

УДК 622.831

**А.Н. Шабаров**

## **О РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗА И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ШАХТАХ РОССИИ**

*Проведен анализ существующих научно-методических основ управления геодинамической безопасностью. Даны рекомендации по разработке соответствующих нормативных документов.*

*Ключевые слова: геодинамические явления, активные разломы, удароопасность, геолого-структурное моделирование.*

**Семинар № 11**

**A.N. Shabarov**  
**SOLVING THE PROBLEM OF  
FORECASTING AND PREVENTING  
GEODYNAMIC OCCURRENCES IN PIT  
MINES OF RUSSIA**

*The analysis of existing science-methodological bases of managing of geodynamical safety is carried out. The recommendations on developing the specification documents are given.*

*Key words: geodynamic occurrences, active fault, bump hazard, geological and structural modeling.*

**П**остоянно растущие объемы выработанного пространства в горных массивах и увеличение глубины отработки полезных ископаемых в последние годы обуславливают активизацию геодинамических процессов и возникновение мощных геодинамических явлений – горно-тектонических ударов и техногенных землетрясений. Причем на относительно малых глубинах геодинамические явления наблюдаются в зонах влияния активных геологических нарушений.

Примеры таких явлений зафиксированы на Соколовском, Воркутском месторождениях. Ярким примером может служить авария на шахте «Гайжина» в Кузбассе. Геодинамическое явление произошло при разработке

пласта  $E_5$  на глубине около 700 м. Проявлению аварии способствовало резкое изменение мощности литологических слоев пород кровли пласта  $E_5$ . Мощность прочного и труднообрушаемого песчаника в основной кровле пласта резко изменилась от 5 м в районе разрезной печи до 25 м в забое лавы 1-1-5-5 на момент аварии, что характеризует наличие на этом участке геодинамически опасной зоны (ГОЗ) с высоким уровнем напряженного и газодинамического состояния массива. Зависание основной кровли пласта  $E_5$  над лавой и ее внезапное обрушение с образованием упругой волны, в результате распространения которой произошло мощное динамическое воздействие на горный массив, опрокидывание воздушной струи, взрыв газа и пыли.

Геодинамическая природа аварийности ставит перед нами задачу обеспечения геодинамической безопасности разработки угольных месторождений.

Одним из основных методов прогноза является метод геодинамического районирования недр, который позволяет не только уточнять геологическое строение блочного массива, но и выделять в нем наиболее опасные для

горного производства тектонически напряженные зоны (ТНЗ) и геодинамически опасные зоны (ГОЗ), или зоны риска.

На каждом иерархическом уровне метод решает определенные задачи, объединенные общим принципом – «от общего к частному».

Например, на первом уровне прогноза в пределах Воркутского угольного месторождения выделяются 4 тектонических блока, границами которых являются крупные разрывные нарушения. К границам этих блоков приурочены 12 ТНЗ.

По результатам проведенного геодинамического районирования в Кузбассе в границах поля шахты «Осинниковская» выделено 18 геодинамически активных разломов. Пересечение каждой из выделенных геодинамически активных структур на участке перспективного развития горных работ сопряжено с рисками их вредного воздействия на условия производства горных работ. При этом, вследствие влияния техногенного поля напряжений на контактные условия вдоль разрывного геологического нарушения, существенно увеличиваются опасные участки в окрестности нарушений. Существенным обстоятельством, приводящим к росту геодинамической опасности при входе горных работ в ГОЗ, является увеличение градиента нарастания опорного давления в краевой части пласта.

В шахтных условиях прогноз ГОЗ надежно осуществляется геологическими и геомеханическими методами. Показательными в этом отношении являются результаты экспериментальных работ по прогнозу удароопасности угольных пластов, проведенных в зоне влияния разрыва  $E_2$  на шахте «Комсомольская». Висячем крыле разрывного нарушения ТНЗ достигает 200- 250 м и участок находится в

более напряженном состоянии по сравнению с участком угленосного массива, расположенного в лежащем крыле. При приближении очистных работ к границам ТНЗ активизировалось геодинамическое состояние и граница ГОЗ увеличилась на 50 – 55%. Повышенная напряженность зоны подтверждается неоднократными случаями горных ударов и признаками удароопасности при ведении в пределах ее границ горных работ.

