).

Большую опасность в эпидемиологическом отношении представляет вода с повышенным содержанием нитратов. В воде происходит восстановление нитратов в нитриты, что способствует образованию метгемоглобина в крови человека и вызывает токсический цианоз, особенно у детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании, при разведении такой водой детских питательных смесей. Причинами повышенного содержания нитратов в водоисточниках являются: бесконтрольное применение органических и минеральных удобрений, отсутствие зон санитарной охраны водоисточника.

В ряде разливаемых вод отмечено превышение кремния (II класс опасности), повышенная жесткость. Употребление таких вод увеличивает риск заболевания мочекаменной болезнью, может привести к нарушению минерального обмена в организме, отложению солей.

Практически все исследованные образцы по содержанию йода и фтора не соответствуют требованиям гигиенических нормативов. В 18 образцах фтор вообще не определялся, в воде «Приуральская» выявлена более чем 10-кратная недостаточность фтора, «Чистая вода» — в 3 раза.

Следует отметить, что заявленные на высшую категорию качества воды «Премьер», «Чистая вода — Люкс», «Главный элемент» не отвечают требованиям данной категории из-за недостаточного содержания калия, магния или низкой минерализации — 114–183 мг/л при норме 200–500 мг/л, а также из-за повышенного содержания натрия в воде («Главный элемент»). Таким образом, в республике вода высшей категории качества фактически не производится.

Для воды первой категории качества в СанПиН 2.1.4.1116–02 отсутствуют минимально допустимые концентрации элементов, что позволяет отдельным фирмам поставлять населению воду с частичным или полным отсутствием необходимых макро- и микрокомпонентов. Так, вода «Водолей» с содержанием калия 0,45 мг/л, «Кристалльная» —

0,67 мг/л соответствуют первой категории качества, а норматив от 2 до 20 мг/л определен только для воды высшей категории качества, что свидетельствует о несовершенстве действующего норматива. При этом калий, являясь внутриклеточным электролитом, необходим для питания клеток, деятельности мышц, в т. ч. миокарда, работы нейро-эндокринной системы. Дефицит калия приводит к заболеванию почек, тонкого кишечника, эндокринной системы, к астении (психическому и физическому истощению, быстрой утомляемости), замедляет заживление ран, ведет к нарушению нервно-мышечной проводимости.

Сухой остаток питьевой воды первой категории «Кристалльная», составляющий 104,8 мг/л, едва укладывается в нижний предел физиологической полноценности питьевой воды (100–1000 мг/л). Сухой остаток питьевой воды первой категории «Чистая вода» и ключевой натуральной «Серебрянный ключ», равный 90,6 и 40,4 мг/л, свидетельствует о физиологической неполноценности этих вод, состав которых приближен к дистиллированной.

Компании «Чистая вода» и «Чистая вода «Кристалльная»» в качестве основного этапа очистки используют мембранную технологию и практически деминерализуют воду, затем с помощью искусственного дозирования солей получают водный раствор. Согласно ГОСТ Р 51871–2002 такая вода называется модельным раствором, в соответствии с ГОСТ Р 52109–2003 именно такое определение должно наноситься на этикетку фасованной воды и отражаться в информации представляемой потребителю.

Таким образом, несмотря на принимаемые меры, проблема обеспечения населения качественной питьевой водой в Республике остается острой. В городах (Уфа, Туймазы, Октябрьский), где проблема водоснабжения населения наиболее остра, особенно в весеннее время, обеспечение чистой питьевой водой должна решаться путем бутилирования экологически чистых подземных вод (в емкости до 20 литров), ресурсы которых достаточны в Республике.

