

Б. Д. Абдуллаев¹, Ю. А. Отакулова²

¹Д. г.-м. н., директор (ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», Ташкент, Узбекистан)

²Заместитель директора по науке (ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», Ташкент, Узбекистан)

ОСНОВНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИТАШКЕНТСКОГО РЕГИОНА

Аннотация. Рассмотрены основные природные факторы, формирующие состав подземных вод Приташкентского региона, такие, как рельеф, климат, гидрология, геологические факторы и др. Выявлено, что состав подземных вод зависит не от какого-либо определенного фактора, а от их соподчиненности и совокупности.

Ключевые слова: подземные воды, факторы формирования, химический состав, Приташкентский бассейн.

Приташкентский регион (Ташкентская область) находится в восточной части Республики Узбекистан. Именно здесь сосредоточено до 80% запасов пресной подземной воды, которая используется для питьевого водоснабжения городов и поселков. В связи с этим крайне важно изучение их химического состояния, условий формирования подземных вод и факторов, на них влияющих.

Приташкентский регион является одновременно и промышленным центром республики. Поэтому рассматривать факторы формирования подземных вод необходимо с двух позиций – природных и техногенных. В статье будут рассмотрены природные факторы.

В гидрогеологическом плане район исследований входит в состав Приташкентского артезианского бассейна. На территории находится 8 водоносных горизонтов, представленных аллювиально-пролювиальными отложениями [1]. Усредненный химический состав подземных вод региона приведен в таблице.

Вопрос о факторах формирования состава подземных вод в научной литературе стоит давно. Более или менее логическое объяснение их появления было дано лет 30 назад. Наибольший вклад в решение этого вопроса внесли Е. В. Посохов, Е. В. Пинникер, К. Е. Питьева, А. И. Перельман, С. И. Смирнов, С. Л. Шварцев и др.

Факторы формирования состава подземных вод можно условно разделить на физико-географические, геологические, физико-химические, физические и биологические. Ниже рассмотрены самые основные.

Рельеф оказывает влияние на водообмен, от которого зависят минерализация и состав подземных вод. При прочих равных условиях, чем сильнее расчленен рельеф, тем благоприятнее возможности для появления пресных подземных вод. На приподнятых участках бассейнов, где породы хорошо промываются, подземные воды имеют относительно низкую минерализацию и в основном гидрокарбонатный состав. В пониженных частях, куда направлен сток солей с возвышенностей, минерализация повышается, в водах увеличивается концентрация сульфатов и хлоридов.

По строению рельефа Приташкентский регион можно разделить на две части: горную и равнинную.

Рельеф описываемого района имеет значительный уклон в пределах его большей части (0,07–0,05), что благоприятствует накоплению подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод и способствует хорошему стоку подземных вод в бассейн рек Ахангаран и Чирчик. В Дальверзинской степи, т.е. в нижней части исследуемого района, сток значительно затруднен из-за незначительного уклона поверхности земли.

Ориентируясь на таблицу, можно сделать вывод, что по мере понижения высотных отметок наблюдается повышение минерализации. Так, средняя минерализация степного ландшафта составляет 974,3 мг/л (а по некоторым пунктам – до 2 г/л) против 385,8 мг/л в горной местности, при

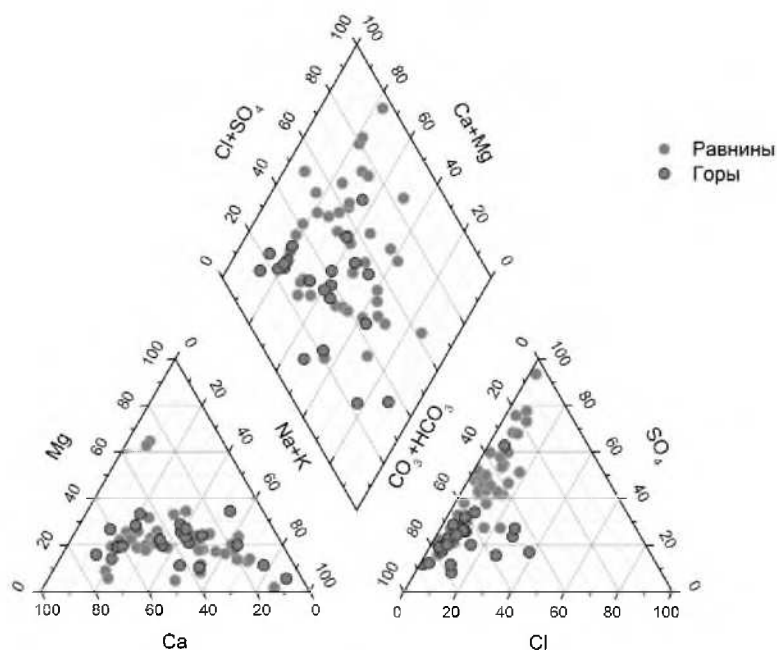
Химический состав подземных вод Ташкентской области, мг/л

