УДК 622.831

С.А.КОНСТАНТИНОВА, С.А.ЧЕРНОПАЗОВ, В.Е.МАРАКОВ
Уральский научно-исследовательский и проектный институт галургии, Пермь

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТНЫХ И ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА ВЕРХНЕКАМСКИХ КАЛИЙНЫХ РУДНИКАХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ С ПОЗИЦИЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕДР И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Рассмотрены методика и результаты численной оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) подработанного породного массива при проектных параметрах очистных работ на Первом Березниковском калийном руднике. Учтено геологическое строение породного массива и склонность соляных пород к ползучести и релаксации.

The technique and results of numerical estimation of the undermined rock mass stress – strain state using specified design production mining variables for the First Berezniki Potash Mine are presented. Rock mass geological structure and salt rocks' tendency to creep and relaxation are accounted for.

За последние 18 лет на рудниках Верхнекамского месторождения калийных и калийно-магниевых солей (ВКМКС), которое было открыто в 1925 г. и эксплуатируется с 1934 г., произошли два чрезвычайных события: 1986 г. – затопление Третьего Березниковского рудника; 1995 г. – массовое обрушение пород на Втором Соликамском руднике. Поэтому остро встала проблема дальнейшей безопасной отработки месторождения.

Первый Березниковский рудник ОАО «Уралкалий» работает с 1954 г. Когда в 30-е гг. прошлого столетия строился г.Березники, предполагалось, что он будет расположен на эксплуатируемом месторождении. Однако вопреки всем международным нормам и правилам в экономических целях месторасположение г.Березники оставили прежним.

Горные выработки Первого Березниковского рудника 50 лет подрабатывают жилые и промышленные объекты г.Березники и ближайших населенных пунктов. Несмотря на то, что в последнее время значительно возрос годовой объем закладочных работ, под жилой застройкой остается еще много пустот. Некоторые зоны ускоренных оседаний земной поверхности находятся в черте городской застройки.

Для геодинамической оценки соответствия проектных параметров очистных и закладочных работ горно-геологическим условиям в северо-восточной части Первого Березниковского рудника с применением метода конечных элементов (МКЭ) проведены геомеханические расчеты НДС ненарушенного горными работами и подработанного породного массива с применением методик, подробно изложенных в работе [1].

В качестве геологической модели породного массива использованы вертикальные геологические разрезы, построенные с применением структурных скважин, скважин детальной и подземной разведки. Геомеханические расчеты проведены в вязкоупругой постановке. При оценке естественного поля напряжений используется такой геологический период релаксации естественных напряжений, при котором в соляной

