

УДК 622.583.2

Мельник Виталий Вячеславович

кандидат технических наук,
заведующий отделом,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: melnik@igduran.ru

Замятин Алексей Леонидович

младший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: a.zamyatin@mail.ru

**ОСУШЕНИЕ РУДНЫХ ТЕЛ В УСЛОВИЯХ
ПОВЫШЕННОЙ ОБВОДНЕННОСТИ
И ЗАКАРСТОВАННОСТИ
НАЛЕГАЮЩЕЙ ТОЛЩИ****Аннотация:*

В статье приведен пример решения задачи снижения обводненности горных выработок за счет организации скважинного водозабора на земной поверхности. Представленный подход к решению задач осушения месторождений с использованием как аналитических исследований, так и применения современных технологий выявления структурных неоднородностей с помощью геофизических методов позволяет минимизировать затраты на отработку полезных ископаемых и повысить безопасность ведения горных работ.

Ключевые слова: прогноз, карст, массив горных пород, структурно-тектоническое строение, скважинный водозабор, водопроницаемость

DOI: 10.25635/2313-1586.2018.01.105

Melnik Vitaly V.

Candidate of Technical Sciences,
Head of Department,
Institute of Mining of Ural Branch of RAS,
620075, Ekaterinburg,
Mamina-Sibiryaka, 58
e-mail: melnik@igduran.ru

Zamyatin Alexey L.

Junior Research Worker,
Institute of Mining of Ural Branch of RAS
e-mail: a.zamyatin@mail.ru

**DRAINING OF OREBODIS IN CONDITIONS
OF HIGH WATERING AND CAVERNOUS
POROSITY OF SUPERINCUMBENT ROCK
STRATUM***Abstract:*

The article gives an example of solving the task to reduce watering of mine workings by organization of the well water intake on the earth surface. The described approach to the solving the tasks of draining the fields using both analytical studies and the application of modern technologies to identify structural inhomogeneities by geophysical methods allows to minimize costs for geological exploitation of mineral resources and to improve safety of mining operations.

Key words: forecasting, karst, array of rocks, structural and tectonic structure, well water intake, transmissibility.

Безопасность отработки полезных ископаемых подземным способом напрямую зависит от гидрогеологических условий месторождения и возможности регулировать поступление воды в горные выработки. Особенно остро этот вопрос встает при разработке месторождений, связанных с закарстованным известняковым массивом, обладающим высокой водопроницаемостью, что повышает вероятность внезапного поступления большого объема воды в шахту. Примеров ведения горных работ в подобных условиях только в Уральском регионе насчитывается достаточно большое количество, и захватывают они весь Урал от северных его границ до южных окраин (СУБР, ВГОК, УГОК и др.). В основном они связаны с разработкой рудных месторождений полезных ископаемых [1 – 5].

Одним из эффективных способов снижения обводненности горных выработок, особенно в случаях ведения горных работ на глубинах не больше 300 м, является скважинное водопонижение уровня водоносных горизонтов, залегающих в кровле рудного тела. Однако создание скважинного водозабора по периметру месторождения, без учета структурных особенностей горного массива, зачастую не решает задачи водоотведения, а большая часть скважин неработоспособны за счет их низкой водообильности.

* Исследования выполнены в рамках Программы ФНИ №136 тема 0405-2015-0012

Наилучшего результата осушения вмещающего рудное тело массива можно достичь комплексированием аналитических методов прогнозирования водопритоков в горные выработки с использованием имеющейся информации о разведке месторождения и практическим применением геофизических методов определения структурно-тектонического строения горного массива и точечным выбором мест заложения скважин водопонижения [6 – 7]. Это позволит минимизировать количество скважин, что приведет к значительному снижению затрат на водопонижение и, соответственно, снижению себестоимости добычи руды.

Примером может служить один из рудников Южного Урала, на котором описываемый подход к осушению был успешно апробирован с участием авторского коллектива. Сущность работы заключалась в том, что одно из рудных тел успешно разрабатываемого месторождения, залегающее на глубине чуть больше 200 м, оказалось в пределах месторождения подземных вод, приуроченного к закарстованному массиву известняков (рис. 1). Осложнялось все тем, что карстующиеся известняки залегали непосредственно в кровле рудного тела, что могло бы привести к неуправляемому затоплению выработанного пространства водой в случае его отработки.

