© С.А. Константинова, С.А. Чернопазов, А.А. Гуляев, 2006

УДК 622.831.3.001.57

С.А. Константинова, С.А. Чернопазов, А.А. Гуляев

*ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННЫХ НАГРУЗОК НА НЕДРА И ЗЕМНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАСТОВОГО КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Семинар № 11

Верхнекамское месторождение калийных и калийно-магниевых солей (ВКМКС) находится на севере Пермской области и эксплуатируется с 1934 года. За последние 20 лет на месторождении произошли негативные события, два из которых (1986 г. – БКПРУ-3; 1995 г. – СКПРУ-2) относятся к классу чрезвычайных и достаточно подробно описаны в литературе. В этой связи задача оценки техногенных нагрузок на недра и земную поверхность в зависимости от параметров очистных работ достаточно актуальна.

Ниже иллюстрируется основные положения методики оценки техно-генных нагрузок, принятой в ОАО «Галургия» (г. Пермь).

В качестве геологической модели породного массива используются вертикальные геологические разрезы, построенные по данным скважин детальной разведки и структурным (с земной поверхности) с привлечением данных подземной геологической разведки и визуальных геологических обследований по пройденным выработкам. На рис. 1 иллюстрируется вертикальный геологический разрез, проходящий в широтном направлении на шахтном поле рудника СКПРУ-3.

Геомеханические расчеты проведены при средних значениях физико-механических показателей горных пород в предположении гипотезы плоского деформированного состояния с применением численного метода конечных элементов (МКЭ).

Методическим достоинством, впервые примененном в крупномасштабных задачах геомеханики ВКМКС, является оценка естественного поля напряжений в вязкоупругой постановке с использованием такого геологического периода релаксации естест-венных напряжений, при котором в соляной толще реализуется естественное поле напряжений, близкое к гидростатическому ($\tau_{max} \approx 0$).

Для оценки техногенных нагрузок используются подходы академика Е.И. Шемякина [1], развиваемые авторами для случая пластового месторождения, сложенного релаксирующими породами.

В качестве физической модели деформирования и разрушения соляных пород принята феноменологическая модель С.А. Константиновой [2]. Параметры модели приведены в таблице.

В дальнейших рассмотрениях учтено, что плотность энергии возмущений или техногенной (дополнительной)

*Исследования выполняются при финансовой поддержке ОАО «Сильвинит» и частично Российского фонда фундаментальных исследований (проект Р-офи 04-01-97511)

Значения физико-механических показателей пород, использованные в геомеханических расчетах

Показатели		Породы						
		пласт Красный-II	**пласт АБ**	**сильвинит-карналлит. зона**	**междуплас-товая каменная соль**	**солино-мергельная толща**	**покровная камен-ная соль**	**подстилаю-щая каменная соль**
Модуль упругости E, ГПа		17,86	14,26	16,00	11,24	8,60	12,00	15,00
Коэффициент Пуассона μ		0,3	0,3	0,3	0,25	0,26	0,24	0,3
Параметры ползучести	δ_c, $ч^{-0.3}$	0,18	0,45	0,023	0,08	0,05	0,10	0,10
	α	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Сцепление C, МПа		5,99	5,48	3,06	6,21	11,00	7,19	5,99
Угол внутреннего трения φ, град		35	30	34	30	24	26	35
Остаточная прочность, %		20	20	10	20	–	–	–

энергии в соляной толще практически равна плотности полной потенциальной энергии формоизменения, а дополнительные максимальные касательные напряжения – полным касательным напряжениям.

На рис. 2 иллюстрируются результаты геомеханического анализа состояния ненарушенного горными работами породного массива в направлении геологического разреза, показанного на рис. 1.

