
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЧУЙСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА И ЕГО СТРУКТУРНО-ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Н.А. Кочеева

Географический факультет
Горно-Алтайский государственный университет
Ул. Ленкина, 1, Горно-Алтайск, Россия, 649000

С.С. Драчёв

ОАО «Алтайгео» ТЦ «Алтайгеомониторинг»
Ул. Заводская, 52, с. Майма, Республика Алтай, Россия, 649100

Подземные воды реагируют на все процессы, протекающие в недрах и на поверхности Земли. Это отражается в первую очередь на химическом составе подземных вод. В результате исследования было установлено, что в Чуйском артезианском бассейне на химический состав подземных вод в значительной степени влияют структурно-фациальные особенности территории.

Ключевые слова: подземные воды, Чуйский артезианский бассейн, экологический мониторинг, водоносные комплексы, водоснабжение.

Специфика артезианских бассейнов горноскладчатых областей определяется сравнительно небольшими размерами, блоковым строением, сильной тектонической нарушенностью, быстрой литолого-фациальной изменчивостью пород, активным газогидротермальным режимом недр [1]. Направленность гидрогеохимических процессов в значительной степени зависит от вещественного состава пород, истории геологического и гидрогеологического развития, а также многих других факторов. Это обуславливает *актуальность* изучения геологических, гидрогеологических и литологических особенностей Чуйской котловины как основы развития Чуйского артезианского бассейна.

Физико-географические условия, характер расселения и хозяйственной деятельности людей определили необходимость использования подземных вод для хозяйственно-питьевых нужд. С этой целью было пробурено множество скважин, некоторые из них в последние годы опробовались в рамках экологического мониторинга. В ряде скважин отмечен самоизлив подземных вод. В ходе мониторинга исследовалась также вода родников.

Целью данной работы является комплексное изучение Чуйского артезианского бассейна как источника снабжения населения этой территории водами высокого качества.

В настоящее время 11 источников подземных вод используется в мониторинге качества вод Чуйского артезианского бассейна и его горного обрамления. Четыре скважины поднимают на поверхность воду девонских водоносных горизонтов, две — палеоген-неогенового горизонта. Четыре источника приурочены к комплексам пород четвертичного возраста. Один источник дренирует породы кембрийского возраста.

Таким образом, породы большей части возрастного диапазона, слагающие Чуйский артезианский бассейн, поставляют воду для хозяйственно-питьевых целей.

Чуйская котловина расположена на юго-восточном окончании Горно-Алтайского аккреционного клина. Ее фундамент представлен в основном венд-кембрийскими (баратальская, балхашская и горно-алтайская серии) и девонскими вулканогенно-осадочными толщами. Структурирование фундамента происходило в соответствии с двумя последовательными стадиями тектонического сжатия. Первая стадия вызвала главную складчатость девонских толщ с субширотным простиранием осей складок и образованием взбросов и надвигов в додевонском фундаменте. Вторая стадия соответствует крупномасштабным левосторонним сдвиговым перемещениям, активизирующим прежние взбросы и воздействующим на складчатый девон.

Впадина развивалась в зоне наиболее интенсивных дислокаций в области сужения между Курайской и Чарышско-Теректинской зонами разломов. Эти разломы отделяют неметаморфизованный кембрийский и девонский фундамент от метаморфических гнейсов на севере и крупных линз метаморфизованного кембрия (горно-алтайской серии) на юге [2].

Характерной чертой Чуйской котловины является то, что она располагается на стыке наиболее древней геологической структуры Горного Алтая — Баратальского горста; Юго-Восточной части Ануйско-Чуйского синклиория и северо-восточной части Холзуно-Чуйского антиклиория. Часть Чарышско-Теректинского и Алтайского глубинных разломов, которые трассируются геофизическими и геоморфологическими методами перекрыты рыхлыми слабо литифицированными молодыми отложениями впадины.

Для понимания специфики формирования химического состава подземных вод необходимо учитывать, что главные позднепалеозойские разломы контролировали структуру фундамента и накопление палеоген-неогеновых осадков. Те же зоны разломов были снова активизированы в четвертичных отложениях, что подтверждается образованием неотектонических структур в четвертичных ледниковых отложениях средне-позднеплейстоценового возраста [2].

Формирование цепей кайнозойских депрессий и горных хребтов часто контролируется реактивацией древних разломов фундамента, что произошло в случае с Курайско-Чуйской впадиной и Курайским хребтом (северное обрамление котловины), которые контролируются реактивацией активизированной Курайской зоной разломов, а западное ограничение Чуйской впадины — Чарышско-Теректинской зоной разломов. Нужно отметить, что эта связь проявляется не во всех случаях.

Вещественный состав структур различен. Мы приводим наиболее значимые его особенности.

