УДК 551.435

А.И.КОРОТКОВ, А.А.ТИМЧЕНКО
Санкт-Петербургский государственный горный институт(технический университет)

ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОД РУДНО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА В БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

Исследуется проблема бальнеологического использования вод рудно-кристаллического водоносного горизонта Яковлевского месторождения. Рассмотрены несколько примеров использования этих вод как лечебных минеральных. Характеризуется специфика гидрогеологических условий Яковлевского месторождения. Показана специфика минеральных вод, связанная с повышенными концентрациями фтора, бора и брома, которые могут представлять бальнеологический интерес. Подчеркивается, что при бальнеологическом освоении вод рудно-кристаллического горизонта необходим отдельный каптаж водопроявлений и строительство специальных водоводов, подающих минерализованную воду.

The balneological using of Jakovlevsky mine waters is investigated. A few examples of using mine waters as medical mineral waters are given. Specificity of hydrogeological conditions of the deposit is characterized. The high concentration of fluorine, boron and bromine in mine waters which can represent medical interest is shown. The necessity of special conduit construction for mineral water extraction is shown.

При строительстве рудников известны случаи, когда в горных выработках или при законтурном дренаже вскрываются воды, представляющие бальнеологический интерес. В зависимости от гидрогеологических условий это может быть самая разнообразная по своему химическому составу минеральная вода – от пресной, содержащей ценные компоненты (например, радиоактивные), до рассолов, которые могут применяться для лечебных ванн. В России бальнеологически ценные воды могут быть встречены на глубоких рудниках Курской магнитной аномалии, некоторых шахтах и карьерах Восточного Донбасса, горных выработках алмазных месторождений Якутии и Архангельской области. Приведем несколько примеров опыта использования вскрываемых рудниками минеральных вод.

Радиоактивные термальные источники в г. Яхимов в Чехии [3, 9] были открыты при разработке радиоактивных руд кристаллического комплекса Рудных гор. Добыча руд в окрестностях г. Яхимов началась в XVI в., когда здесь были открыты богатые залежи серебряной руды. После выработки месторождений серебра добывалась урановая смоляная руда для производства популярных тогда урановых красок. В отработанной породе в 1898 г. супруги Кюри обнаружили совершенно новые элементы – радий и полоний. При добыче руд производились систематические откачки рудничных вод, повышенная радиоактивность которых была установлена в 1905 г. После предварительных научных испытаний лечебного воздействия этой воды на организм человека, продолжавшихся несколько лет, был сдан в эксплуатацию напорный водопровод, при помощи которого осуществлялась подача радиоактивной воды от забоя выработки в помещения существовавшего здесь с начала XX в. курорта.

Выходы минеральных вод расположены на 12-м горизонте шахты Сворность и связаны с серией допалеозойских слюдяных сланцев, прорванных гранитами. Рас-

смотрим гидрогеологическую ситуацию на примере эксплуатируемых в настоящее время радиоактивных источников Яхимова. Источники возникли при производстве горных работ в забое шахтного ствола Сворность на глубине 530 м на пересечении двух жил, образовавшихся в раннепермское время, содержащих урановые и свинцово-серебряные руды. Рудные жилы секут гнейсы и кристаллические сланцы докембрийского возраста. Радиоактивность яхимовских источников колеблется в пределах 4440-8880 Бк/л, т.е. воду можно отнести к средне- и высокорадоновым минеральным водам [5]. Средняя температура яхимовских минеральных вод 28-32 °С. По химическому составу воды гидрокарбонатные натриевые с общей минерализацией 600-1000 мг/л. Характер яхимовских терм по минеральному составу и температуре (табл.1) указывает на их инфильтрационное происхождение.

