© Е.В. Глушенков, 2006

УДК 622.831

Е.В. Глушенков

СНИЖЕНИЕ ПОЖАРООПАСНОСТИ ПРИ ОТРАБОТКЕ МОЩНЫХ КРУТЫХ ПЛАСТОВ КУЗБАССА

Неделя горняка-2005 семинар № 11

К числу наиболее важных проблем стоящих перед горнодобывающими предприятиями относится проблема предотвращения эндогенных пожаров. Решение данной проблемы наиболее актуально для шахт Про-копьевско-Киселевского района Кузбасса, ведущих отработку мощных крутонаклонных и крутых пластов, склонных к самовозгоранию. Возникающие эндогенные пожары приводят к потерям подготовленных запасов полезного ископаемого, величина которых достигает 400 тыс. т на 1 пожар, что наносит значительный экономический ущерб горнодобывающему предприятию и может являться причиной полной остановки его работы. Кроме того, необходимо отметить, что даже после ликвидации пожара возникают опасные условия для труда горнорабочих, при отработке выемочных участков смежных как по падению, так и по простиранию.

Анализ имеющихся данных о зарегистрированных эндогенных пожарах позволил провести их дифференциацию по пластам. Установлено, что наибольшее число случаев самовозгорания угля связано с отработкой пластов: Мощный (до 40 %), Горелый (до 25 %), IV Внутренний (до 25%) и Двойной (до 15 %) (рис. 1), на долю данных приходится более 60 % всех запасов месторождения.

Тенденция к уменьшению числа пожаров, прослеживаемая при анализе динамики зарегистрированных эндогенных пожаров, является следствием закрытия в период с 1992 по 1998 год, ряда угледобывающих предприятий, а именно 6 из 12 шахт

