

УДК 553.7 (470.321)

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ УСЛОВНО МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ БЕЛГОРОДСКОГО ГОРНОРУДНОГО РАЙОНА КМА

В.Л.Бочаров, М.Н.Бугреева, А.Я.Смирнова, О.Н.Плешкова

Воронежский государственный университет

Условно минеральные воды "Жемчужина Белогорья" и "Григориевская" приурочены к бат-келловейскому водоносному комплексу средней юры. Воды характеризуются устойчивым гидрокарбонатным, реже гидрокарбонатно-сульфатным натриево-кальциевым составом с невысокой ($0,3-0,6 \text{ г/дм}^3$) минерализацией и низкой жесткостью. Воды имеют слабокислую реакцию и практически не содержат азотистые соединения. В настоящее время условно минеральные воды "Жемчужина Белогорья" и "Григориевская" нашли широкое применение в качестве экологически чистых питьевых вод.

Бат-келловейский водоносный комплекс среднеюрских отложений ($J_2 \text{ bt-k}$) территории Белгородского железорудного района Курской магнитной аномалии (КМА) приурочен к песчаной толще келловей и сходным в литологическом отношении породам (песок-пльвун напорный) верхнего бата. Водовмещающая толща в основном сложена континентальными породами [1].

На формирование химического состава подземных вод оказывают воздействие литологический состав водовмещающих пород, физико-химические процессы, протекающие в водной среде, природные и техногенные факторы. В качестве источников компонентного состава подземных вод для бат-келловейского водоносного комплекса следует рассматривать состав атмосферных осадков, водовмещающих горных пород, газов, а также влияние вод более глубоких горизонтов земной коры [2].

Вещества атмосферных осадков внутриконтинентальных платформенных регионов, удаленных от морских акваторий, не оказывают существенного влияния на формирование компонентного состава подземных вод бат-келловейского водоносного комплекса, так как юрские отложения погребены на территории КМА под пятисотметровой толщей мезокайнозойских отложений (рис.1, 2). Атмосферные осадки характеризуются минерализацией менее 100 г/дм^3 , что в десятки и более раз ниже минерализации подземных вод с гидрокарбонатным кальциево-натриевым составом.

Горные породы – это главный и повсеместный источник компонентного состава подземных вод всех водоносных комплексов КМА, в том числе и бат-келловейского водоносного комплекса. Горные породы поставляют в подземные воды основное количество катионов и анионов. Однако разные по литологическим свойствам породы неоднозначны по набору и свойствам макро- и мезоионов, которые они поставляют в водную среду. Таким образом, на формирование химического состава подземных вод бат-келловейского определяющее влияние будут иметь литологические особенности водовмещающих толщ верхнего и нижнего структурно-гидрогеологических этажей. Породы, слагающие эти этажи, являются преимущественно терригенно-карбонатными. Из

терригенных песчано-глинистых и карбонатных пород в водную среду поступают такие компоненты, как HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Из терригенных пород в которых преобладают песчаные разновидности, помимо HCO_3^- , в подземные воды поступают SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} . Из терригенных песчано-глинистых пород, где преобладают глинистые составляющие, обогащенные ионно-солевым и обменным комплексами, подземные воды получают HCO_3^- , Cl^- , Na^+ , K^+ , Al^{3+} , отчасти NO_3^- . Из чисто карбонатных пород в подземные воды поступают, главным образом, HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} . Отсюда следует, что высокое содержание в ионно-солевом составе подземных вод бат-келловейского гидрокарбонат-иона ($200-300 \text{ мг/дм}^3$) обязано различным литологическим источникам его поступления в водную среду.