Верхний протерозой. Известняки баратальской свиты слагают центральную и юго-западную часть Кадринско-Баратальского горста, образуют антиклинальную структуру, ориентированную с северо-запада на юго-восток, осложненную серией складок высшего порядка, ориентированных в том же направлении. Мощность свиты условно определена 2500—3000 м, возраст ее установлен как верхнепротерозойский на основании присутствия в ней органических остатков и взаимоотно-

шений с вышележащими породами сагалокской и арыджанской свит. Породы раннекембрийского и верхнепротерозойского возраста служат водовмещающими для вод Чаган-Узунского родника, которые относятся к гидрокарбонатно-сульфатно-магниево-натриевым. Минерализация вод колеблется в широких пределах.

Водоносные комплексы *девонского возраста* характеризуются преобладанием в их составе вулканогенных и глинистых пород с подчиненными прослоями обломочных и карбонатных отложений. Воды этого комплекса вскрывают четыре скважины: Калгуты, Кокоря, Ташанта и Тобелер, вода которых относится к гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальциевому классу.

Миоцен представлен грязно-серыми грубыми делювиальными суглинками и глинами мощностью несколько десятков метров, линзами гравия и мелких обломков палеозойских пород, с горизонтами погребенных почв. Выше залегают зеленовато-серые озерные глины и алевролиты с прослоями тонкого глинистого песчаника и пачками бурых углей.

Нижнечетвертичные отложения сложены грубыми слабо сцементированными конгломератами, щебенкой с прослоями и линзами лессоподобных палево-желтых суглинков. Гальки и валуны состоят из пород девона и перекристаллизованных известняков палеозоя. Щебень и галька часто сцементированы песчано-глинистым цементом розовато-бурого цвета. Это типичные пролювиальные отложения.

Среднечетвертичные отложения развиты в Чуйской впадине весьма широко. Они покрывают всю южную, юго-западную и юго-восточную части.

Это озерные террасы Чуйского озера, сложенные в нижней части мелкозернистыми песками и супесями с галькой и гравием, в верхней — галечниками с гравием и валунами. К среднечетвертичному времени относятся также ледниковые отложения эпохи максимального оледенения. Они занимают значительные площади в пределах Чуйской впадины, крупных речных долинах и у подножья хребта Чихачева. Собственно ледниковые отложения представлены «серой мореной» сложенной валунно-галечным материалом, сцементированным пепельно-светло-серыми пылеватыми супесями, реже серыми и бурыми суглинками.

Средне-верхнечетвертичные отложения нерасчлененные слагают центральную часть Чуйской котловины, которая заполнена водно-ледниковыми валунами и галечными отложениями, сформированными в период максимального и пост-максимального оледенения. В их разрезе присутствуют также песчаные и гравийно-галечные слои.

Перечисленные литологические разности четвертичного возраста в различных сочетаниях служат водовмещающими в нескольких скважинах (Мухор-Тархата, Теленгит-Сортогой, Кош-Агач, Жан-Аул) и родника в с. Бельтир. Воды всех этих источников пресные гидрокарбонатно-кальциево-магниевого.

Описанные скважины находятся в разных динамических обстановках.

Большая часть скважин располагается в пределах наиболее крупного блока. Он ограничен с севера и востока разломами ортогональной ориентировки. Именно по ним установлено перемещение блоков в направлениях перпендикулярных друг к другу. Южной границей этого блока является Ташантинский разлом (Южная

часть разлома ЧТ), представляющий собой юго-восточное продолжение одного из структурообразующих разломов Алтае-Саянской горной страны — Чарышско-Теректинского глубинного разлома. Три скважины: Теленгит-Сортогой, Кош-Агач и Мухор-Тархата образуют линию практически параллельную глубинному разлому субширотного простирания, являющимся северной границей описываемого блока.

Еще три скважины: Тобелер, Жана-Аул, Ташанта образуют линию параллельную глубинному разлому ССЗ-ЮЮВ-го направления, ограничивающий блок с востока. Это тектоническое нарушение частично отражается в рельефе (северная часть), а частично перекрывается молодыми отложениями. Однако в работе [3] приводится структурно-формационная схема, на которой стрелками обозначено направление относительного перемещения блоков, позволяющее полагать, что отдельные части блока смещаются в противоположных направлениях. Это обуславливает повышенную нарушенность горных пород в этой области, что, в свою очередь, может отражаться на режиме и составе подземных вод. Отдельно нужно сказать о скважине в с. Ташанта, которая располагается практически в зоне глубинного разлома, ограничивающего блок с востока. К тому же в месте расположения скважины к разлому причленяется сбросо-сдвиг серповидной формы. Известно, что зоны сочленения тектонических нарушений различного порядка и направления являются наиболее обводненными; здесь существует возможность водообмена разных горизонтов; изменения химического состава подземных вод чаще, чем в других местах. Последнее может выражаться в меньшем постоянстве химического состава вод.