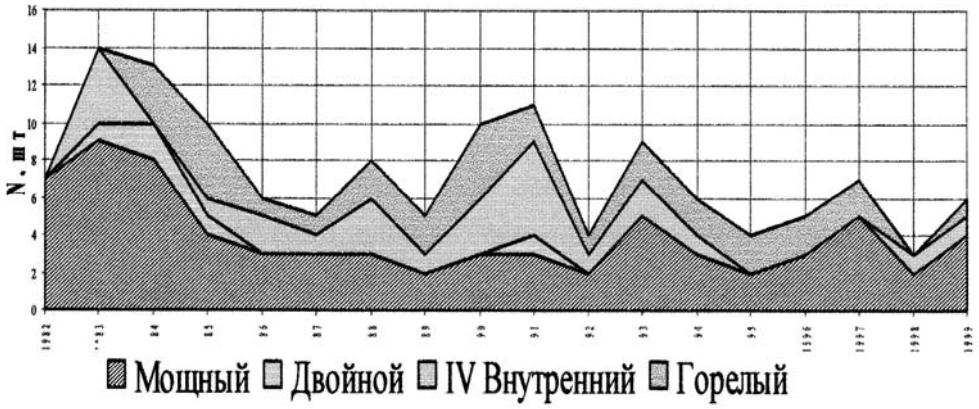

Рис. 1. Динамика эндогенных пожаров по основным разрабатываемым пластам

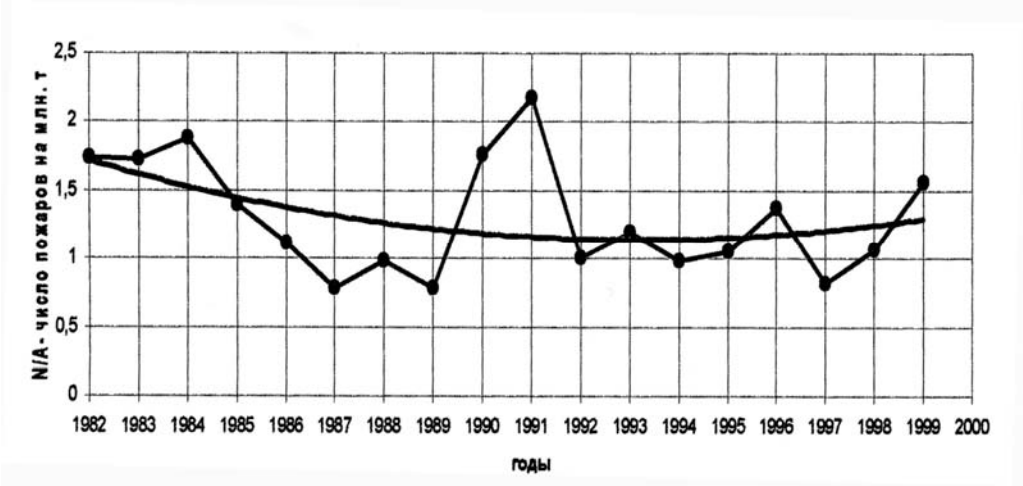

Рис. 2. Динамика возникновения эндогенных пожаров (на 1 млн т добычи угля)

ООО "УК Прокопьевскуголь", и сокращения, таким образом, интенсивности эксплуатации месторождения. Однако, количество пожаров на 1 мнл т (рис. 2) не только не уменьшилось, но даже с 97 года возросло.

Детальный анализ «Сведений об аварийных ситуациях возникших на предприятиях подконтрольных Госгортехнадзору РФ» показал, что независимо от применяемой системы разработки более чем 60 % случаев самовозгорания связаны с отступлением, в процессе ведения горных работ, от правил технической эксплуатации, а именно: несвоевременной и некачественной изоляцией выработанного пространства (40 %), превышением проектного времени отработки выемочных участков (связанного с инкубационным периодом самовозгорания) (15 %), подработкой . участков, на которых ранее были зафиксированы эндогенные пожары (10 %).

Необходимо отметить, что пожароопасность каждой системы разработки зависит не только от коэффициента извлечения полезного ископаемого, но и от характера обрушения вмещающих пород и скопления потерь полезного ископаемого в выработанном пространстве.

Проведенный анализ литературы по теме исследований и фактических случаев самовозгорания позволил выделить основные горно-геологические факторы, определяющие возможность самовозгорания угля: мощность пласта; сближенность пластов, угол падения, тектоническая нарушенность.

Главными горнотехническими факторами, влияющими на пожароопасность применяемых технологических схем, являются: способы вскрытия шахтного поля и подготовки выемочных полей и блоков, система разработки, схема проветривания [1, 2].

Необходимым условием возникновения эндогенного пожара является наличие разрушенного угля. При отработке мощных крутых пластов, образование скоплений разрушенного угля возможно как в выработанном пространстве отрабатываемых участков, вследствие потерь полезного ископаемого в процессе ведения очистных работ, так и у краевых частей межучастковых и межэтажных целиков - в результате их разрушения горным давлением [2]. Межэтажные целики являются источниками повышенной пожароопасности, вследствие

