

УДК 615.327:556.3

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ ЯКОВЛЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КМА: ДИАГНОСТИКА И ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Р.Э. ДАШКО

*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
199106, Россия, г. Санкт-Петербург, В.О., 21-я линия, 2, e-mail: regda2002@mail.ru*

Выявлены три типа минеральных вод: I (ЯР) — подземные воды рудных тел хлоридные натриевые с минерализацией 2,6—3,0 г/дм³, II (ЯР) — воды гранитных тел хлоридные натриевые с повышенным содержанием брома и бора и минерализацией 11—13 г/дм³, III (ЯР) — воды, перетекающие из залегающего выше рудной толщи напорного горизонта, имеющие минерализацию 0,7—1,6 г/дм³, гидрокарбонатный хлоридный натриевый состав с повышенным содержанием фтора до 12—14 мг/дм³. Определены санитарно-гигиенические и радиологические показатели этих вод, которые находятся в пределах нормативов согласно действующим документам. Разработаны способы каптажа всех трёх типов минеральных вод, предусматривающие отсутствие загрязнения и автоматический контроль основных бальнеологических компонентов во времени. Выполнено проектирование цеха по розливу минеральных вод.

Ключевые слова: месторождение; минеральные ресурсы; богатые железные руды; подземные воды; напорный горизонт; минеральные воды; химический состав вод; бальнеология; формирование состава вод; каптаж.

MINERAL WATER OF THE YAKOVLEV DEPOSIT OF HIGH-GRADE IRON ORES (KMA): DIAGNOSTICS AND USABILITY

R.E. DASHKO

*National Mineral Resources University (Mining University)
199106, Russia, Saint-Petersburg, V.I., 21 line, 2, e-mail: regda2002@mail.ru*

Perennial complex monitoring carried out in the underground workings has revealed three types of mineral water: I (YM) — sodium chloride groundwater from the ore bodies with mineralization 2,6—3,0 g/dm³; II (YM) — sodium chloride water from granite massif with a high concentration of bromine and boron and mineralization 11—13 g/dm³; III (YM) — chloride sodium water that comes from a high head aquifer overlying the ore formation, has mineralization 0,7—1,6 g/dm³ and a high content of fluorine up to 12—14 mg/dm³.

Sanitary-hygienic and radiological indicators of this water are in compliance with the current standards. The methods of capping of all three groundwater types have been developed providing the absence of contamination and an automatic time control of main balneological components level. Mineral water bottling line is designed.

Keywords: deposit; mineral resources; high-grade iron ores; groundwater; high head aquifer; chemical water composition; balneology; water composition formation; tapping.

В 2010 г. Санкт-Петербургский горный университет предложил комплексное использование минеральных ресурсов Яковлевского рудника, основное полезное ископаемое которого — железные руды.

Яковлевское месторождение, расположенное в Белгородском железорудном районе (КМА), известно большими запасами высококачественных железных руд (с содержанием железа более 60—65 %), залегающих на глубине более 500 м. Богатые железные руды (БЖР) являются продуктом химического выветривания железистых кварцитов в допа-

леозойское время и представляют собой песчаные и супесчаные разности с высокой пористостью, малой прочностью и водоустойчивостью. Известно, что преобладающим развитием на месторождении пользуются железнослудковые и мартиновые руды («синьки»), которые в общем балансе по объёму превышают 60 %, на втором месте — гётит-гидрогематитовые и мартит-гидрогематитовые руды («краски») — 25 % [1].

В разрезе Яковлевского месторождения установлены: докембрийский кристаллический фунда-

мент, допалеозойские коры выветривания и мощная толща горизонтально залегающих осадочных пород палеозойского и мезокайнозойского возрастов, которые характеризуются высоким уровнем обводнённости. Подземные воды на территории Яковлевского месторождения развиты как в отложениях осадочного чехла, так и в кристаллических породах фундамента и корях химического выветривания пород докембрия. Общая мощность обводненной зоны превышает 700 м.

Территория Яковлевского месторождения расположена в пределах Днепровско-Донецкого артезианского бассейна. В зависимости от приуроченности подземных вод к различным отложениям и наличия водоупорных пород выделяют семь водоносных горизонтов: шесть из которых приурочены к мощной осадочной толще и один — к рудному телу (рис. 1).

