УДК 624.131.1

Р.Э.ДАШКО, *д-р геол.-мин. наук, профессор, regda2002@mail.ru*
Е.Н.КОВАЛЕВА, *магистрант, ekaterina_feller@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

R.E.DASHKO, *Dr. in geol. & min. sc., professor, regda2002@mail.ru*
E.N.KOVALEVA, *undergraduate student, ekaterina_feller@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining University

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА ЯКОВЛЕВСКОМ РУДНИКЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕДЕНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Рассмотрены сложные гидрогеологические условия Яковлевского месторождения богатых железных руд, на котором горные работы ведутся под неосушенным высоконапорным нижнекаменноугольным водоносным горизонтом. Указана цель проводимого мониторинга. Сравнительный анализ результатов трех циклов гидрогеологического мониторинга показал постепенное расширение фронта перетекания подземных вод из неосушенного горизонта. Указаны негативные последствия такого процесса. Отмечены особенности развития различных биологических форм жизни в руднике, которые разрушают конструкционные материалы. Намечены мероприятия по снижению последствий перетекания.

Ключевые слова: Яковлевское месторождение, богатые железные руды, водоносные горизонты, химический состав вод, перетекание, защитные целики, газогенерация, микробиота, грибные культуры.

HYDRO-GEOLOGICAL MONITORING ON THE JAKOVLEVSKY MINE AS IMPLEMENT OF INCREASE SAFETY CONDUCTING MINE SECOND WORKING IN DIFFICULT MINE-GEOLOGICAL CONDITIONS

In article researched difficult hydro-geological conditions of the Jakovlevsky deposit rich iron ores on which mining going under not-drained high-pressured bottomcoal water-bearing horizon. The purpose spent monitoring is resulted. The comparative analysis of results of three cycles of a hydro-geological monitoring which has shown gradual expansion of front of an overflowing of underground waters from not-drained horizon is made. Negative consequences of such process are specified. The development features of various biological forms of a life in mine which destroy construction materials are noted. Actions for decrease in consequences of an overflowing are planned.

***Key words*:** The Jakovlevsky deposit, rich iron ores, water-bearing horizons, chemical compound of waters, overflowing, protective pillars, gasgeneration, microbiota, mushroom cultures.

Яковлевское месторождение Белгородского железорудного района Курской магнитной аномалии относится к уникальным по содержанию железа в рудах, генезис которых связан с образованием химических кор выветривания джеспилитов и железосодержащих сланцев в позднем протерозое – раннем палеозое.

Залежь богатых железных руд (БЖР) мощностью более 500 м узкой полосой прослеживается в породах архей-протерозойского фундамента и перекрывается чехлом оса-

дочных пород палеозоя, мезозоя, кайнозоя. К рудному телу приурочен рудно-кристаллический водоносный горизонт, который осушается с помощью самоизливающихся наклонных и горизонтальных скважин в горных выработках на горизонте 425 м, а к породам осадочного чехла – семь основных водоносных горизонтов. Принципиальное значение имеет залегающий выше рудного тела неосушенный высоконапорный нижнекаменноугольный водоносный горизонт с действующим напором несколько выше 350 м, под которым ведутся горные работы. В процессе осушения рудного тела происходит рост градиентов напоров подземных вод, под действием которых наблюдается перетекание воды в рудную толщу из неосушенного нижнекаменноугольного горизонта.

На участке первоочередной отработки Яковлевского рудника отсутствует выдержанный водоупор между кровлей горных выработок на горизонте 370 м и подошвой нижнекаменноугольного горизонта. В процессе перетекания вод из нижнекаменноугольного водоносного горизонта в рудную толщу происходит вторичное увлажнение рудного тела, а также защитного целика. Вторичное увлажнение приводит БЖР в состояние плывунов и увеличивает вероятность возникновения прорывов подземных вод [2].

Целью гидрогеологического мониторинга является осуществление контроля за расширением фронта перетекания подземных вод из нижнекаменноугольного горизонта для последующей разработки мероприятий по обеспечению устойчивости выработок за счет дополнительных дренажных работ. Еще в 2005 г. был разработан регламент комплексного мониторинга, который включал исследования гидродинамического и гидрохимического режима нижнекаменноугольного и руднокристаллического водоносных горизонтов в подземных выработках, а также по наблюдательным скважинам в пределах и за пределами шахтного поля Яковлевского рудника [1].

Гидрохимический мониторинг основан на резком различии химического состава вод двух исследуемых водоносных горизонтов:

Водоносный горизонт	Нижнекаменно-угольный	Рудно-кристаллический
Состав вод	Гидрокарбонатно-натриевые	Хлоридно-натриевые
Минерализация, г/л	0,5-0,6	2-3
Водообмен	Активный	Затрудненный

При перетекании вод из нижнекаменноугольного горизонта в рудно-кристаллический наблюдается снижение его минерализации и содержания хлоридов, при росте количества гидрокарбонатов.