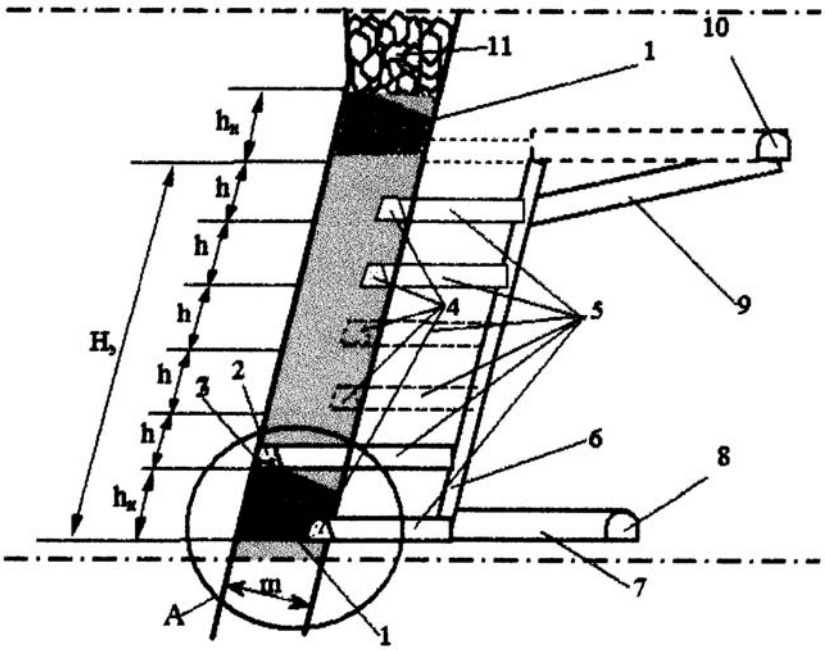

Рис. 3. Рекомендуемая технологическая схема отработки мощных пластов угля, склонных к самовозгоранию: *1* - закладочный массив; *2* - пластовый закладочный штрек; *3* - конвейер; *4* - подэтажные штреки; *5* - подэтажные квершлаги; *6* - грузолюдской ходок; *7* - этажный откаточный квершлаг отрабатываемого этажа; *8* - полевой этажный откаточный штрек; *9* - наклонный этажный вентиляционный квершлаг отрабатываемого этажа; *10* - полевой этажный вентиляционный штрек; *11* – обрушенные породы; $H_э$ - высота отрабатываемого этажа; h - наклонная высота подэтаже (кроме нижнего подэтажа); $h_н$ - наклонная высота n-го (нижнего) подэтажа; m - мощность пласта

того, что к определенному периоду ведения очистных работ они представляют собой концентрированные скопления разрушенного угля, через которые длительное время интенсивно просачивается воздух.

Учитывая все выше сказанное, нами рекомендуется следующая технологическая схема отработки мощных крутых пластов, склонных к самовозгоранию без оставления целиков угля между этажами (рис. 3):

Для этого первым в этаже отрабатывают нижний подэтаж с полным заполнением выработанного пространства нижнего подэтажа закладочным материалом, отработку остальных подэтажей в пределах этажа ведут последовательно в нисходящем порядке, начиная с верхнего подэтажа, при этом вначале в выработанное пространство отработанного подэтажа производят перепуск закладочного материала из вышерасположенного подэтажа, затем обрушившихся пород кровли, причем наклонную высоту нижнего подэтажа определяют из выражения:

$$h_{нп} > km / \sin\alpha,$$

где $h_{нп}$ - наклонная высота нижнего подэтажа; m – мощность пласта; k - коэффициент, учитывающий мощность пласта; α - угол падения пласта Выполнение данного условия позволяет обеспечить возможность более эффективного управления процессом перепуска обрушившихся вмещающих пород из выработанного пространства отработанных подэтажей в вы-

работанное пространство отрабатываемых подэтажей.

Кроме того, массив создаваемый из закладочного материала, должен исключить утечки воздуха (поступление кислорода) в выработанное пространство вышерасположенных подэтажей. С целью повышения полноты закладки выработанного пространства нижнего подэтажа, подэтажный откаточный штрек проходят в непосредственной близости от пород лежачего бока, по верхней границе подэтажа у кровли пласта проходят закладочный штрек по которому подается порода для закладки выработанного пространства, осуществляют выемку угля в заходках гидромонитором, до закладочного штрека и полную закладку выработанного прос-транства в пределах заходок пустыми породами, производят последовательно, при этом высоту выемки угля в заходках увеличивают в направлении от почвы пласта к закладочному штреку с формированием наклонной поверхности кровли в заходке, при этом угол наклона к горизонтальной плоскости наклонной поверхности кровли, принимают меньше угла естественного откоса закладочного материала.

Закладку выработанного пространства нижнего подэтажа, прилегающему к этажному откаточному штреку, можно производить любым из известных способов (пневматическим, гидравлическим и др.)

Закладочный массив, должен отвечать следующим основным требованиям: управляемость процесса перепуска закладочного материала в выработанное пространство отрабатываемого подэтажа; надежная изоляция выработанного пространства отработанных подэтажей от проникновения в него кислорода - воздуха из отрабатываемых подэтажей.