Кислород и углекислый газ принимают активное участие в формировании компонентного состава подземных вод [3]. Кислород имеет два источника происхождения – атмосферный и биогенный. Количество атмосферного кислорода, также как и углекислого газа в подземных водах бат-келловейского комплекса не велико и определяется парциальным давлением этих газов в атмосфере ($3,5-10 \text{ атм.}$). Парциальное давление кислорода и углекислого газа, образующихся в результате восстановительных реакций с участием микроорганизмов, на порядок выше ($10-100 \text{ атм.}$). При участии кислорода в подземных водах формируется сульфат-ион, углекислого газа – гидрокарбонат-ион. Общим условием для формирования этих газов является окислительная обстановка, свойственная зоне активного водообмена. Однако реальное участие каждого из этих газов в формировании компонентного состава подземных вод зависит от литолого-геохимических особенностей водовмещающих горных пород. Кислород необходим при формировании химического состава подземных вод, взаимодействующих с горными породами, содержащими сульфидные минералы. Углекислый газ наиболее активен при взаимодействии подземных вод со всеми литологическими разновидностями терригенных и карбонатных пород, кроме гипсоносных и ангидритовых толщ.

В пределах Белгородского горнорудного района КМА бат-келловейский водоносный комплекс

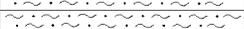
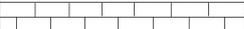
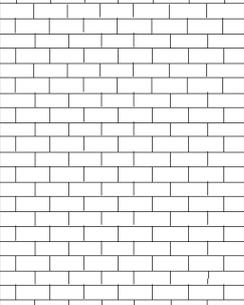
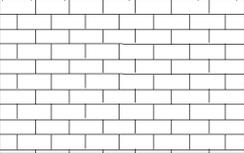
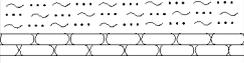
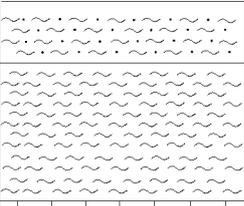
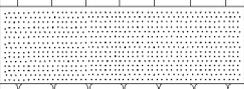
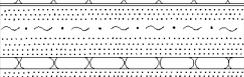
Интервал глубин, м	Геологический индекс	Геологическая колонка	Мощность слоя, м	Глубина подшвы слоя, м	Краткое описание литологических разновидностей пород
40	Pr I-III		10,0	10,0	Почвенный слой и суглинок
	P ₂ nr-pl		4,0	14,0	Песок плотный
	P ₂ ky		17,0	31,0	Глина плотная
	P ₂ kn-bc		9,0	40,0	Песок и глина
80 120 160 200	K ₂ cp-m		154,0	194,0	Мел плотный трещиноватый
240 280 320 360				K ₂ st-cp	
400	K ₂ t-cn		70,0		434,0
440	K ₂ t-s		38,0	472,0	Песок-пльвун, напорный, и фосфоритовая плита (3,0 м)
480	K ₁ nc-a		21,0	493,0	Глина песчаная
520	J ₃ v		18,0	511,0	Песок глинистый
			10,0	521,0	Песчаник
560	J ₃ ox-km		35,0	556,0	Глина песчаная
600				627,0	
640	J ₂ bt-k		42,0	669,0	Песок-пльвун напорный и песчаник (1,5 м)
680	J ₂ bt		21,0	690,0	Тонкое переслаивание песка и глин

Рис.1. Геологический разрез по скважине “Жемчужина Белогорья”. Масштаб 1:40.