Цель исследований заключалась в обеспечении безопасной отработки рудного тела. Основная задача выполняемой работы заключалась в минимизации возможных водопритоков в горные выработки с помощью организации скважинного водозабора с минимальным количеством материальных затрат на его сооружение.

Объем возможного водопритока прогнозировать было сложно, поскольку при работе скважинного водозабора, состоящего из двух скважин (6 и 8), работающего на нужды предприятия для хозяйственного водоснабжения, снижение уровня воды не превышало 5 м в год, хотя общий дебит был на уровне 160 – 180 м³/ч. При этом водозаборные скважины располагались в пределах области развития возможных деформаций от подземных горных работ, что само по себе ставило под сомнение их работоспособность при начале подземных горных работ.

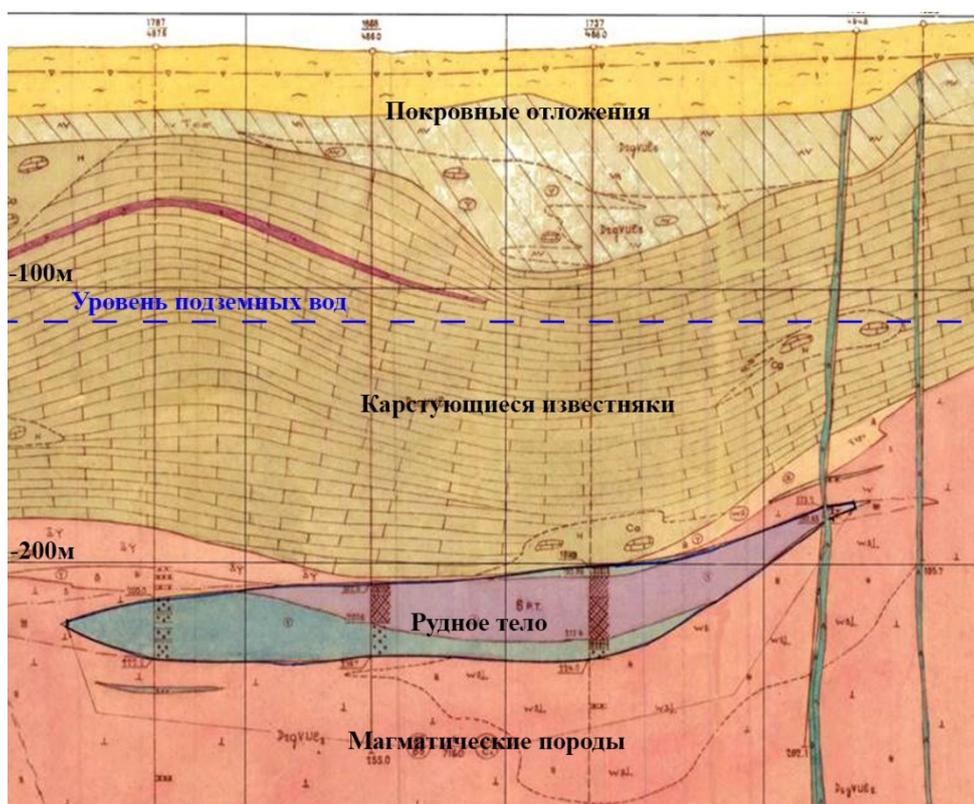


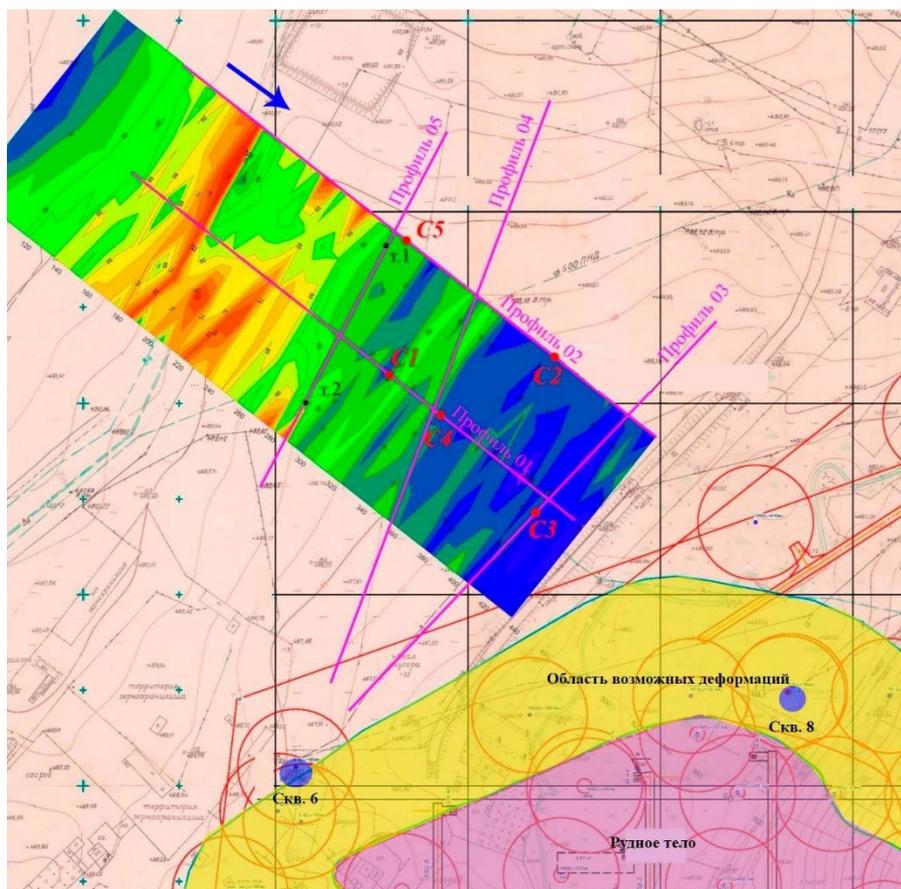
Рис. 1 – Геологический разрез

Степень опасности карстов с позиций аварийных прорывов в горные выработки определяется статическим объемом подземных вод и фильтрационными свойствами известняков, определяющими скорость срабатывания статического запаса и динамический приток [8 – 10]. При современных уровнях подземных вод в известняках, составляющих около 100 – 120 м, начальный излив вод из карстовых полостей может находиться в пределах первой тысячи м³/ч, что представляет серьезную опасность для подземных работ.