В разрезе осадочной толщи выделяются нижнекаменноугольный, келловей-батский, волжский, апт-неокомский, сеноман-альбский, использующийся для хозяйственно-питьевого водоснабжения, маастрихт-туронский водоносные горизонты, которые не дренируются. Осушается только рудно-кристаллический водоносный горизонт с помощью горизонтальных и наклонных опережающих скважин. Следовательно, горные работы ведутся под высоко-

напорными водоносными горизонтами. Наибольшее значение для безопасности эксплуатации рудника имеет нижнекаменноугольный горизонт, напоры которого в настоящее время достигают 350 м.

Дренаж рудной залежи приводит к увеличению градиентов напоров подземных вод и усилению процессов перетекания воды в рудную толщу. На разрабатываемом участке месторождения воды повышенной минерализации связаны с зонами трещиноватости и тектоническими нарушениями, пересекающими кристаллический фундамент. Кроме того, в водоносный горизонт рудной толщи может поступать дополнительное количество воды из нижнекаменноугольного водоносного горизонта, приводящее к опреснению подземных вод [2, 3].

Гидродинамический и гидрохимический мониторинг, который проводится на Яковлевском месторождении более 10 лет, позволил установить, что подземные воды рудно-кристаллического водоносного горизонта могут рассматриваться как минеральные.

Первые сведения о возможности использования этих вод были получены в период разведки Яковлевского месторождения богатых железных руд, при которой изучались геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические условия [1].