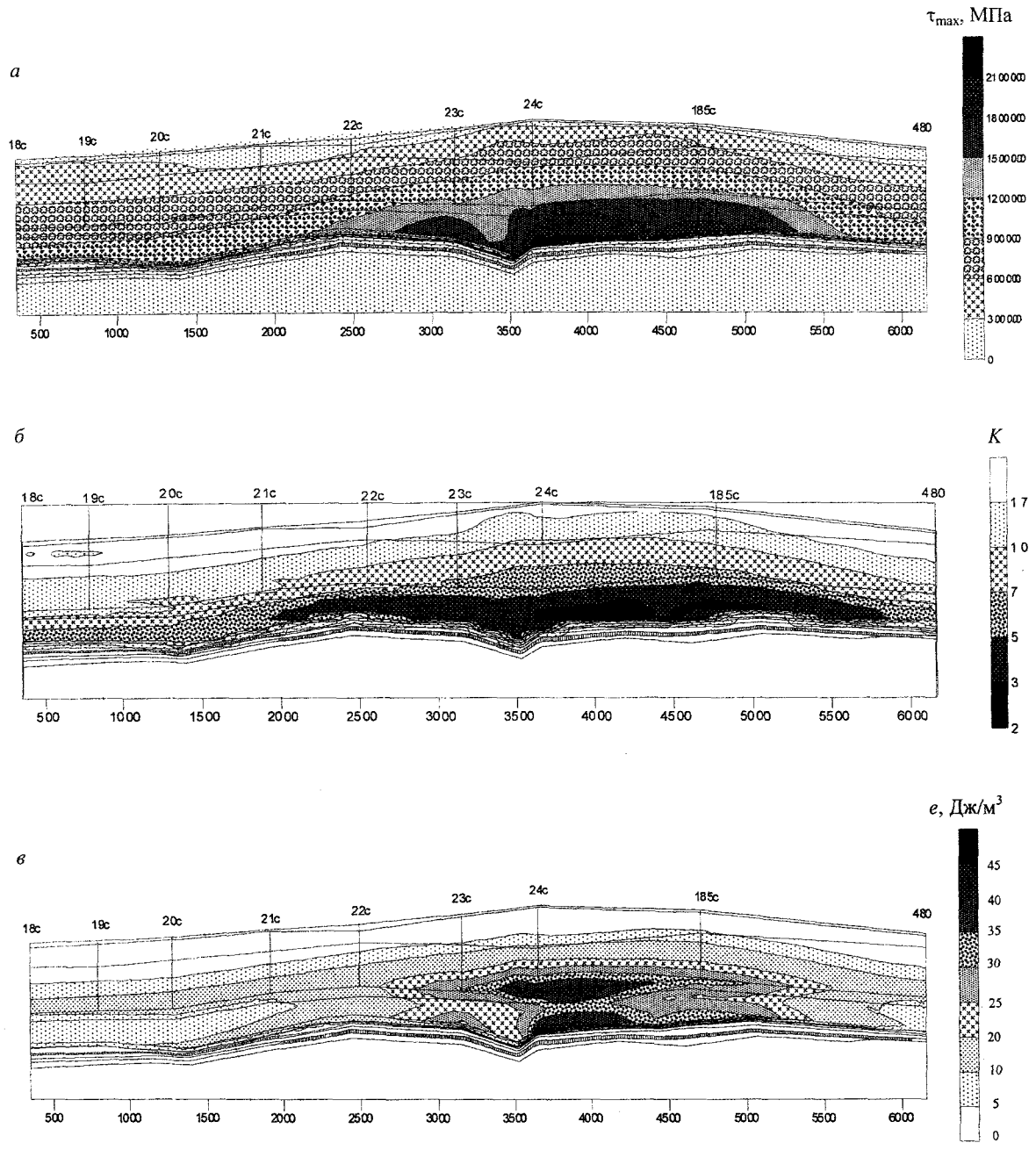


Рис.1. Напряженное состояние ненарушенного горными работами породного массива

толще реализуется реологически равновесное поле напряжений. В расчетах учитывались гипотезы плоско-деформированного состояния с применением наследственной модели деформирования и разрушения соляных пород [2, 3].

При оценке техногенных нагрузок использована методика академика Е.И.Шемякина [5] для случая пластового месторождения, сложенного релаксирующимися породами. В качестве меры техногенного воздействия выбран техногенный геодинамический потенциал, численно равный приращению упругой энергии, вносимой горными работами в породный массив.

Прочность породного массива оценивали по коэффициенту запаса K с применением критерия Шлейхера – Мизеса. При геодинамических оценках не учитывали влияние закладки выработанного пространства