Значение	pH	Минер.	Na	Mg	K	Ca	HCO ₃	Cl	SO ₄	SiO ₂
Горная территория										
Среднее	7,3	385,8	42	21,3	4,6	36,3	175,8	37,8	68,0	16,0
Равнинная местность										
Среднее	7,7	974,3	40,2	30,6	3,8	50,4	147,2	24,4	194,0	20,6

максимальных значениях 2085 и 666 мг/л соответственно. pH для обоих типов ландшафта примерно одинаковые (6,8–8,3) – от нейтральных до слабощелочных. По химическому составу воды можно разделить на кремнисто-кальциевые (магниевые) и кремнистые карбонатно-кальциевые [2].

В целом средние значения химического состава, pH, минерализации, а также общие закономерности поведения основных ионов по мере перехода из зон предгорий к зоне степи сопоставимы с подобными кларковыми значениями, приведёнными в работе [3].

Если говорить о типах вод (по Щукареву), то можно заметить, что воды горных территорий тяготеют к гидрокарбонатным, а равнинной местности – к преимущественно сульфатным (см. рисунок).



Представление химического состава в диаграмме Пайпера

Гидрологический фактор (гидрология) воздействует на подземные воды прежде всего через гидрографическую сеть, которая влияет на водообмен. Густая гидрографическая сеть с глубоким эрозионным врезом способствует водообмену в водоносных горизонтах, выносу солей и формированию пресных подземных вод. При редкой гидрографической сети и неглубоком её врезе подземный сток затруднён, что вызывает повышение минерализации подземных вод. Это косвенное влияние гидрографической сети на состав подземных вод. Основными водными артериями При-ташкентского региона являются реки Чирчик и Ахангаран, крупные правобережные притоки р. Сырдарья, формирующиеся в условиях высокогорья за счет снего-дождевого и родникового питания.

Климат может считаться одним из главнейших прямых факторов формирования состава подземных вод. Среди множества климатических факторов к первостепенным относятся атмосферные осадки, температура и испарения. Атмосферные осадки формируют ресурсы подземных вод,

передают им соли. В условиях сухого климата атмосферные осадки могут быстро испаряться и не достигать поверхности грунтовых вод. Климат Приташкентского артезианского бассейна характеризуют как резко континентальный и относят к аридной зоне с жарким летом и умеренной холодной зимой. Средняя температура здесь составляет 14,8 °С. Количество ежегодно выпадающих осадков изменяется от 300 до 800 мм в различных частях исследуемого района.

Водоносные комплексы мела поглощают атмосферные осадки и находятся в благоприятных условиях для перетекания воды и передачи напоров из палеозоя, так как имеют контакты с ними (в предгорных зонах). В Приташкентском регионе указанным путем формируются пресные (до 1 г/л) гидрокарбонатные натриевые термальные воды в песчаниках сеномана и нижнего мела. В центральной части бассейна, где палеозойский фундамент погружен на глубину 1300–1200 м, водоносный комплекс большей частью изолирован глинистыми отложениями от трещинных вод палеозоя. Об этом свидетельствует разница в гидрохимии вод – в сеномане состав воды остается в основном тем же, а в палеозое, в связи с затрудненными условиями водообмена, вода приобретает повышенную минерализацию и хлоридный натриевый состав. Отмечаются лишь локальные внедрения вод палеозоя в меловые отложения, связанные с разломами, – они четко выделяются по хлоридной минерализации воды в сеномане.

Испарение, которое зависит от температуры воздуха, наиболее действенно в зоне недостаточного увлажнения. Здесь оно обуславливает концентрацию солей в водах. Испарение имеет место не только на поверхности земли. На изменение состава грунтовых вод сильно сказывается так называемое внутриводородное испарение, в процессе которого происходит отрыв молекул водяного пара от зеркала грунтовых вод.

К *геологическим факторам* отнесем геологическую структуру, тектонические движения, вещественный состав пород и газовый фактор.