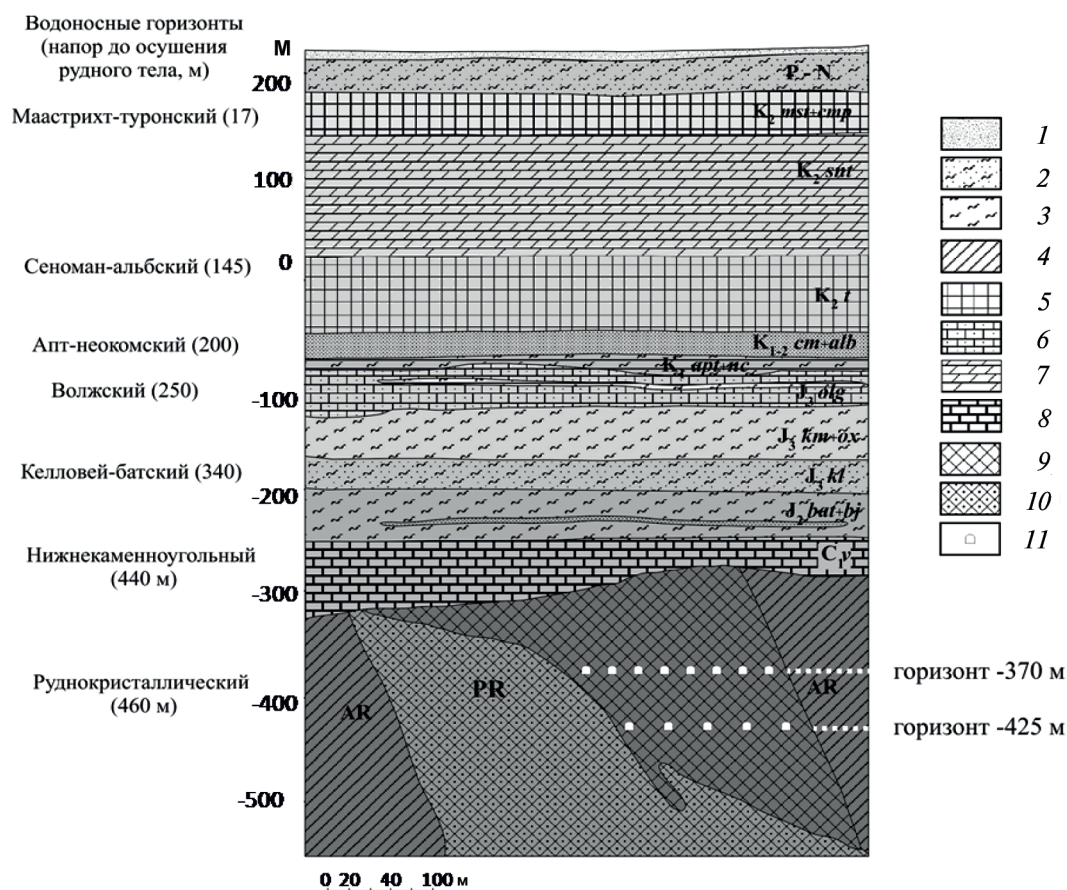


Рис. 1. Сводный гидрогеологический разрез Яковлевского месторождения: 1 — песок, 2 — глина песчаная, 3 — глина, 4 — сланцы, 5 — мел, 6 — песчаник, 7 — мергель, 8 — известняк, 9 — железные руды, 10 — железистые кварциты, 11 — горная выработка

Химический состав подземных вод рудно-кристаллического горизонта формировался в результате взаимодействия двух главных составляющих: седиментогенных (древних морских) солёных вод краевой части артезианского бассейна и инфильтрации атмосферных осадков. На морской генезис хлоридных солей в рудничных водах указывает, в частности, значение хлор-бромного коэффициента (Cl/Br), достаточно близкое к таковому для морской воды (около 300) [2].

К гидрогеохимическим особенностям рудничных вод относятся повышенные концентрации фтора. Однако наиболее высокое содержание фтора фиксируется в пресных водах нижнекаменноугольного горизонта — за счёт наличия в известняках флюорита. Концентрация фтора в подземных водах лимитируется низкой растворимостью фторида кальция (флюорита). Оптимальные содержания фтора для пресных питьевых вод, нормируемые СанПин, составляют 0,5—1,5 мг/дм³. Если для питьевых пресных вод содержание фторидов жестко нормируется, то среди минеральных вод достаточно распространены лечебные воды с повышенными содержаниями фтора (табл. 1).

Эти воды используются на курортах не только для лечебных ванн, но часто и как лечебные питье-

Таблица 1

Некоторые минеральные источники
с повышенными концентрациями фтора [2]

Водопункт	Содержание фтора, мг/дм ³
Источники, курорт Кульдур, Хабаровский край	15
Источники, курорт Талая, Верхояно-Чукотская область	18
Источники, курорт Горячинск, Забайкалье	10
Источник Иотун, Шпицберген	5
Источники, курорт Ходжи-Обигарм, Киргизия	10
Источники, курорт Аксу, Киргизия	16
Источники Ойсазские, Казахстан	40
Источники, курорт Ойсазские, Казахстан	25
Источник Коргозский, Казахстан	17

вые с соблюдением соответствующей дозировки при их употреблении.

Бальнеологическое действие дренируемых вод Яковлевского рудника определяется высоким содержанием хлоридов и щелочных элементов ($Na+K$), фторидов, бора, брома, сероводорода, кремниевой кислоты, некоторых других микроэлементов и повышенной температурой. Эти воды могут быть использованы как питьевые лечебные воды, для ванн и бассейнов для пациентов с заболеванием опорно-двигательной системы.