Таблица 1

Химический состав минеральных вод источников «Кюри» и «Академик Бегоунек» [9]

Источник	Катионы, %-экв				Анионы, %-экв			*T*, °С	*M*, мг/л
	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-		
«Академик Бегоунек»	76	3	6	15	4	4	92	29,8	705
«Кюри»	77	3	3	16	4	3	93	28,8	614

Кроме высокого содержания радона, в состав вод входят такие микрокомпоненты как молибден, титан, бериллий, олово, кобальт, никель и мышьяк, усиливающие бальнеологическое действие минеральной воды. Вода подается шесть раз в неделю от забоя шахтного ствола по специальным трубам в лечебные корпуса, которые оборудованы так, чтобы обезопасить пациента от влияния побочных элементов распада радона.

Другим примером комплексного использования природных ресурсов является использование трускавецких минеральных вод, откачиваемых из шахт, где добывался озокерит.

Наибольшей известностью на Трускавецком месторождении минеральных вод пользуется источник «Нафтуся», целебные свойства которого были уже известны в средние века. Это пресная вода с минерализацией около 0,7 г/л и содержанием сложного набора органических веществ в количестве около 25 мг/л, придающего ей характерный запах. Водовмещающие породы – четвертичные супеси, в инфильтрационные воды которых с глубины поступают продукты естественной переработки нефтяных битумов. Дебит источника «Нафтуся» очень мал, зависит от гидрометеорологического режима и составляет в среднем 0,1 л/с; воды едва хватает для лечебного питья.

Были естественны и поиски минеральных вод с бóльшими ресурсами, которые можно было бы использовать для лечебных ванн, поэтому возник интерес к старым горным выработкам, из которых добывался озокерит. Месторождения озокерита – одна из специфических геологических особенностей Предкарпатья, где нефть часто залегает на небольших глубинах (иногда в пределах десятка метров и даже добывается колодцами); продукты ее возгонки образуют густую лечебную смолу (озокерит) и способствуют появлению лечебных свойств у подземных вод.

Другая особенность района – засоленность разреза пород миоцена и олигоцена (гипс, каменная соль), в результате которой уже на глубине в первые десятки метров появляются соленые воды, а затем и рассолы. На старых озокеритовых и оловянно-свинцовых шахтах были построены водозаборы для извлечения минеральных вод. Это не только увеличило ресурсы лечебных вод, но и обогатило курорт новыми гидрогеохимическими типами минеральной воды – от соленых до рассолов (табл.2). Шахтные воды Трускавецкого месторождения используются еще и для получения лечебной соли «Барбара», которая может применяться при лечении заболеваний желудка, кишечника, в дерматологии.

Таблица 2

Химический состав воды источников Трускавецкого месторождения

Состав воды	«Нафтуся»	«Фердинанд»	«Эдвард»	«Эммануил»	«Анна»	«Катерина»	«Барбара»
			Катионы, %-экв				
$Na^+ + K^+$	4	79	28	57	30	84	96
Mg^{2+}	42	20	23	7	14	16	–
Ca^{2+}	54	–	49	36	56	–	–
			Анионы, %-экв				
Cl^-	6	68	25	57	39	81	81
SO_4^{2-}	11	32	56	37	50	19	19
HCO_3^-	83	–	15	6	11	–	–
М, г/л	0,7	206	4,0	3,8	3,8	254	360
Т, °С	5-11	6,8-9,0	6,7-9,0	7,7-10,0	8,9-9,8	8,4-10,2	7,3-9,8
pH	7-7,2	6,3-7,9	6,6-7,3	6,7-7,2	–	6,8-7,3	6,3-7,4

Третий пример связан с бальнеологическим использованием вскрытых рудником минеральных вод массива ультраосновных пород Сопча на Кольском п-ве (глубина опробования 309 м). Для подземных вод массива характерна высокая щелочность, высокие содержания йода – до 73 мг/л, не встречающиеся в пределах прилегающих артезианский бассейнов. Химический состав минеральных вод массива Сопча показан ниже:

Место бурения	Сопча, скв.9-5	Сопча, скв.2а-1	Сопча
М, г/л	52,2	11,7	11,3
pH	–	8,9	9,8
Cl^-, %-экв	99	91	90
SO_4^{2-}, %-экв	–	–	1
HCO_3^-, %-экв	–	5	5
CO_3^{2-}, %-экв	–	4	5
$Na^+ + K^+$, %-экв	84	98	99
Ca^{2+}, %-экв	4	–	–
Mg^{2+}, %-экв	12	–	1
Br^-, мг/л	288,0	27,4	19,3
I^-, мг/л	73,0	24,1	20,1