Основные научно и практические результаты работы:

1. Установлены зависимости влияния эндогенных пожаров на технико-экономические показатели шахт Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса

2. Установлены зависимости влияния основных горно-геологических и горно-технических факторов на статистическую вероятность самовозгорания.

3. Разработана схема для отработки пластов угля, склонных к самовозгоранию без оставления межэтажных целиков.

4. Обоснованы требования к технологическим схемам отработки мощных крутых пластов угля, склонного к самовозгоранию.

Использование разработанных рекомендаций в условиях Прокопьев-ско-Киселевского месторождения Кузбасса позволит обеспечить существенное уменьшение потерь угля (5-10 %), повысить эффективность перепуска обрушенных пород; снизить вероятность самовозгорания угля. Кроме того, необходимо отметить значительный социальный эффект от повышения безопасности очистных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ушаков К.З., Камдина Н.О.* Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело. М., МГТИ, 2002.

2. *Сидоренко А.А., Глушенков Е.В., Никитин Д.Ю.* Особенности проектирования технологических схем отработки мощных крутых угольных пластов, склонных к самовозгоранию. Санкт-Петербург, СЗТУ, 2003.

Коротко об авторах

Глушенков Е.В. – аспирант, Санкт-Петербургский государственный горный институт (ТУ), научный руководитель– профессор *Зубов В.П.*

© С.Л. Блохин, 2006

УДК 553:622.363.2

С.Л. Блохин

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ВОЗНИКАЮЩИХ НА ЗАВЕРШАЮЩЕЙ СТАДИИ МНОГОГОРИЗОНТНОЙ ОТРАБОТКИ КАЛИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Неделя орняка-2005 семинар № 11

Рационализация отработки запасов пластовых месторождений определяется видом полезного ископаемого и допустимой степенью его потерь в недрах при отработке. Разработку месторождений твердых полезных ископаемых можно разделить на два основных направления - пластовые и не пластовые. Основной отличительной особенностью пластовых месторождений является незначительность мощности (толщины) пласта по сравнению с двумя другими линейными размерами (простиранием и падением). При отработке всех типов пластовых месторождений (угольные, рудные, соляные и др.) имеют место свои характерные особенности, которые во многом определяют целесообразность использования той или иной технологии отработки запасов.

Одним из видов пластовых месторождений являются месторождения минеральных солей (натриевых, калийных, магниевых и др). Калийная промышленность как один из важнейших поставщиков первичного сырья для минеральных удобрений занимала, и будет занимать важное место в экономике сельскохозяйственных стран и в экономике стран располагающих запасами калийных солей. Высокая конкуренция на мировом и внутреннем рынке, ухудшение геологических условий определяют постоянную необходимость совершенствования техники и технологии добычи калийных солей при обеспечении долгосрочной, стабильной рентабельности горнодобывающих предприятий.

Разработка калийных месторождений обладает спецификой, определяемой свойствами добываемого сырья — калийных солей, а так же вмещающих их пород - каменной соли и соляно-мергелистых (глинисто-мергелистых) пород надсолевого комплекса. Основным свойством солей является их лёгкая растворимость в воде и ненасыщенных рассолах, что предопределяет требование непроникновения воды в горные выработки при подземном способе добычи, а соответственно обуславливает и определённые требования к применяемым на месторождении системам разработки.

Как показывает анализ мирового опыта отработка месторождений горнохимического сырья, данные горнодобывающие предприятия - это одно из наиболее экологически опасных горных производств, так как приблизительно 50 % таких предприятий «гибнет» не закончив отработку промышленных запасов, иногда на стадии строительства. Процессы, развивающиеся в массиве горных пород, приводят к нарушению водозащитной толщи, что влечёт за собой нарушение сплошности водозащитной толщи (до водоносных горизонтов), проникновению подземных вод в соляную толщу и как следствие, необратимое изменение гидрогеологии целых регионов. Кроме того «штатная» работа таких предприятий характеризуется экологическими «проблемами» присущими всем горнодобывающим предприятиям - изменение почвенного покрова (из-за подработки поверхности), загрязнение атмосферы и гидросферы.