Для оценки местоположения природных тектонически напряженных зон (ТНЗ – А.Н. Шабаров [3]) были применены критерии:

- максимальных касательных напряжений (τ_{max});
- запаса прочности K по Шлейхеру-Мизесу;
- плотности энергии формоизменения – e;

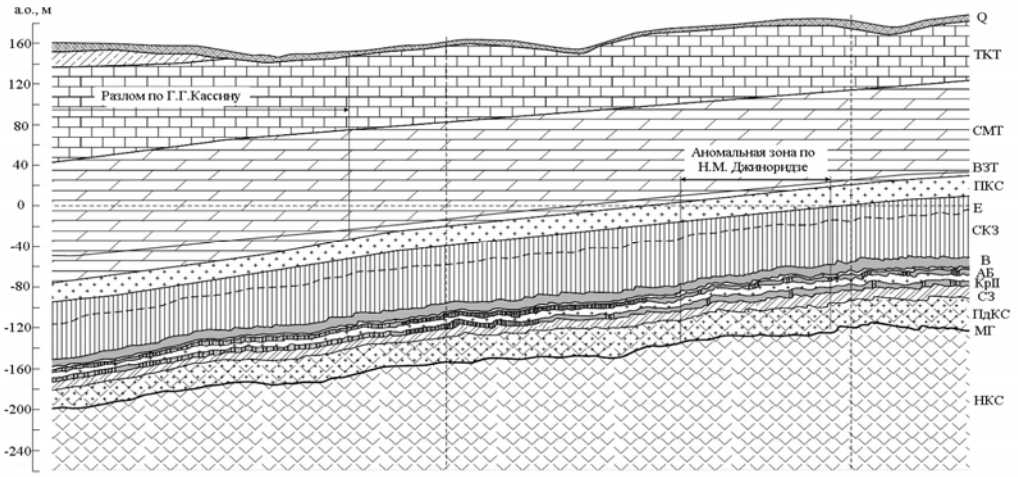
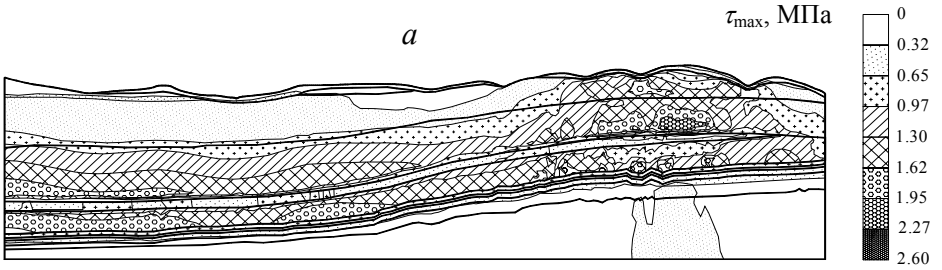
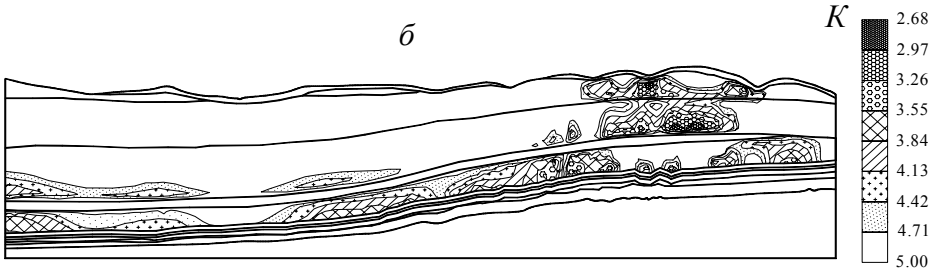
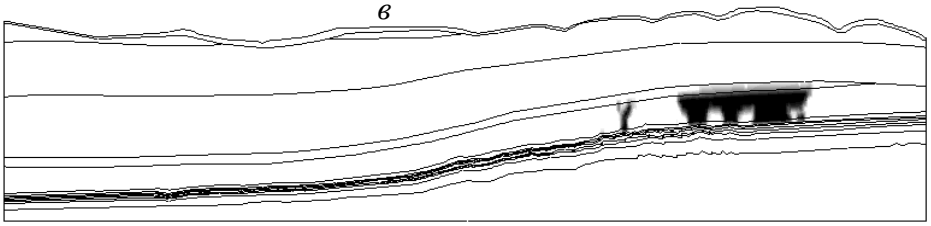


