

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. С. Федянин,
начальник геомеханического бюро,
канд. техн. наук

Центральное рудоуправление НГМК

В программе экономического развития современных государств горнодобывающая отрасль определена как приоритетное направление, важной составляющей которой является открытый способ добычи полезных ископаемых. Горные предприятия с позиций их проектирования и организации относятся к геосистемам с высокой категорией сложности. В качестве стратегических задач управления такими системами понимают: выбор рациональных геометрических параметров глубокого карьера, прогноз и обеспечение долговременной устойчивости бортов карьера, а также управление горными работами в условиях меняющихся требований к кондиции руд.

Ключевые слова: карьер Мурунтау, инженерно-геологические исследования, деформационные процессы, закономерности развития, геодинамическая модель, прогноз устойчивости бортов.

Управление горными предприятиями возможно только при наличии достоверной информации о рациональных параметрах бортов, обеспечивающих оптимальные объемы вскрыши, коэффициенты вскрыши, потерь и разубоживания при отработке запасов, а также устойчивое состояние массива, находящегося под действием техногенных и природных тектонических нагрузок. Данные условия уже на стадии эксплуатационной разведки определяют необходимость получения достоверных данных о физико-механических свойствах пород и степени нарушенности массива с целью выбора наиболее эффективной системы разработки, рациональных параметров карьера, а также контроля качества продуктов в потоке добычи. Достоверные данные позволяют моделировать процессы в горном массиве, определять показатели открытых горных работ и надежно управлять параметрами рудного потока.

Для получения такой информации могут быть использованы геофизические методы исследований (ГФМИ), которые имеют современную аппаратную базу, адаптированную к компьютеризованным системам сбора и обработки информации. В настоящее время ГФМИ при-

меняются на различных этапах разработки месторождений только для решения узкоспециализированных задач, но существует необходимость увязки ГФМИ в технологическую схему, единую с горным производством. Таким образом, разработка научных основ применения геофизических методов для решения стратегических задач горного производства, повышения эффективности открытой разработки сложноструктурных месторождений с учетом роста потребности в продукции, пользующейся устойчивым спросом на международном рынке, является актуальной научной проблемой, решение которой вносит значительный вклад в дело обеспечения экономической независимости государства.

Известно, что реальный горный массив, подверженный внешнему воздействию и влиянию массовых взрывов, в значительной степени нарушен; при этом геологические условия и ранее существовавшие поверхности ослабления для реального борта карьера уже не играют решающей роли при формировании деформаций. Поэтому для локальных участков при формировании промежуточных контуров глубокого карьера целесообразно, наряду с детальной геологической оценкой, использовать

специализированные методы оценки, позволяющие оценить прочностные свойства пород непосредственно в массиве и внести необходимые корректировки в технологию ведения горных и буровзрывных работ.

Обоснование базовых положений к использованию геофизических методов на различных этапах разработки месторождений полезных ископаемых выполняется с учетом регистрируемых ими физических характеристик. Схема совершенствования технологической системы разработки путем увязки комплексов ГФМИ в единую цепочку с производством представлена на рис. 1.

Так, например, использование комплекса геофизических методов наблюдений за изменением геомеханических характеристик прибортового массива в системе «формирование бортов» позволило повысить достоверность определения его долговременной устойчивости и на этой основе выбрать рациональные параметры бортов глубоких карьеров.

Сокращение объема вскрышных работ было достигнуто в результате выбора рациональной конструкции борта карьера на основе использования в геомеханических расчетах системы взаимосвязанных геологических и технологических элементов.



При этом геологические структурные элементы принимались по инженерно-геологическому разрезу, уточненному в процессе геофизических исследований, а рациональные параметры технологических элементов определялись по данным многовариантных расчетов с использованием в качестве критерия оценки минимума площади выработанного пространства карьера при заданном коэффициенте устойчивости бортов.

На основании данных геофизических и инженерно-геологических исследований разработана методика формирования математических моделей исследуемого массива, а созданные алгоритмы и компьютерные программы позволяют установить рациональные параметры конструктивных элементов борта карьера. Согласно проведенным исследованиям, для условий карьера «Мурунтау» рациональные значения генеральных углов наклона бортов отличаются от проектных на $3-6^\circ$ в сторону увеличения

при обеспечении долговременной устойчивости бортов глубокого карьера. Данные результаты учтены при формировании границ IV очереди.

