УДК 622.277.3

С.А.ТОЛСТУНОВ, С.П.МОЗЕР
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ КАМЕР РАССОЛОПРОМЫСЛОВ, ЗАКЛАДЫВАЕМЫХ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КУПОЛЬНОГО ТИПА

Рассмотрены вопросы заложения камер на рассолопромыслах большой глубины. Выявлены факторы, оказывающие благоприятное воздействие на устойчивость камер подземного растворения. Предложено производить отработку запасов месторождений купольного типа с глубин более 2500 м.

The problems location of chambers on brine fields are reviewed. The factors rendering favourable effect on stability chambers of underground dissolution are detected. It is offered to make improvement of reserves fields dome type from depthes more 2500 m.

Извлечение каменной соли через буровые скважины с закладкой камер в пластах каменной соли известно издавна [2, 3]. Наиболее благоприятным условием для осуществления таких технологий считается наличие пластов каменной соли, перекрытых прочными и мощными слоями осадочных пород.

В большинстве случаев куполообразные залежи каменной соли не имеют мощных и прочных перекрывающих слоев пород, что затрудняет их отработку и предъявляет повышенные требования к сохранению земной поверхности.

Поиск путей повышения устойчивости камер показывает, что наиболее реальным путем повышения извлекаемости запасов с одновременным снижением уровня оседаний дневной поверхности является переход на добычу соли через скважины и создание рассолопромыслов с заложением камер на больших глубинах.

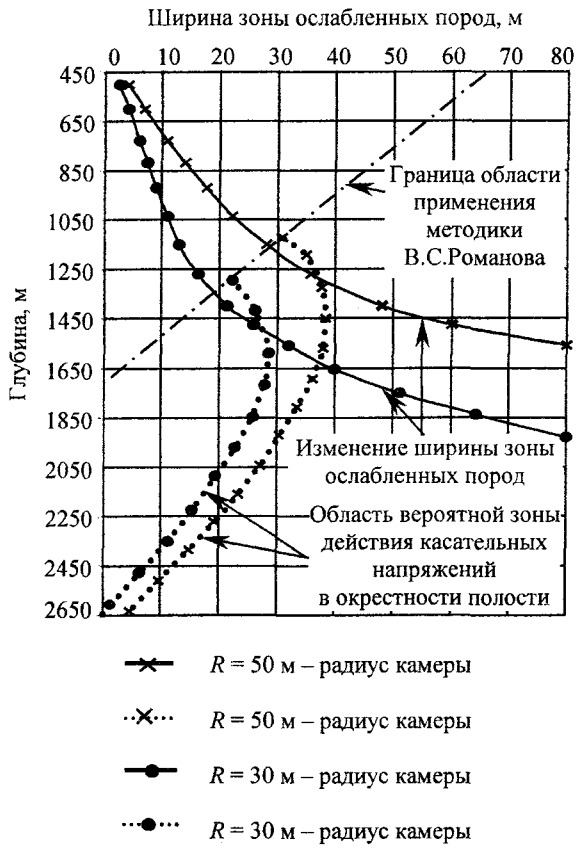
Примером такого технического решения является разработка пласта каменной соли растворением через буровые скважины на глубине около 3000 м [7]. Вскрытое двумя скважинами месторождение в северной Голландии устойчиво эксплуатируется в течение восьми лет с производительностью 450 м^3/ч по кондиционному рассолу. Глубокое заложение камер на расчетном расстоянии друг от друга дает возможность использовать почти все факторы, положительно сказывающиеся на процессе растворения каменной соли. Обоснованием этого технического решения является анализ геомеханических процессов, протекающих в недрах в окрестности полости. Увеличение глубины заложения камеры приводит к изменению горно-технической ситуации и, как следствие, к перераспределению напряженного состояния пород. С ростом глубины заложения камеры изменяются свойства соли. Исследования показывают, что на глубинах примерно 2900-3000 м коэффициент бокового распора становится близким единице [5]. Это обстоятельство дает основание утверждать, что на этих глубинах наступает гидростатическое состояние, т.е. $\sigma_z = \sigma_y = \sigma_x$, так как $\sigma_{x,y} = \lambda\sigma_z$.

Указанное соотношение наступает, когда коэффициент бокового распора

$$\lambda = \frac{\mu}{1-\mu} = 1,$$

где μ – коэффициент Пуассона.

В этих условиях, при малых соотношениях между нормальными напряжениями, появление трещин в области пластиче-



Изменение напряженного состояния горных пород в окрестности камер растворения на основе расчетов по данным работы [6] и методам механики сплошной среды

ских деформаций от действия касательных напряжений менее вероятно.

