

ЗОНАЛЬНОСТЬ И ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД БЕЛОВСКОГО РАЙОНА КУЗБАССА

Г. М. РОГОВ

(Представлено кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии)

Рассматривая исключительно интересный и сложный вопрос зональности и формирования подземных вод, автор основывался на идеях В. И. Вернадского, Ф. П. Саваренского, Г. Н. Каменского, А. М. Овчинникова, Н. К. Игнатовича, Н. И. Толстихина и других.

В многочисленных работах этих авторов раскрыты вопросы географической, геологической, гидрогеохимической зональности подземных вод и освещены вопросы их формирования.

Изучение химического, газового состава, температуры, режима подземных вод и других характеристик и увязка этих особенностей с зональным влиянием земных факторов позволяют установить четкую картину пространственных закономерных изменений подземных вод, более определенно строить гидрогеологические прогнозы и решить вопросы генезиса отдельных типов вод.

Подходя с этих позиций к зональности и формированию подземных вод Беловского геолого-экономического района Кузбасса, представляется возможным отметить следующие закономерности.

В пределах района отмечается четкая вертикальная зональность подземных вод. В вертикальном разрезе развиты три гидрогеохимические зоны, причем мощность зон и их гидрогеохимическая характеристика своеобразны в пределах основных геоструктурных и геоморфологических элементов (Салаирский кряж, Тырганская возвышенность и Присалаирская депрессия).

Верхняя зона гидрокарбонатно-кальциевых, реже гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевых вод охватывает четвертичные образования и верхнюю, наиболее выветрелую и обводненную часть палеозойских отложений (морских, лагунно-континентальных и континентальных). Мощность зоны различна. На участке развития эффузивно-осадочных образований среднего кембрия мощность не превышает 50 м, в пределах известняков нижнего кембрия, девона и нижнего карбона увеличивается до 100—150 м. На территории развития угленосных отложений карбона и перми мощность зоны уменьшается до 50 и даже 30 м.

Зона охватывает область активного водообмена и циркуляции и характеризуется развитием преимущественно гидрокарбонатно-кальциевых вод с минерализацией 0,2—0,7 г/л. Значения рН подземных вод большей

частью низкие (рН=5,5—6,5), за исключением известняков, где они изменяются от 6,5 до 7,4 при среднем значении 7,0.

Большей частью опробованных источников, колодцев и скважин вскрыты и охарактеризованы подземные воды этой зоны. Гидрогеохимические материалы по верхней зоне для различных геологоструктурных и геоморфологических участков приведены в табл. 1. В восточном направлении по мере перехода с Салаирского кряжа в Присалаирскую депрессию увеличивается минерализация воды (с 0,27 до 0,7 г/л), заметно усложняется тип воды (табл. 1), значительно уменьшается мощность зоны.

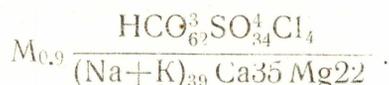
В подземных водах верхней зоны растворены кислородно-азотные, кислородно-углекисло-азотные газы атмосферного происхождения.

Таблица 1

Гидрогеохимические данные	Салаирский кряж (морские отложения)		Тырганская возвышенность		Присалаирская депрессия, континентальные угленосные отложения
	карбонатные	эффузивно-осадочные	морские карбонатные отложения	лагунно-континентальные угленосные образования	
Минерализация г/л	0,27	0,4	0,35	0,5	0,7
НСО ₃ % экв.	97	65	82	60	70
Са "	85	90	75	55	50
Сl "	3	33	10	15	25
SO ₄ "	нет	2	8	25	5
рН	7,0	5,5	6,7	6,0	6,5
Дебит источников, скважин, л/сек	1—2	0,1	0,5—1,5	0,2	0,4
Мощность зоны в м (ориентировочно)	150	50	100	60	40

Вторая зона гидрокарбонатно-натриевых и сульфатно-гидрокарбонатно-натриевых вод охватывает палеозойские отложения. Мощность зоны различна. В Присалаирской депрессии на участке развития угленосных отложений она составляет 150—200 м (скв. 164, 319), на Тырганской возвышенности, в пределах Салаирского кряжа мощность зоны не установлена. Однако существование этой зоны подтверждается большим фактическим материалом. На территории развития карбонатных отложений имеются скважины, колодцы и источники, в подземных водах которых содержание натрия достигает 43% экв. (251, 64, 207, 98, 178, 161, 153 и др.).

