СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЕГАЗАЦИОННЫХ РАБОТ ПРИ ОТРАБОТКЕ СИЛЬВИНИТОВЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ РУДНИКОВ ОАО «СИЛЬВИНИТ»

Е.А. Нестеров

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

Газодинамические явления представляют собой внезапные по месту и времени быстротекущие разрушения части приконтурного массива. В калийных рудниках ОАО «Сильвинит» за все время при отработке сальвинитовых пластов было зафиксировано 24 газодинамических явления.

По месту проявления случаи можно разделить на произошедшие из кровли, почвы, забоя и стенок выработок. Для предотвращения газодинамических явлений из забоя и стенок горных выработок, а они составляют 42 % от всех случаев, защитные мероприятия вообще не применяются. В то же время газодинамические явления из забоя и стенок горных выработок являются не чем иным, как отжимами призабойной части пород, которые сопровождаются звуковыми эффектами, разрушением с выносом породы в горную выработку, имеют интенсивность, не превышающую несколько тонн, и представляют собой реальную угрозу жизни шахтеров.

Анализ отжимов призабойной части пород показал, что все они приурочены к геологическим трещинам. Главная система трещин, являющаяся субмеридианальной, вскрыта непосредственно горными выработками. К ней приурочена согласная система более мелких трещин. Одновременно выделяются и опережающие, ортогональные трещины субширотной ориентации.

Для предотвращения газодинамических явлений из забоя горных выработок предложены схемы дегазационных работ с помощью скважин при проходке выработок субмеридианального и субширотного направлений. Схемы заключаются в пересечении забоем горизонтальной или наклонной скважины плоскости трещины, заполненной газом под давлением, обеспечивающим фильтрацию газа из очага в выработку по стволу скважины. Этот способ предотвращения газодинамических явлений следует рассматривать как защитное мероприятие, действующее в призабойной зоне горной выработки.

Применение данных схем позволит исключить внезапные отжимы призабойной части пород, что поможет повысить безопасность ведения горных работ на участках шахтных полей калийных рудников с развитыми системами геологических трещин.

Ключевые слова: калийные соли, газодинамические явления, отжим породы, калийные рудники, геологические трещины, приконтурный массив, сальвинитовые пласты, дегазация массива, газовыделения, дегазационная скважина, зоны трещиноватости.

IMPROVEMENT OF DECONTAMINATION WORKS TECHNOLOGY DURING SYLVINITE LAYERS MINING IN THE MINE FIELDS OF "SILVINIT"

E.A. Nesterov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

Gasdynamic phenomena are sudden according to the place and time ultrafast destructions of the marginal array. In potash mines JSC "Silvinit" during sylvinit layers mining 24 gasdynamic phenomena were recorded.

According to the place of manifestations cases can be divided into occurring from the roof, soil, bottom and sides of openings. To prevent gasdynamic phenomena from the bottom and sides of excavations, as they account for 42% of all cases, protective measures do not apply. At the same time gasdynamic phenomena from the bottom and walls of the mine workings are nothing more than part of the bottomhole rocks, which are accompanied by sound effects, with the removal of the rocks destruction in mines, have an intensity not exceeding several tons, and pose a real threat to the life of miners.

Analysis of the push-ups bottomhole rocks showed that they are confined to geological fractures. The main fracture system, which is sub meridian, directly opened mine workings.

To it is timed according to the system of smaller cracks. Simultaneously allocated and offshooting, orthogonal cracks sublatitudinal orientation.

To prevent gasdynamic phenomena of slaughter mining scheme decontamination works using wells when drilling workings sub meridional and latitudinal directions are proposed. Scheme are lied in the intersection of the horizontal or inclined bottomhole wellbore fracture plane, the filled gas pressure, providing a filtering chamber of a gas production in the wellbore. This method of preventing gasdynamic phenomena should be considered as a protective measure, acting in the face zone of excavation.

Application of these schemes will avoid sudden bottomhole part that will help improve the safety of mining operations in the areas of mine fields potash mines with advanced systems of geological fractures.

Keywords: potash, gasdynamic phenomena, rock wringing, potash mines, geologic fractures, the marginal array, sylvinit layers, degassing, array of gas, degassing well, fractured zones.