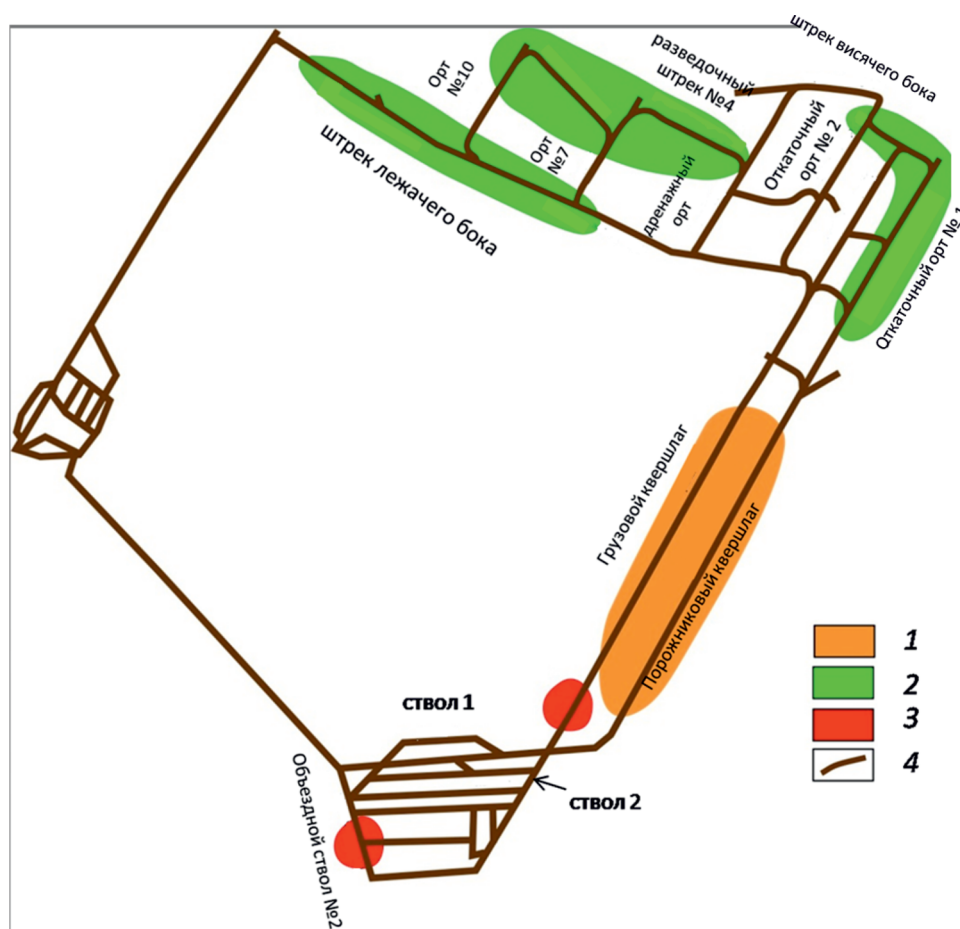


Рис. 2. Положение областей развития трёх типов минеральных вод, выделенных на Яковлевском руднике (горизонт -425 м): 1 — I (ЯР); 2 — II (ЯР); 3 — III (ЯР); 4 — подземные выработки (горизонт -425 м)

Таблица 2

Химический состав вод I(ЯР) типа и их аналогов

Характеристика	Состав вод рудно-кристаллического водоносного горизонта I(ЯР) типа Яковлевского рудника	Миргородская лечебно-столовая минеральная вода [4, 5]	Охтинская лечебно-столовая минеральная вода [4, 5]	Екатерингофская лечебно-столовая минеральная вода [4, 5]	Мариинская лечебно-столовая минеральная вода [4, 5]
Катионы	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³
Na ⁺ + K ⁺	950—1800	958	1300—1600	1200—1500	550—850
Mg ²⁺	5—30	183	<100	50—90	<100
Ca ²⁺	6—35	32	80—160	100—140	<100
Анионы	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³
Cl ⁻	1500—2000	1183	2300—2900	2000—2500	900—1900
SO ₄ ²⁻	8—35	19	<100	0—1	<10
HCO ₃ ⁻	230—280	161	150—190	150—174	
Сухой остаток	2500—3000	2500—3500	4000—5000	3500—4000	1500—3100
pH	7,3—8,1	5,6	7,5—7,8	7,2—7,5	7,2—7,5
F	До 10				
Br	1—3			9—15	
B	1,5—3				

тельной и нервной системы, различным типом поражений кожных покровов [3].

Имеется сравнительно небольшой опыт использования подземных вод в горных выработках в бальнеологических целях. Известны радоновые воды рудника Яхимов в Западной Чехии, на утилизации которых в течение более 100 лет созданы и

продолжают функционировать международные курорты, рудник Сопча на Кольском п-ове [3]. Примером комплексного освоения природных ресурсов в период добычи озокерита подземным способом в Прикарпатье являлось попутное применение подземных вод, известных как трускавецкие минеральные воды. Бальнеологическая ценность трус-

