УДК 622.273.2:622.831

А.П.ГОСПОДАРИКОВ, *д-р техн. наук, профессор, kaf mat@spmi.ru,*
Л.А.БЕСПАЛОВ, *аспирант, Bespalov-LA@yandex.ru,*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

A.P.GOSPODARIKOV, *Dr. in eng. sc., professor, kaf mat@spmi.ru,*
L.A.BESPALOV, *post-graduate student, Bespalov-LA@yandex.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ НА СОСТОЯНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СТАРОБИНСКОМУ МЕСТОРОЖДЕНИЮ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Был выполнен анализ влияния выработанных пространств в окрестности подготовительных выработок на механическое состояние массива горных пород. В качестве средства численного моделирования был выбран прямой вариант метода граничных элементов.

Ключевые слова: затухающая стадия, граничный метод, расчетная зависимость, месторождение калийных солей, сходимость, приложение

THE ANALYSES OF INFLUENCE OF GOAFS ON THE STATE OF DEVELOPMENTAL EXCAVATIONS AS APPLIES TO STAROBINSKY POTASSIUM SALT DEPOSIT

The analysis of stress-strain state near excavations and influence of goafs on its redistribution were carried out in this work as applies to coal and salt deposits. The indirect boundary element method was chosen as a tool of research.

Key words: attenuated stage, boundary method, calculated relation, potassium salt deposit, convergence, application

При решении различных геомеханических задач широко используются средства численного моделирования, из которых следует отметить метод конечных разностей (МКР), метод конечных элементов (МКЭ) и метод граничных элементов (МГЭ). Основой этих методов является аппроксимация искомой непрерывной величины перемещений точек деформируемого тела набором линейных функций, заданных на элементах разбивки (в узлах или на конечных отрезках). Последняя сводит процедуру интегрирования разрешающих дифференциальных уравнений механики сплошной среды к решению системы линейных алгебраических уравнений.

Метод граничных элементов позволяет в сравнении с МКЭ значительно сократить число элементов дискретизации моделируемо-

го массива за счет того, что она осуществляется лишь на граничной поверхности исследуемой области, в то время как МКЭ требует внутренней дискретизации всей области. Метод граничных элементов подразделяется в своей реализации на прямые и непрямые варианты. В прямых вариантах МГЭ неизвестные функции, входящие в интегральные уравнения, являются реальными, имеющими физический смысл, переменными задачи. В непрямых вариантах МГЭ интегральные уравнения полностью выражаются через фундаментальное сингулярное решение исходных дифференциальных уравнений, распределенное с неизвестной плотностью по границам рассматриваемой области. Сами по себе функции плотности не имеют определенного физического смысла, но когда они найдены, то значения параметров решения внутри рассматриваемой области могут быть получены из них обычным интегрированием [1,4]. Примерами реализации непрямых вариантов МГЭ являются метод фиктивных нагрузок и метод разрывных смещений. В данной работе исходная задача об определении параметров напряженно-деформированного состояния соляного массива решена посредством использования прямого варианта МГЭ – метода граничных интегральных уравнений. Основная система линейных алгебраических уравнений этого метода приведена в работе [2].

Исходными данными для рассматриваемой нами задачи являлись компоненты поля напряжений в нетронутом массиве горных пород ($\sigma_x^\infty = -8$ МПа, $\sigma_y^\infty = -15$ МПа) и характеристики соляного массива горных пород коэффициент Пуассона $\nu = 0{,}35$, модуль упругости массива $E_{МПП} = 9500$ МПа, $E_{ВП1} = 2700$ МПа; $\nu_{ВП1} = 0{,}32$; $E_{ВП2} = 4750$ МПа; $\nu_{ВП2} = 0{,}28$ (характеристики выработанных пространств [3]).

Была исследована специфика обратного порядка отработки шахтных полей рудников ПО «Беларуськалий» применительно к ведению горных работ на Третьем калийном горизонте, так как в настоящее время на Старобинском месторождении он является основным. Для данных условий разработки были применены горно-геомеханические модели, на базе которых были составлены расчетные схемы (рис.1), отвечающие состоянию элементов массива горных пород на разных стадиях отработки горизонта.

Было рассмотрено несколько расчетных схем применительно к различным стадиям ведения горных работ на рудниках Старобинского месторождения (рис.2, 3). Разница в стадиях отработки рудников характеризуется размерами выработанных