Газодинамические явления (ГДЯ) в калийных рудниках ОАО «Сильвинит» стали регистрироваться с января 1984 г. За это время зафиксировано всего 32 газодинамических явления. В пределах шахтного поля рудника СКПРУ-1 – 12, СКПРУ-2 – 11 и СКПРУ-3 – 9. При отработке сильвинитового пласта КрП произошло 3 ГДЯ (9,4 %), пласта АБ – 14 (43,7 %), пласта В сильвинитового состава – 7 (21,9 %) и пласта В карналлитового состава при комбайновой выемке – 8 (25,0 %). Всего при отработке сильвинитовых пластов зафиксировано 24 ГДЯ, что составляет 75 % от общего числа газодинамических явлений.

На рис. 1 представлено распределение количества газодинамических явлений при отработке сильвинитовых пластов по месту их проявления. Наибольшее число ГДЯ произошло из кровли горных выработок – 14 (58,4 %), из забоя выработок зафиксировано 6 ГДЯ (25,0 %), из почвы – 2 (8,3 %) и из стенок горных выработок – 2 (8,3 %). Особо следует обратить внимание на тот факт, что для предотвращения газодинамических явлений из забоя и стенок горных выработок при отработке сильвинитовых пластов АБ и В, которые составляют 42 % от общего числа ГДЯ, защитные мероприятия вообще не применяются [1]. В то же время газодинамические явления из забоя и стенок горных выработок представляют серьезную угрозу жизни шахтеров и являются не чем иным, как отжимами призабойной части пород, которые сопровождаются звуковыми эффектами,

Рис. 1. Распределение газодинамических явлений

разрушением с выносом породы в горную выработку и имеют интенсивность, не превышающую нескольких тонн [2–5].

Детальный анализ случаев отжимов призабойной части пород показал, что все они приурочены к геологическим трещинам и находятся в непосредственной близости от выделенных на территории рудника зон природной трещиноватости. Наибольшее количество природных трещин обнаружено на шахтном поле рудника СКПРУ-3 (рис. 2).

Рис. 2. Зоны трещиноватости

В процессе подземной отработки Новосоликамского участка в разные годы были встречены отдельные трещины, группы трещин и даже протяженные участки развития разрывов в соляной толще. К настоящему времени вскрыты новые трещины и участки их проявления, что позволяет дополнить имеющуюся информацию о разрывных нарушениях, развитых в пределах горного отвода [6, 7]. Большинство имеющихся на месторождении трещин группируются в пять участков, или зон, которые имеют линейную форму и характеризуются различным простиранием. Часть из них находится в пределах уже отработанных блоков, другие не вскрыты полностью.

Первая зона имеет северо-западное простирание и локализована в пределах третьей, шестой панелей. Вторая зона се-

веро-западного простирания проходит через шестую и восьмую панели. Третья зона, характеризующаяся северо-восточным простиранием, вскрыта в последние годы и специальными исследованиями не охватывалась. Четвертая зона субмеридианального простирания изучена наиболее полно. Пятая зона имеет северо-восточное простирание и, возможно, является продолжением третьей зоны.

Так, по данным В.В. Аникина, главная система трещин, являющаяся субмеридианальной, вскрыта непосредственно горными выработками [8]. К ней приурочена согласная система более мелких трещин. Одновременно выделяются и оперяющие, ортогональные трещины субширотной ориентации. Как показывает практика ведения горных работ на таких участках, при вскрытии каждой геологической трещины отмечаются хлопья, выбросы породной мелочи и собственно отжимы призабойной части пород. На рис. 3 показано пространственное расположение трещин в районе газодинамического явления.

Первые представлены одиночными открытыми субвертикальными трещинами, имеющими длину до 100 м и более. Ширина раскрытия трещин обычно не превышает 1,5 см. Такие трещины секут серию пластов. Вторые представлены системой открытых трещин. Эти трещины имеют длину порядка нескольких

Рис. 3. Пространственное расположение трещин в районе ГДЯ

десятков метров, ширину раскрытия — до 3–4 см, расстояние между трещинами составляет 5–10 м. Кроме того, существуют внутрипластовые трещины меньшего размера, обнаруженные в пластах КрП и АБ.

На рис. 4 показан один из отжимов призабойной части пород на СКПРУ-3. Большую опасность для горных работ представляют отдельные открытые и протяженные трещины и зоны трещиноватости.

Рис. 4. Пример отжима призабойной части пород

Вопросу прогнозирования распространения зон трещиноватости для условий центральной части Верхнекамского месторождения калийных солей посвящен ряд работ сотрудников лаборатории механики горных пород Горного института УрО РАН. Возможность образования в соляной толще трещин субвертикальной ориентации оценивалась на качественном уровне по следующим показателям: наличие растягивающих напряжений или деформаций растяжения, максимальные значения безразмерного параметра, характеризующего условие Кулона – Мора [9]. Карта развития показана на рис. 5.