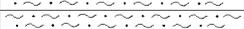
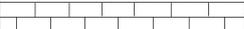
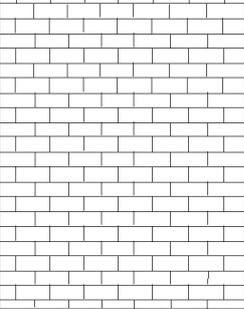
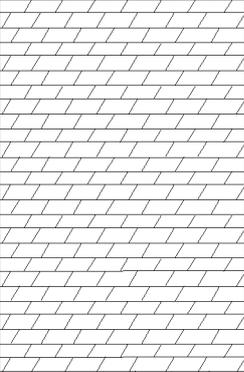
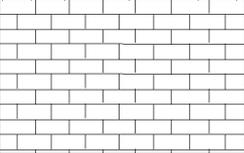
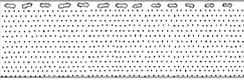
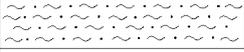
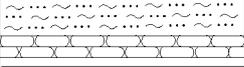
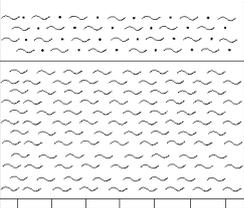
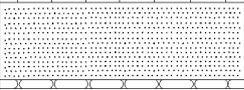
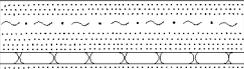
Интервал глубин, м	Геологический индекс	Геологическая колонка	Мощность слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Краткое описание литологических разновидностей пород
40	P ₁ I-III		10,0	10,0	Почвенный слой и суглинок
	P ₂ nr-pl		4,0	14,0	Песок плотный
	P ₂ ky		17,0	31,0	Глина плотная
	P ₂ kn-bc		9,0	40,0	Песок и глина
80	K ₂ cp-m		154,0	194,0	Мел плотный трещиноватый
120					
160					
200	K ₂ st-cp		170,0	364,0	Мергель плотный
240					
280					
320					
360	K ₂ t-cn		70,0	434,0	Мел плотный
400					
440	K ₂ t-s		38,0	472,0	Песок-пльвун, напорный, и фосфоритовая плита (3,0 м)
480	K ₁ nc-a		21,0	493,0	Глина песчаная
520	J ₃ v		18,0	511,0	Песок глинистый
			10,0	521,0	Песчаник
560	J ₃ ox-km		71,0	627,0	Глина аргиллитоподобная, плотная, известняк (1,0 м)
600					
640	J ₂ bt-k		42,0	669,0	Песок-пльвун напорный и песчаник (1,5 м)
680	J ₂ bt		21,0	690,0	Тонкое переслаивание песка

Рис. 2. Геологический разрез по скважине "Григорьевская". Масштаб 1:40.

**Химический состав экологически чистых условно минеральных подземных вод
Белгородского района КМА**

Компоненты	Условно минеральные воды			СанПин 2.1.4. 559-96	ВОЗ, 1994
	Жемчужина Белогорья	Григорьевская серебряная	Майский хрусталь		
Кальций	20,0	20,4	8,0		
Магний	4,9	7,6	2,4		
Натрий + калий	125,8	55,9	225,2	200	200
Алюминий	0,7	0,6	Не опр.		1,5
Железо (суммарное)	0,2	0,25	0,18	0,3	0,3
Гидрокарбонаты	268,4	207,4	549,0		
Сульфаты	80,0	19,2	26,0	500	250
Хлориды	28,4	6,5	8,5	350	250
Нитриты	0,01	0,01	0,1	3	3
Нитраты	1,02	1,0	12,0	45	50
Жёсткость	1,4	1,5	0,7	7	
Кислотность (рН)	6,7	6,5	6,8	6 – 9	
Минерализация	0,53	0,32	0,84	1,0	1,0

Примечания: 1 - содержания макрокомпонентов приведены в мг/дм³; значение жёсткости – в ммоль/дм³; минерализации – в г/дм³; 2 - химические анализы условно минеральных вод выполнены М.Н.Бугреевой в гидрогеохимической лаборатории кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Воронежского государственного университета.

