УДК 622.230.02

О.В.Ковалев, П.В.Щипанов

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА КАЛИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Изложена методическая оценка напряженно-деформированного состояния массива соляных пород с учетом временного фактора, даны примеры использования в прикладных задачах управления состоянием массива в окрестности выработок.

Calculation methods for the time depended stress distribution in salt rocks are presented. Some results for applied tasks of stress distribution control around mine workings are given.

Соляные породы калийных шахт в отличие от пород иных пластовых месторождений (например, угольных) характеризуются выраженными пластическими свойствами, которые и предопределяют особенности проявления горного давления в выработках и соответственно специфику управления состоянием элементов массива в их окрестности. Необходимым условием последнего, очевидно, является изучение механических процессов в массиве в функции временно́го фактора и принятие решения о способе управления массивом в конкретной ситуации, используя подходы, например, ВНИМИ к оценке устойчивого (неустойчивого) состояния выработок по параметру перемещения их контура. Рассмотрим кратко методические подходы к оценке напряженно-деформированного состояния пород (НДС) соляного массива и выбору направлений возможных практических решений по управлению им в окрестности подготовительных (не влияющих друг на друга) выработок, магистральных (главных), панельных штреков и др.

В общей (трехмерно-временной) постановке задачи для данных условий, т.е. квазисплошной однородной среды, характеризуемой не модулями упругости и сдвига, а динамической вязкостью μ, с учетом представлений А. Надаи (при предельном значении коэффициента Пуассона $\nu \rightarrow 0{,}5$; замене модуля сдвига G на μ и использовании в решении для круглого "выреза" не радиальных перемещений U, а $\dot{U} = dU/dt$) получим решение в виде

$$\dot{U}\Big|_p = \frac{p\,r}{6\,\mu}\left\{\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\frac{R^2}{r^2}\left[\frac{3}{2}\left(1-\frac{R^4}{r^4}\right) + \frac{4R^2}{r^2}\right]\cos 2\Theta\right\},$$

где p - нагрузка вкрест напластования пород (в системе координат x, y, z "вырез" радиуса R простирается вдоль оси z, ось x - вертикальная, отвечающая направлению приложения $p \approx \gamma H$); r и Θ - полярные координаты точки в массиве.

Аналогично находятся $U\Big|_{\eta_y p}$ и $U\Big|_{\eta_z p}$ при рассмотрении задачи плоской деформации (компонент напряжений по оси z $\sigma_z \neq 0$) из уравнения состояния, записанного относительно радиальных деформаций ε_r . Имеется в виду, что боковой распор (по оси y и z) отвечает условию $\eta_y \approx \eta_z \approx \eta$ (здесь η – коэффициент бокового распора).

На контуре выработки ("выреза") при r = R полная скорость радиальных перемещений, по осям x и y соответственно

$$\dot{U}\Big|_\Sigma = \left(1 - \frac{1}{2}\eta\right)\frac{p\,r}{\mu};$$

$$\dot{U}\Big|_\Sigma = \left(\frac{1}{2}\eta - \frac{1}{3}\right)\frac{p\,r}{\mu}.$$

Эти зависимости "определяют" значение параметра μ, достаточно характеризующего "поведение" соляного массива. Для среды с коэффициентом η динамическая вязкость может быть найдена по зависимости

$$\mu = \frac{R}{2\,U}(\gamma H)\,t,$$

где U - радиальные перемещения контура (замеряются in situ); t - текущее время.

Параметр μ может быть найден с учетом анизотропии пород, т.е. с учетом реальных η_y и η_z.

Натурные оценки позволили определить порядок параметра μ для соляных пород: $\mu \geq 10^2$ МПа в год (в среднем $10^2 - 10^3$ МПа·год и более).

Зная μ , находят величины возможных перемещений контура выработок и сопоставляют их с критическими значениями. По данным ВНИМИ, для широкого класса литологических разностей пород исключая размокающие глинистые породы с пределом прочности при сжатии $\sigma_{сж} < 20$ МПа) для допустимых смещений контура выработок (U) можно принять следующие значения:

Породы	U, мм
Устойчивые	< 50
Средней устойчивости	50-200
Неустойчивые	200-500
Весьма устойчивые	> 500

Отметим, что при выявленных значениях μ для соляных пород приведенные категории устойчивости следует понимать лишь как оценочные, тем более, что механизмы потери устойчивости, например, породами кровли на соляных шахтах существенно зависят от наличия и величины горизонтальных компонентов тензора напряжений в непосредственной кровле.

Однако прогностические оценки, выполняемые во времени, позволяют принимать решения о необходимости (либо целесообразности) применения специальных защитных геомеханических мероприятий ("щелевая" защита, защита "разгружающими" выработками, применение анкерования с параметрами в функции от времени существования выработки и т.д.) либо изменения пролета выработки.

Для характерных условий Верхней Камы ($\gamma H \approx 8$ МПа; срок службы основных подготовительных выработок $t = 1 \div 10$ лет; $\mu \approx 10^2 \div 10^3$ МПа·год) перемещения пород кровли можно оценить следующим образом ($t = 1$ год , $\mu = 10^2$ МПа·год):

Длина пролета, мм	4000	6000
U, мм	160	240

При более "вязком" течении пород ($\mu \approx 10^3$ МПа·год) перемещения для указанных пролетов $\approx$ 20÷30 мм.

Оценка показывает, что при эксплуатации выработок в подобных условиях можно обойтись без специальных мер управления состоянием соляного массива и его элемента - пород кровли.

Увеличение срока эксплуатации выработки до 10 лет в породах с $\mu \approx 10^2$ МПа·год сопряжено с развитием весьма

больших перемещений (1000 мм и более), что однозначно потребует опережающего (профилактического) применения геомеханических мер управления НДС данного элемента массива. Однако в породах с $\mu \approx 10^3$ МПа·год на протяжении того же времени эксплуатации выработки (t = 10 лет) перемещения не превысят 150-250 мм, что снимает "остроту" вопроса о профилактике геомеханических мер управления НДС пород кровли.

Рассмотренный методический аспект оценки управления состоянием соляного массива с учетом временного фактора, объективно отраженного параметром динамической вязкости, позволяет заблаговременно планировать профилактические меры геомеханической защиты длительно эксплуатируемых горных выработок в калийных шахтах.