В целом, обобщая данные, полученные в различных горно-геологических и горнотехнических условиях, можно говорить о том, что размеры ГОЗ превышают размеры ТНЗ до 60-80 %. Таким образом, ориентировочно можно оценить размеры ТНЗ в  $(2,5-4)H$ , где  $H$  – нормальная амплитуда разрыва, а ГОЗ –  $(5-6)H$  по нормали к сместителю.

Другой тип опасных зон связан с линзами песчаника или других пород, превосходящих по жесткости окружающую толщу, что приводит к дополнительному накоплению упругой энергии и образованию интенсивных локальных ТНЗ. Наиболее опасная ситуация складывается в двух случаях – при наличии прочных пород одновременно в кровле и почве пласта, а также при попадании ТНЗ, связанной с жестким включением в зону действия разрыва.

При наложении опорного давления от очистных работ напряжения в угольном пласте еще более возрастают и в формируемых ГОЗ существенно увеличивается удароопасность.

Так, например, все горные удары, происшедшие в охранных целиках на шахте «Комсомольская», сосредоточены под линзой песчаников мощностью до 30 м. Причем их основное количество произошло там, где песчаник ближе всего залегал к пласту. В целиках таких же размеров и при тех же ус-

ловиях их нагружения, но за пределами линзы с мощностью 10 м горных ударов не зафиксировано. При отработке лавы 222-с пласта Мошного первые случаи появления категории удароопасности были отмечены при входе очистного забоя под линзу песчаников при ее мощности 10 м. Участок выемочного поля лавы 322-с, оконтуренный изолинией мощности песчаника 10 м полностью находился в зоне влияния повышенных напряжений, о чем свидетельствуют неоднократные замеры категории удароопасности по всей длине лавы. Отметим, что в этой зоне повышенная удароопасность отмечалась и в конвейерных штреках 222-с и 322-с.

Исследования по обеспечению геодинамической безопасности на II этапе производятся на основе объемной геодинамической модели.

Суть предлагаемого варианта объемного геодинамического моделирования месторождений заключается в последовательном наращивании информации по структуре, свойствам и геодинамическому состоянию массива горных пород.

Информация о напряженно-деформированном состоянии блочного массива, структуре месторождения дает возможность анализировать протекавшие и протекающие геодинамические процессы на месторождениях, а дополнительная горно-геологическая и горнотехническая информация позволяют конкретизировать положение и структуру ГОЗ с учетом технологии горных работ.

Практически, для достижения конечной цели необходима разработка трех типов моделей: блочной (геолого-структурной), геодинамической и, как конечный результат, горно-геодинамической модели месторождения (шахтного поля или его участка).

Блочная геолого-структурная модель. Для получения структурно-тектонической информации по месторождениям и шахтным полям целесообразно использовать четыре группы методов. Безусловно, возможности построения блочной геолого-структурной модели зависят от изученности и степени освоения месторождений. На неосвоенных и неразведанных месторождениях решение этой задачи возможно с помощью дешифрирования аэро и космоснимков, морфометрического анализа земной поверхности и наземных геофизических методов. Каждый из указанных методов имеет определенные ограничения по получению необходимой информации, но в комплексе они позволяют установить залегание граничных разрывов.

Предварительная и детальная разведка значительно увеличивают объем геологической информации по структуре месторождений. Появляются более достоверные данные об элементах залегания разрывов, их распространении по простиранию и падению, сведения о морфологии сместителей и структуре шва разрыва.

Наиболее детально геолого-структурное моделирование производится на действующих шахтах. В этом случае блочная модель строится на основе геологических карт, тектонических схем, разрезов по разведочным линиям, данных геофизических измерений, а также инструментальных измерений и наблюдений в горных выработках.

Таким образом, создается целостная, взаимосвязанная, иерархически соподчиненная блочная модель массива горных пород.