Геологическая структура определяет динамичность, а вместе с ней минерализацию и состав подземных вод Приташкентского региона. Значение геолого-структурных форм в распределении подземных вод по минерализации и составу наглядно проявляется при сравнении структурных элементов по раскрытости, проточности, промытости или интенсивности водообмена. Подземные воды Приташкентского региона закрытых структурных элементов наиболее минерализованы, а по составу преимущественно хлоридные натриевые или кальциевые. В раскрытых структурных элементах подземные воды Приташкентского региона наименее минерализованы и имеют обычно гидрокарбонатный кальциевый состав.

Водоносные горизонты Приташкентского бассейна нижнего неогена, палеогена и верхнего мела (сенон-турон) заключены между глинистыми водоупорами и не имеют практически других контактов с другими водоносными комплексами. Питание их возможно только на выходах, которые расположены значительно ниже выходов более древних водоносных отложений и поэтому их пьезометрические уровни имеют соответственно меньшие абсолютные отметки. В связи с неоднородными условиями подземного стока и различной исходной степенью засоленности пластов подземные воды приобрели различную степень минерализации: в неогене они преимущественно пресные гидрокарбонатные или солоноватые сульфатные, реже слабосоленые, в палеогене – слабосоленые и соленые сульфатно-хлоридные и хлоридно-сульфатные, реже солоноватые [4].

Если геологическая структура и тектонические движения относятся к косвенным факторам формирования состава подземных вод, то горные породы и минералы непосредственно формируют вещество подземной гидросферы. Вещественный состав пород – прямой фактор первостепенного значения, на что указывали ещё Аристотель и Плиний Старший, которые говорили, что вода такова, каковы породы, по которым она протекает. Следует, конечно, отметить, что эта связь между составом вод и пород не такая простая, как представлялось древним. Влияние состава пород на состав подземных вод особенно ярко заметно, когда пресная вода взаимодействует с легкорастворимыми минералами и породами: галитом, гипсом, доломитом, известняком. Галит даёт хлоридные натриевые воды, гипс – сульфатные кальциевые, доломит – гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, известняк – гидрокарбонатные кальциевые.

Вещественный состав всегда влияет на состав подземных вод. Говоря о вещественном составе пород, мы основной упор делаем на минералогический состав пород, т.е. на набор основных минералов, из которых состоит порода. Однако при взаимодействии породы с водой, например при

растворении, в жидкую фазу будут поступать не только химические элементы из породообразующих и второстепенных (акцессорных) минералов, но также адсорбированные ионы, находящиеся в поглощённом комплексе пород, а также так называемые поровые растворы, содержащиеся в породе.

Миграционную способность определяет также валентность иона. Для металлов с ростом валентности наблюдается образование менее растворимых соединений. Одновалентные металлы дают обычно легкорастворимые соединения (NaCl , Na_2SO_4 , K_2CO_3). Слабее растворимы соединения двухвалентных металлов (CaSO_4 , CaCO_3 , MgCO_3) и ещё менее – трёхвалентных (Fe^{3+} и Al^{3+}). Существуют, конечно, исключения из этих закономерностей.

Растворимость химических соединений относится к прямым факторам формирования состава подземных вод. Для пресных вод Приташкентского региона характерно преобладание гидрокарбоната, поскольку именно этот анион образует с кальцием слаборастворимую соль. По мере повышения минерализации появляется сульфатный ион, характерный для солёных вод. Однако из-за сравнительно невысокой растворимости сульфат кальция быстро уступает первенство сульфату натрия или магния, а чаще хлоридам, которые со всеми основными катионами образуют легкорастворимые соли. Самые высококонцентрированные рассолы по составу преобладающих солей относятся к хлоридным магниевым или кальциевым, так как CaCl_2 и MgCl_2 чрезвычайно легко растворимы.

Кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия регулируют миграцию химических элементов в подземных водах, так как от pH и Eh зависят растворимость минералов и формы нахождения элементов в растворе (в виде ионов, тех или иных комплексных соединений).

Характерной чертой Приташкентского бассейна является глубокое (до 2000–3000 м) проникновение окислительной обстановки, фиксируемой по наличию в воде растворенного кислорода. Определение возраста термальных вод сеномана, проведенное в Приташкентском бассейне гелиево-аргоновым методом (А. М. Овчинников, Л. В. Горбушина и др.), показало, что на севере и северо-востоке бассейна (вблизи области питания) возраст вод измеряется десятками и сотнями тысяч лет, а в центральной (наиболее глубокой) части бассейна достигает 7 млн лет.

