

Ю.С. ЛУКЬЯНЧИКОВ¹

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД АЛЛОВИАЛЬНО-ПРОЛОВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРЕДГОРНЫХ ЗОН КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ИХ АКТИВНОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ С РЕЧНЫМ СТОКОМ (на примере Зайсанской межгорной впадины)

Екі бір-бірінен жойылған Зайсан ойпаң аймақтары мысалында, су беттер және гидрогеологиялық шарттарға түрлі қоректену белсенділігі, гидрохимиялық жағдай талдау жолымен жерастылық су беттерімен өзара әрекет тән қарастырылады. Қолдану қажеттілік орныгу мүндай жолмен құбылыстары қарқындылығы қоректену жер асты сулар беттері, олардың суайырбастау белсенділігі мен жоғары гидродинамикалық белдемнің қалыптасу ерекшелігі тауаралық артезиан алабтары негізделген.

На примере двух удаленных друг от друга участков Зайсанской впадины, различных по активности питания поверхностью водами и гидрогеологическим условиям, рассматривается характер взаимодействия подземных вод с поверхностными путем анализа гидрохимической обстановки. Обосновывается необходимость использования такого подхода для выявления интенсивности питания подземных вод поверхностными, активности их водообмена и особенностей формирования в верхней гидродинамической зоне межгорных артезианских бассейнов.

For example is given two remote areas of Zaisan depression which differenced by surface waters feeding activity and hydrogeological conditions and interaction character of underground and surface water by help hydrogeochemical accomodation analysis is considered. The application necessity of this method for indication of feeding intensity of underground waters by surface waters and their water change activity and formation characteristics in the upper hydrodynamical zone of submountane artesian basins.

Изучение взаимодействия подземных вод с поверхностными всегда являлось одним из главных вопросов при выяснении условий и процессов их формирования, оценки естественных ресурсов и эксплуатационных запасов, решения задач мелиоративной гидрогеологии и многих других. Еще большую активность оно приобрело к настоящему времени, в связи с оценкой экологического состояния гидросферы, ее охраной от загрязнения и истощения и связанными с этим прогнозами. Особенно необходимо изучение этого взаимодействия в пределах засушливых равнин межгорных впадин юго-востока Казахстана и других аридных регионов, где основным источником восполнения запасов подземных вод являются поверхностный сток с окружающих гор, и водоснабжения – подземные воды, из-за редкой речной сети и пересыхания большинства рек на равнине.

Несомненно, что основными методами изучения взаимодействия подземного и поверхностного стоков являются гидродинамические. Но, при этом не вполне учитывается, а иногда и незаслуженно игнорируется, анализ гидрохимической обстановки, хотя он позволяет выявить, либо дополнить, характер, направленность и активность этого процесса, не прибегая к существенным затратам и, как правило, уже на начальных стадиях изучения района или участка.

Примером такого подхода может послужить анализ формирования минерализации и химического состава подземных вод на двух различных по активности питания поверхностными водами и гидрогеологическим условиям, удаленных друг от друга участках Зайсанской впадины. Первый из них находится в ее юго-западной части, второй – на севере, в устье р.Калгуты.

¹⁻⁴Казахстан, 050010, Алматы, ул. Валиханова, 94. Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина.

Таблица. Минерализация и химический состав атмосферных осадков и поверхностных вод в Зайсанской впадине

№пп	Место отбора проб			Формула М.Г.Курлова
1		Снег – с. Кокплекты		$M0,05 \frac{HCO_3 69,2 SO_4 29,2 Cl 1,6}{Ca 57,0 Na + K 29,2 Mg 13,8}$
2		Снег – у выхода р.Уйдене с гор		$M0,04 \frac{SO_4 59,2 HCO_3 37,0 Cl 3,8}{Na + K 48,2 Ca 35,2 Mg 16,6}$
3		Дождевая вода – пос. Буран		$M0,16 \frac{HCO_3 67,6 SO_4 22,4 Cl 0,0}{Na + K 49,1 Mg 27,2 Ca 23,7}$
4	р.Иртыш – пос.	Буран	ВесеннееЛ половодье	$M0,05 \frac{HCO_3 78,8 SO_4 18,2 Cl 3}{Ca 72,2 Na + K 23,6 Mg 4,2}$
5	р.Иртыш – пос.Буран		Зимняя межень	$M0,28 \frac{HCO_3 88,8 SO_4 5,8 Cl 5,4}{Ca 79,8 Mg 12 Na + K 8,2}$
6		озеро Зайсан		$M0,12 \frac{HCO_3 74,0 SO_4 15,0 Cl 11,0}{Ca 65,0 Na + K 20,0 Mg 15,0}$
7	Соленое озеро у Буранского тектонического уступа			$M7,13 \frac{Cl 45,0 SO_4 HCO_3 12,0}{Na + K 93,0 Mg 4,0 Ca 3,0}$

