

УДК 622.012.2

К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ЛАВАХ РУДНИКОВ СТАРОБИНСКОГО КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Мисников В.А.^{1,2}, Шаманин А.В.¹, Петровский Б.И.^{1,2}, Тараканов В.А.³,
Гарнишевский А.А.¹**

¹ ЧУП «Институт горного дела», г.Солигорск,

² Филиал БНТУ, г.Солигорск, ³ ОАО «Беларуськалий», г.Солигорск, Беларусь

Рассмотрены возможности применения некоторых методов контроля состояния горного массива при отработке его лавами в условиях Солигорских калийных рудников. Сделан вывод о необходимости использования для разработки достоверных методов прогноза динамических обрушений кровли в лавах комплексного мониторинга, включающего как контроль за пригрузками крепи, так и геодинамическое районирование шахтных полей, позволяющее на стадии проектирования, планирования ведения горных работ выделить особо опасные участки и предусмотреть мероприятия, повышающие безопасность их отработки.

При производстве подземных горных работ в длинных очистных забоях рудников Старобинского калийного месторождения нередко возникают динамические проявления горного давления в виде внезапных обрушений кровли с посадкой забойной крепи «нажестко» [1]. Единого мнения о природе этих явлений пока не выработано. Существующие гипотезы формирования горного давления оказались не способными объяснить причины и построить математическую или физическую модель, адекватно описывающую происходящие в кровле лав процессы. Это объяснялось особенностями поведения соляных пород под нагрузкой, а также мелкослоистым их строением и неравномерностью прочностных свойств пород кровли по высоте. В то же время, благодаря использованию гипотез балок, плит были найдены способы, позволяющие уменьшить интенсивность динамических проявлений горного давления [2].

В результате шахтных исследований [3] были найдены эмпирические зависимости между определенными факторами и возникновением динамических проявлений горного давления. Так установлено, что одним из основных факторов является скорость подвигания лавы. Другими факторами являются отход от монтажного штрека и подход к демонтажному штреку, переход выработок, пересекающих выемочный столб, величина изрезанности краевой части выемочного столба выработками. Для нижних слоевых лав влияющим фактором также явилось наличие в выемочном столбе участков с длительными остановками верхних лав.

Хотя выявление этих факторов не объяснило до конца истинную причину возникновения динамических ударов, но позволило повысить безопасность ведения работ вследствие усиления внимания к ним произ-

водственников. Вместе с тем, опытным путем пришли к необходимости осуществления автоматизированного контроля за пригрузкой гидрокрепи в очистных забоях. С 2000 года по настоящее время более 45 лав на рудниках месторождения отработало с установленными на гидростойки крепи системами контроля давления КоДаК [4]. Однако достоверность прогноза динамических проявлений горного давления, осуществляемого этими системами, была низка, что объяснялось малым количеством датчиков давления (до 10 штук), наведенными помехами при передаче аналогового сигнала от датчиков к контроллеру.

Для повышения достоверности прогноза в 2008 г. совместно с фирмой EMAG (Польша) была разработана и испытана на лаве 9а-1 рудника 4 РУ ОАО «Беларуськалий» система мониторинга пригрузок секций крепи MOPS, состоящая из 26 цифровых датчиков давления, подключаемых к промышленному компьютеру через общую магистраль [5]. За время испытаний была получена информация об изменении несущей способности стоек секций забойной крепи для 250 очистных циклов. Полученные данные показали, что в 20 % из всех гидростоек, выбранных для установки датчиков, давление срабатывания предохранительных клапанов было ниже номинального на 17-38 %. По результатам испытаний сделан вывод о том, что при разработке алгоритма прогноза опасных обрушений кровли необходимо обязательно учитывать фактическое состояние забойной гидрокрепи и настройку каждого из предохранительных клапанов.