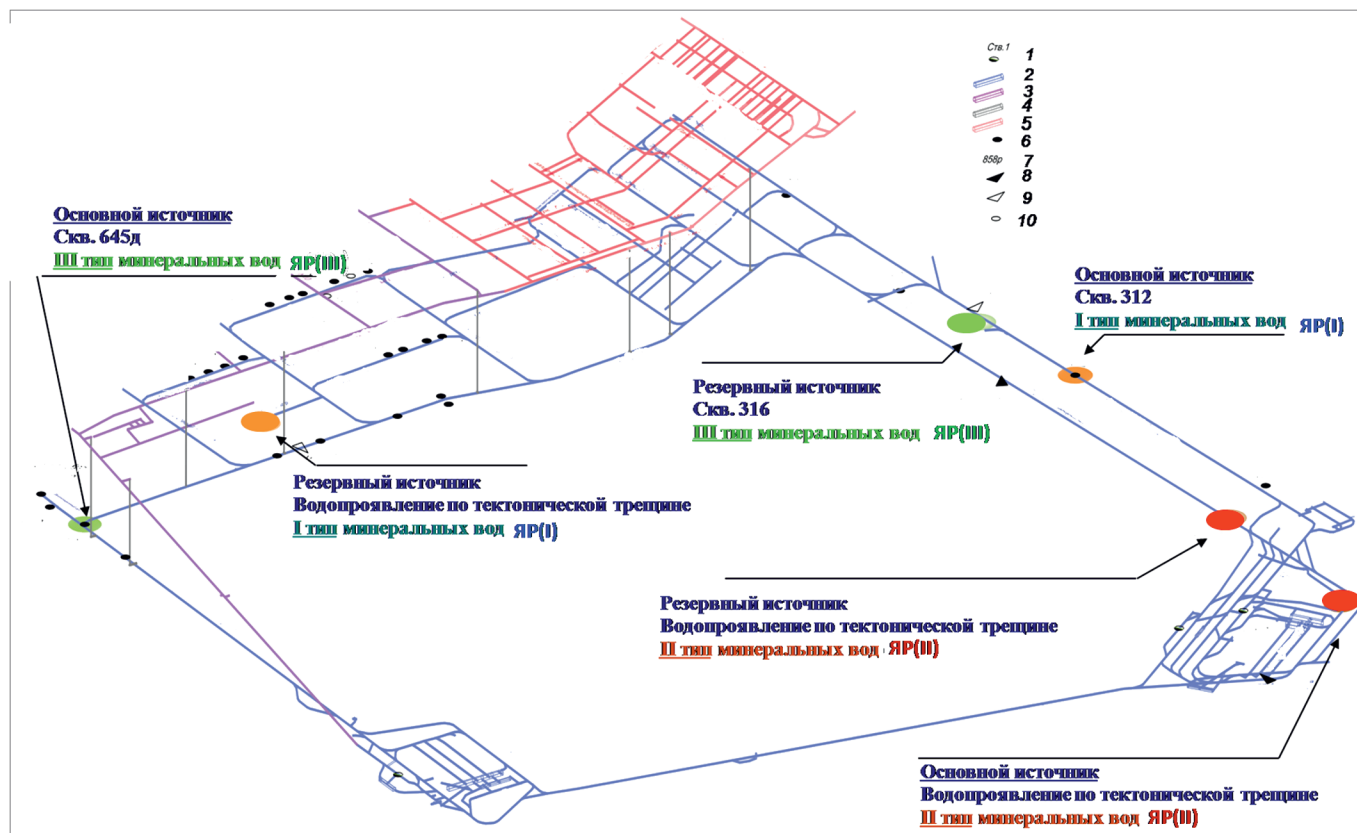


Рис. 3. Расположение основных и резервных скважин и водопроявлений для утилизации трёх типов дренируемых подземных вод как минеральных на горизонте -425 м: 1 — шахтный ствол; 2 — подземная горная выработка горизонта -425 м; 3 — подземная горная выработка, горизонт -370 м; 4 — вертикальные выработки, соединяющие горорихонты -425 м и -370 м; 5 — область очистных работ горизонта -370 м; 6 — скважина; 7 — номер скважины; 8 — выход воды из тектонических трещин; 9 — капез; 10 — самоизлив из почвы

кавецкой минеральной воды — лечение мочекаменной, желчекаменной болезней, почек, печени, обмена веществ, сахарного диабета. После ликвидации рудников трускавецкие воды продолжают утилизироваться, на их базе действуют широко известные международные курорты [4, 5].