Рис. 1. Участок широтного геологического разреза по штреку блоков 1 и 2 СКПРУ-3







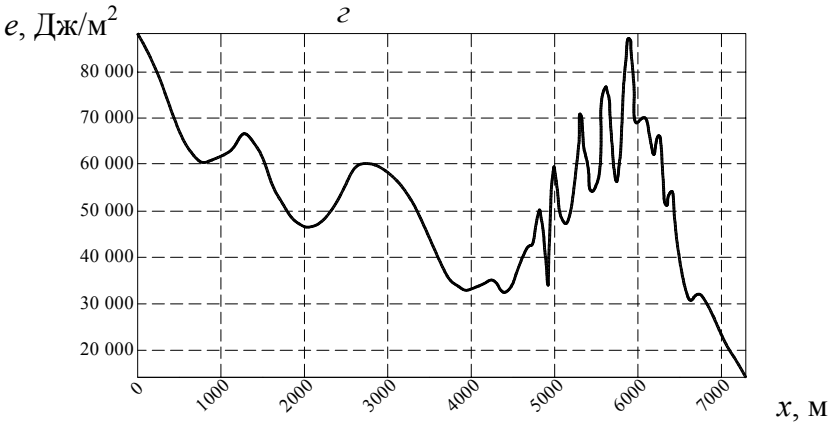


Рис. 2. Результаты геомеханического анализа состояния ненарушенного горными работами породного массива: а – максимальные касательные напряжения τ_{max} в породном массиве; *б* - значение критерия Шлейхера-Мизеса *К; в* - области запредельного деформирования пород, слагающих ВЗТ; *г* - плотность *е* энергии формоизменения, проинтегрированная по вертикальной координате