В рамках мониторинга 2010 г. была опробована 41 точка, из которых четыре были расположены на горизонте 370 м, а 37 точек – на горизонте 425 м. Полевым и лабораторным путем оценивалось содержание основных маркирующих макрокомпонентов (хлоридов, гидрокарбонатов) в подземных водах, по которым можно судить об интенсивности нисходящего перетекания из известняков нижнего карбона в рудную толщу. Кроме того, определялась минерализация вод по сухому остатку.

Сравнительная оценка результатов гидрохимического опробования мониторинга (2006-2010) свидетельствует о том, что наблюдается постепенное снижение минерализации дренируемых вод скважинами и другими водопроявлениями на отдельных зонах (см. таблицу).

Наибольшая активность перетекания отмечается на горизонте 425 м в разведочном штреке № 5. Все подземные воды в точках опробования имеют минерализацию по сухому остатку меньше 500 мг/дм^3. Воды тектонических трещин в объездной выработке, в вагонном депо и в грузовом квершлаге можно охарактеризовать как минерализованные, имеющие глубинное происхождение. В остальных выработках по результатам изменения химического состава дренируемых вод на горизонте 425 м наблюдается перетекание разной степени интенсивности (рис.1).

Особо следует остановиться на водопроявлениях на горизонте 370 м, на котором ведутся очистные работы. В выработках на этом горизонте в 2010 г. были зафиксированы четыре зоны, где отмечено перетекание. Для двух водопроявлений на горизонте

Сравнительная оценка содержания основных компонентов химического состава подземных вод рудно-кристаллического водоносного горизонта для оценки интенсивности перетекания на горизонте 425 м

Выработка	Номер скважины или водопроявление	Год опробования	Содержание компонентов, мг/дм^3		Минерализация (по сухому остатку), мг/дм^3
			Cl^-	HCO_3^-	
Разведочный штрек № 5	806	2007	51	293	417
		2010	49,3	284	392
Разведочный штрек № 7	Тектоническая трещина в почве	2009	880	271	1527
		2010	1234	256	2271
Штрек лежачего бока 2	631д	2006	598	263	Не опр.
		2007	598	263	Не опр.
		2009	62	281	426
		2010	67	281	394
Штрек висячего бока 3	851д	2009	50	284	384
		2010	53	281	409
Порожняковый квершлаг	10т	2007	809	395	Не опр.
		2009	496	427	1190
		2010	486	409	1241
Полевой штрек	4ж	2007	478	305	Не опр.
		2009	51	249	378
		2010	35	238	347
Транспортный орт	664	2007	319	286	242
		2009	209	405	744
		2010	159	384	746
Грузовой квершлаг	Тектоническая трещина в почве	2007	6027	61,3	98,32
		2009	4750	171	27,78
		2010	4715	183	25,77

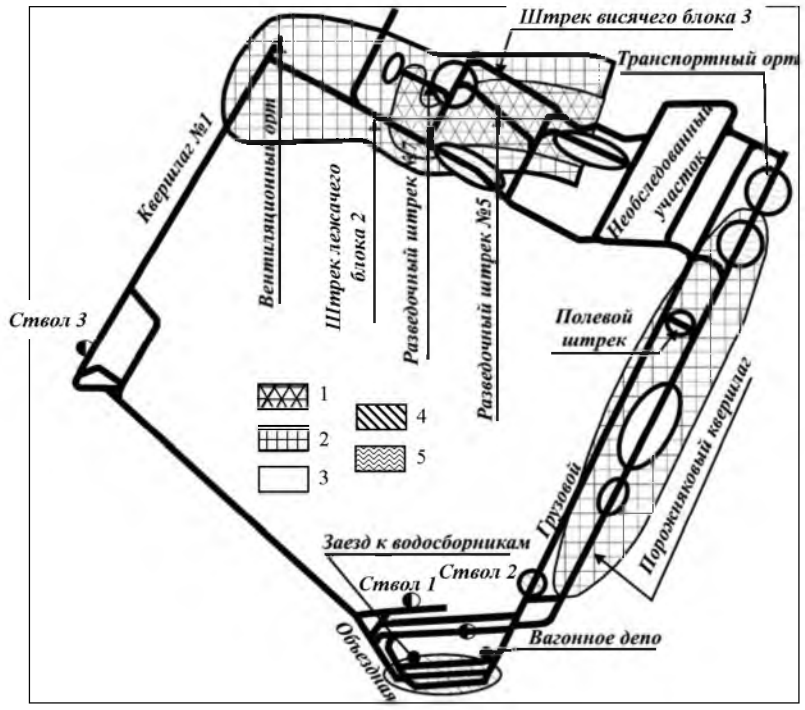


Рис.1. Схема развития зон перетекания из нижнекаменноугольного водоносного горизонта в рудную толщу за 2007 и 2010 г.