Это обстоятельство подтверждается расчетом наибольших касательных напряжений по теории Кулона

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \text{const},$$

где τ_{max} – наибольшее касательное напряжение, МПа; σ_1, σ_3 – наибольшее и наименьшее главное нормальное напряжение, МПа.

Если принять $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$, тогда касательные напряжения с увеличением глубины уменьшаются и становятся близкими к постоянной величине. Таким образом, с увеличением глубины заложения камер область горных пород с наличием трещин в окрестности полости уменьшается.

Определение устойчивости камер при больших глубинах заложения требует создания новых геомеханических моделей, так как с ее ростом меняется механизм состояния массива в окрестности полости.

При создании камер растворения в окрестности полости образуется зона ослабленных пород, которая может быть определена по методике В.С.Романова [6]. Расчетная величина зоны ослабленных пород достаточно хорошо согласуется с экспериментальными данными для малых глубин заложения камер.

На рисунке показаны изменения размеров зон ослабленных пород, рассчитанных по методике В.С.Романова в зависимости от глубины заложения камер, для выработок радиусом 30 и 50 м. Штрихпунктирной линией выделена граница области применения формул В.С.Романова. Расчет таких вероятных зон на основе перемещения массива по формулам наибольших касательных напряжений показывает, что с глубиной ширина зон ослабления уменьшается [1, 6]. В области, находящейся ниже штрихпунктирной линии, проявляются другие факторы. Наблюдается пластическое течение материала и, за счет разной скорости перемещения соли в области действия касательных напряжений, происходит обратный процесс, т.е. имеющиеся трещины исчезают под действием прессования. Это явление требует детального изучения. По данным ВНИИГалургии прессование соли начинается в области предела прочности соли на сжатие и является следствием разной скорости движения материала в направлении к центру полости.

Анализируя рисунок можно сказать, что с увеличением глубины заложения камер область влияния самой выработки на окружающий массив уменьшается. За счет пластического течения материала происходит движение массива к центру полости без значительного разрушения его сплошности.

Влияние интенсивности напряженного состояния каменной соли на скорость ее растворения изучено А.В.Михалюком и П.А.Паршуковым [4]. Экспериментально установлено, что с увеличением напряженного состояния увеличивается скорость растворения соли. Концентрация рассола при принятой схеме эксперимента линейно возрастает во времени.

Это обстоятельство дает косвенное основание полагать, что с увеличением глубины заложения камер скорость растворения соли будет значительно бóльшей по отношению к средним и малым глубинам.

Следует также учесть тот факт, что при глубоком заложении камер растворения создаются более благоприятные условия состояния дневной поверхности. Оседание дневной поверхности от действия горных работ проявляется на значительно бóльшей площади и не создает аварийных ситуаций в течение многих лет эксплуатации скважин.

Согласно расчетным данным, авторы считают целесообразным производить отработку запасов купольных залежей каменной соли растворением через буровые скважины с глубин не менее 2500 м. При выборе оптимальных параметров (диаметр и высота камер, размер целиков) необходимо учитывать глубину заложения камер.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Айзаксон Э.* Давление горных пород в шахтах. М.: Госэнергоиздат, 1961.

2. *Вильк С.* Деградация естественной среды вследствие эксплуатации месторождения каменной соли скважинным методом / С.Вильк, Я.Трапле, С.Лучински // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Изд-во МГГИ, 2001. № 9. С.173-182.

3. *Дудко П.М.* Подземное выщелачивание солей. М.: Недра, 1972. 160 с.

4. *Михалюк А.В.* Влияние напряженного состояния каменной соли на скорость ее растворения / А.В.Михалюк, П.А.Паршуков // Журнал прикладной химии. Киев: Изд-во института геофизики им.С.И.Субботина НАН Украины. 1995. Т.68. Вып.5. С.808-813.

5. *Проскуряков Н.М.* Внезапные выбросы породы и газа в калийных рудниках. М.: Недра, 1980. С.264.

6. *Пермяков Р.С.* Справочник по разработке соляных месторождений / Р.С.Пермяков, О.В.Ковалев, В.Л.Пинский, В.С.Романов, М.П.Нестеров, Н.М.Проскуряков. М.: Недра, 1986. С.213.

7. *Stax und Barge.* Zur Geologie und Nutzung der Salzlagerstatte der Frisia Zout BV / Gluckauf 137, 2001. № 7-8. S.428-432.