Срабатывание статических запасов при высоких фильтрационных свойствах пород и притоке вод из окружающих пород может происходить достаточно длительное время. Ориентировочно об этих сроках можно судить по работе подземного водозабора из скважин № 6 и 8. При усредненном расходе воды из них около 100 м³/ч годовое снижение уровня подземных вод в их депрессионной воронке не превышало 4 – 5 м.

В связи с этим вскрытие карстовых структур может создать длительную аварийную обстановку, способную растянуться на несколько лет. Позитивным фактором, нейтрализующим эту опасность, является наличие в кровле рудного тела промежуточной толщи мощностью до 70 – 80 м, которая может служить в качестве водозащитной толщи, исключающей непосредственный выход подготовительных горных выработок в карстоопасную зону.

Анализ всей имеющейся информации по разведке, наблюдательным скважинам и др. позволил определить направление основного водопритока (северо-запад), а комплекс проведенных геофизических исследований позволил выбрать оптимальные места бурения водопонижающих скважин (рис. 2).



Условные обозначения

- C1** - скважина 15-B
- C2** - скважина 16-B
- C3, C4, C5** - альтернативные точки заложения скважин (не потребовались)
- профили метода спектрального сейсмопрофилирования
- планшет метода среднего градиента
- направление движения подземных вод

Рис. 2 – Выбор мест бурения скважин водопонижения при помощи геофизики

Первые же пробуренные разведочные скважины (точки С1 и С2) показали полное соответствие прогнозного разреза и дебит, превышающий $100 \text{ м}^3/\text{ч}$. В результате бурения в точке С1 эксплуатационной скважины 15-В и начале ее эксплуатации уровень во всех скважинах начал резко падать (до 5 м/мес), что позволило примерно определить общий объем поступления воды.