Как отмечалось выше, основной проблемой, определяющей экономические аспекты работы предприятий при разработке калийных месторождений, является обеспечение незатопляемости калийных рудников. Так, выбор устойчивых параметров тех или иных элементов массива соляных пород должен отвечать не только требованиям обеспечения безопасных условий работы в выработках, но и условиям оптимизации работы предприятия в целом, например, таким, как: обеспечение оптимума извлечения руды из недр, обеспечение необходимой "технологичности" применяемой механизации при принятых параметрах элементов массива и др.

Основным направлением улучшения технико-экономических показателей отработки месторождений горно-химического сырья является увеличение коэффициента извлечения за счёт уменьшения размеров целиков, как при камерной системе разработки, так и при столбовой системе разработки, либо доизвлечение последних. Однако технология доизвлечения является одной из самых сложных, с точки зрения рационализации геомеханических параметров используемых технологических схем, особенно при отработке нескольких горизонтов.

Наиболее эффективной является подготовка месторождения к очистной выемке панелями, с отработкой от границ шахтного поля - так называемый, обратный порядок отработки шахтопласта (в первую очередь отрабатываются самые удаленные участки). Указанный способ обеспечивает экономию средств на поддержание выработок и управления горным давлением в них сопоставительно с прямым порядком подготовки и отработки запасов на 15-20 %. В тоже время - приоритетный - обратный способ подготовки и отработки месторождения обуславливает наличие существенных проблем горно-геомеханического характера при отработке запасов на конечной стадии эксплуатации шахтопласта. Это связано с активизацией горного давления в зонах отработки указанных запасов, оконтуренных выработанными пространствами ранее отработанных участков. При отработке свиты пластов данные проблемы усугубляются, поэтому необходима взаимоувязка фронтов развития очистных работ на всех отрабатываемых горизонтах. Особенно данные проблемы обостряются на затухающей стадии отработки горизонтов, при обратном порядке отработки последних. Это связано с тем, что фронты очистных работ каждого рассматриваемого горизонта "стягиваются" к центру шахтного поля, где образуется своего рода "целик", в котором величины напряжений, деформаций и перемещений принимают предельные значения, в несколько раз отличные от значений этих же величин при отработке горизонтов на границах шахтного поля. Такая горно-геомеханическая ситуация вызвана влиянием отработанных площадей горизонта как на сам извлекаемый пласт, так и на толщу, вмещающую его. Неучёт данных особенностей приводит к необходимости увеличения размеров целиков различного назначения (междупанельных, междукамерных и др.), ухудшению состояния участковых выработок, снижению безопасности горных работ и нагрузок на очистные забои, и, как следствие, снижению технико-экономических показателей работы рудников, либо гибели предприятия в целом в случае нарушения водозащитной толщи.

Проанализированная проблема наиболее актуальна при отработке запасов горными предприятиями, одновременно эксплуатирующих несколько (свиту) пластов в пределах своего горного отвода. В этом случае эффективная завершающая отработка запасов центральных частей шахтного поля существенно предопределяется взаимовлиянием проявления горного давления на всём комплексе разрабатываемой свиты пластов. Без учёта указанного синергетического подхода невозможно рационально (экономически эффективно) отработать запасы месторождения, содер-

жащие кондиционные пласты полезного ископаемого.

Так, например, на Старобинском месторождении на руднике 1 РУ размеры междупанельных целиков при доработке III калийного горизонта в центральной части шахтного поля составляли до 150÷180 м, что в два раза превышает обычный их размер. Однако оставление таких целиков не позволило избежать проблем связанных с выемкой пласта в зоне повышенного горного давления - потребовалось крепление панельных выработок (обычно данные выработки не закреплялись), повысилась частота вывалов из кровли в участковых выработках, что потребовало значительных дополнительных затрат на выемку сильвинита.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что выбор устойчивых параметров тех или иных элементов массива соляных пород должен отвечать не только требованиям обеспечения безопасных условий работы в выработках, но и условиям оптимизации работы предприятия в целом, например, таким, как: обеспечение оптимума извлечения руды из недр, обеспечение необходимой "технологичности" применяемой механизации при принятых параметрах элементов массива и др. Но механизм деформирования и разрушения налегающей толщи, при одновременной отработке нескольких калийных горизонтов, имеет особенности, требующие дополнительных исследований.