1 – минерализация по сухому остатку меньше либо равна 600 мг/л; 2 – минерализация по сухому остатку 600-1600 мг/л; 3 – неизменный состав рудно-кристаллического водоносного горизонта; 4 – зона разгрузки минерализованных вод; 5 – зоны перетекания в 2007 г.

в откаточных ортах № 7 и 8 произведена сравнительная оценка состава воды по данным 2007 и 2010 г.:

Выработка	Орт № 7	Орт № 8
Водопроявление	Капеж из забоя	
Содержание компонентов, мг/дм^3		
Cl^-	248/46	248/50
HCO_3^-	239/287	256/281
Минерализация по сухому остатку, мг/дм^3 (2010 г.)	419	406

Примечание. В числителе и знаменатетле – данные 2007 и 2010 г. соответственно.

В 2010 г перетекание из нижнекаменноугольного водоносного горизонта усилилось.

Анализ химического состава вод показал, что в вентиляционно-закладочном штреке лежачего бока, в откаточных ортах № 7 и 8 химический состав водопроявлений отвечает составу нижнекаменноугольного водоносного горизонта. В пункте обслуживания самоходного оборудования (ПОСО) водопроявление из трещины по химическому составу воды соответствует рудно-кристаллическому водоносному горизонту (рис.2). Наблюдаемое перетекание на горизонте 370 м требует принятия мер по его ликвидации.

По данным гидрохимического опробования выделены следующие зоны по интенсивности перетекания (см.рис.1 и 2):

- прямой связи с нижнекаменноугольным горизонтом;
- разбавления вод рудно-кристаллического горизонта за счет перетекания;
- постепенного разбавления минерализованных вод тектонических трещин.

По результатам гидрохимических исследований 2010 г. установлено незначительное расширение площадей перетекания на горизонте 425 м по сравнению с 2009 г., поскольку большую часть времени рудник простаивал. Однако, если учесть результаты гидрохимического опробования в 2007 г., то отчетливо прослеживается расширение площадей перетекания из нижнекаменноугольного горизонта в ряде зон штрека висячего бока (см.рис.1).

На горизонте 425 м в разведочном штреке № 7 еще ранее было отмечено водопроявление с газовыделением. Была отобрана проба газовоздушной смеси. Анализ газовой составляющей показал наличие метана, а также повышенное содержание аргона и углекислого газа, которые по всей вероятности имеют глубинное происхождение:

Газ	CH_4	CO_2	N_2	Ar
Содержание, %				
в газовоздушной смеси	0,5	0,7	71,3	1,8
в воздухе	0	0,04	78,1	0,9

Примечание. Анализ был выполнен в аккредитованной испытательной лаборатории РНЦ «Прикладная химия» на газовом хромато-масс-спектрометре GC HP 5890 – MSD HP 5972A.

В регламент комплексного мониторинга были включены микробиологические исследования рудного тела, поскольку работы, проведенные еще в 2004-2006 гг., зафикси-

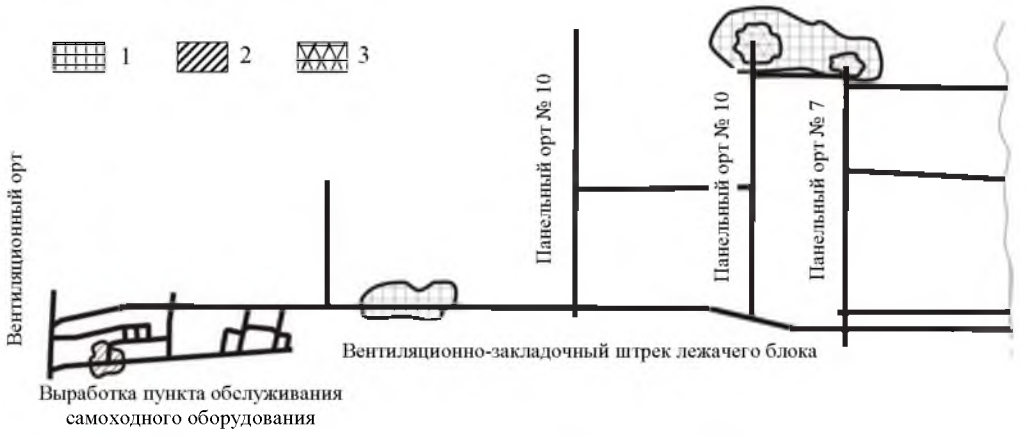


Рис.2. Схема расположения зон перетекания на горизонте 370 м из нижнекаменноугольного водоносного горизонта в рудную толщу в 2007 и 2010 г.