Известно, что состояние забойной гидрокрепи является одним из важных факторов, влияющих на характер и интенсивность динамических проявлений горного давления. Однако систематических исследований изменения работоспособности гидрокрепи для всего лавокомплекта в процессе его эксплуатации в условиях динамических пригрузок кровли не проводилось, и количественно оценить роль этого фактора до недавнего времени не представлялось возможным. Однако в настоящее время это уже можно осуществить. Данный фактор может быть подконтрольным при установке датчиков давления на каждую гидростойку крепи, при этом непрерывный мониторинг всех гидростоек должен осуществляться с момента отхода лавы от монтажного штрека. В 2012 году такая система мониторинга гидростоек крепи была апробирована фирмой FAMUR (Польша) на лаве 12н-1 рудника 3 РУ. Беспроводными цифровыми датчиками давления системы мониторинга FAMAC RSPC [6] была оснащена каждая из гидростоек расположенных последовательно 30 секций забойной крепи. Данные, полученные с 60 датчиков давления в стойках крепи позволили увидеть причины низкой достоверности сигнализации об опасных обрушениях кровли в системе КоДаК. Установлено, что даже в одной секции выход на номинальное давление у соседних стоек может

значительно отличаться. Недостовверная настройка или неисправность клапанов на стойках с установленными датчиками или на соседних стойках приводит к ложному срабатыванию сигнализации об опасном обрушении кровли.

Очевидно, осуществление мониторинга каждой гидростойки позволит получить новые знания о характере взаимодействия крепи с кровлей. Однако этот подход на наш взгляд не может дать гарантию того, что будут учтены все основные факторы и достоверность прогноза существенно повысится. Есть большая вероятность того, что для осуществления прогноза потребуется учитывать еще больше факторов, что может существенно усложнить алгоритм прогноза.

Анализ работ, посвященных вопросу прогнозирования динамических проявлений горного давления показал, что в последнее десятилетие активно развивается геодинамическое направление [7, 8], затрагивающее смежные с геомеханикой недр вопросы строения нашей планеты [9]. Согласно этому подходу массивы горных пород представлены блочно-иерархическими структурами, которые в процессе колебаний создают медленные волны маятникового типа, вызывающие катастрофические явления (землетрясения, горные удары). С наличием таких колебаний и влиянием их на поземные и наземные сооружения сегодня соглашается большинство исследователей-геомехаников, о чем свидетельствуют монографии [7 - 9], ежегодные международные конференции по этой тематике, проводимые с 2009 г. под эгидой СО РАН.

В соответствии с этим подходом на каждом месторождении имеются геодинамически активные структуры, которые несут риски возникновения горных и горно-тектонических ударов, внезапных выбросов, внезапных обрушений кровли, и других опасных событий и явлений геодинамической природы [7, 10]. Зоны сопряжения геодинамически активных структур представляют собой наиболее опасные участки недр, характеризующиеся самыми высокими рисками развития опасных геодинамических процессов и явлений, проявления горных и горно-тектонических ударов на подземных горных работах, развития крупных оползней и обрушений в бортах карьеров.

В России в результате проведенного к настоящему времени крупномасштабного геодинамического районирования территорий основных горнодобывающих бассейнов, угольных месторождений и рудных полей в основном уже установлены геодинамически активные структуры высших рангов. В «Руководстве по геодинамическому районированию шахтных полей», разработанном ВНИМИ [10], акцентируется внимание на районировании шахтных полей для выделения активных структур более низких рангов с учетом особенностей строения недр. Во многом меняют приори-

теты в вопросах обеспечения безопасности подземных горных работ и новые нормативные документы, ориентируя их на использование интеллектуальных систем получения и управления информацией на основе использования современных технических средств телекоммуникации. Они предполагают разработку единого комплекса контролируемых параметров горной среды, критериев и регламента управления этим состоянием технологией горных работ.

О необходимости применения комплексного подхода при создании систем контроля состояния массива указано в рекомендациях, разработанных ведущими научно-исследовательскими институтами России и Украины [11, 12].

В соответствии с данными рекомендациями нами была предпринята попытка оценить возможность и необходимость применения комплексного подхода к прогнозированию динамических проявлений горного давления для Старобинского месторождения.

Следует отметить, что аналогичные попытки осуществлялись и раньше. Отмечалось, что одним из факторов, влияющих на изменения характера обрушения кровли, является высокая изменчивость горно-геологических условий. С ней производственники сталкивались при обработке определенных участков шахтного поля. Данную изменчивость сотрудники ЧУП «Институт горного дела» предложили определять с помощью кернового бурения в кровлю на 20 м с последующим проведением прочностных испытаний извлеченного материала [2]. По результатам этих описаний определяется тип обрушаемости кровли, что используется при выборе мероприятий по снижению интенсивности динамических проявлений горного давления в лавах Второго и Третьего калийных горизонтов рудников месторождения. Всего в 2008-2012 г. было пробурено более 200 скважин эксплуатационной разведки диаметром 70 мм и длиной 12 – 20 м, изготовлено и использовано для бурения более 250 буровых коронок. Полученные в результате испытаний и анализа кернового материала данные позволили более обоснованно выбирать технологию отработки оставшихся запасов, разрабатывать мероприятия по снижению динамики.