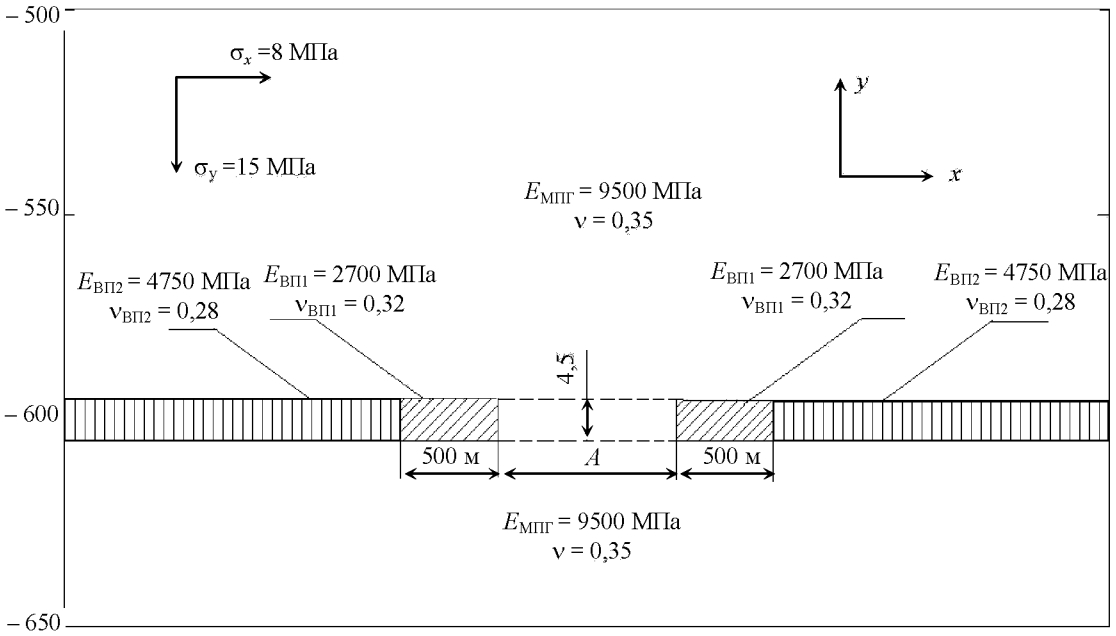


Рис.1. Расчетная схема рассматриваемой задачи

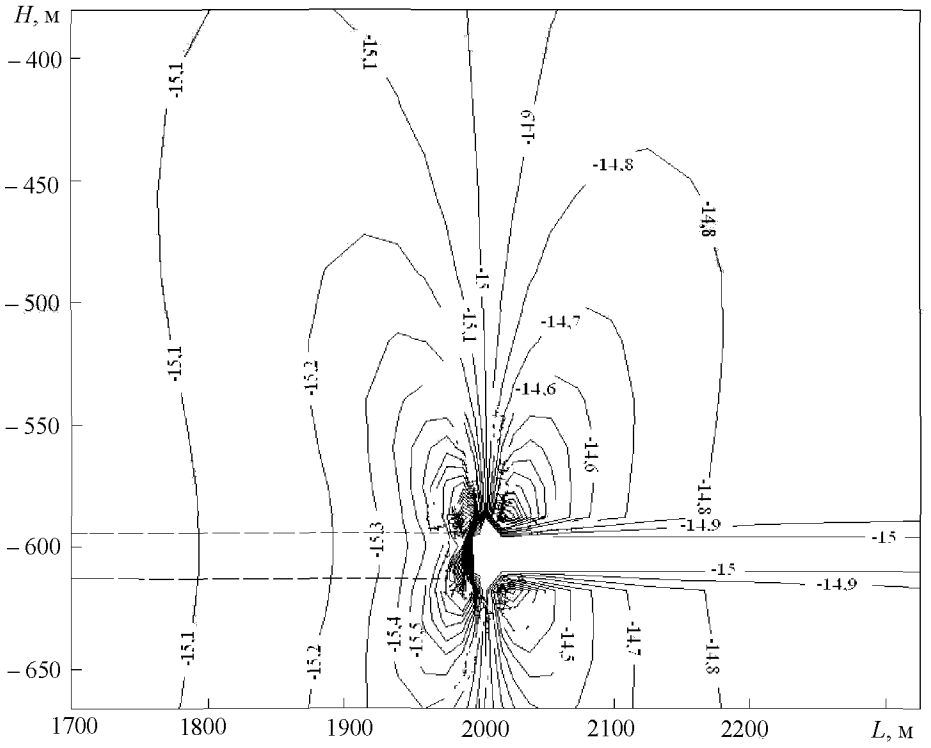


Рис.2. Распределение вертикальной нормальной компоненты тензора напряжений (в мегапаскалях) для начальной стадии отработки рудника