На территории развития лагунно-континентальных отложений балахонской серии подземные воды второй зоны встречены на глубине 40—60 м и развиты до глубины 200—250 м (скв. 1240, 1—55, 1463, 1523 и др.). Химический состав подземных вод из скв. 1523 следующий:



Наиболее отчетливо вторая зона выделяется в Присалаирской депрессии. Имеется большое число скважин, колодцев, горных выработок, вскрывших и установивших зону развития гидрокарбонатно-натриевых вод. В скважинах 86, 145, 148, 93, 312, 319, колодцах 162, 89, 194 и в гор-

ных выработках вскрыты резко выраженные воды второй зоны. Состав вод можно иллюстрировать следующими формулами Курлова:

$$\text{скв. 319, опробован интервал 45--100 м } M_{0,98} \frac{\text{HCO}_{73}^3 \text{Cl}_{16} \text{SO}_{11}^4}{(\text{Na} + \text{K})_{93} \text{Ca}_4 \text{Mg}_3};$$

$$\text{скв. 164, интервал 86--108 м } M_{1,2} \frac{\text{HCO}_{69}^3 \text{Cl}_{30} \text{SO}_1^4}{(\text{Na} + \text{K})_{79} \text{Ca}_{13} \text{Mg}_8};$$

$$\text{шахта „Чертинская Южная“, гл. 100 м } M_{0,9} \frac{\text{HCO}_{85}^3 \text{SO}_6^4 \text{CO}_5^3 \text{Cl}_1}{(\text{Na} + \text{K})_{91} \text{Mg}_8 \text{Ca}_1} \text{ рН}8,3;$$

$$\text{шахта „Бабанаконская“, гл. 150 м } M_{0,82} \frac{\text{HCO}_{81}^3 \text{Cl}_8 \text{SO}_6^4 \text{CO}_5^3}{(\text{Na} + \text{K})_{78} \text{Ca}_{14} \text{Mg}_8} \text{ рН}7,0.$$

Минерализация подземных вод второй зоны изменяется от 0,5 до 3,0 г/л, значения рН от 6 до 8,5. Нижняя граница второй зоны устанавливается по смене гидрокарбонатно-натриевых вод хлоридно-натриевыми. Заметное нарастание содержания хлора с глубиной отмечается во всех опробованных пунктах, вскрывших подземные воды второй зоны. Так, в скважине 164 на Чертинском месторождении нижняя граница второй зоны отмечена на глубине 108—120 м.

Третья гидрогеохимическая зона хлоридно-натриевых вод изучена слабо. О степени водообильности пород палеозоя и химическом составе подземных вод на глубоких горизонтах сведения почти отсутствуют. Однако отдельные данные свидетельствуют о существовании солоноватых сульфатных и хлоридных вод.

В скважине 164 на Чертинском месторождении в интервале 108—230 м встречены хлоридно-натриевые воды следующего состава:

$$M_{1,4} \frac{\text{Cl}_{57} \text{HCO}_{43}^3}{(\text{Na} + \text{K})_{93} \text{Mg}_4 \text{Ca}_3}$$

В пределах Беловского месторождения (Ивановский участок) содержание метана в этой зоне составляет 18 м³ на тонну угля (Ерофеев, доклад на совещании в СОАН СССР, апрель 1959 г.).

В скважине 116-К (Барзасский район) [1] в отложениях девона на большой глубине (834—906 м) были встречены тоже хлоридно-натриевые воды, азотные с метаном и тяжелыми углеводородами. Состав воды:

$$\text{N}_2 83 \text{ CH}_4 15 \text{ CnH}_{2n+2} 1,3 \text{ He } 0,097 \text{ M}_{3,0} \frac{\text{Cl } 90 \text{ HCO}_7^3}{\text{Na } 96 \text{ Ca } 3}$$

На территории развития лагунно-континентальных отложений подземные воды третьей зоны характеризуются повышенным содержанием сульфатов (до 43% экв., скв. 1463, 1500, 1510).