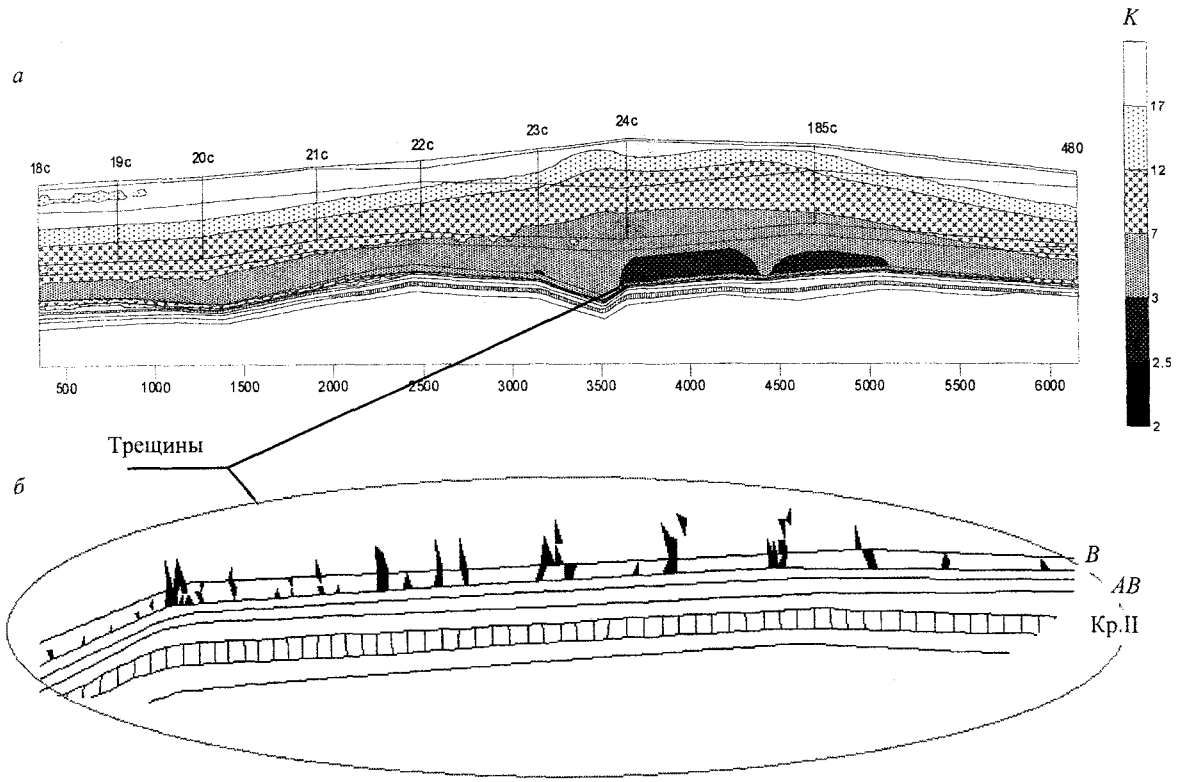


Рис.2. Коэффициент K запаса «мгновенной» прочности по критерию Шлейхера – Мизеса в подработанном породном массиве (*а*), местоположение и размеры вертикальных трещин (*а*, *б*) на 2034 г.

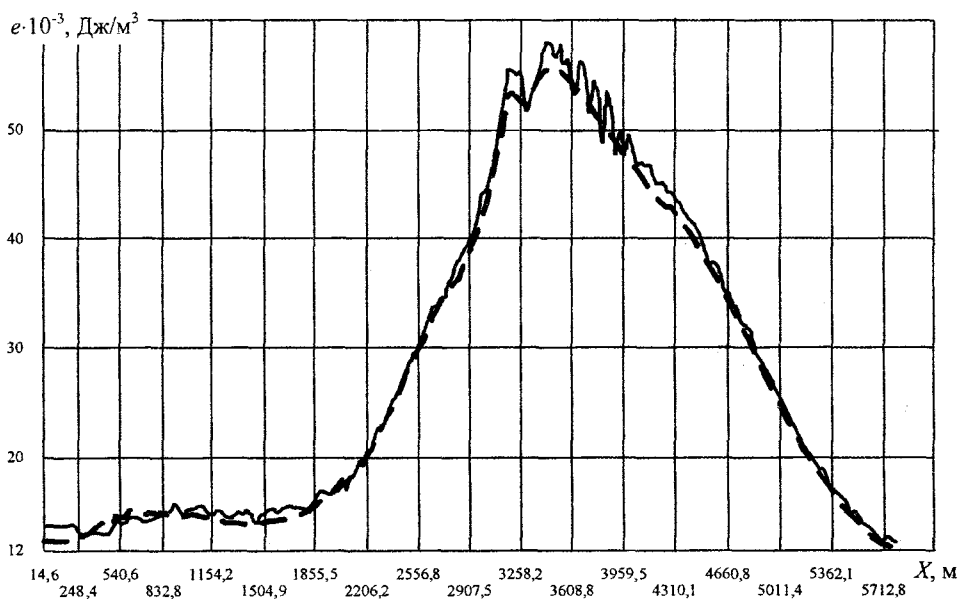


Рис.3. Изменение плотности энергии формоизменения, проинтегрированной по вертикальной координате:
— — — ТНЗ ——— 2034 г.

на напряженное состояние пород, что идет в запас устойчивости несущих элементов системы разработки.

Результаты геомеханических расчетов на одном из геологических разрезов в северо-восточной части шахтного поля Первого

