Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова, 1985, т. 103

УДК 556.334

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕСНЫХ ВОД АРТЕЗИАНСКИХ БАССЕЙНОВ ГОРНО-СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ

В.А.КИРЮХИН

Данные о возрасте и мощности отложений, слагающих осадочный чехол артезианских бассейнов (АБ) горно-складчатых областей, позволяют определить, какую часть мощности осадочного чехла занимают пресные воды (табл.I).

Таблица 1

Характеристика мощности зоны пресных вод АБ горно-складчатых областей

Тип АБ	Чехол АБ		Мощность зоны пресных вод, км
	Возраст	Мощность, км	
Межгорные АБ			
Центрально-Камчатский	N-Q	2-3	1-2
Байкальский	N-Q	2-6	2-3
Закарпатский	N-Q	3-6	0, 2-0,3
Средне-Амурский	KZ	1,5-3,0	1-2
Нижне-Зейский	J-K-KZ	2-3	1-1,5
Ферганский	J-K-KZ	3-8	0,3-0,5
Куринский и Рионский	J-K-KZ	6-7	0,5-2,0
Алакуль-Балхашский	MZ-KZ	3-5	0,5-2,0
Южно-Каспийский	J-K-KZ	7-11	0,1-0,3
Средне-Каспийский	J-K-KZ	5-6	0,1-0,3
Медиальные и латеральные АБ			
Южно-Охотский	N-Q	2-3	1-2
Берингово-Восточно-Охотский	KZ	1,5-4,0	0,5
Западно-Охотский	KZ	3-8	0,5
Татаро-Японский	K-KZ	3-5	0,3-0,5
Лалтево-Восточно-Сибирский	K-KZ	2-3	0,3-0,5
Керченско-Таманский	J-K-KZ	5-8	0,1-0,3
Черноморский	J-K-KZ	3-6	0,3-0,7
Предгорные и моноклинальные АБ			
Предкарпатский	K-KZ	5-8	0,1-0,3

Окончание табл. 1

Тип АБ	Чехол АБ		Мощность зоны пресных вод, км
	Возраст	Мощность, км	
Северо-Крымский	J-K-KZ	0,7-3,0	0,5-0,7
Северо-Кавказский	J-K-KZ	2-5	0,7-1,2
Северо-Копетдагский	J-K-KZ	3-12	0,3-0,5

Наибольшая мощность зоны пресных вод наблюдается в АБ, где длительное время (от нескольких до 150-200 млн.лет) существуют условия пресноводного осадконакопления. Наиболее благоприятная для этого обстановка складывалась в предгорных и межгорных котловинах в периоды интенсивного орогенеза окружающих горных сооружений. Такие условия характерны для АБ, сложенных молассами, накопившимися в пресноводной обстановке (Байкальский, Амурский, Зейский, Южно-Казахский, Центрально-Камчатский типы). В них наблюдается максимальная мощность зоны пресных вод: от 1-2 до 3-6 км. В АБ, сложенных морскими и прибрежно-континентальными отложениями, обогащенных легкорастворимыми солями, мощность зоны пресных вод обычно ограничивается 0,1-0,3 км, редко достигая больших значений (Рионский АБ). В последнем случае решающее влияние принадлежит интенсивному водообмену и дренированности верхней части разреза АБ.

Переслаивание пресных и соленых вод объясняется обычно сменой условий осадконакопления и водного питания горизонтов. Такая обстановка складывается в прибрежно-морских условиях, в частности в АБ латерального типа. Но подобное переслаивание наблюдается и в АБ межгорного типа, например в Илийском АБ на глубинах 1-3 км.

Формирование химического состава пресных вод в верхнем и нижнем гидрогеодинамических этажах, расположенных соответственно выше и ниже местного базиса эрозии, имеет определенные различия. В верхнем этаже гидрогеохимическая обстановка определяется углекислотным выветриванием, ведущим к накоплению гидрокарбонат-иона и сопровождающемся растворением, сорбцией-десорбцией, ионным обменом, окислительно-восстановительными реакциями и микробиологическими процессами. Специфика их направленности определяется ландшафтно-климатическими условиями, являющимися решающим фактором в создании географической зональности и высотной поясности изменения минерализации и состава грунтовых вод [1].