Таким образом, в пределах района развиты три гидрогеохимические зоны. Первая (верхняя) зона — пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды, вторая зона — гидрокарбонатно-натриевые и третья зона — слабо минерализованные воды хлоридно-натриевого и сульфатно-хлоридно-кальциево-натриевого состава.

Современное зональное распределение подземных вод различного состава определилось в результате длительной истории палеогидрогеологического развития района. В настоящее время в результате длительного и интенсивного процесса выветривания, выщелачивания пород, водообмена и смешения подземных вод различных комплексов осадков подземные воды претерпели значительный метаморфизм и обязаны пре-

имущественно инфильтрационным процессам. Хотя, как показывают материалы исследований, геологические комплексы и даже отдельные толщи (свиты) внутри комплексов в значительной мере сохранили специфические гидрогеохимические особенности и создают своеобразные условия для формирования подземных вод [4].

Имеющиеся материалы показывают, что «однородный» генезис имеет только верхняя зона гидрокарбонатно-кальциевых вод, образующихся за счет инфильтрации атмосферных осадков и циркулирующих в зоне активного водообмена, в области промытых пород. Подземные воды второй и третьей зон имеют сложный генезис, обусловленный тем, что геологические комплексы на этих глубинах оказались менее промытыми, находятся в поздней стадии развития, больше отражают первичный солевой состав пород. Степень выщелоченности пород и условия формирования подземных вод различны в пределах основных геоструктурных и геоморфологических участков (Салаирский кряж, Тырганская возвышенность и Присалаирская депрессия). Если на территории Салаирского кряжа и Тырганской возвышенности (области питания) имеем благоприятные условия для инфильтрации атмосферных осадков и формирования подземных вод выщелачивания, то на значительной территории Присалаирской депрессии (области развития и частичной разгрузки подземных вод) наблюдаются условия застойного режима и образования подземных вод континентального засоления.

В формировании подземных вод на Салаирском кряже и Тырганской возвышенности ведущими факторами являются: инфильтрация атмосферных осадков и выщелачивание пород. Незначительная мощность рыхлых отложений, повышенная трещиноватость, а местами закарстованность пород, высокая степень выщелоченности пород благоприятствуют формированию инфильтрационных вод с низкой минерализацией. В пределах этих геоморфологических элементов минерализация подземных вод в зоне интенсивного водообмена не превышает 0,3—0,6 г/л, подземные воды содержат кислородно-азотные и кислородно-углекислоазотные газы атмосферного происхождения. Для территории развития карбонатных пород характерны гидрокарбонатно-кальциевые воды в верхней зоне, переходящие на глубоких горизонтах в гидрокарбонатно-натриевые. На этой территории легкорастворимые хлоридные и другие соединения в верхней зоне подверглись полному удалению, и в настоящее время происходит медленное выщелачивание малорастворимых карбонатных соединений. В результате формируются гидрокарбонатные воды с низкой минерализацией.

В пределах развития эффузивно-осадочных образований развиты гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные воды, обусловленные сложными процессами выщелачивания морских отложений с сульфидами железа, меди, цинка, свинца и т. д. (месторождения сульфидных руд Салаира). В зоне окисления сульфидных месторождений Салаира формируются сульфатные воды с высоким содержанием в водах тяжелых металлов. На обнаженных и безрудных участках формируются гидрокарбонатные воды с низкой минерализацией. В отдельных депрессиях ввиду слабой промытости эффузивно-осадочных образований встречаются хлоридные воды с повышенной минерализацией (до 1,5 г/л), обязанные выщелачиванию хлоридного солевого комплекса пород.

На территории Бачатского и Краснобродского месторождений сульфатные воды отдельных участков связаны с окислением и выщелачиванием угленосных отложений с вкрапленностью пирита. Подземные воды этих участков характеризуются повышенной металлоносностью.

Таким образом, склон Салаирского кряжа и Турганская возвышенность являются областью распространения подземных вод выщелачивания и представляют собой пояс интенсивного химического выноса, совершающегося в процессе выветривания и выщелачивания горных пород.