Рис. 5. Прогнозные зоны трещиноватости

На карте видно, что большинство геодинимических явлений, зафиксированных на территории рудника СКПРУ-3, попадают в область возможных геологических нарушений, выделенную по деформациям растяжения и критерию Кулона – Мора, а один из случаев попадает в зону, выделенную по растягивающим напряжениям.

Физико-механические свойства горных пород оказывают огромное влияние на все процессы, протекающие в массиве. На рис. 6 показано распределение предела прочности на одноосное сжатие по пласту АБ на территории шахтного поля рудника СКПРУ-3. Можно заметить, что предел прочности на одноосное сжатие в местах ГДЯ колеблется от 19 до 22 МПа.

Учитывая все вышеперечисленные условия, можно сказать, что имеющаяся

Рис. 6. Распределение предела прочности на сжатие

природная трещиноватость, прогнозные кары развития ослабленных зон и относительно невысокий предел прочности на сжатие оказали влияние на развитие ГДЯ, что подтверждается местоположением последних на данных участках шахтного поля СКПРУ-3.

Таким образом, при отработке локальных участков шахтных полей, содержащих открытые трещины и системы трещин, необходимо применять мероприятия по предотвращению газодинамических явлений из забоя и стенок горных выработок [10, 11]. В настоящее время основным мероприятием по защите от поражающих факторов отжимов призабойной части пород является оборудование проходческих комбайнов оградительными щитами, которые должны выполнять функцию защиты шахтеров от травмирования мелкими породными фракциями [12]. Однако практика ведения горных работ на калийных пластах, опасных по ГДЯ, свидетельствует о недостаточной эффективности применения ограждающих щитов. Неоднократно при отжимах призабойной части пород отмечались случаи разрушения ограждающих щитов и выноса разрушенной породы в призабойное пространство горной выработки. Таким образом, проблема газодинамических явлений из забоя и стенок горных выработок при отработке сильвинитовых пластов АБ и В требует самого пристального внимания ученых и горняков-практиков.

Применительно к конкретным условиям разработки сильвинитовых пластов АБ и В в условиях рудников ОАО «Сильвинит» предотвращение газодинамических явлений из забоя горных выработок возможно осуществить с помощью дегазационных скважин [13]. Способ будет заключаться в пересечении забоем горизонтальной или наклонной скважины плоскости трещины, заполненной газом под давлением, обеспечивающем фильтрацию газа из очага в выработку по стволу скважины. Этот способ предотвращения газодинамиче-

ских явлений из забоя следует рассматривать как защитное мероприятие, действующее в призабойной зоне горной выработки.

При разработке технологических схем дегазации соляного породного массива впереди забоя горной выработки использовался опыт дегазации пород газоносной и выбросоопасной глинисто-карналлитовой пачки ГКП III калийного горизонта в условиях рудника 4 РУ РУП ПО «Беларуськалий» [14, 15]. В условиях рудника 4 РУ при пересечении (ГКП) на комбайне «Урал-10КС» с обеих сторон были установлены электрогидравлические буры ЭБГП-1 и через смотровые окна оградительного щита осуществлялось бурение двух опережающих дегазационных скважин длиной 8–10 м. Из дегазационных скважин неоднократно отмечались газовыделения различной интенсивности, выбросы штыба и буровой мелочи, однако ГДЯ не происходили.

Технологическая схема дегазации соляных пород впереди забоя при проходке выработок субмеридианального направления на участках развития систем трещин представлена на рис. 7. На комбайне предлагается установить два электрогидравлических бура, обеспечивающих бурение скважин. Параметры опережающего дегазационного бурения следующие: количество скважин – 2 шт.; длина скважин 10–12 м; неснижаемое опережение забоями скважин забоя выработки – 1 м; угол наклона скважин к вертикали – 5°; угол наклона скважин к горизонтали – 3–5°.

Технологическая схема: сначала производится бурение двух опережающих дегазационных скважин на глубину 10–12 м, затем осуществляется проходка выработки на интервал, обеспечивающий неснижаемое опережение забоями скважин забоя выработки на 1 м. Далее цикл бурения и проходки повторяется.