В целях решения поставленных задач был проведен широкий анализ и обобщение существующих параметров отработки шахтных полей (планы горных работ всех рудоуправлений РУП ПО «Беларуськалий»). На основе проведенного анализа были выявлены основные факторы влияющие на выбор той или иной стратегии развития фронта очистных работ (ФОР) и построить горно-геомеханические модели горного массива, отражающие процессы происходящие в нем и которые наиболее существенно влияют на выбор параметров развития ФОР. Данные модели являются базой для последующего создания расчётных схем по определению рациональной стратегии развития ФОР. В частности, данные параметры включают: пространственное взаиморасположение фронтов очистных работ (камерные, столбовые и комбинированные системы разработки), их геометрические параметры; размеры межпанельных целиков и целиков, оставляемых между выработками и т.д.

В качестве исходных данных для построения расчетных схем нами используются: мощности литологических слоев, данные о трещинноватости, слоистости и нарушенности пород, полученные на РУП ПО «Беларуськалий»; обобщенные деформационные характеристики пород, полученные в результате проведения экспериментов. Построенные расчётные схемы используются для определения параметров напряжённо-деформированного состояния массива, являющихся базой для оценки интенсивности геомеханических процессов происходящих в межгоризонтных толщах.

На основе проведенных оценок НДС соляного массива (включая межгоризонтную толщу) можно сделать вывод о характере и скорости деформирования ответственных элементов массива, а также о целесообразности дальнейшего развития ФОР в определенном направлении.

Вопросами оценки напряжённо-деформированного состояния (НДС) пород, в том числе и элементов МГП при подземной разработке, занимались многие исследователи, которые использовали различные методы по определению параметров напряженно-деформи-рованного состояния горных пород - от аналитических решений до натурных и лабораторных экспериментов. Шахтные наблюдения обеспечивают получение наиболее надежных результатов (решений), но они справедливы для конкретных горно-геологических условий проведения эксперимента. Лабораторное моделирование (на эквивалентных материалах) позволяет по-

лучать данные, отвечающие более широкому классу условий, однако, при этом моделируемые объекты значительно упрощаются. Аналитические решения имеют наибольшую степень общности. Адекватность таких решений в натуре зависит от степени и полноты учёта рассматриваемых факторов. Как показал опыт решения задач горной геомеханики, сложность строения, свойств и состояний изучаемых объектов требуют комплексного подхода при проведении исследований. Он основывается на обобщении данных натурных исследований, которые используются при построении горно-геоме-ханических моделей (ГГМ) изучаемых объектов. Для построенных ГГМ формируются расчётные схемы, для которых подбираются соответствующие математические решения. Обычно в горной геомеханике используют решения на базе механики сплошных сред. Наиболее широко используются численные решения - такие методы как: метод конечных разностей (МКР), метод конечных элементов (МКЭ) и метод граничных элементов (МГЭ).

Результатом явилось создание инженерной методики расчёта параметров технологически и экономически эффективных схем отработки и доработки кондиционных запасов месторождения, в том числе и при значительном взаимовлиянии отрабатываемых горизонтов, а также гарантированное сохранение капиталовложений.

Полученные результаты являются необходимыми при рассмотрении следующего круга задач:

1. Обеспечение технологической безопасности подземной разработки (безопасность людей и капиталовложений).
2. Увеличение коэффициента извлечения сильвинитовой руды из недр.
3. Анализ физических процессов в возмущённом массиве, являющийся основой для оценки механического состояния и гидрогеологии, а следовательно экологической обстановки горнодобывающего региона.
4. Прогнозирование состояния поверхности.

Коротко об авторах

Блохин С.Л. – аспирант, Санкт-Петербургский государственный горный институт (ТУ), научный руководитель – профессор *Ковалёв О.*