Геодинамическая модель месторождения отражает результаты проявления динамических процессов в блочном массиве месторождения. Области наиболее активной динамики являются граничные разрывы, разделяющие

взаимодействующие в силовом тектоническом поле блоки массива горных пород. Именно на таких участках происходит резкое изменение однородности геофизических полей и напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Поскольку основной задачей геодинамического моделирования является выделение участков, потенциально опасных по проявлению геодинамических явлений, при построении данной модели основными элементами являются положения активных разрывов и области локализации ТНЗ.

Горно-геодинамическая модель шахты и выемочных участков. Как было показано выше, формирование ГОЗ в блочном массиве горных пород определяется совместным воздействием естественного и техногенного полей напряжений, создаваемых ведением горных работ. В связи с этим в модель необходимо введение горнотехнической информации. При проектировании горных работ учитываются различные горно-технологические факторы, с которыми связана величина горного давления на проектируемых к отработке участках пласта. Общая величина техногенной пригрузки на конкретных участках определяет параметры ГОЗ и степень ее опасности.

Сравнение горно-геодинамических моделей и полученных на их основе параметров НДС позволяет провести сравнение различных вариантов раскройки шахтных полей и систем разработки и выбрать наиболее безопасный вариант.

Горно-геодинамическая обстановка на месторождении и, особенно, на отдельных шахтных полях изменяется с течением времени. Увеличивается отработанное пространство, вводятся в разработку новые пласты и горизонты, возрастает глубина горных работ и т.д. В связи с этим процессом возникает

необходимость постоянного контроля за геодинамикой массива горных пород, т.е. в постановке мониторинговых наблюдений. При геодинамическом мониторинге выполняется обработка результатов наблюдений за сдвижением земной поверхности и сейсмособытиями; оценивается напряженное состояние массива; выделяются активные разломы и определяется степень их активности. Вся информация, полученная в результате мониторинговых наблюдений, используется для пополнения и корректировки горно-геодинамической модели, как основы прогноза геодинамически опасных участков в условиях движения забоев горных выработок и разработки рекомендаций и необходимых профилактических мер для безопасного ведения горных работ. Подобные наблюдения почти 5 лет ведутся в Анжерском районе Кузбасса при затоплении шахт.

Естественно, что изучаемые процессы, виды и способы наблюдений определяются степенью опасности и площадью контролируемого участка.

В настоящее время создается Региональный центр геодинамического и сейсмического контроля (РЦГСК) создается на Воркутском месторождении. Реализован первый этап программы – введена в опытную эксплуатацию сейсмостанция на шахте «Комсомольская». Сейсмическая сеть из 12 датчиков установлена в соответствии с ранее выделенными ТНЗ и ГОЗ. Всего через два года в единое информационное пространство – горно-геодинамическую модель – будет поступать информация от 42 сейсмодатчиков, расположенных на различных участках месторождения.

Для обеспечения геодинамической безопасности при освоении угольных месторождений особое место занимают работы и мероприятия, осуществляемые на стадии планирования порядка и последовательности отработки пластов.

Чем полнее используется информация о структурных и геодинамических особенностях массива горных пород всего месторождения при рассмотрении и разработке проектно-планировочных решений для конкретной площади шахтного поля, тем выше будет обеспечена эффективность и безопасность при эксплуатации. Как правило, запасы угольного месторождения добываются независимо друг от друга несколькими шахтами и при этом зачастую на смежных площадях. Этим обуславливается возрастание роли регионального прогнозирования и управления геомеханическим состоянием массива горных пород в масштабах всего угольного месторождения, как эффективного способа обеспечения геодинамической безопасности недр, призванного обеспечить взаимное согласование высокопроизводительных горных работ на всех эксплуатируемых шахтах с устойчивостью природно-техногенной системы месторождения в целом. С учетом этого требования в проектах и схемах планирования горных работ особое место должен занимать региональный уровень, на котором определяются концептуальные решения по раскройке месторождения на шахтные поля, определения их границ и порядок выемки запасов, исходя из требований экономической целесообразности и геодинамической безопасности. Раскройке месторождения, последующее формирование и планирование развития фронта очистной выемки запасов должны быть реализованы на основе геодинамического моделирования.