Технологическая схема дегазации соляных пород впереди забоя при проходке

Рис. 7. Технологическая схема дегазации соляных пород впереди забоя при проходке выработок субмеридианального направления на участках развития систем трещин

Рис. 8. Технологическая схема дегазации соляных пород впереди забоя при проходке выработок субширотного направления на участках развития систем трещин

выработок субширотного направления на участках развития систем трещин представлена на рис. 8. На комбайне предлагается один электрогидравлический бур, обеспечивающий бурение скважин. Параметры опережающего дегазационного бурения следующие: количество скважин – 1 шт.; длина скважины 10–12 м; неснижаемое опережение забоями скважин забоя выработки – 1 м; угол наклона скважин к вертикали – 5° ; угол наклона скважин к горизонтали – $3\text{--}5^\circ$. Технологическая схема: сначала производится бурение опережающей дегазационной скважины на глубину 10–12 м, затем осуществляется проходка выработки на

интервал, обеспечивающий неснижаемое опережение забоями скважин забоя выработки на 1 м. Далее цикл повторяется.

Применение данных схем дегазационных работ позволит исключить такие газодинамические явления, как внезапные отжимы призабойной части пород, сопровождающиеся выносом разрушенной породы в призабойное пространство, газовыделением и ударной воздушной волной, что позволит повысить безопасность ведения горных работ на участках шахтных полей калийных рудников с развитыми системами геологических трещин.

Список литературы

1. Андрейко С.С. Механизм образования очагов газодинамических явлений в соляном породном массиве: моногр. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 196 с.
2. Андрейко С.С., Калугин П.А., Щерба В.Я. Газодинамические явления в калийных рудниках: генезис, прогноз и управления. – Минск: Выш. шк, 2000. – 335 с.
3. Hoffmann K. Gasanalitische Untersuchungen der Salzgas des Sudharz – und Werragebiets. – Bergakad, 1963. – S. 19–27.
4. Wolf H. Zur Aerodinamir der plotzlichen Ausbruche von Salz und Gas im Werra-Kalibergbau. Dissertation / Techn. Universiat. – Dresden, 1965. – 165 s.
5. Wolf H. Aerodinamische Wirkungen der bei Ausbruchen von Salz und Gas freiwerdenen. Zur Aerodinamir der plotzlichen Ausbruche von Salz und Gas im Werra-Kalibergbau. Dissertation / Techn. Universiat. – Dresden, 1965. – 165 s.
6. Кудряшов А.И. Основные черты геологического строения Верхнекамского калийного месторождения // Повышение эффективности разработки Верхнекамского калийного бассейна. – Пермь: Кн. изд-во, 1986. – С. 6–20.
7. Корочкина О.Ф., Кудряшов А.И. Системы трещин в соляной толще Верхнекамского месторождения калийных солей // Проблемы комплексного изучения водозащитной толщи на месторождениях калийных солей. – Пермь, 1991. – С. 16–42.
8. Аникин В.В. Исследование и прогноз изменчивости механических свойств соляных пород Верхнекамского месторождения: дис. ... канд. техн. наук / Горн. ин-т УрО РАН. – Пермь, 2008. – 20 с.
9. Федосеев А.К. Прогноз развития зон природной трещиноватости в центральной части Верхнекамского месторождения калийных солей // Материалы ежегод. науч. сессии / Горн. ин-т УрО РАН. – Пермь, 2007. – 4 с.
10. Thomas R.L., Martinez J.D. Blowouts in domal salt. Fifth. Simp. Salt. Vol. 1: Invol., Geol., Tectonics, Mineral., Geochem., Dry Mining, Rock Mech. – 1980. – P. 405–411.
11. Boffcher W. Die Gefahr von Kohlensaureausbruchen im hessischen Kalisalzbergbau // Gluckanf. – 1992. – Vol. 128, № 3. – S. 208–213.
12. Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках Верхнекамского калийного месторождения. – М.: Недра, 1992. – 468 с.
13. Андрейко С.С., Шаманский Г.П. Мероприятия по предупреждению газодинамических явлений в калийных рудниках // Повышение безопасности горных работ в угольной промышленности (борьба с внезапными выбросами и горными ударами). – М., 1978. – С. 7–9.
14. Проскуряков Н.М., Фомина В.Д., Рожков В.К. Газодинамические явления на Солигорских калийных рудниках. – Минск: Полымя, 1974. – 212 с.
15. Нормативные и методические документы по ведению горных работ на Старобинском месторождении калийных солей. – Минск, 1995. – 213 с.

