

Ю.П. Ольховиков, В.С. Пестрикова, В.В. Тарасов

ОСОБЕННОСТИ ПОДДЕРЖАНИЯ В БЕЗОПАСНОМ СОСТОЯНИИ КРЕПИ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, УСТАНОВЛЕННОЙ В КАРНАЛЛИТОВЫХ ПОРОДАХ

Дана краткая характеристика особенностей геологического и гидрогеологического строения Верхнекамского месторождения калийных солей, приведены некоторые физико-механические свойства строения породного массива. Приведено краткое описание проходки и крепления шахтных стволов на Верхнекамском месторождении калийных солей. На примере ствола № 2 Первого Соликамского рудника подробно проанализированы результаты периодических обследований крепи и закрепного пространства в зоне крепления ствола интервала расположения карналлитовых пород, отражены негативные последствия опыта крепления стволов в карналлитовой части разреза кирпичной крепью, а также приведен краткий анализ факторов, влияющих на разрушение крепи и породного массива в карналлитовой части разреза. В качестве решения вышеобозначенной проблемы предложены возможные методы поддержания в безопасном состоянии крепи шахтных стволов, установленной в карналлитовых породах, а именно использование водонепроницаемой тубинговой крепи и вариант герметизации контакта карналлитовый массив–монолитная крепь воздухонепроницаемыми синтетическими материалами

Ключевые слова: шахтный ствол, деформации ползучести, монолитная крепь, карналлитовая порода, закрепный массив, воздухообмен, герметизация контакта «крепь–порода».

По геологическому строению Верхнекамское месторождение калийных солей относится к пластовым с пологим залеганием пластов и весьма сложным по условиям вскрытия [1]. В геологическом строении принимают участие осадочные отложения солевого и надсолевого комплексов пород пермской системы и современные четвертичные отложения. Надсолевой комплекс пород представлен обводненными породами соляно-мергельной, терригенно-карбонатной и пестроцветной толщами, а также четвертичными отложениями. Ниже залегает соляной комплекс пород, в литологическом разрезе которого выделяют переходную пачку (СМТ2), покровную каменную соль, сильвинито-карналлитовую и сильвинитовую зоны, а также под-

стилающую каменную соль. Весь соляной комплекс пород является безводным. Обычно нижний водоносный горизонт соляно-мергельной толщи контактирует с соляными отложениями, выше которого проявляются вторичные образования, например, гипсы. Таким образом, Верхнекамское месторождение относится к месторождениям с обводненным контактом соляных и покровных пород.

По физико-механическим свойствам соляные породы относятся к упруго-пластичным и характеризуются значительными деформациями ползучести. При значительных нагрузках они отмечаются с глубин 250–350 м. На глубинах более 350 м распределение напряжений в массиве становится близким к гидростатическому [1].

Геологическая колонка	Глуб. ствола	Радиальная глубина обнаруженных пустот на контакте «кирпичная крепь - породная стенка»
Карналлит с прослоями и гнездами каменной соли, сильно-перематыи	138 м	$h_{\text{пр}} \leq 0,8 \text{ м}$
	144 м	$h_{\text{пр}} \leq 1,3 \text{ м}$
	150 м	$h_{\text{пр}} \leq 0,5 \text{ м}$
	152 м	$h_{\text{пр}} \leq 0,6 \text{ м}$
	159 м	$h_{\text{пр}} \leq 0,4 \text{ м}$
	165 м	$h_{\text{пр}} \leq 0,5 \text{ м}$

Вертикальный разрез по стволу, схема обнаруженных полостей за кирпичной крепью ствола, по результатам обследований 1986, 1987, 1996, 2006 гг.: $h_{\text{пр}}$ – максимальная глубина обнаруженной полости за кирпичной крепью на указанной глубине

Таким образом, геологические и гидрогеологические особенности строения массива предопределили технические решения по способу проходки и типу крепи будущих шахтных стволов.