Говоря о проблемах геофизического контроля состояния геологической среды при техногенных воздействиях необходимо отметить, что фундаментальные исследования современной геодинамики указывают на тесную взаимосвязь развития деформационных явлений на объектах недропользования с изменениями внутренних напряжений в верхней части литосферы. Любая часть массива горных пород, выделяемая по геологическим признакам, постоянно участвует в деформационных процессах как элемент более крупной системы. Таким образом, образование структуры разрушения является реакцией массива на внешние значительные динамические воздействия и приобретает физический смысл как характеристика состояния горного массива, позволяя судить об ин-

тенсивности деформационного процесса в период ее формирования.

В настоящее время механизм разрушения массива горных пород вследствие протекающих в нем деформаций до конца не изучен, однако установлено, что данный процесс не хаотичен и подчиняется определенным закономерностям. Это свидетельствует о существовании подготовительной стадии, когда в нерасчлененном теле в процессе деформирования возникает неоднородное поле напряжений, которое затем проявляет себя в упорядочении разрушения. Так, в качестве условной матрицы будущих деформационных процессов можно рассматривать геологическую структуру массива.

Формирование поверхности борта глубокого карьера также связано с возникновением процессов перераспределения внутренних напряжений. Особое значение в данном случае для диагностики геодинамической активности, а также оценки состояния устойчивости бортов глубоких карьеров и инженерных сооружений имеют комплексные методы структурной геофизики маркшейдерии и газометрии.

На основании проведенных исследований для условий карьера «Мурунтау» оценку вмещающего карьер массива предложено выполнять в системе «природный массив – прибортовой массив – зона выработки». По результатам исследований на карьере «Мурунтау» отмечено, что неупругие деформации в прибортовом массиве могут возникать сразу при достижении критических величин внутренних напряжений и будут развиваться во времени до компенсации внутренних сил сдвига внешними силами. Однако даже при равновесном состоянии в разрушенной горной массе (в зоне деформации) под действием силы тяжести в нижней и верхней частях деформации будут происходить различные процессы в зависимости от величины фракции разрушенных пород. Установлено, что зона разгрузки в начальный период носит локальный характер и изменяет напряженно-деформированное состояние массива вокруг себя, при этом форма

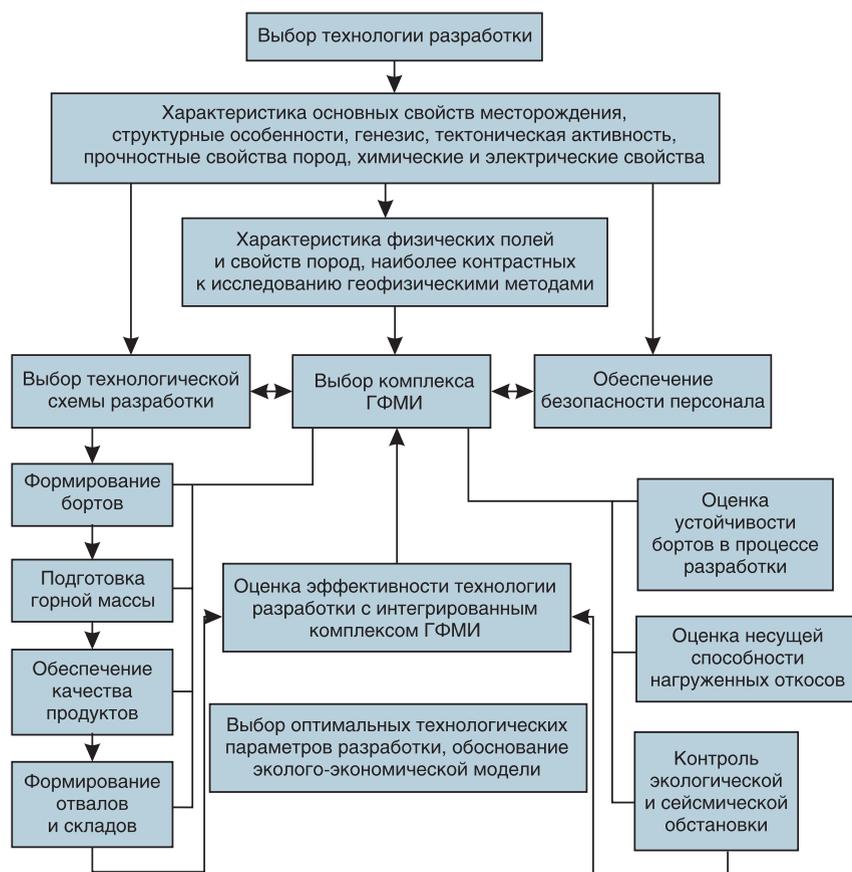


Рис. 1. Схема совершенствования технологической системы разработки путем адаптации комплексов ГФМИ