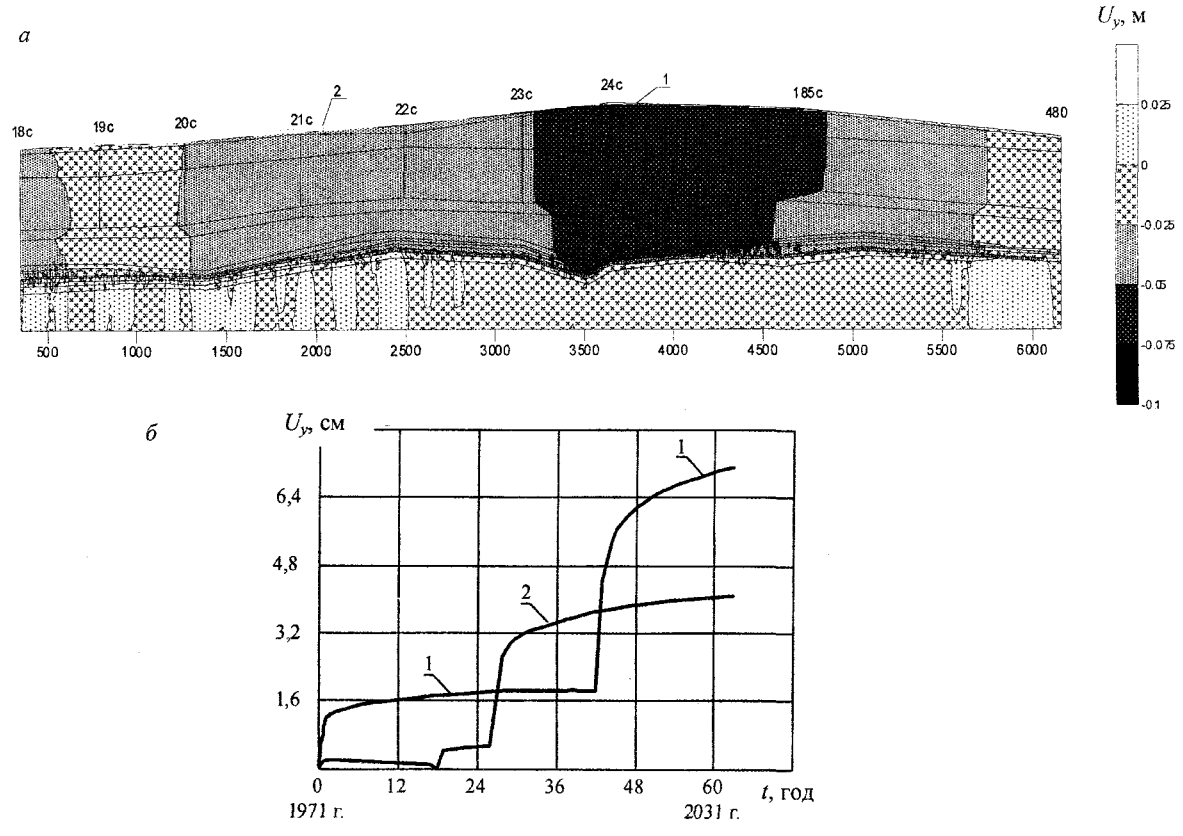


Рис.4. Вертикальные смещения подработанного породного массива (*а*) на 2034 г. и нарастание оседаний земной поверхности (*б*) в отдельных точках

Березниковского рудника показаны на рис.1-4.

На рис.1, *а*, *б*, *в* выделены естественные (природные) тектонические напряженные зоны (ТНЗ). По нескольким критериям (τ_{max}, K, e) выделяется ТНЗ между скважинами 24с и 185с. Наблюдается высокая концентрация энергии формоизменения на уровне водозащитной толщи (ВЗТ), причем значения плотности e энергии формоизменения в четыре раза превышают фоновые.

При некорректном ведении очистных работ ТНЗ может стать геодинамически опасной зоной (ГОЗ). После отработки пласта Красный II (рис.2) при проектных параметрах системы разработки в пласте покровной каменной соли (ПКС) уровень плотности энергии формоизменения останется прежним, а значение коэффициента запаса прочности достаточно высоко ($K \approx 9{,}0$). Однако на уровне карналлитового пласта *В* и выше образуются вертикальные устойчивые трещины. В целом по разрезу энергия формоизменения возрастает незначительно, так как энергия возмущений [5] достаточно мала (рис.3). Расчетные оседания земной поверхности на 2034 г. не превзойдут 7 см (рис.4), так как междукамерные целики будут работать в жестком режиме.

Геомеханические расчеты проведены при средних значениях прочностных и деформационных показателей пород. В результате геодинамического районирования недр и земной поверхности на северо-восточном участке шахтного поля Первого Березниковского рудника выделен структурный узел – узел пересечения трех разноориентированных разломов [4]. Скважина 24с находится в области его динамического влияния. Узлу пересечения разноориентированных разломов должны соответствовать зоны дезинтегрированных пород.

Указанные расчеты подтверждают необходимость скорректировать проектные параметры очистных и закладочных горных

работ при отработке пласта Красный II на участке восточнее скважины 24с (до скважины 185с).

Таким образом, эти (или другие) горные меры позволят избежать таких негативных проявлений горного давления, при которых ТНЗ становится ГОЗ со всеми возможными последствиями и, может быть, катастрофического характера.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Константинова С.А.* Методические подходы, применяемые для решения задач геодинамической безопасности при разработке Верхнекамского месторождения калийных солей // Сб. научных статей. Пермь; Соликамск: ОАО «Галургия», 2002. С.18-40.

2. *Константинова С.А.* Об одной феноменологической модели деформирования и разрушения соляных пород при длительном действии сжимающих нагрузок // ФТПРПИ. 1983. № 3. С.8-13.

3. *Константинова С.А.* Развитие наследственной модели деформирования и разрушения соляных пород / С.А.Константинова, С.А.Чернопазов // ФТРПИ. 2004. № 1.

4. *Константинова С.А.* О геодинамическом районировании недр и земной поверхности на Верхнекамском месторождении калийных солей / С.А.Константинова, Г.Г.Кассин, С.В.Глебов // Горный информационно-аналитический бюллетень / МГГУ. М., 2001. № 6. С.101-106.

5. *Шемякин Е.И.* К вопросу о классификации горных ударов / Е.И.Шемякин, М.В.Курленя, Г.И.Кулаков // ФТПРПИ. 1986. № 5.