Так, проходка и крепление всех вертикальных шахтных стволов на месторождении осуществлялось практически по одной схеме. С учетом обводненности надсолевых пород проходка стволов выполнялась специальным способом под защитой ледопородного ограждения [2], крепление осуществлялось двухслойной чугунно-бетонной крепью. Для соляной части разреза в вертикальном стволе, в процессе проектирования и строительства, была выбрана жесткая монолитная бетонная, либо кирпичная крепь [3].

Однако, как показал опыт эксплуатации шахтных стволов на Верхнекамском месторождении, крепление стволов бетонной и, в особенности, кирпичной крепью в зоне залегания карналлитовых пород, является весьма неэффективным, и в некоторых случаях приводит к негативным, а иногда к катастрофическим последствиям.

Ствол № 2 Первого Соликамского рудника был сдан в эксплуатацию в 1930 г. Первоначальная глубина ствола составляла 257 м, однако в 1961 г. ствол был углублен до 288,98 м [4].

В интервале залегания карналлитовых пород (136,0–204,0 м) ствол был укреплен кирпичной крепью. Следует отметить, что в исполнительной документации эта крепь рассматривается как «временная», т.е. подлежащая замене.

Уже к 1943 г. по материалам комиссии по обследованию ствола наличие «зазоров» на контакте «кирпичная крепь – породная стенка» отмечалось до глубины более 230 м.

В 1947 г. для ликвидации аварийного притока в интервалах глубин 138–159 м, было произведено обследование закрепного пространства и зафиксировано, что «кирпичная кладка пропитана рассолами, и кирпичи имеют пониженную прочность», на контакте с породной стенкой был зафиксирована «влажная серая, кашеобразная масса разложившегося цемента».

Позднее, в 1986 г., при обследовании этого участка крепи в карналлитовой зоне было вскрыто и погашено раствором более 180 м³ пустот, размеры некоторых по радиусу достигали 500 мм.

В целом следует отметить, что обследования закрепного пространства в карналлитовой зоне ствола производились систематически, результаты проведенных работ приведены на схеме (рисунок).

Из рисунка видно, что наибольший размер полости за крепью был зафиксирован на глубине 144 м в 1996 г. и составил 1300 мм (!). В целом, более 30% всех пробуренных разведочных шпуров в интервале кирпичной крепи вскрывали пустоты различной глубины на контакте «кирпичная крепь–породная стенка» [5].

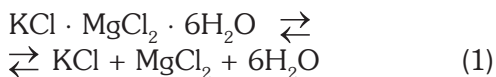
Традиционно, при контроле состояния крепи ствола и закрепного пространства основным считался интервал выше гидроизоляционных устройств (кейлькранцев) в пределах покровной каменной соли и выше. Ошибочность такой практики нагляднее всего подтвердилась вышеописанными событиями с нарушениями крепи и закрепного массива в интервале залегания карналлитов. Так же было установлено, что кирпичная крепь, которой были закреплены интервалы залегания карналлитов, не является герметичной, а со временем начинает нарушаться с появлением множества трещин, через которые происходит воздухообмен

между закрепным пространством и стволом, особенно интенсивно в случае, если ствол является воздухоподающим. Как правило, воздушная струя в таких стволах отличается широким диапазоном колебаний температуры и влагосодержания. Схожая ситуация наблюдается и в других стволах Верхнекамского месторождения.

Таким образом, практика эксплуатации шахтных стволов на Верхнекамском месторождении показывает, что деформации и разрушение крепи ствола в зоне залегания карналлитовых пород возникают при сочетании следующих горно-геологических и геомеханических факторов:

- физико-механическое нарушение целостности монолитной крепи, происходящее вследствие неустойчивости вмещающих крепь соляных пород, склонных к проявлению ползучести;
- разрушение породного массива за крепью ствола, т.е. образование значительных по объему полостей на контакте «крепь-породная стенка ствола», вызванное особенностями строения карналлита, слагающего породный целик, что может привести к потере устойчивости крепи ствола.