Формирование подземных вод в пределах Зайсанской впадины происходит в условиях сухого континентального климата и редкой гидро-графической сети. Ее поверхность имеет облик полупустынной аккумулятивной равнины с абсолютными отметками от 400 до 480 м. В центре находится крупное проточное озеро – Зайсан, ныне являющееся частью Бухтарминского водохранилища. Среднегодовая температура воздуха от 0,6 до 3,6 °С. Количество осадков от 180 мм в ее центре до 400 мм/год в предгорьях [1]. Величина испарения с водной поверхности 1254 мм/год (по станции Тополев мыс).

В гидрогеологическом отношении впадина представляет собой межгорный артезианский бассейн площадью 29,8 тыс. км², выполненный толщей кайнозойских отложений мощностью от 200-450 м в юго-западном и северо-восточном, до 1200 м в центральном районах [2].

В разрезе артезианского бассейна выделяются три гидродинамические зоны. Подземные воды четвертичных отложений представляют собой верхнюю из них, характеризующуюся свободным поступлением в нее поверхностных вод и атмосферных осадков, грунтовым их характером и активным, особенно в предгорьях, водообменом. Основную долю в питании подземных вод в этой зоне составляет поверхностный сток, значительную – атмосферные осадки и подчиненную – подземное питание со стороны горного обрамления: 49,0, 12,4 и 2 м³/с соответственно [3]. При этом речные воды расходуются почти целиком на питание аллювиальных и аллювиально-

но-пролювиальных водоносных горизонтов непосредственно связанных с ними гидравлически, а потому определяющим фактором формирования их ресурсов и химического состава.

Активность питания подземных вод поверхностными и их взаимодействия в различные периоды года, в свою очередь, непосредственно зависит от величины формирующихся в горах и поступающего на равнину речного стока. Последний характеризуется весьма переменным режимом, низкой минерализацией воды и ее гидрокарбонатным кальциевым или натриево-кальциевым составом (см.табл.).

Расходы рек, в зависимости от их величины и высоты водосбора изменяются в течение года от 5-10 до 30-30 раз [1, 4]. Большинство из них, за исключением наиболее крупных, в меженный период полностью теряют свой сток на равнине.

Ниже рассматриваются основные особенности формирования подземных вод на двух выбранных нами участках, характер взаимосвязи подземных и поверхностных вод в их пределах и влияния последних на формирование минерализации и химического состава вод аллювиально-пролювиальных водоносных горизонтов.

Первый из участков, площадью 4360 км², находится в пределах обширной аллювиально-пролювиальной равнины на юго-западе Зайсанской впадины и является для нее усреднено-типичным по условиям формирования подземных вод в рассматриваемых водоносных горизонтах (рис.1). Подземные воды получают активное питание за счет обильной фильтрации

