

УДК 539.375

## РЕТРОСПЕКТИВНАЯ И ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕДР И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАСТОВОГО КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

© 2011 г.

*Д.С. Чернопазов, С.А. Константинова, И.Б. Ваулина*

Научно-исследовательский и проектный институт галургии  
(ОАО «Галургия»), Пермь

konstantinova@gallurgy.ru

*Поступила в редакцию 24.08.2011*

Изложены основные положения методики, применяемой при оценке геодинамической безопасности недр и земной поверхности, которая основана на математическом моделировании покамерной отработки продуктивных пластов с использованием пакета МКЭ-программ, реализующего нелинейную наследственную модель деформирования и разрушения соляных пород.

*Ключевые слова:* геодинамическая безопасность недр, пластовое калийное месторождение, деформирование, разрушение, мониторинг, прогноз.

За последние 30 лет на рудниках Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей (ВКМКС) произошли крупные негативные геодинамические события (1986 г. – затопление Третьего Березниковского рудника; 1995 г. – горно-тектонический удар на Втором Соликамском руднике; 2006 г. – затопление Первого Березниковского рудника), которые нельзя объяснить в рамках действующих нормативно-методических документов. В связи с этим обязательным условием дальнейшей безопасной эксплуатации месторождения является геодинамическое районирование недр и земной поверхности с целью выделения потенциально опасных участков на уже отработанных и еще не отработанных площадях рудников ВКМКС.

При ретроспективной и перспективной оценке геодинамической безопасности недр и земной поверхности в ОАО «Галургия» применяется методика, основанная на математическом моделировании покамерной отработки продуктивных пластов с использованием пакета МКЭ-программ собственной разработки [1], реализующего нелинейную наследственную модель деформирования и разрушения соляных пород [2].

На первом этапе реализации методики проводится оценка естественных (природных) напряжений в породном массиве на участке исследований.

В качестве физико-геологической модели подработанной породной толщи принимаются вертикальные геологические разрезы, построенные по данным скважин поверхностной и подземной

геологической разведки, а также визуальных геологических наблюдений по разведочным выработкам.

При оценке естественных напряжений считается, что в не нарушенном горными работами породном массиве основной (и единственной) действующей силой является вес вышележащих пород. Задачи решаются в вязкоупругой постановке плоской деформации «шагами» по времени с использованием такого геологического периода релаксации естественных напряжений, при котором в соляной толще реализуется реологически равновесное поле напряжений. По различным критериям механики разрушения (максимальных касательных напряжений, Шлейхера–Мизеса, упругой энергии формоизменения) выявляются природные тектонически-напряженные зоны (ТНЗ) и оценивается область их динамического влияния (ОДВ).

Проводится качественная и количественная оценка влияния так называемых «аномалий», выявленных различными исследователями, в основном, геофизическими методами, на поле естественных напряжений, размеры и местоположение ТНЗ. При этом особое внимание уделяется элементам разломно-блоковой тектоники [3, 4].

На втором этапе с помощью МКЭ-моделей на геологических разрезах с учетом места расположения очистных камер, их размеров и времени отработки проводится оценка напряженно-деформированного состояния подработанного породного массива.

Для оценки энергетического воздействия на

геологическую среду техногенной нагрузки вводится понятие геомеханического пространства [5] как совокупности взаимовлияющих выработок, создающихся в породном массиве в процессе ведения горных работ, которое вносит возмущение, действующее за пределами шахтного поля (геодинамическое опорное давление). Дополнительные (техногенные) напряжения определяются как разность полных (при наличии горных выработок) и естественных напряжений. Эффективность различных горных мер, направленных на обеспечение геодинамической безопасности недр и земной поверхности, оценивается по значению энергии возмущения [5].