Литература

- Абдрахманов Р.Ф.** Техногенез в подземной гидросфере Предуралья / УНЦ РАН. Уфа, 1993. 208 с.
- Абдрахманов Р.Ф.** Подземные воды Республики Башкортостан // Проблемы региональной геологии, нефтеносности, металлогении и гидрогеологии Республики Башкортостан: Матер. II Респуб. геол. конф. / ИГ УНЦ РАН. Уфа. 1997. С. 59–70.
- Абдрахманов Р.Ф.** Гидрогеоэкология Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2005. 344 с.
- Абдрахманов Р.Ф., Ахметов Р.М.** Радиоактивные элементы в нефтедобывающих и горнопромышленных системах Южного Урала // Докл. VIII Междунар. конф. «Новые идеи в науках о земле». М., 2007. С. 187–189.
- Абдрахманов Р.Ф., Мартин В.И., Попов В.Г., Рождественский А.П., Смирнов А.И., Травкин А.И.** Карст Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2002. 383 с.
- Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г.** Гидрогеология Южного Предуралья / БФАН СССР. Уфа, 1985. 124 с.
- Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г.** Минеральные лечебные воды Башкортостана. Уфа: ГИЛЕМ, 1999. 208 с.
- Абдрахманова Е.Р.** Состояние здоровья и особенности микроэлементного состава биосред у жителей горно-рудной геохимической провинции: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / Баш. Гос. мед. Университет. Уфа, 2000. 22 с.
- Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С.** Микроэлементозы человека М.: Медицина, 1991. 496 с.
- Алекин О.А.** Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 442 с.
- Алакаева Р.А.** Особенности формирования профессиональной патологии у рабочих золотоизвлекательных производств в условиях экологического неблагополучия: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / СПб мед. Академия. СПб., 2000. 21 с.
- Атлас Республики Башкортостан.* Уфа: Китап, 2005. 420 с.
- Байков У.М., Галиев М.А.** Охрана природы на нефтепромыслах Башкирии. Уфа: Башкнигоиздат. 1987. 267 с.
- Балков В.А.** Водные ресурсы Башкирии. Уфа: Башкнигоиздат, 1978. 173 с.
- Буданов Н.Д.** Гидрогеология Урала. М.: Наука, 1964. 304 с.
- Вернадский В.И.** Очерки геохимии. М.: Горгеонефтеиздат, 1934. 624 с.

Волков С.Н. Гидрогеохимическая классификация атмотехногенного воздействия по редокс/pH-состоянию атмосферных осадков // Геохимия. 1995. № 5. С. 621–628.

Гаев А.Я. Гидрогеохимия Урала и вопросы охраны подземных вод. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1989. 368 с.

Гаев А.Я., Бабушкин В.Д., Гацков В.Г. и др. Водоснабжение и инженерные мелиорации. Гидрогеологические исследования при решении практических задач. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2005. 367 с.

Гидрогеология СССР. Т. 15 / Под ред. Б.А. Зубровой. М.: Недра, 1972. 344 с.

Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 248 с.

Дерягин Б.В., Чураев Н.В. Новые свойства жидкостей. М.: Наука, 1971. 130 с.

Диоксины в России: Информационное сообщение / МЗ РФ. М., 2002. 7 с.

Зайнуллин Х.Н., Абдрахманов Р.Ф., Ибагуллин У.Г. и др. Обращение с отходами производства и потребления. Уфа: Изд-во Диалог, 2005. 292 с.

Зацепина Г.Н. Свойства и структура воды. М.: Изд-во МГУ, 1974. 160 с.

Игнатьева Л.П., Погорелова И.Г., Потапова М.О. Гигиеническая оценка канцерогенного и неканцерогенного риска опасности перорального воздействия химических веществ, содержащихся в питьевой воде // Гигиена и санитария. 2006. № 4. С. 30–37.

Измеров Н.Ф., Каспаров А.А. Медицина труда. М.: Медицина, 2002. 392 с.

Киргинцев А.Н., Ефанов Л.Н. Некоторые особенности политермического поверхностного натяжения воды и водных растворов // Изв. АН СССР, сер. хим. 1967. № 3. С. 571–576.

Кожевников А.Б., Петросян О.П. Для тех, кому не нравится хлор. 2005. http://www.aquafreshsystems.ru/article_11.htm.

Кисловский Л.Д. О метастабильных структурах в водных растворах // Докл. АН СССР. 1967. Т. 175, № 6. С. 1277–1285.

Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2004. 677 с.

Методические рекомендации по гидрологическому обоснованию региональной оценки эксплуатационных запасов подземных вод, применительно к природным условиям территории Волго-Камского артезианского бассейна. М.: Изд-во ГГИ, 1982. 75 с.

Методические рекомендации «Оценка обеспеченности населения Российской Федерации ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения». М., 1995. 72 с.

Минкин Е.Л. Взаимосвязь подземных и поверхностных вод и ее значение при решении некоторых гидрогеологических и водохозяйственных задач. М.: Стройиздат, 1973. 103 с.

Мурзакаев Ф.Г., Максимов Г.Г. Химизация нефтегазодобывающей промышленности и охрана окружающей среды. Уфа: Башкиргоиздат, 1989. 176 с.

Николаева Т.А., Ицкова И.А. Водоснабжение в сельской местности. М.: Медицина, 1973. 135 с.

Овсянникова Л.Б. Гигиеническая оценка опасности техногенного влияния окружающей среды на здоровье населения // Гигиена и санитария. 2006. № 5. С. 64–65.

Онищенко Г.Г. О состоянии питьевого водоснабжения в Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2006. № 4. С. 3–7.

Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Географгиз, 1961. 496 с.

Питьева К.Е. Гидрогеологические аспекты охраны геологической среды. М.: Наука, 1984. 221 с.

Попов В.Г. Формирование подземных вод Северо-Западной Башкирии. М.: Наука, 1976. 160 с.

Попов В.Г. Гидрогеохимия и гидрогеодинамика Предуралья. М.: Наука, 1985. 278 с.

Попов В.Г. Геохимия йода в подземных водах Предуралья / Гидрохимические материалы. 1988. Т. 104. С. 14–23.

Попов В.Г., Абдрахманов Р.Ф. Закономерности распределения и накопления фтора в природных водах Башкирского Предуралья (в связи с проблемой водоснабжения) / БФАН СССР. Уфа. 1979. 48 с.

Попов В. Г., Абдрахманов Р. Ф., Тугуши Н. Н. Обменно-адсорбционные процессы в подземной гидросфере / БНЦ УрО РАН. Уфа. 1992. 156 с.

Посохов Е.В. Общая гидрогеохимия. Л.: Недра, 1975. 208 с.

Потехина А.П. Засоление Туймазинского месторождения питьевых подземных вод // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Республики Башкортостан / ИГ УНЦ РАН. Уфа. 1994. С. 81–82.

Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.

Пучков В.Н., Абдрахманов Р.Ф. Особенности газогидро-геотермальных явлений горы Янгантау и прилегающих территорий // Литосфера. 2003. № 4. С. 65–77.

Пучков В.Н., Салихов Д.Н., Абдрахманов Р.Ф., Ахметов Р.М. и др. Сульфидсодержащие отвалы и хвостохранилища — опасные техногенные загрязнители окружающей среды горнорудных районов Башкортостана // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2007. № 2. С. 1–10.

Роговская Н.В. Карта естественной защищенности подземных вод от загрязнения // Природа. 1976. № 3. С. 57–61.

Рождественский А.П. Новейшая тектоника и развитие рельефа Южного Приуралья. М.: Наука, 1971. 303 с.

Русаков Н.В., Завистяева Т.Ю. Геохимические провинции страны и здоровье населения // Гигиена и санитария. 2006. № 4. С. 100–103.

Рылова Н.В. Влияние минерального состава питьевой воды на состояние здоровья детей // Гигиена и санитария. 2005. № 1. С. 45–46.

СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества. М., 2001.

Сафаров М.Г. Люди и диоксины. М.: Химия, 2000. 168 с.

Сикорский Ю.А., Вертепная Г.И., Красильник М.Г. Физические свойства воды // Изв. ВУЗов СССР. Физика. 1959. № 3. С. 10–15.

Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Мир, 2004. 272 с.

Старова Н.В., Абдрахманов Р.Ф., Борисова Н.А., Абдрахманова Е.Р. и др. Проблемы экологии и принципы их решения на примере Южного Урала. М.: Наука, 2003. 287 с.

Тютюнова Ф.И. Гидрогеохимия техногенеза. М.: Наука, 1987. 335 с.

Фюрон Р. Проблема воды на земном шаре. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 260 с.

Черняев А.М., Шаманаев Ш.Ш. Проблемы структуры воды в гидрохимических процессах. Екатеринбург: Изд-во Виктор, 1994. 191 с.

Черняева Л.В., Черняев А.М., Могиленских А.К. Химический состав атмосферных осадков (Урал и Приуралье). Л.: Гидрометеиздат, 1978. 179 с.

Шарафутдинов А.Я., Хакимова З.С. Состояние здоровья сельского населения, проживающего на сельских территориях, сопряженных с промышленными городами // Гигиена и санитария. 2006. № 4. С. 19–23.

Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Пресные подземные воды Пермской области. Пермь: Кн. изд-во, 1973. 197 с.

Содержание

| | |
|--|-----|
| Введение | 4 |
| Глава 1. Структура и нормативные требования к качеству питьевой воды | 9 |
| 1.1. Структура воды с физико-химической точки зрения . | 10 |
| 1.2. Нормативные требования к качеству питьевой воды .. | 13 |
| Глава 2. Распространение пресных вод в гидрогеологических комплексах | 19 |
| 2.1. Природные условия | 19 |
| 2.2. Геолого-структурные условия | 25 |
| 2.3. Основные закономерности развития пресных вод в гидрогеологических комплексах | 30 |
| 2.4. Распространение пресных вод в водоносных горизонтах и комплексах | 42 |
| 2.4.1. Водоносные горизонты и комплексы Волго-Уральского артезианского бассейна | 42 |
| 2.4.2. Бассейн трещинных, трещинно-жильных, трещинно-карстовых вод Уральской гидрогеологической складчатой области | 47 |
| 2.5. Защищенность пресных подземных вод от загрязнения .. | 51 |
| 2.6. Районирование Башкортостана по условиям защищенности подземных вод | 59 |
| Глава 3. Химический состав и особенности формирования пресных подземных вод | 68 |
| 3.1. Химический состав подземных вод зоны активного водообмена | 68 |
| 3.2. Микрокомпоненты в подземных водах | 96 |
| 3.3. Особенности формирования химического состава пресных подземных вод | 102 |
| Глава 4. Ресурсы и месторождения пресных подземных вод | 110 |
| 4.1. Методика оценки прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод | 111 |