В процессе накопления опыта по бурению скважин эксплуатационной разведки периодически возникали вопросы о различиях в степени целостности кернового материала из разных скважин. Эти различия зависели не от времени проведения выработок, влияния горных работ, а также определялись и другими, не учитываемыми в традиционном геомеханическом подходе факторами. Очевидно, что оценка напряженно-деформированного состояния соляных пород по выходу керна может представлять большой научный и практический интерес. Практика бурения разведочных скважин в геодинамически активных зонах показывает

[13], что выход kernового материала из них весьма несущественен. Однако для использования данного метода оценки состояния массива необходимо исключить технологический фактор, что сделать не просто. В процессе резания осуществляется износ буровых коронок, а как показала практика, каждая из промышленно изготавливаемых коронок имеет свои уникальные характеристики, которые после очередной заточки меняются.

Наряду с методом kernового бурения нами осуществлялся поиск других методов. Некоторые из методов оценки состояния массива были апробированы на месторождении при непосредственном участии или с помощью специализированных, научных организаций: ИИТ «ЕМАГ» (Польша), ОАО «ВНИМИ» и НПО «Геофизпрогноз» (Санкт-Петербург, Россия), ЗАО "Электронные технологии и метрологические системы" (Москва), ОАО «Белгорхимпром», (Солигорск, Беларусь).

В качестве основного был принят метод контроля пригрузок секций крепи с помощью цифровых датчиков и современной шахтной аппаратуры регистрации и анализа данных. С этой задачей могут справиться как проводные системы мониторинга типа MOPS [5], так и новые беспроводные системы типа FAMAC RSPC [6].

В качестве дополнительных были апробированы методы сейсмотомографии выемочного столба, спектральной сейсмоакустики, естественной электромагнитной эмиссии (ЕЭМИ), оценки сейсмической активности.

Методы сейсмотомографии выемочного столба, апробированные с помощью польских и белорусских геофизиков, показали себя как перспективные, позволяющие выявить участки поля с аномальными сейсмическими свойствами с использованием нескольких параметров (скорость, амплитуда, энергия волн, модуль упругости, коэффициент Пуассона и др.), более десятка методов интерпретации, фильтрации данных.

Метод естественной электромагнитной эмиссии (ЕЭМИ) при исследовании в лавах и подготовительных выработках показал себя малоинформативным и нуждающимся в совершенствовании как самой аппаратуры, так и методики измерений.

Метод оценки сейсмической активности продолжает проходить испытания. В процессе испытаний в августе-сентябре 2013г. с помощью сейсмостанции ZET048-C было зарегистрировано три крупных обрушения кровли в лаве 38н рудника 2 РУ. Сейсмосигнал, полученный при этих событиях, имеет знакопеременную форму и длительность, достигающую 100 секунд. Определение периодичности возникновения, местоположения и энергии этих сейсмособытий, на наш взгляд, позволит располагать информацией, существенно дополняющей данные мониторинга пригрузок крепи, происходящих в одно время.

Наиболее перспективным из дополнительных методов, на наш взгляд, является метод спектральной сейсмоакустики [13]. Установлено, что этот метод довольно информативен и с малыми затратами может позволить выявлять признаки и границы сдвиговых тектонических нарушений, обусловленные сменой литотипа. Закартированы признаки геодинамически активных зон, при пересечении которых в подземных условиях могут наблюдаться внезапные вывалообразования в кровле. В случае положительных результатов при подтверждении документально зафиксированных пригрузок на крепь выработок в местах неблагоприятного прогноза данный метод после доработки методики исследований вполне может быть применен для определения геодинамически активных зон на стадии перспективного прогноза.

Перспективными могут быть и методы газометрии, сейсмоакустики, испытания которых запланированы в будущем. По газометрии имеются предложения ИИТ «ЕМАГ» о включении датчиков измерения метана, водорода в общую систему мониторинга пригрузок крепи. Наиболее современной системой для сейсмоакустического метода прогноза сегодня является FAMAC GEO [6], которую предполагается опробовать в интеграции с системой FAMAC RSPC.