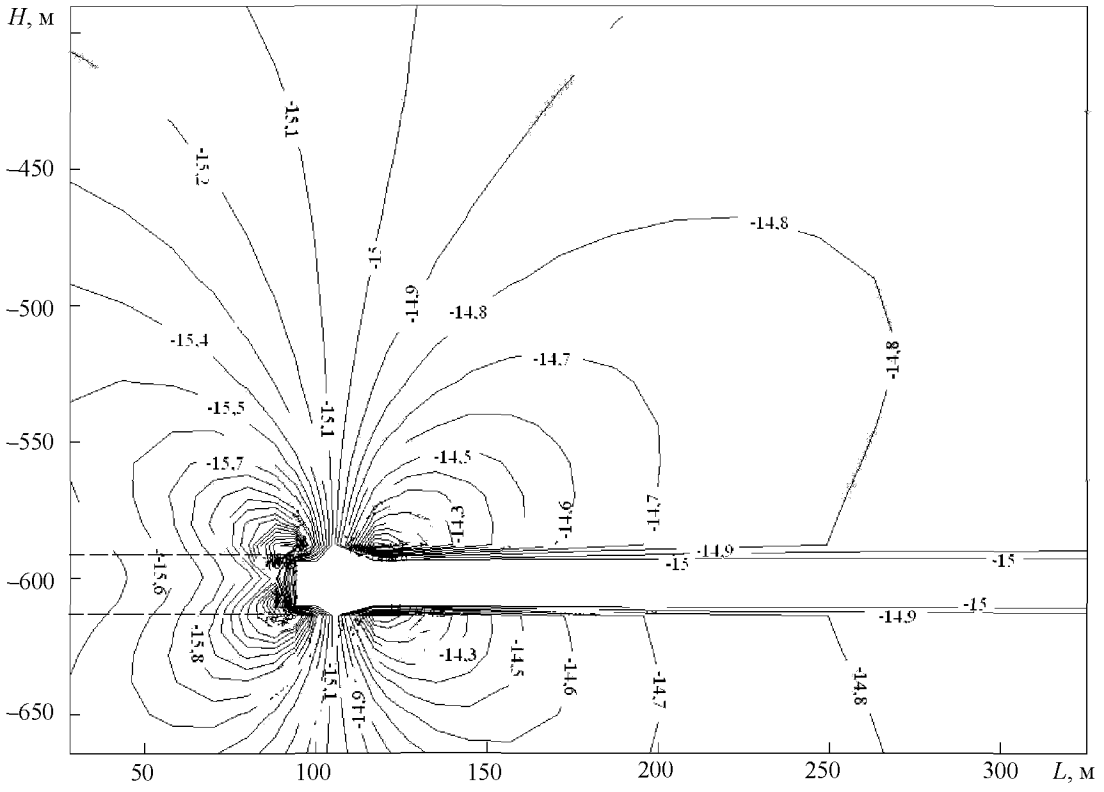


Рис.3. Распределение вертикальной нормальной компоненты тензора напряжений (в мегапаскалях) для затухающей стадии отработки рудника

пространств и оказываемым ими влиянием на состояние подготовительных выработок. Известно, что концентрация напряжений над краевыми частями запасов в значительной степени ухудшает условия поддержания выработок. Поэтому определение зависимости распределения напряжений в краевых частях по-прежнему остается актуальной проблемой. Были рассмотрены распределения вертикальной нормальной составляющей тензора напряжений на различных стадиях ведения горных работ. Начальная стадия ведения горных работ на руднике (к учету принималась только отработка Третьего горизонта) характеризуется сравнительно небольшими размерами выработанных пространств (см. рис.2). Для данного случая зона, в которой наблюдаются повышенные напряжения, сравнительно небольшая. На стадии затухания горных работ, имеются значительные по площади выработанные пространства и достаточно широкая область повышенных напряжений (рис.3).

Исходя из анализа полученных зависимостей, можно сделать вывод о возможных сложностях геомеханического характера при отработке запасов калийных солей на стадии доработки запасов месторождения. На «затухающей» стадии ведения горных работ при использовании систем разработки длинными столбами могут возникнуть проблемы с поддержанием подготовительных выработок, что, в свою очередь, приведет к необходимости разработки специальных мер по обеспечению их устойчивости. В случае применения на данной стадии доработки запасов месторождения камерной системы разработки следует ожидать увеличения ширины междукамерных целиков, а значит, возрастания потерь и уменьшения коэффициента извлечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бенерджи П.* Методы граничных элементов в прикладных науках / П.Бенерджи, Р.Баттерфилд. М.: Мир, 1984. 494 с.

2. *Крауч С.* Методы граничных элементов в механике твердого тела / С.Крауч, А.Старфилд. М.: Мир, 1987. 326 с .

3. *Степанов К.А.* Угловые параметры сдвижения на Солигорских калийных рудниках // Механика горных пород при разработке месторождений природных солей / ВНИИГ. Л., 1974. С.54-73 (Тр.ВНИИГ, вып. 67).

4. *Thamer Y.* Three-dimensional analysis of lanticular ore bodies using displacement discontinuity elements. Toronto, 1999. 120 p.

REFERENCES

1. *Banerjee P.K., Butterfield R.* Boundary element methods in engineering science. Moscow.: Mir, 1984. 494 p.

2. *Crouch S.L., Starfield A.M.* Boundary element methods in solid mechanics. Moscow.: Mir, 1987. 326 p.

3. *Stepanov K.A.* Angle parameters of shifting on potash mines of Soligorsk // Rock mechanics as applies to natural salt deposits mining. Leningrad, 1974. P.54-73. (Works of National Research Institute of Halurgy, i.67).

4. *Thamer Y.* Three-dimensional analysis of lanticular ore bodies using displacement discontinuity elements. Toronto, 1999. 120 p.

Научный руководитель д-р техн. наук, профессор *А.П.Господариков*