В 2010–2012 гг. на Яковлевском месторождении были выделены три типа минеральных вод, приуроченных к рудно-кристаллическому водоносному горизонту и тектоническим трещинам гранитного массива — I(ЯР) и II(ЯР) типы, а также воды рудно-кристаллического горизонта с изменённым химическим составом за счёт их разбавления при перетекании из нижнекаменноугольного водоносного горизонта — III(ЯР) тип (рис. 2). Были разработаны проекты каптажа минеральных вод каждого типа отдельно и принято решение их использования в бальнеологии.

Скважины, вскрывающие минеральные воды I(ЯР) типа, приурочены к водам рудно-кристаллического водоносного горизонта и рекомендуются для использования водопроявлений дренажных скважин (скважина 312 в стенке буровой камеры порожнякового квершлага, резервный источник в почве разведочного штрека № 7), расположенных в капитальных выработках на горизонте -425 м (рис. 3).

Для химического состава вод I(ЯР) типа с минерализацией 2,6–3,0 г/дм³ характерно высокое содержание хлоридов (более 1000 мг/дм³), а также натрия и калия $M_{2,8} \frac{Cl63HCO_3 35}{(Na \ K)96}$, что позволяет отнести их к хлоридным натриевым с подчинённым значением гидрокарбонатов. Воды этого типа характеризуются слабощелочной реакцией среды (pH 7,8–8,3).

Воды рудно-кристаллического водоносного горизонта I(ЯР) типа схожи с Миргородским типом [4, 5]. По соотношению основных компонентов

исследуемые воды близки к водам нижнекотлинского водоносного горизонта, разливаемые в Санкт-Петербурге (охтинская, мариинская, екатерингофская) (табл. 2).

В гранитном массиве, который был вскрыт горными выработками на горизонте -425 м, обнаружены воды с повышенной минерализацией, связанные с глубинными процессами. Для дальнейшего использования вод гранитных тел — II(ЯР) тип — в качестве минеральных необходим каптаж двух водопроявлений: одно из них приурочено к подошве грузового квершлага (горизонт -425 м, ПК 19), второе — нисходящий источник минерализованных вод горизонтальной тектонической трещины в стенке выработки, встреченный на объездном штреке второго ствола (рис. 3).

Воды II(ЯР) типа хлоридно-натриевые $M_{11,7} \frac{C199}{Na89Ca7K2Mg2}$, содержат помимо иона натрия, ионы кальция в пределах 450–700 мг/дм³ и магния — 53–68 мг/дм³. Основные микрокомпоненты: бром, бор и фтор, pH 6,8–7,1.

В качестве аналогов минеральных вод типа II(ЯР) могут рассматриваться минеральные воды друскининкай, витаутас, таллицкая, семигорская (табл. 3).

Для каптирования минеральных вод III(ЯР) типа, вскрываемых дренажными скважинами в подземных выработках, расположенных в зоне влияния перетекания из нижнекаменноугольного водоносного горизонта, можно также использовать имеющиеся дренажные скважины, характеризующиеся стабильностью химического состава и постоянными водопритоками. Такие скважины расположены в разведочных штреках № 4 и № 7, в штреке лежачего бока и в транспортном орте; водопритоки к скважинам колеблются от 0,5 до 3,0 м³/ч (рис. 3).

Таблица 3

Химический состав вод II(ЯР) типа в гранитном массиве и их аналогов

Компоненты подземных вод	II(ЯР) тип минеральных вод Яковлевского рудника	Семигорская (Россия) [4, 5]	Таллицкая (Эстония) [4, 5]	Витаутас (Литва) [4, 5]
Катионы	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³
Na ⁺ +K ⁺	3000,0–3500,0	2910,0	3292,7	2069,5
Mg ²⁺	75,0–85,0	21,0	62,1	393,0
Ca ²⁺	350,0–400,0	20,0	228,0	414,0
Анионы	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³
Cl ⁻	5500,0–6000,0	1705,0	5475,0	4114,0
SO ₄ ²⁻	2,0–4,5		8,2	108,0
HCO ₃ ⁻	50,0–65,0	494,1	270,2	281,0
Сухой остаток	9000,0–11000,0	10300,0	9300,0	8300,0
pH	7,3–7,5			
Микрокомпоненты	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³
F ⁻	2,5–4,0			
Br ⁻	14,0–25,0	53,0	35,0	
I ⁻		12,0		
B	2,0–3,5			