1 – зона с минерализацией по остатку меньшей или равной 600 г/дм^3; 2 – зона с неизменным составом рудно-кристаллического водоносного горизонта; 3 – зоны перетекания в 2007 г.

ровали в богатых железных рудах активно действующий и богатый биоценоз. Были выделены группы микроорганизмов, которые в аэробных условиях способны разлагать целлюлозу.

Указано, что загрязнение рудной толщи углеводородами (дизельным топливом, соляровым маслом) способствует активизации микробной деятельности [3].

В 2008-2010 гг. из-за простаивания рудника и снижения подачи воздуха в горные выработки наблюдалось формирование застойного аэродинамического режима с повышенными влажностью и температурой. Мониторинг отметил рост численности и активности деятельности микроорганизмов, в том числе теплолюбивых, что сопровождалось выделением слизи на стенках выработок. Число видов микромицетов повысилось до 28 вместо 20 ранее выявленных. Почти все зафиксированные виды микромицетов известны как активные биодеструкторы различных материалов. На горизонте 370 м на стенках ПОСО, где используются горюче-смазочные материалы, обнаружены гифы высшего базидиального гриба, которые образуют разветвленные тяжи (ризоформы). Высокая плотность и прочность таких тяжей обеспечивается за счет выделения склеивающего вещества полимерной природы, что требует специальных исследований.

В 2010 г. впервые зафиксировано присутствие в горных выработках плодовых тел базидиальных грибов из рода Pleurotus. Большинство выявленных видов относится к несовершенным грибам и развиваются на дереве, используемом для забутовки при креплении горных выработок.

Выводы

1. Гидрохимический мониторинг показал, что расширение фронта очистных работ с недозакладкой выработанного пространства приводит к существенной активизации процесса перетекания подземных вод из неосушенного нижнекаменноугольного водоносного горизонта, причем особенно опасны водопроявления на горизонте 370 м.

2. Для интенсификации процесса снижения напоров в нижнекаменноугольном водоносном горизонте можно рекомендовать проходку двух несовершенных скважин на этот горизонт, которые должны располагаться по границам рудного тела в зоне с высокой водопроводимостью. Учитывая высокое качество воды в скважине 806, возможно использование для питьевого водоснабжения.

3. Необходимо реализовать исследования по воздействию не только микробиоты, но и грибных культур на динамику разрушения металлической крепи за счет развития метаболитических процессов особенно в условиях постоянного увлажнения руд и пород в процессе перетекания вод из неосушенного горизонта.

4. Следует сократить период наблюдений при проведении мониторинга до трех месяцев для оперативного назначения мероприятий по предупреждению вторичного увлажнения руд и формирования сосредоточенного перетекания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гусев В.Н.* Основные принципы организации развития гидрогеомеханического мониторинга в подземных выработках Яковлевского рудника / В.Н.Гусев, Р.Э.Дашко, Н.С.Петров // Записки Горного института. СПб, 2006. Т.168. С.132-139.

2. *Дашко Р.Э.* Исследование возможности прорывов подземных вод из нижнекаменноугольного водоносного горизонта в горные выработки Яковлевского рудника / Р.Э.Дашко, А.В.Волкова // Записки Горного института. СПб, 2006. Т.168. С.142-149.

3. *Дашко Р.Э.* Микробная деятельность в подземных выработках и ее влияние на свойства богатых железных руд и конструкционных материалов / Р.Э.Дашко, А.В.Волкова, Д.Ю.Власов // Записки Горного института. СПб, 2006. Т.168. С.165-174.

REFERENCES

1. *Gusev V.N.*, Dashko R.*E*, *Petrov N.S.* Main principle of the development organization hydrogeomecanical monitoring in underground developments of Jakovlevsky mine // Proceedings of Mining Institute. Saint Petersburg, 2006. Vol.168. P.132-139.

2. *Dashko R.E*, *Volkova A.V.* Research of underground waters breaks possibility from Lower Carbon water-bearing horizon in mine developments of Jakovlevsky mine // Proceedings of Mining Institute. Saint Petersburg, 2006. Vol.168. P.142-149.

3. *Dashko R.E.*, *Volkova A.V.*, *Vlasov D.J.* Microbic activity in underground developments and its influence on properties of rich iron ores and constructional materials // Proceedings of Mining Institute. Saint Petersburg, 2006. Vol.168. P.165-174.