Подземные воды континентального засоления характерны для отдельных участков Присалаирской депрессии. В условиях значительной мощности рыхлых отложений, слабого естественного дренажа и сравнительно высокого испарения создается обстановка, мало благоприятная для подземного стока. На таких участках [2] по мере повышения концентрации растворенных в воде солей и постепенного выпадения из раствора менее растворимых солей, сначала карбонатов кальция и магния, затем сульфатов кальция, создается благоприятная обстановка для накопления хлористых солей, которые, как наиболее растворимые, остаются в растворе, повышая свою концентрацию. Подземные воды постепенно превращаются при засолении в хлоридные.

Гидрогеохимический процесс формирования хлоридных вод хорошо иллюстрируется при переходе с Турганской возвышенности в Присалаирскую депрессию, особенно в северной части района. Гидрокарбонатные воды Турганской возвышенности с минерализацией 0,3—0,6 г/л в Присалаирской депрессии сменяются хлоридными с минерализацией до 3,0 г/л. Следует заметить, что обстановка для формирования подземных вод континентального засоления в четвертичный период, по-видимому, сильно менялась. Можно полагать, что наиболее благоприятные условия были в период формирования лёссовидных суглинков, и вполне возможно, что на отдельных участках мы встречаемся с условиями, определившимися в то время.

В Присалаирской депрессии вдоль долин рек наблюдаются дренированные участки с резко отличным составом подземных вод. На этих участках повышается поверхностный и подземный сток, усиливаются процессы инфильтрации и выщелачивания. В результате минерализация подземных вод уменьшается до 0,5—0,9 г/л, состав вод изменяется до гидрокарбонатного или сульфатного.

В формировании химического состава подземных вод на более глубоких горизонтах ведущим фактором является катионный обмен. В процессе физико-химического взаимодействия инфильтрационных вод с горными породами происходит дополнительное растворение солей и катионный обмен с коллоидной частью пород.

Ионы кальция инфильтрационной воды в процессе обменной адсорбции замещаются ионами натрия, поглощаемого породами, а освобожденные ионы натрия переходят в раствор. В результате формируются гидрокарбонатно-натриевые воды второй зоны с минерализацией 1,0—3,0 г/л.

В более глубоких горизонтах формируются хлоридно-натриевые воды, также обусловленные процессами растворения солей и катионным обменом подземных вод с коллоидной частью пород. Наглядным примером изменения состава подземных вод с глубиной, в частности увеличения содержания хлоридов натрия, являются материалы поинтервального опробования скв. 164, расположенной на Чертинском месторождении. Так, в скв. 164 на глубине до 80 м минерализация подземных вод составляла 0,88 г/л, при содержании хлор-иона 48 г/л и иона натрия 178 мг/л, которая в интервале 110—231 м увеличилась до 1,7 г/л, а содержание хлор-иона до 616 мг/л, иона натрия до 680 мг/л. Быстрое повышение минерализации подземных вод с глубиной и увеличение содержания хлора и натрия прослеживается по всем глубоким скважинам.

Отмеченные особенности зональности и формирования подземных вод имеют большое не только научное, но и практическое значение. Вы-

яснение закономерностей питания, формирования солевого состава, движения и разгрузки подземных вод позволяет правильно планировать и решать вопросы водоснабжения промышленных объектов, более полно использовать местные ресурсы подземных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белякова Е. Е. Материалы по гидрогеологии и газоносности северо-восточной части Кузбасса. Материалы по геологии, гидрогеологии и нефтегазонности Западной Сибири. Труды ВСЕГЕИ, 1954.
2. Каменский Г. Н. Вопросы формирования подземных вод. Труды лаборатории гидрогеологических проблем, т. XVI, 1958.
3. Овчинников А. М. Основы учения о процессах формирования подземных вод. Известия высших учебных заведений, 1, 1958.
4. Рогов Г. М. Некоторые вопросы гидрогеохимии подземных вод Беловского района Кузбасса. Вестник Западно-Сибирского и Новосибирского геологического управлений, № 3, 1959.