Таблица 4

Химический состав вод II(ЯР) типа

Характеристика	Содержание, мг/дм ³	Характеристика	Содержание, мг/дм ³	Характеристика	Содержание, мг/дм ³
Na ⁺ + K ⁺	400—600	SO ₄ ²⁻	11—18	B ³⁺	1,5—3
Mg ²⁺	8—15	HCO ₃	300—450	Сухой остаток	500—800
Ca ²⁺	6—18	F ⁻	До 14	pH, ед.	7,5—7,8
Cl ⁻	300—600	H ₂ S	0,5—1	T, °C	21—24

Особенностью этих вод с минерализацией 0,7—1,5 г/дм³ является повышенные содержания гидрокарбонатов (300—450 мг/дм³) и натрия, содержание хлоридов составляет 300—600 мг/дм³. Химический состав этих вод изменяется с хлоридного натриевого на хлоридно-гидрокарбонатный натриевый: $M_{1,3} \frac{Cl61HCO_3,38}{Na96K3}$, реакция среды близка к нейтральной (pH 7,3—7,8), в водах отмечается присутствие сероводорода — до 0,5—1,0 мг/дм³, поступающего из нижнекаменноугольного водоносного горизонта, увеличивается содержание H₂SiO₃ до 10—14 мг/дм³, а также повышенные концентрации фтора (до 14 мг/дм³) (табл. 4).

Воды данного типа схожи по химическому составу с минеральными водами березовская, днепропетровская, ташкентская [4, 5].

Минеральные воды Яковлевского месторождения могут использоваться для лечения различных заболеваний. Если в воде есть кремниевая кислота, то она оказывает болеутоляющий, антитоксический и противовоспалительный эффекты, поэтому воды с H₂SiO₃ применяют при желудочно-кишечных, кожных заболеваниях, болезнях печени и желчного пузыря [4]. Фтор, содержащийся в водах, способствует выносу радионуклидов и тяжёлых металлов из организма. Сероводород усиливает мото-

рику желудочно-кишечного тракта. Бор является хорошим антисептиком, а также благотворно действует на работу мозга, почек и желудочно-кишечного тракта. Бром нормализует деятельность нервной системы и головного мозга, восстанавливает функцию печени и желчного пузыря, а также усиливает тормозные процессы [4]. Кроме того, было рекомендовано использование тонкодисперсных железных руд в смеси с минерализованными водами II(ЯР) как новый тип лечебных грязей в магнитотерапевтических процедурах [4].

Подсчёт ресурсов и запасов Яковлевского месторождения проводился двумя методами: гидродинамическим и балансовым. Естественные ресурсы для следующих типов минеральных вод составляют: для I(ЯР) типа — 122,4 м³/сут.; для II(ЯР) типа — 21,6 м³/сут.; для III(ЯР) типа — 120 м³/сут. Эксплуатационные запасы дренируемых вод рудно-кристаллического водоносного горизонта в целом составляют 10800 м³/сут., из них 3840 м³/сут. поступают путём перетекания из нижнекаменноугольного водоносного горизонта, а 6960 м³/сут. — за счёт бокового и глубинного подтока непосредственно из гранитного массива.

С целью использования минеральных вод на Яковлевском руднике выполнено проектирование цеха по их розливу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрогеология СССР. Т.IV. Белгородская область и др. М.: Недра, 1972. 603 с.
2. Дашко Р.Э., Коротков А.И. Проблемы утилизации рудничных вод (на примере Яковлевского месторождения богатых железных руд КМА): Школа экологической геологии и рационального недропользования // Мат. VI Межвузовской конф. СПб.: 2005. С. 104—114.
3. Дашко Р.Э., Тимченко А.А. Перспективность использования в бальнеологических целях вод руднокристаллического водоносного горизонта Яковлевского рудника (КМА) // Труды Шестой международной научно-практической конференции. Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения, Т. 3. Воркута, 2008. С. 396—401.
4. Куликов Г.В., Жевлаков А.В., Бондаренко С.С. Минеральные и лечебные воды СССР. Справочник. М.: Недра, 1991. 399 с.
5. Посохов Е.В., Толстихин Н.И. Минеральные воды (лечебные, промышленные, энергетические). Л.: Недра, 1977. 240 с.