Химический состав пресных вод нижнего гидрогеодинамического этажа отражает направленность гидрогеохимических процессов в прошлые и современную эпохи. Можно рассматривать три основные схемы: смешение пресных вод разного генезиса, вытеснение соленых вод пресными и пресных - соленными. Процессы внедрения в глубокие зоны вод разного состава и происхождения имеют длительную историю - от нескольких тысяч до десятков миллионов лет. Поэтому фронт смешения может уходить на десятки-сотни километров от области

питания. Такой пример имеется по Чуйскому АБ, где по изотопным данным в верхнемеловом горизонте фиксируется вытеснение вод метеогенного происхождения водами, образовавшимися при таянии ледников, возникших в четвертичную эпоху в связи с орогенией Тянь-Шаня [5]. Подобные условия неоднократно создавались и в других АБ.

Изменение условий питания за относительно короткий промежуток времени (несколько миллионов лет) может приводить к появлению нескольких зон смешения, размазыванию фронта внедрения вод, отличающихся по составу от ранее образованных. С другой стороны, с глубиной увеличивается длительность контакта вод с водовмещающими породами, растет роль молекулярной диффузии. В итоге состав и минерализация пресных вод выравнивается, что видно в выдержанности этих характеристик в нижнем гидрогеодинамическом этаже (табл.2).

Таблица 2

Распространение главных химических типов пресных вод на разных глубинных интервалах АБ

Тип АБ или отдельные их представители	Интервалы глубины, м						
	0-200	200-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000
	Межгорные АБ						
Байкальский	Г / М-Н-К	Г / К-Н	Х-г / Н	Г / Н	Г / Н	Г / Н	Г / Н
Закарпатский	Г / К	Г-Х / Н	-	-	-	-	-
Средне-Амурский	Г / М-Н-К	Г / К-Н	Г / Н	-	-	-	-
Нижне-Зейский	Г / Н-К	Г / К-Н	Г / Н	-	-	-	-
Южно-Казахстанский							
Алакуль-Балхашский	С-Г / М-К-Н	-	-	-	-	-	-
Илийский	Г / Н	Г / Н	Г-С / К-Н	-	-	-	Г / Х-Н
Восточно-Чуйский	С-Г / М-К	С-Г / К-Н	С-Г / К-Н	Г-Х-С / К-Н	С / Н	-	-
Ферганский	Г-С-Х / М-К-Н	Г-С / М-Н	-	-	-	-	-
Куринский	Г-С-Х / Н	С-Г / Н , С-Х / М-Н	Х / Н , Г-Х / Н	С-Г / Н , Х-Г / Н	-	-	-
Рионский	Г / Н , Г-С / К	Г-Х / К-Н , С-Г / М-К	Г / Н , Х-г / Н	Г / Н	Г-С / Н-К	-	-
Мало-Кавказские	Г / М-К	Х-Г / К-Н	-	-	-	-	-

Окончание табл. 2

Тип АБ или отдельные их представители	Интервалы глубины, м						
	0–200	200–500	500–1000	1000–1500	1500–2000	2000–2500	2500–3000
Крымско-Кавказские	Г/К	Г/К, Г/Н	–	–	–	–	–
Южно-Дальне-Восточные	Г/К–Н, С–Г/Н	Г/Н	Г/Н	–	–	–	–
Кузнецкий	Г/М–К–Н	Г/К–Н	–	–	–	–	–
Тенизский	Г/М–К–Н, Х–С/Н	–	–	–	–	–	–
Медиальные и латеральные							
Черноморский	Г/Н, С/Г–Н, Х/Н	Г/Н, Х–Г/Н	Г/Н	Г/Н	–	–	–
Камчатский	Х–Г/Н	Х–Г/Н	–	–	–	–	–
Сахалинский	Г–Х/Н, Х–Г/Н	Г/Н, Г–Х/К–Н	Г–Х/Н, Х–Г/Н	Г/Н	Г/Н	Г/Н	–
Предгорные и моноклинальные							
Северо-Кавказский	С–Г/М–К	Х–Г/Н, Х/Н	С–Г/М–Н	–	–	–	–
Предкарпатский	Х–Г/Н–К	–	–	–	–	–	–

Примечание. В числителе – анионы, в знаменателе – катионы. Обозначения ионов: Г – гидрокарбонатный; С – сульфатный; Х – хлоридный; М – магниевый; К – кальциевый; Н – натриевый. Порядок перечисления ионов – от меньшего к большему содержанию.

Анализ табл.2 показывает, что наибольшее разнообразие состава вод царит в верхней части разреза, примерно до глубины 200 м, особенно в районах аридного климата (Ферганский, Межкавказские, Тенизский и другие АБ) и приморских областях (Дагестанский, Черноморский и другие АБ). В районах гумидного климата в этом интервале глубин воды имеют однообразный гидрокарбонатный состав с преобладанием магния и кальция.