В водах массива ультраосновных пород Сопча, связанных с глубинным меридиональным разломом, наблюдается почти полное отсутствие щелочных металлов. Интересен газовый состав вод, характеризующийся высоким содержанием углеводородов, гелия и водорода. Гидрохимический облик вод, характерный для ряда угленосных и нефтегазоносных районов, свидетельствует о влиянии на их формирование органических веществ. Можно предположить связь этих вод и газов с глубоко залегающими дорифейскими углеродсодержащими осадочно-метаморфическими толщами. Соленые воды и рассолы этого массива по своему химическому составу уникальны для Русской платформы.

Естественен был интерес к этим водам как минеральным, но для их каптажа надо было сохранять выработки в отработанном рудном массиве, который необходимо затапливать. Для извлечения минеральной воды на юго-западной оконечности массива была пробурена скважина с поверхности, вода которой используется как лечебная минеральная.

Поскольку опыт использования вскрываемых горными выработками минеральных вод невелик, мы подробно рассмотрели три очень разных и по гидрогеологическим условиям и по технологии использования минеральной воды примера, свидетельствующих о широких возможностях бальнеологического использования минеральных вод, вскрываемых горными выработками. Накопленный опыт может быть полезен при решении вопросов утилизации шахтных вод и на других месторождениях, в частности, использования в бальнеологических целях соленых вод, откачиваемых на Яковлевском месторождении богатых железных руд.

При разработке железорудных месторождений КМА вопросы утилизации рудничных вод [2] приобрели большую остроту после введения водопонижения на Лебединском, Южно-Лебединском и Стойленском карьерах, причем наряду с комплексным анализом и прогнозами изменения гидродинамической и экологической обстановки прорабатывалась, а потом и реализовалась возможность использования откачиваемых дренажных вод при организации хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения на рудниках, в поселках и на промышленных предприятиях [7]. По мере опускания горных выработок на бóльшие глубины, потребовавшего перехода на подземную разработку месторождений, первым из которых стало Яковлевское, в горных выработках появились водопроявления подземных вод с повышенной минерализацией, сброс которых приводит к возникновению дополнительных трудностей, связанных с засолонением по-

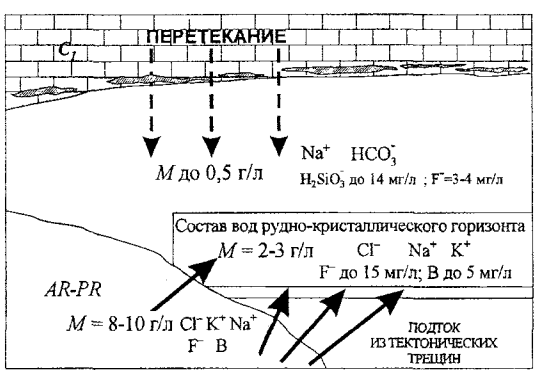


Схема формирования химического состава откачиваемых вод

верхностных водотоков и водоемов. Иначе могут рассматриваться и вопросы возможного использования рудничных вод.

Яковлевское месторождение богатых железных руд расположено на западном склоне Воронежского поднятия кристаллического фундамента, на восточной окраине Днепровского артезианского бассейна. Породы кристаллического фундамента представлены гранитоидами архейского возраста и метаморфическими породами нижнего протерозоя, подразделяющимися на песчано-сланцевую свиту, свиту железистых кварцитов (джеспилитов) и сланцевую свиту. С зоной выветривания железистых кварцитов связаны богатые железные руды, образующие в полосе шириной 200-210 м залежь мощностью до 300 м, вскрываемую на глубине 460-630 м [1, т. I]. Осадочный чехол мощностью 440-580 м представлен породами карбона, юры, мела и палеогена. Рудное тело перекрыто каменноугольной глинисто-карбонатной толщей, мощность которой зависит от рельефа кристаллического фундамента и составляет 20-80 м. Выше залегают терригенные отложения юры и мела, сменяющиеся карбонатной мергельно-меловой толщей верхнего мела. Водоразделы покрыты терригенными отложениями палеогена.