Предложенный подход к формированию комплексной системы мониторинга горного давления в лавах калийных рудников Старобинского месторождения позволит, на наш взгляд, получить необходимую информацию для дальнейшего совершенствования методов прогноза динамических осадок кровли.

Литература

1. Анализ случаев динамических проявлений основной кровли на призабойное пространство лав при слоевой выемке Третьего калийного пласта / В.А.Губанов, Б.А.Волков, Б.И.Петровский и др.// Горная механика. -Солигорск: Изд. СИПР с ОП. – 1999. – № 2. – с. 12-16.
2. Инструкция по применению систем разработки на Старобинском месторождении. – Солигорск-Минск, 2010 г. – 152 с.
- 3 Взаимодействие механизированных крепей с кровлей при разработке Старобинского месторождения калийных солей / Б.И. Петровский, В.А. Губанов. - М.: Изд-во МГТУ. - 2003.- 149 с.
4. Гавриков, А.А. Новая автоматизированная система контроля горного давления в очистных забоях и перспективы развития технологии управления кровлей лав /А.А.Гавриков, Ю.П. Волчок, А.Н.Курчевский и др. // Горное оборудование из электромеханика.– № 6. – 2008. – с.7-14.
5. Результаты опытных испытаний системы мониторинга пригрузок секций крепи МОПС / В.Я.Щерба, В.А.Мисников, Б.И.Петровский и др. // Горная механика. – 2009. – № 1. – С.14-26.
6. FAMUR, системы диагностики [Электронный ресурс] <http://famur.com.pl/ru/predlozenie/e-sahta/sistemy-diagnostiki.html>

7. Методы и системы сейсмодеформированного мониторинга техногенных землетрясений и горных ударов: Том 1 / В. Н. Опарин и др. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. — 304 с.
8. Гуфельд И.Л. Сейсмический процесс. Физико-химические аспекты. Научное издание. Королёв, М.О.: ЦНИИМаш, 2007. - 160 с.
9. Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). – М.: Агар, 2005. – 243 с.
10. Руководство по геодинамическому районированию шахтных полей. Санкт-Петербург, ВНИМИ, 2012. – 114 с.
11. Методические указания по созданию систем контроля состояния горного массива и прогноза горных ударов как элементов многофункциональной системы безопасности угольных шахт. СПб.: ВНИМИ, 2012. - 82с.
12. Методическое пособие по комплексной геофизической диагностике породного массива и подземных геотехнических систем - Днепропетровск, ИГТМ НАН им. Н.С. Полякова НАН Украины, 2004. - 75 с.
13. ООО «НТФ «Геофизпрогноз» [Электронный ресурс] <http://www.newgeophys.spb.ru/>

УДК 622.012.2.

КОНТРОЛЬ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗАБОЙНОЙ КРЕПИ С ПОМОЩЬЮ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ДАВЛЕНИЯ FAMAC RSPC

Кродкевски Й., Вальчински А., Псюк М.
ФАМУР, Катовице, Польша

В статье обсуждена проблема комплексного контроля пригрузки механизированной крепи. Представлены избранные результаты опытных испытаний беспроводной системы мониторинга давления типа FAMAC RSPCб, проведенных АО FAMUR. Испытания проводились с июля по декабрь 2012 г., в лаве № 12н-1 Рудника 3 РУ. Сделан вывод, что для достоверного контроля горного давления и вероятного предупреждения об опасных обрушениях кровли необходимым является мониторинг давления во всех гидростойках лавового комплекса.

Одним из основных условий безопасной работы коллектива и безаварийной работы комплекса лавы является правильная защита кровли выработки, с помощью секций механизированной крепи. Соблюдение этого условия зависит от правильного подбора крепи, технического состояния системы сопротивления, а прежде всего от правильного предварительного сопротивления забойной крепи [1, 2].

В горной промышленности развивающихся стран, таких как, напр. Польша или страны бывшего СССР большинство механизированных комплексов оборудовано традиционными системами управления, в которых предварительное сопротивление секций сильно зависит от правильного обслуживания. В таких комплексах единственным источником информации о сопротивлении секций являются установленные в стойках маномет-