В интервале 200–500 м обычно распространены гидрокарбонатные кальциево-натриевые воды. В бассейнах Ферганского типа и некоторых других отмечается присутствие в значительных количествах сульфатов, магния, реже хлоридов.

Глубже 500 м наибольшее распространение получили пресные воды гидрокарбонатного и хлоридно-гидрокарбонатного натриевого состава. Исключения из этого правила наблюдаются в АБ, где в отдельных стратиграфических горизонтах отмечается засоленность и загипсованность пород. К таким АБ относятся Илийский, Восточно-Чуйский, Куринский и некоторые другие. В них воды часто приобретают сульфатный, реже хлоридный облик, а гидрохимический разрез имеет инверсионный характер.

Из приведенных данных следует, что преобразование химического состава пресных вод с глубиной в АБ, сложенных пресноводными по происхождению осадками, происходит примерно по одной и той же схеме: от гидрокарбонатных со сложным катионным составом к гидрокарбонатным натриевым. Некоторые колебания в составе вод верхней зоны (интервал 0-200 м) связаны с влиянием климатических условий. Рост минерализации вод с глубиной идет закономерно без инверсионных перегибов. Для указанных типов АБ характерны наибольшие мощности зоны пресных вод, а также значительное сходство в особенностях формирования не только макро-, но и микрокомпонентного состава.

В АБ, сложенных лагунными и морскими по происхождению породами, наблюдается большое разнообразие состава пресных вод, а преобразование их состава с глубиной чаще всего происходит следующим образом: сложные по составу воды (гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные магниево-кальциево-натриевые) сменяются с глубиной хлоридно-сульфатными и сульфатными натриевыми.

Достаточно четко проявляется связь минерализации и состава пресных вод. При минерализации до 0,5 г/л и до глубин 200-300 м доминируют гидрокарбонатные воды со смешанным катионным составом, а глубже с преобладанием натрия. Воды с минерализацией 0,5-1,0 г/л имеют смешанный ионный состав при преобладании гидрокарбонатов натрия. Для интервала 0-400 м межгорных бассейнов ферганского типа характерно преобладание сульфатов и хлоридов.

Наименьшая минерализация хлоридных вод (0,17-0,18 г/л) установлена в Северо-Сахалинском и Восточно-Чуйском бассейнах (глубины соответственно 30 м и 1135-1170 м), а сульфатных вод (0,15 г/л) зафиксирована в Восточно-Чуйском бассейне (интервал 1440-1583 м).

Среди других особенностей химического состава пресных вод рассматриваемых АБ следует отметить наблюдаемые в определенной обстановке высокие концентрации в них двухвалентного железа, кремнезема, фтора, азотных соединений, некоторых рудных элементов, а в ряде районов весьма низкие по сравнению с фоном содержания йода, брома и других компонентов.

Железистые воды формируются в условиях гумидного климата на участках развития торфяно-глинистых отложений, обогащенных пиритом и другими минералами железа в обстановке слабого водообмена и углекислотно-бескислородной среды [4]. Воды с повышенным содержанием железа (более 5 мг/л) наблюдаются в верхних водоносных горизонтах многих межгорных впадин Приамурья и Забайкалья, АБ долинного типа Балтийского щита, Урала и других складчатых областей.

Содержания кремнезема до 20–40 мг/л характерны для слабоминерализованных (до 0,I г/л) вод песчаных отложений, залегающих на междуречных пространствах. Для этих вод характерен гидрокарбонатный кальциево-натриевый состав (юг Дальнего Востока).

Воды с содержанием фтора от 3–5 до I5 мг/л обычно приурочены к карбонатным отложениям, метасоматически измененным и фторсодержащим породам, зонам тектонических нарушений (Балтийский щит, Алтай, Каратау).

Резкий рост концентрации азотных соединений в водах, как известно, наблюдается на участках их загрязнения продуктами бытовых и промышленных стоков. Исследование последних лет показали, что интенсивное использование в сельскохозяйственной практике азотных удобрений приводит к образованию специфических азотистых вод с содержанием нитратов до 0,I–0,I5 г/л, нитритов до 2–3 г/л, аммония до 0,I г/л. В пресных водах их общая концентрация достигает десятков-сотен миллиграммов на литр. Азотсодержащие воды формируются в районах аридного климата Крыма, Предкавказья, Средней Азии, Болгарии.