Территория месторождения находится на стыке водосборных бассейнов Днепра и Дона и занимала приподнятое положение на протяжении последних нескольких десятков миллионов лет, что способствовало и способствует нисходящему движению подземных вод. Литологический состав пород и длительное приподнятое положение территории оказали влияние на формирование характерной для Яковлевского месторождения вертикальной гидрогеохимической зональности с относительно глубоким по сравнению со смежными артезианскими бассейнами положением границы пресных и соленых вод.

Перейдем к рассмотрению формирования химического состава подземных вод в породах рудоносной толщи (см. рисунок). При разведочных работах и по мере разработки месторождения в рудных отложени-

ях были обнаружены гидрокарбонатно-хлоридные натриевые воды с минерализацией 1-1,3 г/л, а горными выработками в гранитоидах кристаллического фундамента были вскрыты связанные с тектоническими нарушениями отдельные водопроявления хлоридных натриевых вод с минерализаций до 10-12 г/л. Химический состав подземных вод в горных выработках Яковлевского месторождения:

Na^+	1724,0[1] / 43,7	1587,0[2] / 45,4	1583,0[3] / 83,1	609,0[4] / 86,4	271,0[5] / 85,4	422,0[6] / 87,3
K^+	2518,0 / 37,6	2004,0 / 33,7		82,5 / 6,9	70,0 / 13,0	64,9 / 7,9
Mg^{2+}	79,0 / 3,8	69,9 / 3,8	24,0 / 2,4	13,4 / 3,6	0,61 / 0,4	7,29 / 2,9
Ca^{2+}	511,0 / 14,9	521,0 / 17,1	235,0 / 14,5	18,0 / 2,9	3,01 / 1,1	8,02 / 1,9
NH_4^+	0,14 / –	0,09 / –	–	0,84 / 0,2	0,32 / 0,1	0,14 / –
$Fe_{общ}$	2,0	2,0	–	14,4	4,0	0,42
Cl^-	5989,0 / 98,4	5296,0 / 98,1	2740,0 / 94,7	931,0 / 84,0	242,0 / 47,3	525,0 / 68,3
Br^-	14,4 / 0,1	13,3 / 0,1	–	2,67 / 0,1	0,53 / –	Нет
F^-	3,85 / 0,1	4,12 / 0,1	9,6 / 1,1	11,7 / 1,9	12,5 / 4,5	12,6 / 2,9
HCO_3^-	149,0 / 1,4	161,0 / 1,7	195,0 / 3,9	237,0 / 12,4	317,0 / 36,1	332,0 / 25,1
CO_3^{2-}	Нет	Нет	Нет	Нет	40,8 / 9,4	24,0 / 3,7
SO_4^{2-}	2,06 / –	1,23 / –	12,3 / 0,3	24,7 / 1,6	18,5 / 2,7	0,41 / –
B	2,23	2,94	–	2,75	1,91	2,34
pH	7,3	7,5	7,3	7,8	9,0	8,8
Перм. окисл., мгO_2/л	7,12	6,96	–	3,28	1,84	2,16
ХПК, мгO_2/л	26,2	26,2	–	26,2	8,72	8,72
БПК, мгO_2/л	9,36	10,4	–	1,6	2,74	8,74
Сухой остаток, г/л	10,1	9,1	4,7	1,8	0,77	1,2
Тип воды по В.А.Сулину	Cl-Ca	Cl-Ca	Cl-Ca	HCO_3-Na	HCO_3-Na	HCO_3-Na
Cl/Br	416	397	–	349	453	–

Примечание: 1 – тектоническая трещина, заезд к водосборнику; 2 – грузовой квершлаг из почвы; 3 – орт 1, скв. 62; 4 – орт 2, скв. 497; 5 – транспортный орт, скв. 564^p; 6 – ШЛБ-2, скв 632^p (анализы 1, 2 и 4-6 проб, отобранных в декабре 2004 г., выполнены в химической лаборатории научно-технического центра НОВОТЭК; анализ 3 – проба, отобранная в июне 2000 г., лаборатория Госсанэпиднадзора); в числителе – мг/л, в знаменателе – %-экв.