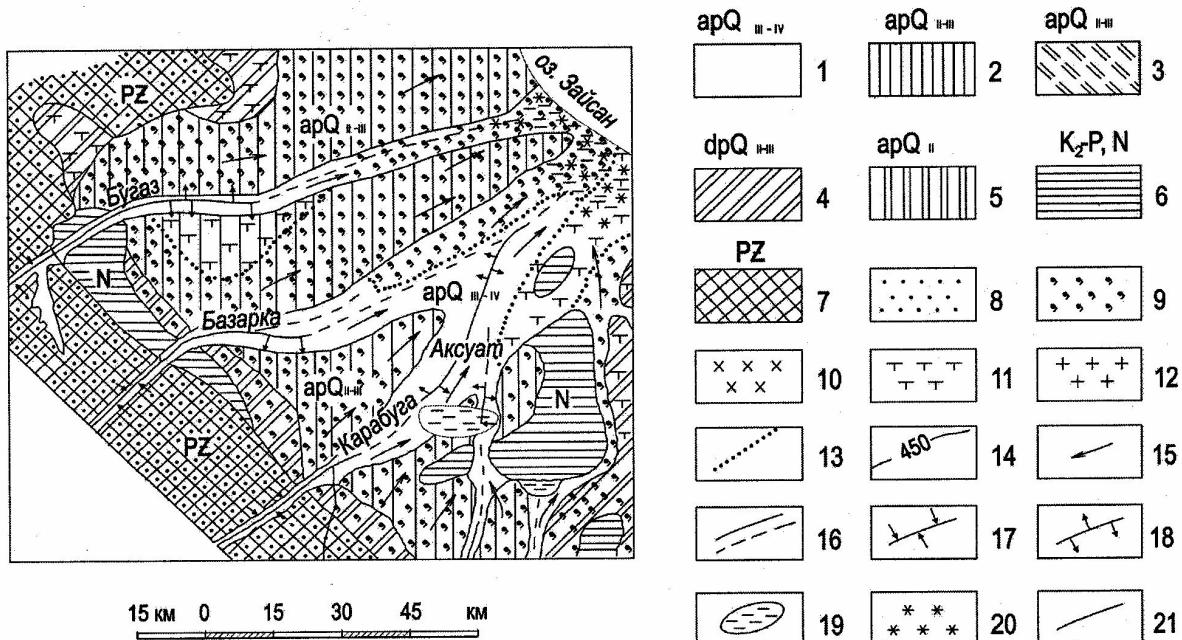


Рис. 1. Гидрогеологическая карта юго-западной части Зайсанской впадины

Распространение обводненных и водоупорных пород: 1 – водоносный горизонт верхнечетвертичных-современных аллювиально-пролювиальных отложений (apQ_{3-4}), 2 – водоносный горизонт средне-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений (apQ_{2-3}), 3 – локально водоносный горизонт средне-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений (dpQ_{2-3}), 4 – локально водоносный горизонт средне-верхнечетвертичных делювиально-пролювиальных отложений (apQ_2), 6 – водоупорные, иногда локально или слабообводненные, мел-палеогеновые, неогеновые, редко палеогеновые отложения ($N, K_2 - Pg$), 7 – водоносный комплекс зоны трещиноватости палеозойских пород (Pz). Градации и условные знаки минерализации подземных вод, в г/л: 8 – до 1,0, 9 – 0,5-1, 10 – до 3,0, 11 – 1-3, 12 – 3-5, 13 – границы подземных вод с различной минерализацией, 14 – гидроизогипсы, 15 – основное направление движения подземных вод. Участки рек: 16а – с постоянным стоком, 16б – пересыхающие, 17 – дренирующие подземные воды, 18 – питающие подземные воды, 19 – заболоченные участки, 20 – солонцы, солончаки, 21 – граница Зайсанской межгорной впадины

русловых вод четырех довольно крупных рек стекающих с гор и концентрически сближающихся по направлению к оз. Зайсан. Поступающий с гор на равнину поверхностный сток почти целиком формируется их водами и составляет, по приближенным оценкам $14,3 \text{ м}^3/\text{s}$, по среднегодовым показателям. Расход в паводок превосходит меженный до 24,5 раз (по гидрографу р.Базар). Реки Бугаз и Тебезге полностью теряют свои воды на равнине, а сливающиеся в низовьях Базар и Карабуга лишь частично доносят свои воды до озера Зайсан в паводковый период. Величина общих потерь речных вод на испарение и транспирацию оценивается нами примерно в $3,7 \text{ м}^3/\text{s}$ (29,5%), а количество поверхностных вод участвующих в питании последних – в $10,6 \text{ м}^3/\text{s}$.

Не прибегая к сложным воднобалансовым расчетам, а лишь с учетом изложенных выше природных факторов формирования подземных и поверхностных вод попытаемся оценить характер и активность их взаимодействия по гидрогеохимическим показателям. Основные черты этого процесса четко прослеживаются при анализе и сопоставлении данных по минерализации и химическому составу поверхностных и подземных вод изучаемого участка и находит отражение на представленной мелкомасштабной гидрогеологической карте (рис.1). Минерализация речных вод, питающих подземные, изменяется в пределах различных бассейнов стока и во времени года, от 0,05 до 0,62 г/л; химический состав – от гидрокарбонатного кальциевого и натриево-кальциевого до суль-