характеризуется развитием экологически чистых подземных вод с минерализацией 0,3-0,8 г/дм³ (таблица). По существующим классификациям эти воды можно отнести к условно минеральным из-за благоприятного бальнеологического сочетания макроионов и крайне низкого содержания миграционно активных соединений азота и тяжелых металлов [4,5]. Воды очень мягкие и имеют слабо кислую реакцию (рН 6,5-6,7). Минерализация воды обусловлена в основном присутствием гидрокарбонат-иона; его количество достигает 65-75 % всего солевого состава. Значительная роль принадлежит также кальцию. В сумме катионов его доля составляет 65-85 %. Преобладание вод гидрокарбонатного кальциевого состава с минерализацией 0,3-0,8 г/дм³ и жесткостью 1,4-1,6 ммоль/дм³ характерно для всего водоносного комплекса бат-келловей Белгородского горнорудного района КМА. Источником гидрокарбонат- и кальций-ионов являются главным образом песчаные и реже алюмосиликатные породы средней юры. Содержание гидрокарбонат-иона меняется в пределах 230-460 мг/дм³, кальций-иона – 20-30 мг/дм³. Некоторое возрастание концентрации ионов хлора и натрия отмечается на участках, где вблизи расположены погребенные долины, врезанные в девонские и каменноугольные отложения, или, где в результате подъема кровли кристаллического фундамента возможна взаимосвязь бат-келловейского водоносного комплекса с подземными водами докембрия. В этом случае содержание хлора колеблется в интервале 70-230 мг/дм³, а концентрации натрия и калия возрастают до 65-205 мг/дм³. В целом же по химическому составу подземные воды бат-келловей являются гидрокарбонатными кальциевыми и, реже, гидрокарбонатными натриевыми. Вместе с тем наблюдаются и некоторые региональные отличия в составе подземных вод. Так, в районе Чернянского железорудного месторождения сква-

жинами вскрыты гидрокарбонатно-сульфатные натриевые воды бат-келловейского возраста. Содержание сульфатов в воде связано с разложением пирита, скопления которого отмечаются в песчано-глинистых отложениях средней юры, перекрывающих железорудную толщу.

Следует отметить, что химический состав подземных вод бат-келловейского комплекса не остается постоянным во временном аспекте. На Яковлевском железорудном месторождении одна из скважин вскрыла воду гидрокарбонатно-сульфатную натриево-кальциевую с минерализацией 0,4 г/дм³. Проба, отобранная из этой же скважины несколько лет спустя, показала наличие гидрокарбонатно-хлоридной натриевой воды с минерализацией 0,3 г/дм³. Подобные изменения химического состава в процессе эксплуатации месторождения отмечены и по другим скважинам. По-видимому, изменение химического состава и минерализации подчиняется закономерностям трансформации тональности подземных вод и степени их водообильности. Понижение минерализации и накопление хлоридов, кстати, является обычным явлением для всего горнорудного района и отмечалось исследователями ранее [1]. По мере погружения бат-келловейского водоносного комплекса на глубины 650-700 м от поверхности происходит возрастание минерализации до 0,5-0,8 г/дм³ и некоторое накопление хлор-иона и щелочных металлов.

Промышленное освоение экологически чистых условно минеральных вод бат-келловейского водоносного комплекса в Белгородском горнорудном районе КМА начато в конце 90-х годов прошедшего столетия. Были пробурены три скважины на напорные артезианские воды в районе г.Белгорода. Поставляемым водам были присвоены названия: Жемчужина Белогорья, Григорьевская серебряная, Майский хрусталь. Все они отнесены

арендатором перечисленных выше источников ОАО "Белгородский горпищекомбинат" к водам минеральным питьевым столовым газированным. Однако из приведённого химического состава (см. таблицу) вполне очевидно, что эти воды нельзя считать минеральными как по уровню минерализации, так и по соотношению макроионов. Вполне уместно их отнести к категории условно минеральных экологически чистых вод, что несколько не снижает их ценности.

Скважина, вскрывшая условно минеральные воды "Жемчужина Белогорья", расположена на территории производственной базы ОАО "Белгород-геология" в г.Белгороде. Она имеет глубину 700 м. Продуктивный горизонт вскрыт на глубине 630 м и представлен песком-плавуном напорным, в основании – трещиноватым песчаником (J_2 bt-k). Ниже залегает толща пород, представленная тонким переслаиванием среднезернистых песков с песчаной глиной (J_2 bt), где и находится забой скважины. Выше продуктивного горизонта геологический разрез представлен меловыми и палеогеновыми отложениями (см. рис.1). Следует отметить, что альбсеноманские пески также водообильны, но этот водоносный горизонт изолирован от бат-келловейского комплекса.