Выполняется корректировка параметрического обеспечения геомеханических моделей, которые применяются для геодинамической оценки безопасности недр и земной поверхности при ведении горных работ на Верхнекамских калийных рудниках. Критерием для подбора корректного параметрического обеспечения геомеханических расчетов являлось удовлетворительное совпадение измеренных в натуральных условиях и рассчитанных с применением МКЭ-программ оседаний земной поверхности в характерных точках.

С помощью МКЭ-расчетов определяются: оседания земной поверхности; запас прочности пород в подработанном массиве и геодинамически опасные зоны (ГОЗ) в водозащитной толще (ВЗТ); зоны трещиноватости в ВЗТ, обусловленные ее подработкой; зоны действия максимальных касательных напряжений в ВЗТ; зоны разрушения несущих элементов системы разработки; зоны концентрации энергии формоизменения при отработке продуктивных пластов и эволюция накопленной энергии с течением времени; степень влияния вариации физико-механических характеристик пород надсолевой толщи, ВЗТ, междупластовой каменной соли и продуктивных пластов на состояние подработанного породного массива.

Состояние подработанного породного массива оценивается по трем критериям:

- оседания земной поверхности;
- возникновение и развитие во времени и в пространстве областей запредельного деформирования пород;
- техногенная энергия формоизменения (энергия возмущений) и ее изменение во времени.

На основе этих критериев определяются по-

тенциально опасные зоны или геодинамически опасные зоны.

На третьем этапе с применением разработанных в ОАО «Галургия» инженерных методик и МКЭ-расчетов с учетом действующих нормативных документов [6] проводится оценка напряженно-деформированного состояния несущих элементов системы разработки в ГОЗ на следующем масштабном уровне. Производится сопоставление результатов МКЭ-расчетов и расчетов по инженерным методикам друг с другом и с данными инструментальных и визуальных наблюдений, оценивается риск возникновения негативных событий и принимаются решения по мерам охраны ВЗТ и земной поверхности.

Таким образом, в применяемой методике учитываются все основные горно-геологические и горнотехнические факторы, влияющие на состояние подработанного породного массива, а также все актуальные данные геологии, геофизики и маркшейдерии, полученные в рамках геодинамического мониторинга геологической среды.

Представлены подробные примеры реализации предложенной методики.

#### Список литературы

1. Свид. о гос. регистр. №2011610648 РФ. Программа для решения плоских задач упруговязкопластичности методом конечных элементов / С.А. Константинова, С.А. Чернопазов, Д.С. Чернопазов, М.В. Гилев. Правообладатель ОАО «Уральский научно-исследовательский и проектный институт галургии». №2010616586; заявл. 27.10.2010; регистр. 11.01.11.
2. Константинова С.А., Чернопазов С.А. Развитие наследственной модели деформирования и разрушения соляных пород // ФТПРПИ. 2004. №1.
3. Кассин Г.Г., Филатов В.В. Геодинамический анализ Верхнекамского месторождения калийных солей по геофизическим данным // Геофизические аспекты изучения геологического строения калийных солей. Л.: ВНИИГ, 1989.
4. Кудряшов А.И. и др. Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей. Пермь: ГИ УрО РАН, 2004.
5. Шемякин Е.И., Курленя М.В., Кулаков Г.И. К вопросу о классификации горных ударов // ФТПРПИ. 1986. №5.
6. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей (Технологический регламент). СПб., 2008.

**RETROSPECTIVE AND LONG-TERM ESTIMATION OF THE GEODYNAMIC SAFETY OF THE ENTRAILS  
AND SURFACE OF A BEDDED POTASH DEPOSIT MINING**

*D.S. Chernopazov, S.A. Konstantinova, I.B. Vaulina*

The basic considerations of the procedure used to estimate geodynamic safety of the entrails and surface based on the numerical simulation of workable seam room mining by means of FEM programs, implementing nonlinear hereditary model of salt rock straining and failure, are presented.

*Keywords:* entrails geodynamic safety, bedded potash deposit, straining, failure, monitoring, prediction.