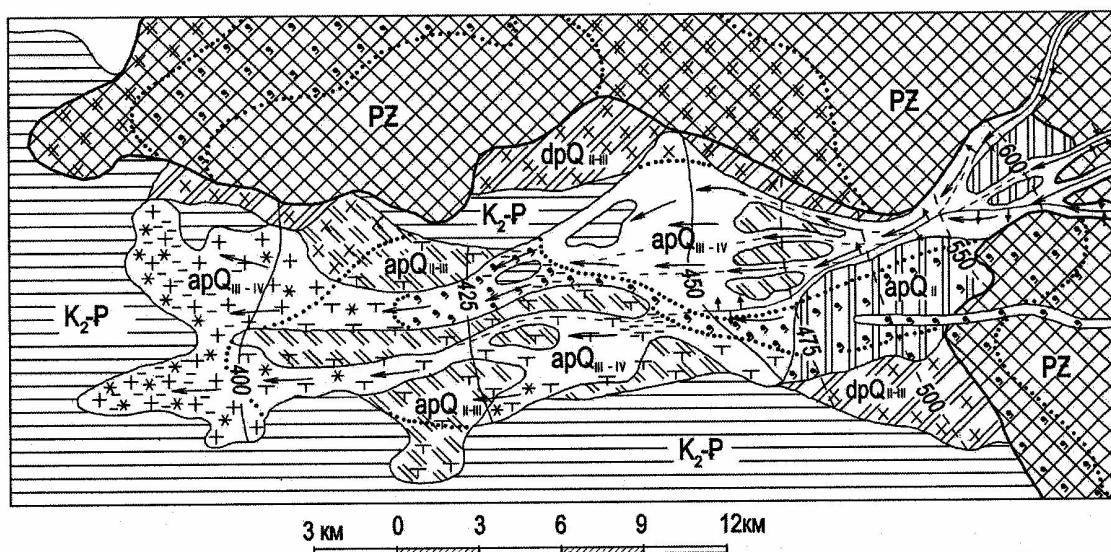


Рис. 2. Гидрогеологическая карта Калгутинского конуса выноса (субаэральная дельта).
(Условные обозначения см. рис.1)

фатно-гидрокарбонатного с близким содержанием кальция и натрия, при преобладании первого их типа и вод более низкой минерализации (см.табл.).

Колебания значений минерализации в разрезе года составляют от 2 до 5 раз (р.Кокпекты, р. Черный Иртыш). Химический состав подвержен существенно меньшим изменениям. Усредненные для бассейна оз.Зайсан показатели принимаются по р.Иртыш и озерным водам.

Естественно, имея столь низкую минерализацию, речные воды оказывают активное опресняющее воздействие. Это отражается на рассматриваемом участке, как и повсюду во впадине, образованием «языков» подземных вод с минерализацией до 0,5 г/л четко выраженных в плане на фоне вод с большей минерализацией и глубоковдающих к ее центру. Состав вод в их пределах сугубо гидрокарбонатный, кальциевый или натриево-кальциевый, почти аналогичен речным водам вблизи русел рек и медленно изменяется, совместно с повышением минерализации, вниз по потоку и к периферии аллювиально-проловиальных водоносных горизонтов. Минерализация воды увеличивается до 1 г/л, состав становится в основном сульфатно-гидрокарбонатным, пестрым и смешанным по катионам. При этом площадь «языков», а также степень приближения разви-

тых в них подземных вод к речным по минерализации и составу, однозначно свидетельствует об интенсивности питания подземных вод поверхностными, что прослеживается по всем субаэральным дельтам Зайсанской впадины.

В отличие от последних, в пределах делювиально-проловиальных отложений приподнятых междуречных равнин и в предгорьях формируются преимущественно сульфатно-гидрокарбонатные, реже гидрокарбонатно-сульфатные воды, пестрого катионного состава с минерализацией 0,5-1 и до 1 г/л. Это свидетельствует о худших условиях их питания и слабой взаимосвязи с поверхностными водами, либо ее отсутствии. Действительно, поверхностный сток на междуречьях предгорий весьма ограничен и оказывает незначительное влияние на подземные воды лишь в кратковременный период весеннего снеготаяния, а на равнинных междуречьях внутри впадины он практически отсутствует. В первом случае подземные воды питаются преимущественно за счет весьма ограниченного подтока трещинных вод палеозойских пород горного обрамления и еще в меньшей мере атмосферными осадками, а их состав и минерализация практически соответствует подземным водам низкогорья. На обширных равнинных междуречьях подземные воды формируются атмосферными осад-

ками, состав которых метаморфизуется в процессе их инфильтрации сквозь зону аэрации, фильтрации в водовмещающих породах и испарительной концентрации на участках их близкого залегания к поверхности земли. Минерализация в пределах последних и более четко выраженных поднятий, достигает 3, редко 5 г/л при сульфатном и хлоридно-сульфатном натриевом составе.

Выявленные условия и закономерности формирования минерализации и химического состава подземных вод на этом участке убедительно свидетельствуют о применимости их интерпретации для выявления взаимосвязи подземных вод с поверхностными и роли составляющих их питания. Это подтверждается и результатами предварительной количественной оценки. В соответствии с ней источниками питания подземных вод аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений здесь являются: поверхностный сток – 10,6 м³/с, инфильтрующиеся атмосферные осадки – около 3 м³/с и подземный сток с горного обрамления впадины, оцениваемый в 0,3 – 0,4 м³/с.