Обычно содержание рудных компонентов в пресных водах артезианских бассейнов не выходит за рамки фоновых значений. Однако некоторые элементы: цинк, медь и другие, относящиеся к накапливающимся, способны концентрироваться в водах и образовывать так называемые „безрудные" гидрохимические аномалии. Они могут формироваться и в специфической гидрогеологической обстановке: на участках разгрузки высоконапорных вод, в результате испарительных процессов, в водах, обогащенных органическими веществами, и др. Содержание отдельных рудных компонентов достигает в этих случаях нескольких миллиграммов на литр.

Наряду со случаями явного превышения норм содержания отмеченных выше элементов, довольно часто наблюдается и обратная картина. Например, концентрация йода и брома в водах молассовых отложений, накопившихся в пресноводной обстановке, на один-три порядка меньше, чем в водах, циркулирующих в образованиях, отлагавшихся в бассейнах нормальной морской солености. Недостаток йода в водах является одной из причин эндемии зоба, а недостаток кальция – рахита или уровской болезни. Поэтому, учитывая распространение в подземных водах компонентов, содержание которых превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) или меньше нижних пределов концентраций, что также вредно влияет на человеческий организм, следует выделять биогидрогеохимические провинции [2, 6]. К ним следует относить районы, где наблюдается как избыток, так и недостаток содержания биологически активных компонентов.

Такая постановка вопроса вполне правомерна, поскольку установление оптимального, наиболее полезного для здоровья человека состава питьевых вод является весьма актуальной задачей. Выявление районов с отклонениями от этой нормы позволит более целенаправленно использовать питьевые воды, управлять их составом в нужном направлении. В ряде районов такая работа уже проводится (фторирование, иодирование, обезжелезивание вод и др.), но несомненно, что в будущем подобные мероприятия будут проводиться более ши-

роко. Изучение биогидрогеохимических провинций должно вестись с учетом естественного режима подземных вод и различных процессов, возникающих при человеческой деятельности как местного порядка, так и глобального масштаба. Пока материалы подобного рода, как и вообще данные о микрокомпонентном составе пресных вод, весьма ограничены. Поэтому показанные в табл.3 примеры биогидрогеохимических провинций АБ имеют в значительной степени прогнозный характер. Последующие исследования позволяют уточнить и дополнить эту классификацию.

Таблица 3

Примеры биогидрогеохимических провинций АБ горно-складчатых областей

Биологически активные компоненты с содержанием в пресных водах		Примеры АБ
выше ПДК	*ниже нижнего порога ПДК*	
Железо, марганец	Кальций, магний, йод, бром, фтор	Зейские, Амурские, Байкальские
Медь, цинк, молибден, стронций	–	Ферганский, Тенизский
Азотные соединения	–	Межкавказские

Следует иметь в виду существование загрязненных вод, формирующихся под влиянием локальных факторов. Например, к таким водам относятся азотистые воды, возникающие на участках интенсивного и длительного применения азотных удобрений в условиях аридного климата; воды с аномальными содержаниями меди, цинка, молибдена, урана на участках соответствующих месторождений и т.п.

В заключение отметим, что хотя общие принципы описания гидрогеохимических систем известны, их применение сдерживается как отсутствием надежных миграционных параметров, так и сложностью гетерогенных физико-химических процессов. Вместе с тем исследования в этом направлении ведутся [3, 4] и можно надеяться, что прогноз изменения состава пресных вод в естественной ненарушенной обстановке будет поставлен на количественную основу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев И.К., Распопов М.П. К методике составления карты грунтовых вод СССР. – Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1961, вып. 46.

2. Крайнов С.Р., Швец В.М. Основы геохимии подземных вод. М., Недра, 1980.

3. Крайнов С.Р., Швец В.М., Шварцев С.Л. и др. Геохимические проблемы гидрогеологических прогнозов. – В кн.: Формирование подземных вод как основа гидрогеологических прогнозов. Материалы I Всесоюзной гидрогеологической конф. М., Наука, 1982. Т. 2.

4. Крайнов С.Р., Соломин Г.А. Железосодержащие подземные воды и проблема хозяйственно-питьевого водоснабжения. – Советская геология, 1982, № 10.

5. Шор Г.М., Ветштейн В.Е., Комарова Н.И., Артемчук В.Г. Некоторые особенности динамики вод мезозойско-кайнозойских отложений Чу-Сарысуйского артезианского бассейна по данным изотопного состава. – Водные ресурсы, 1982, № 5.

6. K i r j u k h i n V.A. – Hydrogeochemistry of mineralized waters. Simposiym papers. Warsawa, 1978.

120998