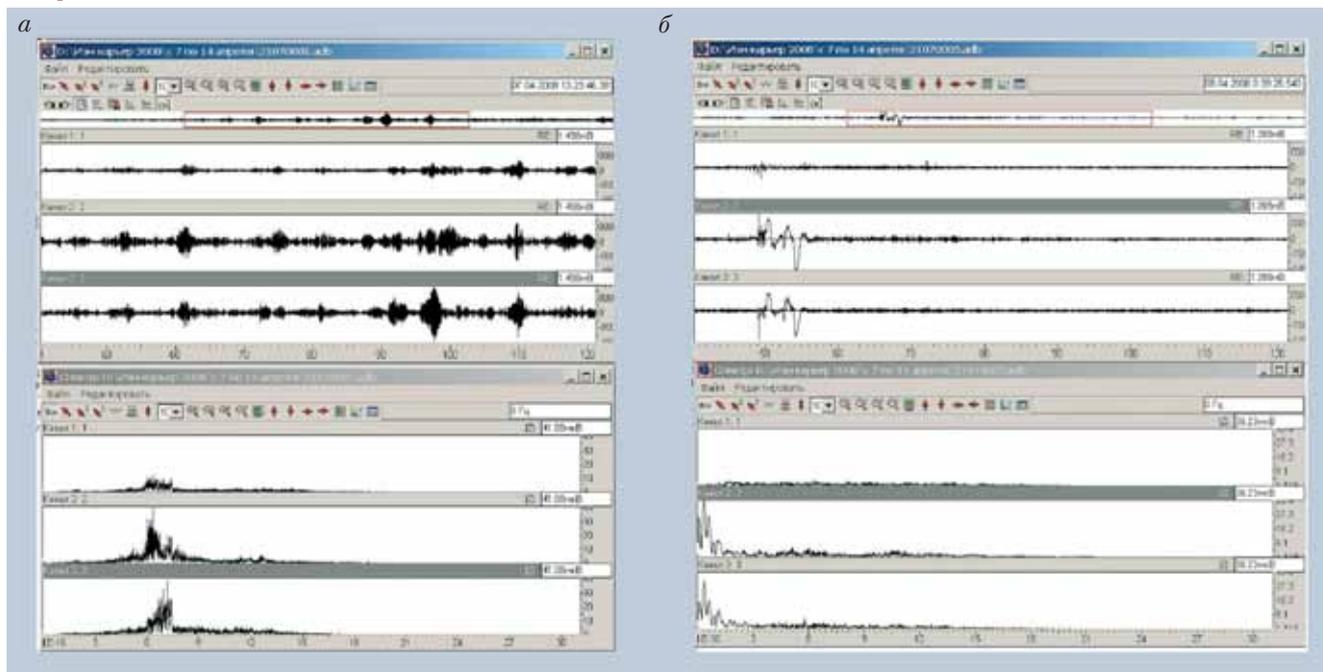


Рис. 2. Форма и спектр сейсмических сигналов:

а, б – границы спектра, характерные для регионального шума и для сейсмического щелчка или горного удара соответственно

и конфигурация деформации меняются во времени в зависимости от формируемых геометрических параметров борта и структурных особенностей прибортового массива.

По результатам наблюдений были построены диаграммы смещения реперов, указывающие на неравномерность развития деформации в пространстве. Построены карты интенсивности деформирования с привязкой к состоянию горных работ. При достижении критических деформаций происходит разрушение скального массива, при этом горная масса характеризуется увеличением объема, изменением удельного веса, электрических и механических свойств. Процесс формирования зоны деформации носит скачкообразный характер, характеризующийся этапом затухания после этапа разгрузки.

Установлены характеристические значения сейсмических событий (тресков), которые по форме, спектру и интенсивности имеют ярко выраженный характер, отличаются от региональных шумов и могут быть использованы в качестве маркирующих при наблюдении за деформациями. Выявлено, что амплитуда тресков по интенсивности сравнима с массовым взрывом, однако имеет от-

личный от него низкочастотный спектр с малым количеством гармонических включений (рис. 2).

Таким образом, реакция горных массивов на перераспределение внутренних напряжений в системах «прибортовой массив – зона выработки» и «породный массив – прибортовой массив» значительно различается. Поскольку в контурах произошедших деформаций поведение разрушенного массива горных пород значительно отличается от поведения ненарушенного скального массива и близко к сыпучим средам, расчет устойчивости и контроль за равновесным состоянием участков деформаций необходимо осуществлять на основе детальной геолого-структурной характеристики участка, подтвержденной методами геофизического исследования.