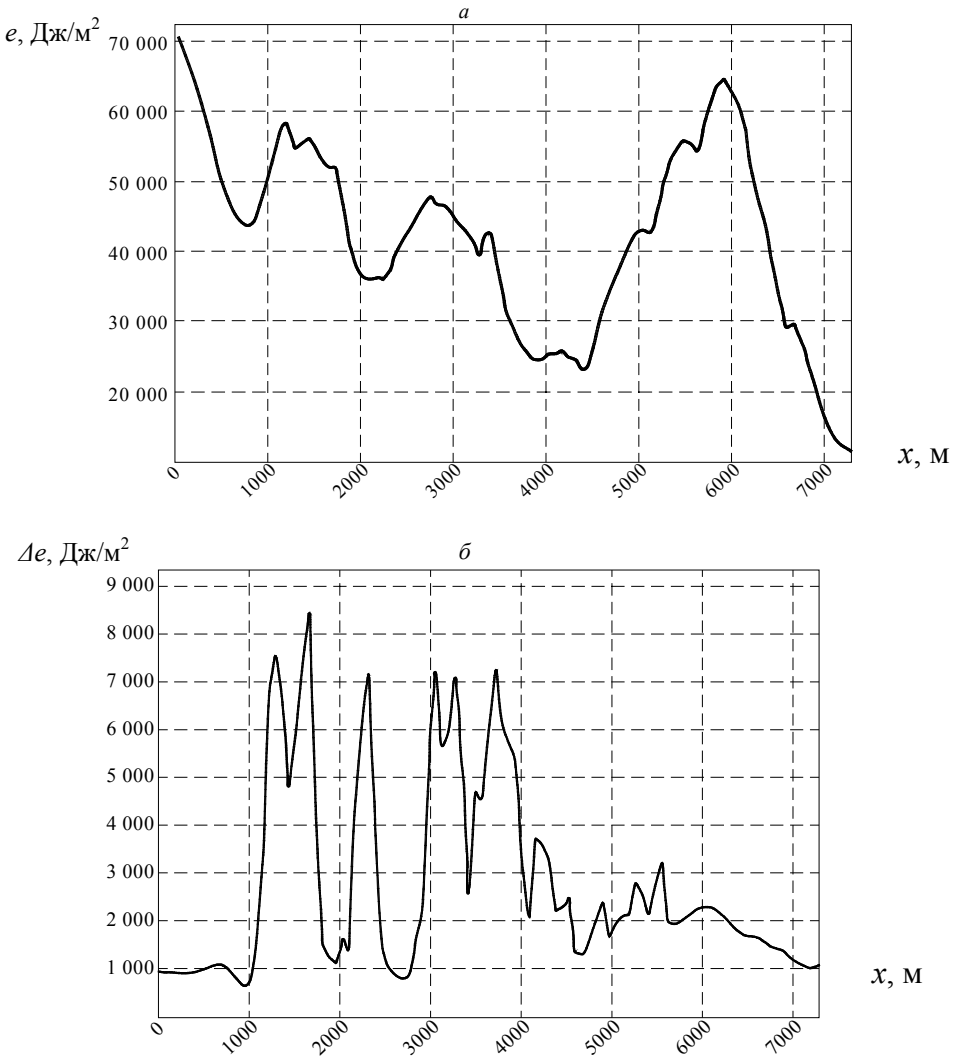


Рис. 3. Динамика плотности энергии формоизменения е, проинтегрированной по вертикальной координате, в подработанном породном массиве (вязкоупругое решение): *а* – полная энергия (природная и техногенная); *б* – техногенная энергия (энергия возмущений)

- деформирования пород на запредельной стадии с возможным образованием зон трещиноватости.

Из рис. 2, *а-г* видно, что по всем критериям на разрезе выделяется природная ТНЗ. Местоположение этой ТНЗ обнаруживает удовлетворительное совпадение с результатами исследований Г.Г. Кассина [4] и Н.М. Джиноридзе [5] по картированию аномальных зон. Кроме того, в ТНЗ в руднике СКПРУ-3 визуально обнаружены природные трещины направления северо-запад – юго-восток.

Применяемый в ОАО «Галургия» и разработанный авторами пакет прик-

ладных программ, реализующий современный численный метод конечных элементов (МКЭ), позволяет проводить геомеханические расчеты в вязкоупругой постановке на геологических разрезах большой протяженности, учитывая не только наличие очистных камер на пластах, но и динамику их проходки. В этой связи *нет необходимости проводить расчеты на* 2-х *иерархических уровнях.*

Геомеханическими расчетами установлено следующее.

- Техногенная энергия (энергия возмущений – Е.И. Шемякин [1]) ничтожно мала по сравнению с естественной энергией формоизменения (рис. 3) и локализуется в геомеханическом пространстве, включающем разрабатываемые сильвинитовые пласты АБ и Красный-II с системой целиков и камер и технологическое междупластье.
- В карналлитовую зону и выше по разрезу техногенные возмущения практически не распространяются.
- Разработка пластов АБ и Красный-II по геологическому разрезу на рис. 1 вблизи области обнаруженных в руднике СКПРУ-3 визуально сквозных трещин по пластам АБ+БВ практически не повлияла на энергетическое состояние «трещинной» зоны.
- После проведения очистных работ по пластам АБ и Красный-II в надсолевой толще сформировалось достаточно однородное поле макси-мальных касательных напряжений.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что метод математического моделирования должен занять достойное место в задачах по оценке геодинамической безопасности недр и земной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шемякин Е.И., Курленя М.В., Кулаков Г.И.* К вопросу о классификации горных ударов // ФТПРПИ. – 1986. – № 5.
2. *Константинова С.А.* Об одной феноменологической модели деформиро-вания и разрушения соляных пород при длительном действии сжимающих нагрузок // ФТПРПИ. – 1983. – № 3.
3. *Шабаров А.Н.* Состояние и перспективы геодинамической безопасности на предприятиях и объектах России // Материалы X Межотраслевого координацион-ного совещания по проблемам геодинамической безопасности. – Екатеринбург: УГГГА, 1997.
4. *Филатов В.В., Кассин Г.Г., Попов Б.А.* Геофизические исследования на Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей // Изв. вуз. Горн. журн. – 1995. – № 6.
5. *Петротектонические* основы безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей / Джиноридзе Н.М. и др.– С.Петербург-Соликамск: СПЭКС.– 2000.

Коротко об авторах

Константинова Светлана Александровна – доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией геодинамической безопасности Уральского научно-исследовательского и проектного института галургии (ОАО «Галургия»), профессор кафедры «Механика сплошных сред и информационных технологий» Пермского государственного университета, г. Пермь.

Чернопазов Сергей Андреевич – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геодинамической безопасности, ОАО «Галургия», г. Пермь.

Гуляев Андрей Александрович – научный сотрудник лаборатории геодинамической безопасности ОАО «Галургия», г. Пермь.