После расстройки месторождения с помощью горно-геодинамических моделей для каждого шахтного поля производится геометризация ГОЗ и их дифференциация по степени опасности. С этой целью проводятся исследования по изучению параметров газодинамического состояния отдельных вы-

емочных блоков, строятся прогнозные карты напряжений и газопроницаемости при разных вариантах развития в этих блоках очистных работ.

Комплекс мер для конкретных шахт разрабатывается индивидуально с учетом геологического строения и физико-механических свойств породного массива. В его состав входят схемы и способы регионального управления состоянием массива, в том числе:

- оптимальный, обеспечивающий наибольший эффект защитного действия, порядок отработки пластов в свите;
- разработка стартовых защитных пластов, опасных по геодинамическим явлениям с применением опережающей региональной гидрообработки массива;
- последовательная отработка пластов с обеспеченной полной защитой;
- очередность отработки пластов с неполной защитой с дополнительными мерами по их дегазации в зонах разгрузки или региональной гидрообработки;
- прогнозную оценку напряженного состояния массива пород около очистных выработок и состояния тектонических нарушений в зоне влияния горных работ.

Последнее положение было реализовано при разработке рекомендаций по отработке лав 1412-ю и 1512-ю на шахте «Северная» ОАО «Воркутауголь» у тектонического нарушения Л. Установлено, что после отработки лав 1412-ю и 1512-ю на участке нарушения по 150 м в кровлю и почву отрабатываемых пластов в состоянии возможного сдвига находится более 90 % его площади.

На основании проведенных прогнозных оценок было рекомендовано при расстройке выемочного столба 1412-ю участок сопряжения монтажной камеры лавы с конвейерным

бремсбергом 1512-ю расположить на удалении не менее 140 м от тектонического нарушения *Л*.

Эти геомеханические положения были исходными для принятия в проектах планировочных решений – геометризации вскрывающих и подготавливающих выработок.

На локальном уровне выемочных участков (III уровень) мероприятия по обеспечению геодинамической безопасности направлены на уточнение границ ГОЗ и выполняются с применением различных способов оценки степени ударо- и выбросоопасности (геомеханические, геофизические, расчетные и т.п.).

Из вышеизложенного следует, что в настоящее время созданы научно-методические основы управления геодинамической безопасностью. Использование комплекса мощных и современных программно-технических средств позволяет на практике достаточно надежно и точно установить и контролировать геодинамическое состояние участков угольных месторождений, производить как качественные, так и количественные оценки уровня опасности геодинамических явлений. Освоенные методики проведения исследований на основе объемной геодинамической модели угольного месторождения, делают возможным получения исчерпывающей информации о природно-техногенных факторах, имеющих непосредственное отношение к возникновению горных ударов и внезапных выбросов.

В современном понимании проблема обеспечения геодинамической безопасности, по существу, заключается в

определении множества возможных сочетаний природно-техно-генных факторов, оценке параметров их влияния и величин горного и газового давления, с которыми связаны проявления горных ударов и внезапных выбросов, выборе адекватных профилактических мероприятий, реализацией этих мероприятий с технологическим контролем их выполнения и оценки эффективности. А так как решение этих взаимосвязанных вопросов осуществляется на разных уровнях в соответствии с единой системой управления геодинамической безопасностью, с мониторинговыми наблюдениями в реальном масштабе времени, то без специальных средств автоматизации уже не обойтись. Поэтому актуальными являются работы по созданию автоматизированной системы управления геодинамической безопасностью на угольной шахте.

Следует отметить, что отечественная нормативная база в части оценки геодинамического состояния недр угольных месторождений не соответствует современным требованиям обеспечения промышленной безопасности. Поэтому, с учетом вышеизложенного, целесообразным является разработка Общего технического регламента для обеспечения преемственности результатов работ в области управления геодинамической безопасностью при разработке месторождений полезных ископаемых на разных масштабных уровнях. Также назрела необходимость в разработке специальных технических регламентов для угольных шахт и типовых технологических регламентов по проблеме разработки ударо- и выбросоопасных угольных пластов. ■■▲

### *Коротко об авторе*

*Шабаров А.Н.* – ОАО «ВНИМИ». post@vnimi.ru