Рассмотрев основные факторы, влияющие на формирование подземных вод в Приташкентском регионе, стоит сказать, что все природные факторы формирования состава подземных вод взаимосвязаны, поэтому изменение одного из них вызывает цепь причинно-следственных изменений. Состав подземных вод не связан ни с количеством атмосферных осадков, ни с рельефом местности, ни с типом горных пород, хотя каждый из этих факторов и оказывает влияние на геохимию формирующихся вод. Но характер этого влияния проявляется через такие параметры, как биологическая продуктивность ландшафта, интенсивность водообмена, характер геохимической среды и т.д. Поэтому любые попытки искать связь состава подземных вод непосредственно с составом горных пород, характером рельефа или количеством осадков не приведут к ожидаемым результатам. Состав подземных вод контролирует соподчиненность всех перечисленных факторов. Необходимо учитывать каждый из них.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гусева Н.В., Отакулова Ю.А. Геохимия подземных вод Приташкентского артезианского бассейна (Республика Узбекистан) // Известия ТПУ. – 2014. – Т. 1325, № 1. – С. 127-137.
- [2] Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода. Т. 2. Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование / С. Л. Шварцев и др.; отв. ред. Б. Н. Рыженко. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 389 с.
- [3] Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
- [4] Гидрогеология СССР. Т. 39. Узбекская ССР / Отв.ред. А. В. Сидоренко. – М.: Недра, 1971. – 463 с.

REFERENCES

- [1] Guseva N.V., Otakulova Yu.A. Geochemistry of underground waters of Pritashkent artesian basin (Republic of Uzbekistan) // Izvestiya TPU. 2014. Vol. 1325, N 1. P. 127-137 (in Rus.).
- [2] Geological evolution and self-organization of the system water-rock. Vol. 2. System water-rock in Earth's crust: interaction, kinetics, balance, modeling / S. L. Shvartsev and oth.; under redaction of B. N. Ryzhenko. Novosibirsk: Publishing house SO RAN, 2007. 389 p. (in Rus.).
- [3] Shvartsev S.L. Hydrochemistry of zone of hypergenesis. M.: Nedra, 1998. 366 p. (in Rus.).
- [4] Hydrogeology of USSR. Vol. 39. Uzbek SSR. /under redaction of A. B. Sidorenko. M.: Nedra, 1971. 463 p. (in Rus.).

Б. Д. Абдуллаев¹, Ю. А. Отакулова²

¹Г.-м. ф. д., директор
("ГИДРОИНГЕО институты" МК, Ташкент, Ўзбекистан)
²Директордыңғылымжөніндегіорынбасары
("ГИДРОИНГЕО институты" МК, Ташкент, Ўзбекистан)

ТАШКЕНТ МАҢЫ АЙМАКТАРЫНДАҒЫ ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫН ҚАЛЫПТАСТЫРАТЫН НЕГІЗГІ ТАБИҒИ ФАКТОРЛАР

Аннотация. Мақалада жер асты суларының құрамын құрайтын рельеф, климат, гидрология, геологиялық факторлар және т.б. негізгі табиғи факторлар қарастырылған. Олардың сипаттамалары, жер асты суларының жай-күйімен салыстыру берілген. Жер асты суларының құрамы қандай да бір белгілі бір факторға, ал олардың тепе-теңдігі мен жиынтығына байланысты емес екені анықталды.

Түйін сөздер: жер асты сулары, қалыптастыру факторлары, химиялық құрамы, Ташкент маңы алабы.

B. D. Abdullaev¹, Yu. A. Otakulova²

¹Doctor of Geologo-Mineralogical sciences, director
(State Enterprise "Institute GIDROINGEO", Tashkent, Uzbekistan)
²Deputy Director for Science
(State Enterprise "Institute GIDROINGEO", Tashkent, Uzbekistan)

MAIN NATURAL FACTORS OF THE FORMING COMPOSITION OF UNDERGROUND WATERS OF THE TASHKENT REGION

Abstract. The article considers the main natural factors forming the composition of groundwater in the example of the Tashkent region, such as relief, climate, hydrology, geological factors and other. Their characteristics, comparison with the groundwater situation in the Tashkent region are given. It is revealed that the composition of groundwater does not depend on any particular factor, but on their subordination and complex.

Keywords: groundwater, formation factors, chemical composition, Tashkent basin.