Скважина в с. Кокоря располагается в центральном тектоническом блоке Чуйской котловины. Этот блок характеризуется небольшими размерами, гетерогенностью, и наибольшей тектонической раздробленностью. Пространственно скважина приближена к разлому взбросо-надвиговой кинематики.

Еще две точки мониторинга подземных вод располагаются в северной и северо-западной частях Чуйского артезианского бассейна. Одна из них — родник Чаган-Узун располагается севернее главного надвига и приурочена к южной оконечности баратальского горста. Родник в с. Бельтир располагается в самой северо-западной оконечности Чуйского артезианского бассейна. Главной особенностью этих двух точек является их расположение по разные стороны от зоны главного надвига, а также литологические комплексы, дренируемые подземными водами.

Рассмотренные литологические и тектонические особенности территории исследования позволяют предположить, что химический состав подземных вод может существенно различаться в разных точках опробования.

В первую очередь были рассмотрены скважины, вскрывающие водоносные горизонты девонского возраста. Это объясняется тем, что наибольшее число точек наблюдения связано с водами пластов девонского возраста. В таблице приводятся значения тех компонентов, по которым получены наибольшие различия в содержании. Нужно отметить, что скважина в бассейне р. Калгуты располагается в 60 км от районного центра с. Кош-Агач. Эта территория относится к горному обрамлению Чуйского артезианского бассейна.

Среднее содержание некоторых компонентов в подземных водах девонского водоносного комплекса (мг/дм³)

Элемент/пункт	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Минерализация
Ташанта	37,65	135,10	73,72	59,58	71,57	463,31	0,84
Кокоря	10,40	35,31	45,94	22,02	36,36	291,41	0,43
Тобелер	50,06	75,43	51,43	22,49	89,28	326,45	0,62
Калгуты	3,29	3,38	10,28	2,73	12,02	70,15	0,10

Различия в содержании компонентов в 1—2 раза были приняты фоновыми и в таблицу не включены.

Для понимания нашей позиции очень важно существование отличий в концентрации химических элементов в воде скважин сел Кокоря и Тобелер, так как они вскрывают одновозрастные водоносные пласты и располагаются в пределах Чуйского артезианского бассейна. Однако важно и то, что в пределах этого бассейна они оказываются в разных структурных блоках, а скважина в с. Кокоря пространственно приближена к разлому взбросо-надвиговой кинематики.

Для проверки выявленных различий был использован критерий Манна—Уитни, который показал статистически значимые различия содержания всех приведенных в таблице ионов, а также жесткости во всех скважинах эксплуатирующих водоносные пласты девонского возраста.

Далее были рассмотрены водоносные горизонты других возрастов (рис. 1).

Установлено, что содержание элементов в водах горизонта девонского возраста выше в целом, чем в водах отложений других возрастов. Содержание элементов в водах неогенового и нерасчлененного палеоген-неогенового возраста также характеризуется существенными отличиями. Химический состав подземных вод, дренирующих четвертичные отложения, на наш взгляд, менее постоянный и подвержен влиянию большего количества факторов.

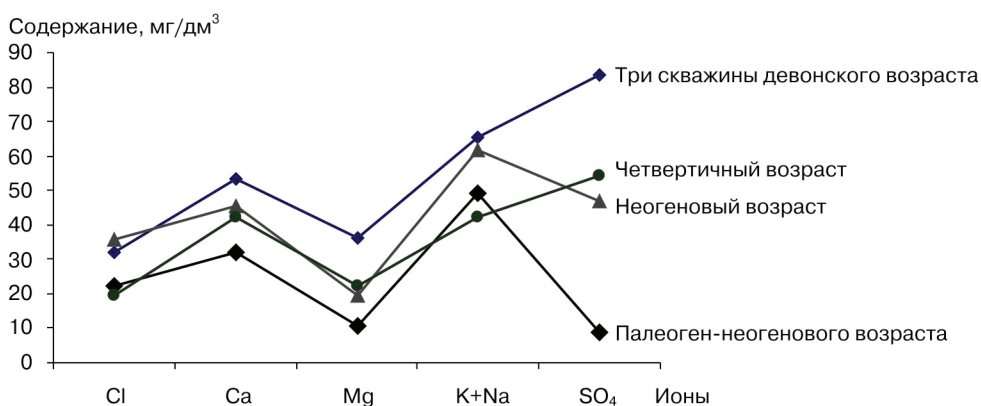


Рис. 1. Среднее содержание некоторых элементов в водоносных горизонтах разного возраста

Применение критерия Манна—Уитни выявило статистически значимые различия в содержании ионов для водоносных комплексов всех возрастов. Попарное

сравнение водоносных горизонтов различных возрастов показало, что статистически значимые отличия в содержании ионов существует во всех случаях. Однако число ионов, по которым выявлены различия, колеблется в широких пределах: от одного до семи. Различия в содержании семи ионов установлены в одном случае — для горизонтов докембрийского и палеоген-неогенового возрастов. Примечательно, что в этом случае фигурирует такой элемент, как фтор. Его содержание в природных водах Республики Алтай весьма незначительно, однако существуют и статистически значимые различия в его содержании. Различия в содержании одного иона отмечены в трех случаях: докембрийского и четвертичного; докембрийского и девонского, а также палеоген-неогенового и четвертичного возрастов.