Вода "Тригориевская серебряная" вскрыта скважиной, расположенной на территории Белгородской буровой партии в пос. Дальняя Игуменка в 15 км к северо-востоку от г.Белгорода. Она имеет глубину 670 м. Геологический разрез скважины аналогичен таковому для источника "Жемчужина Белогорья". Разница заключается лишь в том, что скважина, расположенная на территории Белгородской буровой партии, не вскрыла батские отложения средней юры, а остановлена в песчаной толще бат-келловейского водоносного комплекса. Продуктивный горизонт вскрыт на глубине 615 м и представлен переслаиванием песка-пльвуна с трещиноватым песчаником (см. рис.2). Как и в первом случае, вышележащие породы представлены палеогеновыми песками с горизонтами глин и меловыми отложениями (мел, мергель, обводнённые среднезернистые пески).

Скважина № 599, вскрывшая подземные воды "Майский хрусталь", расположена в пос. Политотдельский Белгородской области. Газирование и розлив воды осуществляется на учебно-производственном предприятии Белгородской государственной сельскохозяйственной академии, расположенном в пос. Майский в 12 км к юго-западу от г.Белгорода. Скважина представлена сходным геологическим разрезом описанным выше скважинам и имеет глубину 720 м. Используются воды бат-келловейского комплекса, представленного среднезернистым песком-пльвуном с линзами трещиноватого песчаника и песчаных известковистых глин. Вскрытая мощность водоносного комплекса 68 м.

Экологически чистые условно минеральные воды известны в различных регионах Черноземья. Так, в районе г.Воронежа эти воды связаны с песча-

но-алевритистой и известняковой толщами щигровской свиты верхнего девона [6]. Они вскрыты в интервале глубин от 115 до 146 м и по химическому составу классифицируются как пресные, так как их минерализация изменяется в пределах 0,6 – 0,8 г/дм³, иногда поднимаясь до 1,1 г/дм³.

Как уже отмечалось, условно минеральные воды Белгородского горнорудного района КМА являются слабокислыми, и по показателю рН отличаются устойчивостью (см. таблицу). Соотношение калия и натрия меняется в незначительных пределах (0,25 – 0,35). Наибольшее количество щелочей характерно для воды "Майский хрусталь", что можно объяснить наличием полевошпатовой фракции в водовмещающих песках. Обращает на себя внимание очень низкое содержание магния во всех минеральных источниках, что, кстати отметить, характерно и для девонских условно минеральных вод района г.Воронежа [4]. В источнике "Майский хрусталь" установлено довольно высокое содержание гидрокарбонат-иона вследствие присутствия в водовмещающей толще примесей карбонатного материала. Здесь же установлено и присутствие карбонат-иона (до 11 мг/дм³), что в целом не характерно для других известных минеральных источников горнорудного района КМА. По величине генетического коэффициента А.П.Виноградова ($r_{Na/rCl}$), варьирующего в интервале 4 – 26,5, условно минеральные воды можно отнести к метаморфизованным в условиях ослабленного и, реже, почти полного отсутствия инфильтрационного питания.

Сопоставление условно минеральных вод Белгородского горнорудного района КМА с водами известных минеральных источников гидрокарбонатного класса (например, "Ессентуки-17"), свидетельствует о том, что прослеживается определённая аналогия между этими водами по величине минерализации, концентрации гидрокарбонат- и хлорид-ионов. Несмотря на то, что условно минеральные воды Белгородского горнорудного района КМА пресные, по соотношению главных макрокомпонентов их можно отнести к лечебно-столовым. Эти воды могут использоваться в больших дозах, проявляя при этом благоприятный бальнеологический эффект.