Также следует подчеркнуть негативное влияние совокупности этих двух факторов. Так, с образованием новых нарушений в монолитной крепи, появившихся в результате проявления деформаций ползучести соляного массива, происходит формирование «каналов» прохождения за крепью, непосредственно к карналлитовым породам закрепного пространства, воздуха, проходящего по шахтному стволу. В свою очередь, воздух, проходящий по шахтному стволу, содержит в своем составе некоторое количество воды и тонкодисперсную соляную пыль (NaCl). Вследствие этого, при взаимодействии влаги и карналлита за крепью ствола в зоне карналлитовых пород протекает следующая реакция:



В процессе реакции происходит выщелачивание MgCl_2 рассолом ненасыщенным MgCl_2 . При выщелачивании освобождается кристаллизационная (связанная) вода, содержащаяся в карналлите, которая увеличивает объем выщелачивания. Этот процесс называют холодным разложением карналлита [6, 7].

Наиболее яркой иллюстрацией разложения карналлита является образование пустот для участков отработанного карналлитового пласта на затопленном руднике БКПРУ-1. По прогнозным расчетам, ожидаемый объем пустот от разложения карналлита на различных участках шахтного поля составит от 267 до 10 860 м³, а удельный объем разложения карналлита составляет 1,28 м³ на 1 м³. Как показала практика, образование подобных полостей явилось причиной оседания вышележащих пород [6].

Таким образом, многолетний опыт эксплуатации шахтных стволов на Верхнекамском месторождении показывает, что решение о креплении стволов монолитной бетонной или кирпичной крепью зачастую было ошибочным. Вышеуказанные виды крепи не способны долгое время сдерживать нагрузку от постоянно деформирующего соляного массива и не обеспечивают достаточную герметичность, что способствует появлению процессов воздухообмена

ствола и закрепного пространства. В свою очередь, названные процессы являются основной причиной разложения породного карналлитового массива, что приводит к образованию значительных по объему полостей и, как следствие, сказывается на устойчивости крепи всего ствола в целом.

В качестве решения вышеизложенной проблемы для крепления интервала, приуроченного в геологическом отношении к карналлитовой зоне, следует рассмотреть тюбинговую крепь, которая, с одной стороны, обеспечивает устойчивость ствола в диапазоне соляных пород, склонных к проявлению деформаций ползучести, а с другой стороны, являясь в достаточной степени герметичной, защищает контакт «крепь-порода» от процессов выщелачивания породной стенки. Положительный опыт применения тюбинговой крепи в карналлитовой части геологического разреза достигнут в стволе № 5 рудника СКРУ-2, а также во всех трех стволах рудника БКПРУ-2.

Другим решением вышеназванной проблемы, в случае сохранения монолитной бетонной крепи в карналлитовой части разреза, может стать герметизация карналлитового массива методом обработки герметизирующими синтетическими составами, исключаящими воздухообмен массива с пространством ствола. Подобный опыт существует на руднике Горлебен, Германия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ольховиков Ю.П. Крепь капитальных выработок калийных и соляных рудников. – М.: Недра, 1984.
2. Трупаков Н.Г. Проведение горных выработок специальными способами. – М.: Углетехиздат, 1958.
3. Литвин А.З., Поляков Н.М. Проходка стволов шахт специальными способами. – М.: Недра, 1974.
4. Технический паспорт ствола № 2 Первого Соликамского рудника. – Березники, 1974.
5. Заключение комиссии по обследованию ствола ш. № 2, назначенной Министром хим. пром-сти за № 326 от 22/VIII-1974.
6. Борзаковский Б.А. Результаты лабораторных исследований разложения карналлита рассолами, насыщенными солями NaCl и KCl и прогноз повреждения карналлитовых целиков при затоплении рудника БКПРУ-1: отчет о НИР. – Пермь: ОАО «Галургия», 2007.
7. Морачевский Ю.В. О закладке карналлитовых камер влажными отходами химфабрики: рукоп. – 1943. **ГИАБ**

Ольховиков Юрий Петрович – кандидат технических наук, научный консультант,
Пестрикова Варвара Сергеевна – ведущий инженер научно-исследовательской
горной лаборатории, e-mail: Pestrikova.Varvara@gallurgy.ru,
Тарасов Владислав Викторович – заведующий научно-исследовательской
горной лабораторией, e-mail: tarasov@gallurgy.ru,
ОАО «Галургия».