Дренаж рудной залежи привел к увеличению градиентов напоров подземных вод и усилению процессов перетекания воды в рудную толщу как из нижнекаменноугольных отложений, так и из более глубоких частей фундамента. На разрабатываемом участке месторождения воды повышенной минерализации связаны с зонами трещиноватости и тектоническими нарушениями, пересекающими кристаллический фунда-

мент. Кроме того, в водоносный горизонт рудной толщи может поступать дополнительное количество воды из нижнекаменноугольного водоносного горизонта, приводящее к опреснению подземных вод. Неравномерность развития трещин в нарушенной зоне кристаллического фундамента и подток по тектоническим нарушениям подземных вод с разных глубин обуславливают сложную гидродинамику вскрываемых выработками водопроявлений, изменения соотношения расходов поступающей воды, а отсюда и изменения в химическом составе подземных вод на близких расстояниях (до первых сотен метров).

Химический состав рудно-кристаллического водоносного горизонта сформировался в результате взаимодействия двух главных составляющих: седиментогенных (т.е. древних морских) соленых вод краевой части артезианского бассейна и инфильтрации атмосферных осадков. На морской генезис хлоридных солей в водах рудно-кристаллического водоносного горизонта указывает в частности значение отношения Cl/Br (хлор-бромный коэффициент), достаточно близкое к характерному для морской воды (около 300). При этом в водах с минерализацией выше 4 г/л относительно более высокое содержание кальция связано с геологической историей формирования химического состава подземных вод артезианского бассейна (метаморфизацией химического состава исходной морской воды в прямом направлении по М.Г. Валяшко). Химический состав подземных вод меньшей минерализации является результатом современных процессов взаимодействия с горными породами. В отсутствии гипсоносных пород при смешении древних морских вод с поступающими сверху инфильтрационными водами, испытывающими влияние процессов катионного обмена, создаются благоприятные условия для формирования слабощелочных гидрокарбонатно-хлоридных вод.

Среди соленых вод рудной толщи прослеживаются два гидрохимических типа: хлор-кальциевые (по В.А. Сулину) воды с минерализацией 4-12 г/л, чаще приуроченные к гранитоидам, близкие по соотношению главных компонентов к седиментогенным водам глубокой части артезианского бассейна, но разбавленные на флангах инфильтрационными водами. Гидрохимические особенности этих вод – почти полное отсутствие сульфатных солей, относительно высокое содержание кальция, повышенное содержание калия, близкое к нейтральному значение pH (анализы 1-3). Второй гидрохимический тип (анализы 4-6), распространенный в рудной толще – гидрокарбонатно-натриевые (по В.А. Сулину) воды с минерализацией 1-4 г/л, низкими содержаниями кальция (часто менее 10 мг/л), слабощелочной реакцией (pH = 7,8-9). Эти воды испытывают большее влияние нисходящей фильтрации из верхних горизонтов. Встречаются и промежуточные гидрохимические типы.

К гидрогеохимическим особенностям подземных вод, вскрываемых горными выработками, относятся повышенные концентрации фтора. Концентрация фтора в подземных водах лимитируется низкой растворимостью фторида кальция (флюорита). Поэтому повышенные концентрации фтора обычно наблюдаются в щелочных натриевых водах. Естественно, что в рудничных водах Яковлевского месторождения максимальные концентрации фтора более характерны для второго гидрохимического типа, где они могут достигать 10-15 мг/л. В формировании химического состава рудничных вод этого типа значительная роль принадлежит перетеканию подземных вод из водоносного горизонта карбонатных отложений нижнего карбона, в которых и встречаются повышенные концентрации фторидов. Воды первого гидрохимического типа (хлор-кальциевого по В.А. Сулину) содержат меньшие концентрации фтора (до 2-3 мг/л).