| | |
|---|------------|
| 4.2. Формирование прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод | 119 |
| 4.2.1. Естественные ресурсы подземных вод | 119 |
| 4.2.2. Привлекаемые ресурсы | 122 |
| 4.3. Оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод | 123 |
| 4.4. Обеспеченность населения разведанными и прогнозными ресурсами подземных вод | 129 |
| 4.5. Эксплуатационные запасы, водоотбор и использование месторождений подземных вод | 134 |
| Глава 5. Влияние состава питьевой воды на состояние здоровья населения | 154 |
| Заключение. Проблема бутилирования питьевых вод | 170 |
| Литература | 177 |

Contents

| | |
|--|-----|
| Introduction | 4 |
| Chapter 1. Water Structure and Standard Requirements on Potable Water Quality | 9 |
| 1.1. Water Structure from a Physicochemical Standpoint | 10 |
| 1.2. Standard Requirements on Potable Water Quality | 13 |
| Chapter 2. Fresh Water Distribution in Hydrogeological Complexes | 19 |
| 2.1. Natural Conditions | 19 |
| 2.2. Conditions of Geological Structure | 25 |
| 2.3. Basic Peculiarities of Fresh Water Development in Hydrogeological Complexes | 30 |
| 2.4. Fresh Water Distribution in Hydrogeological Horizons and Complexes | 42 |
| 2.4.1. Water-Bearing Horizons and Complexes of the Volga-Ural Artesian Basin | 42 |
| 2.4.2. Fissure, Fissure-Vein and Fissure-Karst Water Basin of the Ural Hydrogeological Folded Region | 47 |
| 2.5. Protection of Fresh Ground Waters against Pollution | 51 |
| 2.6. Zonation of Bashkortostan by Ground Water Protection Conditions | 59 |
| Chapter 3. Chemical Composition and Formation Peculiarities of Fresh Ground Waters | 68 |
| 3.1. Ground Water Chemical Composition in the Active Water Exchange Zone | 68 |
| 3.2. Microcomponents in Ground Waters | 96 |
| 3.3. Formation Peculiarities of Ground Water Chemical Composition | 102 |
| Chapter 4. Resources and Deposits of Fresh Ground Waters | 110 |
| 4.1. Techniques for Evaluating Ground Water Prognosed Exploitable Resources | 111 |
| 4.2. Formation of Ground Water Prognosed Exploitable Resources | 119 |
| 4.2.1. Ground Water Natural Resources | 119 |
| 4.2.2. Attracted Resources | 122 |
| 4.3. Evaluation of Ground Water Prognosed Exploitable Resources | 123 |
| 4.4. People's Provision with Ground Water Explored and Prognosed Resources | 129 |
| 4.5. Exploitable Resources, Water Intake and Usage of Ground Water Deposits | 134 |
| Chapter 5. Effect of Potable Water Composition on People's Health | 154 |
| Conclusion. Water Bottling Problem | 170 |
| References | 177 |

Издание осуществлено при финансовой поддержке:

- Фонда фундаментальных исследований Академии Наук РБ
 - ГУП «Башмелиоводхоз»
-
-

Рафил Фазылович Абдрахманов
Юрий Николаевич Чалов
Елена Рафиловна Абдрахманова

ПРЕСНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ БАШКОРТОСТАНА

Научное издание

Утверждено к изданию Ученым советом
Института геологии Уфимского научного центра РАН
(Протокол № 6 от 23 мая 2007 г.)

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать . //./././.. Формат бумаги 60×90¹/₁₆.
Печать офсетная. Гарнитура Newton С. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. // . Уч.-изд. л.//. Заказ № ///. Тираж //.
ООО РА «Информреклама». 450078, г. Уфа, ул. Ветошникава, 97.
Тел.: (3472) 252-01-94, 252-29-66 E-mail: informreklama@ufanet.ru
Отп. в ООО РА «Информреклама»