Еще более четко о характере взаимодействия подземного и поверхностного стоков и роли последнего в питании подземных вод можно судить на примере Калгутинского конуса выноса (субаэральной дельты). Он занимает сравнительно небольшую площадь – 418 км², в пределах центральной части Северного Призайсанья и представлен комплексом водоносных аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений, вложенных в водоупорные глинистые и, лишь отчасти, слабоводопроницаемые породы мел-пaleогена и палеоценена (рис.2).

Наличие гидрокарбонатных, преимущественно кальциевых, подземных вод с минерализацией до 0,3 – 0,5 г/л в устьевой и верхней части субаэральной дельты однозначно свидетельствует об активном питании водоносного горизонта речными водами и их опресняющем на него воздействии. Ниже по основному подземному потоку и его периферии минерализация вод повышается до 1 до 3 г/л. Химический состав изменяется соответственно, на сульфатно-гидрокарбонатный пестрый по катионам, затем гидрокарбонатно-сульфатный и сульфатный с преобладанием натрия. На поверхности появляются солонцы. В крайней западной части дельты, с повышением уровня грунтовых вод и выклини-

ванием водоносного горизонта, их минерализация возрастает до 5 г/л, состав становится хлоридно-сульфатным и сульфатно-хлоридным натриевым. При этом образуются большие площади засоленных грунтов.

Такая четко выраженная, смена гидрохимической обстановки по площади, свидетельствует о снижении активности водообмена и увеличении испарительной концентрации на сравнительно коротких расстояниях, следовательно и резком сокращении количества поступающих в водоносный горизонт речных вод, превалирующей их роли в питании подземных, а также сравнительно небольшой их абсолютной величине и быстрым уменьшении вниз по потоку. Какое-либо существенное значение подтока трещинных подземных вод палеозойского обрамления в конкретных условиях исключается, вследствие изолированности аллювиально-пролювиального водоносного горизонта глинистыми толщами, а поверхностного стока – практическим его отсутствием на этом участке низкогорья, за исключением короткого весеннего периода таяния маломощного снежного покрова. Влияние атмосферных осадков на контрастность изменения гидрохимических параметров нивелируется их повсеместной и сравнительно равномерной инфильтрацией в водопроницаемые толщи.

Эти выводы полностью подтверждаются при анализе данных по величине стока и составления водного баланса [5]. Основное питание подземные воды получают за счет фильтрации русловых вод сравнительно небольшой и пересыхающей в среднем течении реки Калгуты и, преимущественно, в приустьевой и верхней частях субаэральной дельты – 1,1 м³/с. Существенную долю в их питании имеют инфильтрующиеся атмосферные осадки – 0,73 м³/с. Активная взаимосвязь поверхностного и подземного стоков в верхней части дельты обусловлены не только инфильтрацией речных вод в подземные, но и наличием нескольких зон выклинивания подземных вод в русла.

Таким образом, изучение условий формирования минерализации и химического состава подземных вод на выбранных участках, при их сопоставлении с составом и расходами речных вод, позволяет получить качественные сведения о характере и интенсивности взаимосвязи

подземного и поверхностного стоков, а также по оценке активности питания водоносных горизонтов речными водами и подземного водобмена. Такой подход особенно необходим на начальных стадиях гидрогеологического изучения территорий, как позволяющий получить необходимые сведения без дополнительных затрат и использовать их при дальнейших исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.15. Алтай и Западная Сибирь. Вып.1. Горный Алтай и Верхний Иртыш. Ч.1. Л., Гидрометеоиздат, 1969. 318с.*
2. *Лукьянчиков Ю.С. Гидрогеологический анализ стратиграфического разреза Зайсанской впадины и ее районирование / Вопросы металлогении, вещественного состава и геологического строения месторождений Казахстана. Вып.-13. Алма-Ата, 1978. С.137-144.*
3. *Лукьянчиков Ю.С. Естественные ресурсы подземных вод Зайсанского артезианского бассейна и источники их формирования / Геология. Вып.9. Алма-Ата, КазПТИ, 1975. С.23-33.*
4. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Т.15. Алтай и Западная Сибирь. Вып.1. Горный Алтай и Верхний Иртыш. М., Гидрометеоиздат, 1965. 224с.*
5. *Лукьянчиков Ю.С., Гатовская Л.А. Оценка естественных ресурсов подземных вод обособленного конуса выноса / Проблемы гидрогеологии и инженерной геологии Казахстана. Алма-Ата, КазПТИ, 1981. С.29-40.*