В последнее время пробурен ряд глубоких скважин на территории Белгородского горнорудного района КМА, вскрывших бат-келловейский водоносный комплекс (пос. Красная Яруга, ст.Томаровка соответственно Ракитнянского и Яковлевского районов Белгородской области). По предварительным данным воды, вскрытые этими скважинами, близки по составу к экологически чистым условно минеральным водам типа "Жемчужина Белогорья". Широкое использование бат-келловейского водоносного горизонта может в ближайшее время решить проблему обеспечения населения Белгородской области высококачественной питьевой лечебно-столовой водой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнова А.Я., Бочаров В.Л., Лазаренко В.Н., Селезнёв В.Н. Проблемы рационального недропользования и охраны геологической среды в регионе КМА // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. – 1998. - №5. - С.156-162.
2. Посохов Е.В. Общая гидрогеохимия. - Л., 1975. - 208 с.
3. Кириухин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л. Гидрогеохимия. - М., 1993. - 384 с.
4. Смирнова А.Я., Бочаров В.Л., Лукьянов В.Л. Минеральные воды Воронежской области (лечебные и лечебно-толовые). - Воронеж, 1995. - 182 с.
5. Смирнова А.Я., Бочаров В.Л. Минеральные воды России. - Воронеж, 1996. - 130 с.
6. Смирнова А.Я., Бочаров В.Л. Слабоминерализованные лечебно-столовые экологически чистые воды района г.Воронежа // Экологический вестник Черноземья. - Вып.6. - Воронеж, 1998. - С.82-91.

УДК 624.131.31

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ СИТОВСКОГО УЧАСТКА СОКОЛЬСКО-СИТОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ)

И.И.Косинова, В.В.Ильяш, Н.И.Самбулов, А.А.Сахарова, Н.В.Крутских

Воронежский государственный университет

В статье приведен анализ природно-технической системы Ситовского участка Сокольско-Ситовского месторождения известняков. Выделено два ряда функционального использования, различающиеся направлением хозяйственной деятельности. Рассмотрены инженерно-геологические и гидрогеологические особенности исследуемого участка. Выявлено 4 инженерно-геологических комплекса пород, залегающих выше известняков.

Ситовский участок флюсовых известняков Сокольско-Ситовского месторождения находится в Липецком районе на правом берегу реки Воронеж в 2,5 км к северо-востоку от основной застройки города. Его разработка начата в 1983 г. Студеновским рудоуправлением (ныне СТАГДОК). В 2000-2002 годах Воронежским государственным университетом были проведены эколого-геологические исследования этой территории [1].

Территория Ситовского участка Сокольско-Ситовского месторождения известняков в геолого-тектоническом отношении приурочена к Воронежско-Елецкому антиклинорию и характеризуется двухъярусным строением. Нижний ярус представлен сложнослоистыми и метаморфизованными породами кристаллического фундамента. Поверхность фундамента ступенчато погружается в северо-восточном направлении с уклоном от 2–3 до 4–6 м/км. Глубина залегания докембрийских пород в районе г. Липецка фиксируется на отметке 54.0 м. Верхний ярус отделен от нижнего резким угловым и стратиграфическим несогласием. Он представлен комплексом осадочных отложений палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Породы верхнего яруса аналогично нижнему погружаются на северо-восток.

Разрабатываемые известняки относятся к фанменскому ярусу верхнего девона. Природно-техногенная система (ПТС) ОАО СТАГДОК представляет собой совокупность природных и техногенно измененных элементов природной среды. Структура техногенной нагрузки определяет сте-

пень их трансформации и функциональное зонирование территории [2].

В качестве наиболее общей таксономической единицы на исследуемой территории возможно выделение двух рядов функционального использования, различающихся направлением хозяйственной деятельности.

К первому ряду относятся территории с нейтральными отношениями между обществом и природой. Это площади экстенсивного ведения хозяйства в силу низких природных ресурсов, экономической нецелесообразности освоения, а так же территории, непригодные для использования в силу пораженности неблагоприятными современными геологическими процессами, либо с неблагоприятными гидрогеологическими условиями. Такой территорией является балка Дубравин Лог, простирающейся с востока на запад у южной границы объекта. Пойма ее частично затапливается, частично покрыта влаголюбивой древесной растительностью (ива, верба) и в хозяйственной деятельности не используется.

Вся остальная площадь может быть отнесена ко второму ряду, где происходит взаимодействие человека и природы: - территории активной хозяйственной деятельности, прямого долгосрочного использования или изъятия и переработки природных ресурсов, а так же создания мест проживания, систем жизнеобеспечения, транспорта, связи и т.д. Здесь природные циклы частично или существенно трансформированы, причем можно выделить два уровня техногенных изменений: поверхностных и