Введение в эксплуатацию скважины №16-В должно было привести к полному перехвату воды из области питания, находящейся севернее рудного тела с возможностью регулирования объема отбираемой воды и минимизацией риска попадания всего объема водного горизонта в шахту. Кроме того, скважины № 6 и 8 попадали в область влияния горных работ, и их утрата, скорее всего, – дело времени (рис. 2).

Ввод в эксплуатацию скважины № 15-В привел к ежемесячному понижению уровня в скважинах № 6, 8 и 15-В в пределах 1,5 – 2,2 м, что поставило под сомнение дальнейшее использование водозабора в целях водоснабжения.

Ввод в эксплуатацию второй скважины № 16-В, пробуренной в точке С2, в течение 10 дней позволил полностью осушить скважину № 8, и, как показали пробные откачки, появилась возможность регулировать в них уровень воды за счет отключения одной или нескольких скважин (рис. 3).

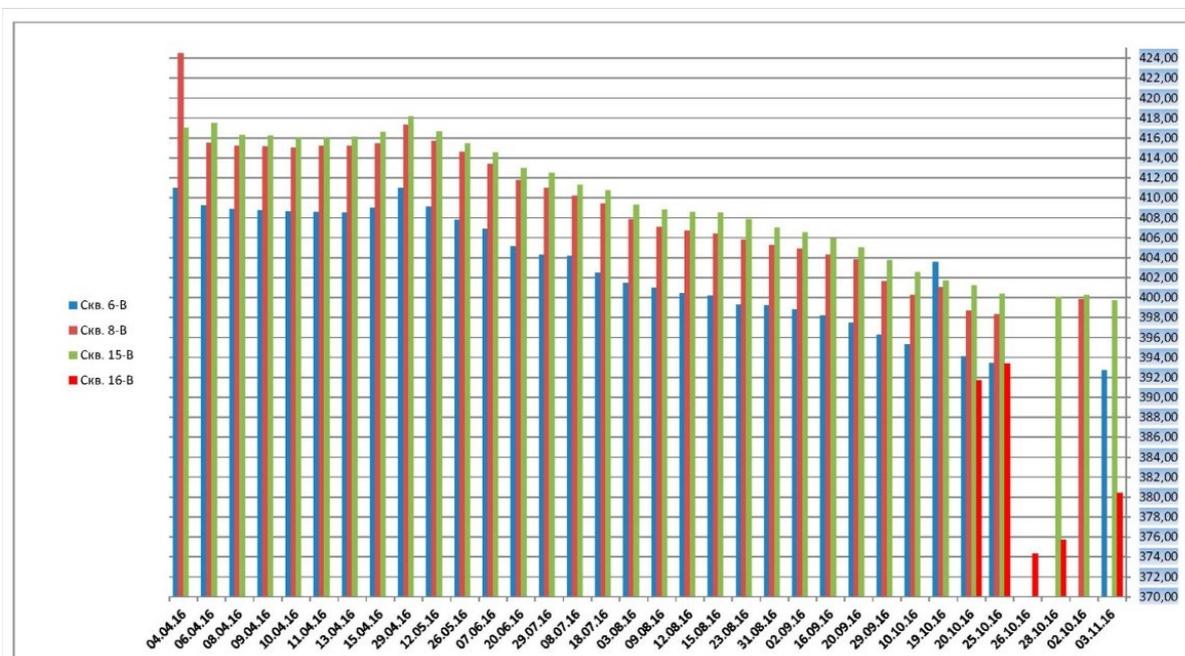


Рис. 3 – График изменения уровня в скважинах

Включение в работу законченной в конце октября 2016 г. скважины № 16-В привело к осушению скважины № 8 до глубины возможного измерения уровнемером. Задача осушения рудного тела с учетом полученных результатов полностью была решена с точки зрения минимизации объемов статических запасов подземных вод. При этом ведение горных работ по отработке рудного тела было решено вести в запланированном объеме, соблюдая требования безопасности, прописанные в проекте.