Другими важными компонентами рудничных вод являются бор и бром. Преобладающая форма нахождения бора в этих водах – ортоборная кислота H_3BO_3 [6], брома – ион Br^-. Концентрации бора в водах рудного горизонта достигают 2-3 мг/л, но и для нижнекаменноугольного водоносного ком-

плекса известны концентрации бора до 1,9 мг/л. Концентрации брома находятся в прямой зависимости от хлора и достигают 13-14 мг/л. Содержания этих компонентов представляет определенный бальнеологический интерес.

Понятно, что сброс откачиваемых рудничных вод с содержаниями хлоридов, фторидов, бора и брома, превышающими предельно допустимые, представляет экологическую опасность. В рамках исследований, проводимых СПГГИ, разрабатывается комплекс мероприятий по очистке сбрасываемых вод от фторидов и боратов и охране природных вод бассейна верхнего течения р. Ворсклы. Одновременно ставится вопрос о возможности использования рудничных вод как лечебных минеральных.

Воды рудной толщи и прилегающей к разрабатываемым участкам площади развития архейских гранитоидов соленые, с температурой 26-27 °С, преобладающей минерализацией от 1 до 10 г/л. При таких величинах минерализации возможно использование минеральной воды как для лечебных ванн (бассейна), так и в качестве лечебно-питьевых. Заметим, что в отдельных случаях для лечебно-питьевых целей используют воду и с большей минерализацией. По соотношению главных компонентов эти воды чаще всего относятся к хлоридным натриевым, а по характерным солям (классификация В.А. Сулина) к хлор-кальциевому и гидрокарбонатно-натриевому типам. Отличительной их особенностью является очень низкое содержание сульфатов.

Несмотря на то, что в вышележащих карбонатно-глинистых нижнекаменноугольных отложениях встречаются скопления пирита, продуцирующего при окислении повышенные содержания сульфатных солей, можно констатировать, что в обогащенных органическим веществом нижнекаменноугольных отложениях нижнего карбона протекают процессы восстановления сульфатов, приводящие к уменьшению концентраций сульфат-иона в подземных водах. Эти процессы сопровождаются продуцированием небольших концентраций сероводорода и сопровождающим сульфатредукцию повышением концентрации гидрокарбонатных солей. Судя по обнаруживаемым в подземных водах содержаниям гидрокарбонат-иона, интенсивность этих процессов невелика, но образующиеся в результате небольшие (до 1-2 мг/л) содержания сероводорода, мигрирующего с перетекающей в рудную толщу, могут способствовать повышению бальнеологической ценности вод рудно-кристаллического водоносного горизонта.

Остановимся на повышенных концентрациях фтора в рудничных водах. Его оптимальные содержания для пресных питьевых вод, нормируемые СанПиН, составляют 0,5-1,5 мг/л. Поскольку при росте в воде содержания кальция концентрация фторид-иона падает, для большинства природных вод содержание фторид-иона сдерживается на уровне, меньшем 1,5 мг/л. Но если для питьевых пресных вод содержание фторидов жестко нормируется, то среди минеральных вод достаточно распространены лечебные воды с повышенными содержаниями фтора. Прежде всего это относится к слабощелочным натриевым водам. Ниже приведены примеры повышенных концентраций фтора в лечебных водах некоторых минеральных источников [4, 8]:

Источники	F^-, мг/л
Курорт Кульдур, Хабаровский край	15
Курорт Талая, Верхояно-Чукотская обл.	18
Курорт Горячинск, Забайкалье	10
Иотун, Шпицберген	5
Курорт Ходжи-Обигарм, Киргизия	10
Курорт Аксу, Киргизия	16
Ойсазские, Казахстан	40
Ойсазкие, Казахстан	25
Коргозский, Казахстан	17

Эти воды используются на курортах не только для лечебных ванн, но часто и как лечебные питьевые с соблюдением соответствующей дозировки при их употреблении.