UDC 622.257:622.363.2

FEATURES OF MAINTAINING SHAFT SUPPORT INSTALLED IN CARNALLITE ROCKS OF VERKHNEKAMSKOYE DEPOSIT IN SAFE CONDITION

Ol'khovikov Yu.P., Candidate of Technical Science, Academic Advisor of «Galurgia» OJSC, Perm, Russia,
Pestrikova V.S., Leading Engineer of Research Mining Laboratory of «Galurgia» OJSC, Perm, Russia,
e-mail: Pestrikova.Varvara@gallurgy.ru
Tarasov V.V., Chief of Research Mining Laboratory of «Galurgia» OJSC, Perm, Russia,
e-mail: tarasov@gallurgy.ru.

The article presents a short feature review of geological and hydrogeological structure of Verkhnekamskoye potash salt deposit, various physical and mechanical properties of rock mass structure. A short description of shaft sinking and support in Verkhnekamskoye potash salt deposit is provided. By the example of the shaft № 2 of Solikamsk mine 1 the results of periodical surveys for support and support area in the shaft support zone of carnallite rocks location interval are analyzed in detail, negative effects of the experience for shaft support in carnallite site of masonry lining section are covered, as well as a short analysis of the factors is given which influence on destruction of support and rock mass in carnallite site of the section.

As an option to solve the above problem possible methods are proposed for maintaining the shaft support installed in carnallite rocks in safe condition, namely utilization of waterproof tubing and sealing carnallite mass–monolithic lining contact with air proof synthetic materials.

Key words: shaft, creep deformation, monolithic lining, carnallite rock, support mass, air exchange, sealing of «support–rock» contact.

REFERENCES

1. Ol'hovikov Ju.P. *Krep' kapital'nyh vyrabotok kaliynyh i soljanyh rudnikov* (Support of permanent workings in potash and salt mines), Moscow, Nedra, 1984.
2. Trupak N.G. *Provedenie gornyh vyrabotok special'nymi sposobami* (Performance of mining workings by special methods), Moscow, Ugletehzdat, 1958.
3. Litvin A.Z., Poljakov N.M. *Prohodka stvolov shaht special'nymi sposobami* (Mine shaft sinking by special methods), Moscow, Nedra, 1974
4. *Tekhnicheskij pasport stvola no 2 Pervogo Solikamskogo rudnika* (Technical data sheet of the shaft № 2 of Solikamsk mine 1), Berezniki, 1974.
5. *Zakljuchenie komissii po obsledovaniju stvola sh. no 2, naznachenoj Ministrom himicheskoj promyshlennosti za no 326 ot 22/VIII-1974* (Findings by the commission on investigation of the mine shaft № 2 assigned by the Minister of chemical industry, № 326, 22.08.1974.).
6. Borzakovskij B.A. *Rezul'taty laboratornyh issledovanij razlozhenija karnallita rassolami, nasyshhennymi soljami NaCl i KCl i prognoz povrezhdenija karnallitovyh celikov pri zatopenii rudnika BKPRU-1: otchet o NIR* (Results of laboratory investigations on carnallite decomposition with brines loaded with NaCl and KCl salts and prediction on damage of carnallite pillars by flooding of Berezniki 1 mine: Report on research work), Perm, ОАО «Галургия», 2007.
7. Morachevskij Ju.V. *O zakladke karnallitovyh kamer vlazhnyimi othodami himfabriki* (About backfill of carnallite chambers with wet waste of the chemical plant), 1943.