В настоящее время на водопонижение и водопотребление работает только одна скважина № 6 с дебитом не более $40 \text{ м}^3/\text{ч}$. Остальные скважины отключены в связи с падением уровня ниже глубины насосного оборудования.

На основании этих наблюдений сделан вывод о полной отработке статических запасов до глубины порядка 130 м от поверхности земли, динамический приток порядка $40 - 50 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Поскольку насосное оборудование глубже не опускается, сохранились в потолочине между рудным телом и динамическим уровнем в скважинах закарстованные карманы, где может находиться достаточно приличный объем статической воды.

Один из таких карманов (рис. 4) был вскрыт при проходке очередной закладочной выработки по кровле рудного тела с мгновенным выходом воды с глиной в объеме порядка 3000 м³.



Рис. 4 – Вскрытая карстовая полость

Прорыв произошел в момент производства взрывных работ, этот факт предопределил отсутствие людей в непосредственной близости от объекта, поэтому никто не пострадал. Далее водоприток из образовавшейся карстовой полости снизился до уровня 40 – 50 м³/ч, что соответствует динамическому притоку, наблюдаемому по скважинам водоснабжения.

По результатам исследования карстовой полости, его объема были проведены расчеты опасности выхода воронки обрушения на земную поверхность, которые показали отсутствие таковой опасности. Однако при дальнейшем ведении отработки запасов руды появилась большая вероятность объединения камеры с карстом, что в совокупности уже представляет опасность обрушения. На техническом совещании предприятия при участии авторского коллектива было принято решение о ликвидации карстовой полости путем закладки. В настоящий момент времени карстовая полость уже полностью заложена и водоприток из нее прекратился.

Вскрытие карстовой полости доказало взаимосвязь водоносного горизонта, откачиваемого скважинным водозабором, с остальным массивом, залегающим над рудным телом, и в дальнейшем это приведет, скорее всего, к полному осушению скважин с перетеканием в подземные горные выработки оставшегося статического объема воды и динамического водопритока. Для отработки рудного тела большой опасности это не несет, возможны повторные выходы воды из вновь вскрываемых карстов, однако откачкой из скважинного водозабора основной статический запас воды был осушен и построенные в шахте водозаборные сооружения вполне справятся с задачей водоотведения. При этом достаточно остро встал вопрос о водоснабжении предприятия, после чего разрабатывается вариант водоснабжения из подземного скважинного водозабора.

Одним из альтернативных источников водоснабжения был принят вариант осушения другого рудного тела (р.т. № 1) способом, зарекомендовавшим себя на шестом рудном теле, с использованием откачиваемой воды для нужд водоснабжения предприятия. Однако непосредственная близость выбранного авторским коллективом места заложения скважины к отвалу пустых пород не позволяла надеяться на высокое качество воды и использование ее на хозяйственные нужды.

Разведочная скважина на указанном участке была пробурена, показала высокую производительность, но небольшой (порядка 10 – 15 м) оставшийся пласт водоносного горизонта. Наблюдения в течение непродолжительного времени показали постепенное снижение уровня воды, а полный химический анализ подтвердил бактериальное загрязнение. Учитывая отсутствие инфраструктуры в непосредственной близости от скважины (водовод и т.п.) и небольшой пласт воды, промышленную скважину на данном участке было решено не бурить. Тем более тенденция к снижению уровня, связанная как с отработкой первого рудного тела, так и влиянием осушения шестого, показала снижение риска затопления при ведении горных работ на этом участке.

В этой связи было принято решение продолжить выбор альтернативных источников водоснабжения, чем в настоящее время продолжает заниматься авторский коллектив в составе отдела геомеханики ИГД УрО РАН совместно с геологической и гидрогеологической службой предприятия.

На основании выполненных исследований, подтвержденных практическим внедрением результатов на предприятии горнодобывающего комплекса, можно сделать следующие выводы.

В результате выполненной работы была сделана попытка решения двух задач: с одной стороны, риск затопления шахты при начале отработки рудного тела был сведен к минимуму, а с другой, – возможность скважинного водозабора за счет переноса водозаборных скважин за пределы области возможных деформаций массива горных пород от ведения подземных горных работ.