Усредненной характеристикой химического состава воды рудничных вод, формирующихся в результате смешения воды, поступающей из зон трещиноватости, отдельных тектонических нарушений и дренажных

скважин, является состав воды, откачиваемой из рудника в количестве 450 м^3/ч. Этот состав со временем изменяется в зависимости от соотношения притоков из источников поступления воды и гидрохимического режима отдельных водопроявлений. В частности, за последние пять лет минерализация откачиваемых вод возросла почти на 30 %. При этом сохраняются основные гидрохимические параметры воды и примерные соотношения главных компонентов в %-эквивалентах:

$$(Na^+ + K^+) : (Ca^{2+}) : (Mg^{2+}) = 86 : 12 : 2;$$

$$(Cl^-) : (SO_4^{2-}) : (HCO_3^-) = 91 : 1 : 8.$$

Химический состав воды, откачиваемой из рудника:

Катионы, мг/л	
$Na^+ + K^+$	950-1200
Ca^{2+}	120-200
Mg^{2+}	18-25
pH	8-8,5
Анионы, мг/л	
Cl^-	1500-2000
SO_4^{2-}	8-35
HCO_3^-	230-280
Сухой остаток	3000-4000

Понятно, что использовать для бальнеологических целей можно воду отдельных специально каптированных водопроявлений, как это делается, например, на шахтах Яхимова, но устойчивость состава рудничных вод дает основание рассчитывать на сохранение основных соотношений между главными химическими компонентами воды в течение многих лет. Как лечебно-питьевая вода отдельных водопроявлений может быть отнесена к Миргородскому типу (по ГОСТ 13273). По соотношению основных компонентов к водам рудно-кристаллического водоносного горизонта близка вода нижнекотлинского водоносного горизонта, разливаемая в Санкт-Петербурге (Охтинская, Мариинская, Екатерингофская). Схожий состав с минеральными водами Яковлевского месторождения имеют Тюменские, Лазаревские и ряд других минеральных вод.

Для решения вопроса о возможности использования в бальнеологических целях минеральных вод, откачиваемых из Яковлевского рудника, необходимо провести доизучение отдельных компонентов химического состава подземных вод горных выработок, определение у водопунктов окислительно-восстановительных параметров, изучение радиоактивности подземных вод, исследование гидрогеохимических равновесий в системе вода – горная порода, изучение состава растворенных в воде газов и физико-химических процессов их формирования, гидрогеохимический мониторинг, решение технических задач каптажа минеральных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии. Т.I, II. М.: Недра, 1972. 440 и 480 с.

2. *Дашко Р.Э.* Проблемы утилизации рудничных вод (на примере Яковлевского месторождения богатых железных руд КМА) / Р.Э.Дашко, А.И.Коротков // Школа экологической геологии и рационального недропользования: Материалы VI межвузовской конф. СПб, 2005. С.104-114.

3. *Желваков А.В.* Минеральные воды Чехии // Советская геология. 1960. № 8. С.102-114.

4. Каталог минеральных вод СССР. Приложение к карте минеральных вод масштаба 1:4 000 000 / ЦНИИКиФ. М., 1969. 288 с.

5. *Кирюхин В.А.* Гидрогеохимия / В.А.Кирюхин, А.И.Коротков, С.Л.Шварцев. М.: Недра, 1993. 384 с.

6. *Крайнов С.Р.* Геохимия подземных вод / С.Р.Крайнов, Б.Н.Рыженко, В.М.Швец. М.: Наука, 2004. 678 с.

7. *Мироненко В.А.* Охрана подземных вод в горнодобывающих районах / В.А.Мироненко, В.Г.Румынин, В.К.Учаев. Л.: Недра, 1980. 320 с.

8. *Чулков Е.Г.* О содержании фтора в районах выходов некоторых дальневосточных терм / Е.Г.Чулков, А.В.Бобров // Материалы научно-практической конференции, посвященной 50-летию курорта «Кульдур». Хабаровск, 1974. С.25-27.

9. Vlastimil Myslil, Jaroslav Václ. Západočeská lázeňská oblast. Praha: Vydal Ústřední ústav geologickỳ v Academii, nakladatelstv Československé akademie věd: 1966. 120-128.