References

1. Andrejko S.S. Mexanizm obrazovaniya ochagov gazodinamicheskix yavlenij v solyanom porodnom massive [The mechanism of formation centers of of gasdynamic phenomena in salt rock mass]. Permskij gosudarstvennyi texnicheskij universitet, 2008. 196 p.
2. Andrejko S.S., Kalugin P.A., Shherba V.Ya. Gazodinamicheskie yavleniya v kalijnyx rudnikax: genezis, prognoz i upravleniya [Gasdynamic phenomena in potash mines: genesis, prognosis and management]. Minsk: Vyshe'jshaya shkola, 2000. 335 p.
3. Hoffmann K. Gasanalitische Untersuchungen der Salzgas des Sudharz und Werragebiets. Bergakad, 1963, pp. 19–27.
4. Wolf H. Zur Aerodinamir der plotzlichen Ausbruche von Salz und Gas im Werra-Kalibergbau. Dissertation. Dresden: Techn. Universiat, 1965. 165 p.
5. Wolf H. Aerodinamische Wirkungen der bei Ausbruchen von Salz und Gas freiwerdenen. Zur Aerodinamir der plotzlichen Ausbruche von Salz und Gas im Werra-Kalibergbau. Dissertation. Dresden: Techn. Universiat, 1965. 165 p.
6. Kudryashov A.I. Osnovnye cherty geologicheskogo stroeniya Verxnekamskogo mestorozhdeniya kalijnogo mestorozhdeniya [The main features of the geological structure of Verkhnekamskoye potash deposit]. *Povyshenie effektivnosti razrabotki Verxnekamskogo kalijnogo bassejna*. Perm: Knizhnoe izdatel'stvo, 1986, pp. 6–20.

7. Korochkina O.F., Kudryashov A.I. Sistemy treshhin v solyanoy tolshhe Verkhnekamskogo mestorozhdeniya kalijnyx solej [Fracture system in hydrochloric thicker Verkhnekamskoye potash field]. *Problemy kompleksnogo izucheniya vodozashhitnoj tolshhi na mestorozhdeniyax kalijnyx solej*. Perm, 1991, pp. 16–42.
8. Anikin V.V. Issledovanie i prognoz izmenchivosti mexanicheskix svoystv solyanyx porod Verkhnekamskogo mestorozhdenii [Research and forecast variability of the mechanical properties of salt rocks Verkhnekamskoye field]. Abstract of the thesis of the candidate of technical sciences. Perm: Gornyj Institut Uralskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk, 2008. 20 p.
9. Fedoseev A.K. Prognoz razvitiya zon prirodnoj treshhinovosti v central'noj chasti Verkhnekamskogo mestorozhdeniya kalijnyx solej: [Forecast of development of natural fracture zones in the central part Verkhnekamskoye potash field: *Materialy ezhegodnoj nauchnoj sessii*. Perm: Gornyj institut Ural'skogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk, 2007. 4 p.
10. Thomas R.L., Martinez J.D. Blowouts in domal salt. *Fifth. Simp. Salt. Vol. 1. Invol., Geol., Tectonics, Mineral., Geochem., Dry Mining, Rock Mech.*, 1980, pp. 405–411.
11. Boffcher W. Die Gefahr von Kohlensaureausbruchen im hessischen Kalisalzbergbau. *Gluckauf*, 1992, vol. 128, no. 3, pp. 208–213.
12. Metodicheskoe rukovodstvo po vedeniyu gornyx rabot na rudnikax Verkhnekamskogo kalijnogo mestorozhdeniya [Methodological guide for conducting mining operations at the mines of Verkhnekamskoe potash deposit]. Moscow: Nedra, 1992. 468 p.
13. Andrejko S.S., Shamanskij G.P. Meropriyatiya po preduprezhdeniyu gazodinamicheskix yavlenij v kalijnyx rudnikax [Measures for the prevention of gas-dynamic phenomena in the potash mines]. *Povyshenie bezopasnosti gornyx rabot v ugol'noj promyshlennosti (bor'ba s vnezapnymi vybrosami i gornymi udarami)*. Moscow, 1978, pp. 7–9.
14. Proskuryakov N.M., Fomina V.D., Rozhkov V.K. Gazodinamicheskie yavleniya na Soligorskix kalijnyx rudnikax [Gasdynamic phenomena on Soligorsk potash mines]. Minsk: Polymya, 1974. 212 p.
15. Normativnye i metodicheskie dokumenty po vedeniyu gornyx rabot na Starobinskom mestorozhdenii kalijnyx solej [Normative and methodical documents of mining operations at the Starobin deposit of potassium salts]. Minsk, 1995. 213 p.

Об авторе

Нестеров Егор Анатольевич (Пермь, Россия) – ассистент кафедры подземной разработки месторождений полезных ископаемых Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: mine_egor@mail.ru).

About the author

Nesterov Egor Anatol'evich (Perm, Russia) – assistant of the exploitation of mineral deposits department, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolskiy ave., 29; e-mail: mine_egor@mail.ru).

Получено 28.02.2013