Однако, как показали результаты внедрения выбранного подхода на производство, задача водоснабжения предприятия за счет водоносного горизонта, приуроченного к закарстованному известняковому массиву, залегающему в кровле рудного тела, не такая простая задача. Как показали результаты отработки рудного тела, несмотря на перенос водозабора за пределы возможного влияния деформационных процессов, при проведении горных работ и организации тем самым дренажа воды в горные выработки карстовые каналы и полости позволили промыть заполненные глиной каналы, чем снизили уровень воды в скважинах ниже возможности опускания насосов.

При этом водозабор из скважины № 6 продолжает работать, но уровень постепенно опускается. Вопрос водоснабжения следует решать с помощью скважин, расположенных вне зоны влияния депрессионной воронки от горных работ, что проводится в настоящее время, но это приведет к дополнительным затратам на организацию водоводов и прочей инфраструктуры, а также дополнительным поисковым работам.

Что касается первой задачи, поставленной перед настоящими исследованиями, она была решена в полной мере. Основной водоносный горизонт, залегающий над рудным телом, был сработан четырьмя скважинами водопонижения до уровня динамических водопритоков. В настоящее время ведется полноценная работа по отработке запасов рудного тела с минимальным риском затопления рудника, в связи с которым рудное тело находилось на длительной консервации.

В заключение следует отметить, что грамотный профессиональный подход к вопросам осушения горных выработок, будь то шахта или карьер, может значительно сократить капитальные затраты на организацию водоотлива из самих горных выработок и повысить безопасность отработки месторождений полезных ископаемых, а при возможности использовать откачиваемую воду на нужды предприятия, вплоть до его питьевого водоснабжения.

Литература

1. Далатказин Т.Ш. Прогнозные исследования последствий затопления Турьинского медного рудника / Т.Ш. Далатказин, Т.Ф. Харисов // Проблемы недропользования. - 2017. - № 3(14). - С. 67 - 75.
2. Мельник В.В. Пути снижения обводненности очистных работ на шахте ДНК / В.В. Мельник, М.М. Аймбетов, А.В. Третьяк // Горный журнал Казахстана. - 2008. - № 5. - С. 20 - 22.
3. Желтышева О.Д. Меры охраны зданий и сооружений от подземных горных работ в карстующемся массиве / О.Д. Желтышева, С.В. Усанов, В.П. Драсков // Проблемы недропользования. - 2016. - №2(9). - С. 71 - 76. DOI: 10.18454/2313 - 1586.2016.02.071
4. Мельник В.В. Оценка опасности карстопроявлений геофизическими методами / В.В. Мельник // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2011. - № 7. - С. 151 - 155.
5. Усанов С.В. Мониторинг сдвижения поверхности при ликвидации и затоплении горных выработок Лебяжинского месторождения / С.В. Усанов, А.В. Усанова // Горный журнал. - 2017. - № 1. - С. 18 - 22.
6. Мельник В.В. Обоснование геомеханических факторов для диагностики опасности карстопроявлений при недропользовании: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Екатеринбург, 2010. - 21 с.
7. Мельник В.В. Исследование структурных особенностей массива горных пород в окрестности подземных сооружений / В.В. Мельник, А.Л. Замятин // Известия вузов. Горный журнал. Екатеринбург. - 2008. - № 8. - С. 165 - 171.
8. Проблемы безопасности при ликвидации горнодобывающих предприятий / А.Д. Сашурин, В.В. Мельник, С.В. Усанов, А.Е. Балек // Проблемы недропользования. Екатеринбург - 2014. - № 3. - С. 60 - 66. DOI: 10.18454/2313-1586.2014.03.060
9. Замятин А.Л. Экспериментальные исследования состояния массива горных пород на объектах недропользования. / А.Л. Замятин // Проблемы недропользования. - 2014. - № 2. - С. 29 - 33. DOI: 10.18454/2313-1586.2014.02.029
10. Истоки формирования катастрофических геомеханических процессов на объектах недропользования / А.Д. Сашурин, С.В. Усанов, В.В. Мельник, А.Е. Балек // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: сборник докладов / Ответственный за выпуск Н. Г. Валиев. - Екатеринбург: УГГУ, 2016. - С. 166 - 72.