Выявлено, что накануне развития деформации изменение напряженно-деформированного состояния массива характеризуется изменением электропроводности и фиксируется при измерении скорости прохождения через массив сейсмических волн. При формировании деформации происходит процесс медленного перехода состояния горных пород из ненарушенного в разупрочненное с малым образованием види-

мых нарушений, однако четко фиксируемое сейсмическими наблюдениями. При достижении критических напряжений происходит скачкообразный процесс перехода горной породы из разупрочненного состояния в разрушенное и далее, с течением времени, – в сыпучее.

Таким образом, процесс деформирования борта глубокого карьера рассматривается как естественный переход горных пород из одного псевдоагрегатного состояния в другое под действием внешних нагрузок или гравитационных сил. Следовательно, для каждого элемента системы «природный массив – прибортовой массив – зона выработки» характерна своя модель разупрочнения и противодействия внешним нагрузкам.

В связи с этим предложено рассматривать процесс обеспечения устойчивости бортов карьера не только с позиций создания укрепляющих систем, но и как обеспечение допустимой нагрузки. При этом внутренние напряжения в массиве необходимо нивелировать по площади для уменьшения вектора нагрузки. Так, для некоторых вариантов деформаций необходимо не укрепление, а, наоборот, интенсивное и равномерное разрушение, что позволит масси-

ву сложиться под углом естественного откоса. Также в некоторых случаях перспективно нагружение участка деформации породами внутреннего складирования для предотвращения вывалов негабаритной горной массы и кратковременной интенсификации деформационных процессов до стадии стабилизации.

Таким образом, для каждого конкретного случая в системе «природный массив – прибортовой массив – зона выработки» необходимо ориентироваться на границы ведения горных выработок и экономическую целесообразность используемых методов. Важную роль при этом играют инструментальный контроль и мониторинг состояния устойчивости бортов.

Так, на основании инженерно-геологических исследований и анализа пространственных закономерностей развития деформационных процессов на карьере «Мурунтау» разработа-

на геодинамическая модель карьера в виде прогнозной карты развития деформационных явлений до 2015 г., на которой определены границы неустойчивых участков бортов карьера. Установлены закономерности границ формирования и интенсивности развития зон деформаций, выявлены взаимосвязи региональных землетрясений с интенсивностью деформирования бортов карьера.

Таким образом, проведенные с помощью геофизических методов исследования в рамках решения стратегических задач горного производства позволили выявить механизмы формирования структур разрушения при разработке сложноструктурных месторождений открытым способом; разработать на их основе систему дистанционного контроля состояния бортов глубокого карьера и диагностики геодинамической активности района месторождения; со-

ставить надежный прогноз развития деформационных процессов и обеспечить безопасность ведения горных работ при разработке глубокого карьера «Мурунтау». ■■■

Application of geophysical methods for the implementation of strategic tasks in mining

A. S. Fedyanin, Dr, Sc. (Eng.), Director, Bureau of Geomechanics (NMMC Central Mining Administration)

The article describes the results of full-scale geophysical studies aimed at the identification of mechanisms for the formation of fault structures and prediction of stability, monitoring of the pitwall state of a deep opencast mine and diagnostics of geodynamic activity of Muruntau deposit operated by Navoi Mining and Metallurgical Company.

Key words: Muruntau opencast mine, engineering and geological studies, deformation processes, laws of development, geodynamic model, pitwall stability forecast.



10 ИЮНЯ 2010 ГОДА

ЗАСЕДАНИЕ «КРУГЛОГО СТОЛА» ИКТ в ТЭК 2010: проблемы и решения

Организаторы: CNews Conferences и CNews Analytics

К обсуждению предлагаются следующие вопросы:

- ◆ Какие потребности в ИКТ наиболее актуальны для российского ТЭК в 2010 году?
- ◆ Как изменилась за последний год структура ИКТ-затрат энергетики и нефтегаза?
- ◆ Какие ИТ-проекты реализованы в отрасли в 2009 году и осуществляются сегодня?
- ◆ Как развиваются в изменившихся условиях ИТ-департаменты нефтегазовых холдингов и энергопредприятий?
- ◆ Какие планы по информатизации намечены на ближайшую перспективу?

Выступление с докладами подтвердили:

Сергей Дятлов, независимый эксперт

Олег Токарев, заместитель директора Департамента государственной энергетической политики и энергоэффективности Минэнерго РФ

Александр Митрейкин, начальник отдела государственных информационных ресурсов и научно-технической политики Департамента государственной энергетической политики и энергоэффективности Минэнерго РФ

Владимир Гревцев, руководитель направления по ИТ и АИИСКУЭ ЗАО «Комплексные Энергетические Системы»

Дополнительную информацию можно получить по телефонам:

+7 (495) 363-11-57, доб. 50-35, 50-78, 50-77,

e-mail: events@cnews.ru,

Алексей Четвернин, Армен Айвазов, Елена Серова.