Сравнение химического состава вод скважин, расположенных вдоль разломов ортогональной направленности, также дало важные результаты. В большинстве случаев (компонент химического состава) показатели среднего содержания выше вдоль субмеридионального разлома (рис. 2).

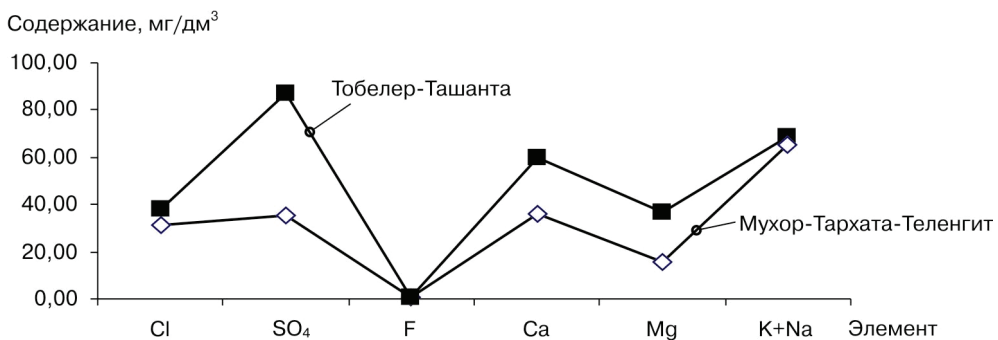


Рис. 2. Средние содержания по скважинам, расположенным вдоль субширотного (Мухор-Тархата — Теленгит-Сортогой) и субмеридионального (Тобелер-Ташанта) разломов

Содержание фтора в водах точек опробования, расположенных вдоль меридионального разлома, составляет $0,65 \text{ мг/дм}^3$, а в точках опробования, расположенных вдоль субширотного разлома — $0,31 \text{ мг/дм}^3$. В случае с $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ ситуация аналогичная описанной выше.

Выводы. В ходе исследования было проведено сравнение средних показателей содержания основных ионов:

- в водах литологических комплексов различного возраста в пределах Чуйского артезианского бассейна;
- в водах литологических комплексов одного возраста в Чуйском бассейне и за его пределами;
- в водах литологических комплексов различного возраста в пределах Чуйского артезианского бассейна в их связи с главнейшими тектоническими нарушениями.

Химический состав подземных вод обуславливается литологическими комплексами, вмещающими подземные воды. Сравнительно-статистический анализ позволяет полагать, что в рамках водоносного горизонта, характеризующегося сход-

ными фациальными условиями, наибольшее влияние на ионный состав оказывают структурно-тектонические условия, в которых находится водозабор. В ходе исследования выявлено влияние тектонических структур и процессов на химический состав подземных вод, циркулирующих в отложениях, перекрывающих глубинные разломы. Крупные тектонические нарушения оказывают существенное влияние на химический состав подземных вод.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Кирюхин В.А., Коротков А.И., Щварцев С.Л.* Гидрогеохимия: Учебник для вузов. — М.: Недра, 1993.
- [2] *Дельво Д., Тениссен К., Ван-дер-Майер Р., Берзин Н.А.* Динамика формирования и палеостресс при образовании Чуйско-Курайской депрессии Горного Алтая: тектонический и климатический контроль // Геология и геофизика. — 1995. — Т. 36. — № 10. — С. 31—51.
- [3] *Туркин Ю.А., Федак С.И.* Структурно-вещественные комплексы Горного Алтая. — Томск: STT, 2008.

CHEMICAL COMPOSITION OF UNDERGROUND WATER CHUYSKOGO ARTESIAN BASIN AND STRUCTURE-FACIES FEATURE

N.A. Kocheeva

The Geographical faculty
Blazed-Altai state university
Lenkina str., 1, Blazed-Altai, Russia, 649000

S.S. Drachev

ООО «Altaygeomonitoring»
Factory str., 29, s. Mayma, Republic Altai, Russia, 649000

The Quality of underground water depends on chemical composition. The Population needs for water of the goodness. The Geological construction of the territory influences on composition of water. Such influence is installed On Southeast of the Republic Altai.

Key words: underground water, Chuyskiy artesian basin, ecological monitoring, water-bearing complex, water supply.