

Н.Ю. Смайльс

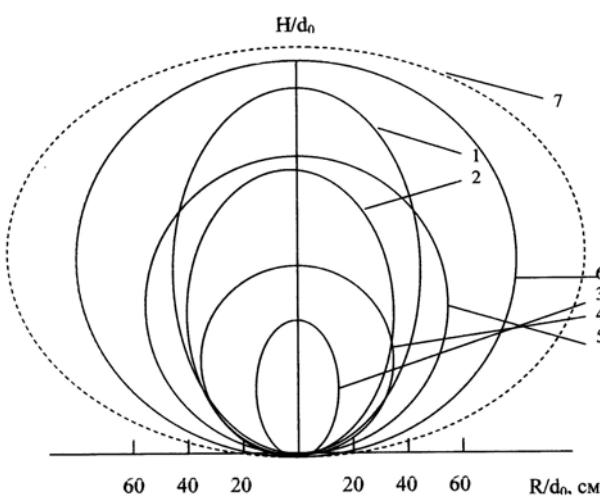
**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
НА ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ВЫРАБОТКИ
ПРИ ПОДЗЕМНОМ РАСТВОРЕНИИ КАМЕННОЙ
СОЛИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВАЖИННОЙ**

НГ-2006 Семинар № 18

Увеличение глубины добычных скважин до 2000 м привело к изменению горно-геологических условий разработки пластов каменной соли методом подземного растворения. Возросло горное давление, повысилось содержание газов при глубоком залегании пластов, что привело не только к изменению физических свойств горных пород, но и снижению прочностных характеристик и устойчивости подземной камеры. С изменением горно-геологических условий наблюдается резкое повышение количества аварийных ситуаций на добывающих скважинах подземного растворения. Одной из причин аварий являются газодинамические явления, связанные с обрушением вышележащих пород и пропластков, а также кусков соляной породы, которые приводят к прихвату и отрыву рабочих колонн, и увеличению потерь полезного ископаемого [1, 2]. Осложнение горно-геологических и горно-технологических условий добычи рассолов каменной соли вертикальными скважинами требуют проведения исследований в области рационального формообразования по созданию устойчивой формы выработки.

Для повышения устойчивости подземной камеры в формациях каменной соли проводятся исследования про-

цессов свободного растворения соляного массива и формообразования выработки округлой формы. Исследования связаны с анализом технологии подземного растворения и способов создания емкостей-хранилищ (резервуаров) в формациях каменной соли, а также изучением природных явлений карста в растворимых породах. При подобно протекающих физико-химических процессах растворения наблюдается существенная разница формообразования искусственно и естественно образуемых карстовых форм. В природных условиях естественного формообразования отмечается многообразие карстовых форм, вертикальное сечение которых представлено окружными и с плоской потолочиной формами, которые имеют поверхностное и подземное расположение. Подобное формирование является наглядным примером для подземного растворения скважинами. Однако, практика подземного растворения при использовании управляемых методов и управляемых способов отмечает закономерность формирования выработок с плоской потолочиной, представленные сечением в виде перевернутых трапеций, треугольников и разной высоты цилиндра. Анализ технологических схем методов и способов подземного рас-



творения [3] показал, что закономерность подобного формирования связана с регламентированной последовательностью технологических параметров методов и способов подземного растворения. Так, например, открывая часть скважины в интервале высоты пласта неуправляемых методов и в интервале высоты ступени управляемых способов, приводит к стратификации рассолов камеры и быстрому растворению верхней части массива. Подработка несолевых пород в неуправляемых методах, и применение нерастворителя в управляемых способах предопределяют формирование плоской потолочки.

На основе проведенного анализа технологических схем подземного растворения и способов создания емкостей-хранилищ (резервуаров) углеводородного сырья была получена закономерность окружного формирования подземной выработки при свободном растворении соляного массива вертикальной скважиной без

использования нерастворителя. Закономерность окружного формирования основана на развитии куполообразной потолочки, чему способствуют технологические параметры беспслойного способа растворения [4]. Одним из таких параметров является загруженная водоподача. Данные исследования связаны с изучением

гидродинамической обстановки жидкостных потоков камеры, определением влияния всплывающего потока на растворение вертикальной поверхности и формирования куполообразной потолочки камеры при свободном растворении соляного

Известно, что гидродинамику потоков определяют технологические параметры такие, как: положение водоподающей колонны относительно потолочки камеры (ступени); режим подачи растворителя (прямоток, противоток); объем и размеры камеры, а также производительность скважины (Q скв.), влияющие на характер (ламинарного или турбулентного) движения потоков.

Физическое моделирование процессов растворения и формообразования подземной камеры при свободном растворении массива в условиях давления $P > 0,3 \text{ МПа}$, исключающего влияние воздуха (или воздушной фазы) показали следующие результаты [5].

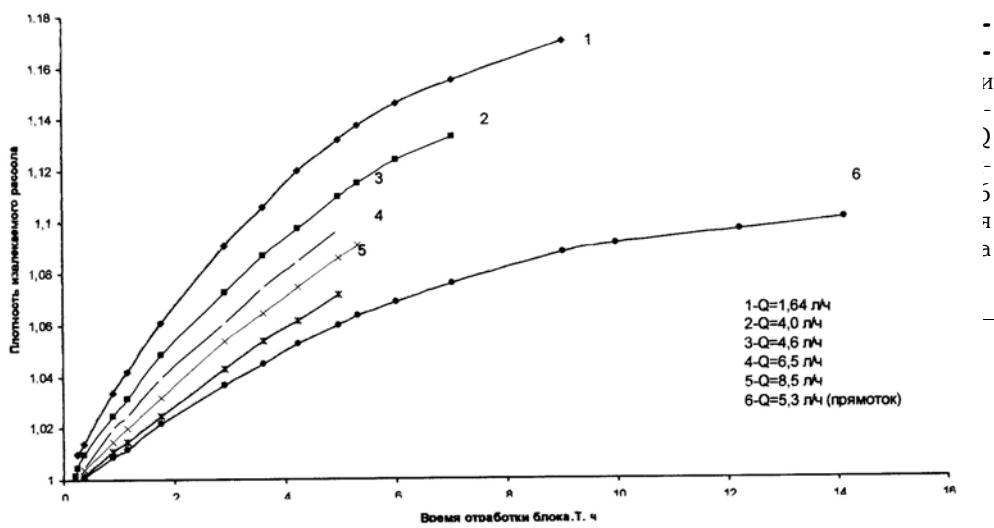


Рис. 2. Динамика изменения плотности рассола в зависимости от

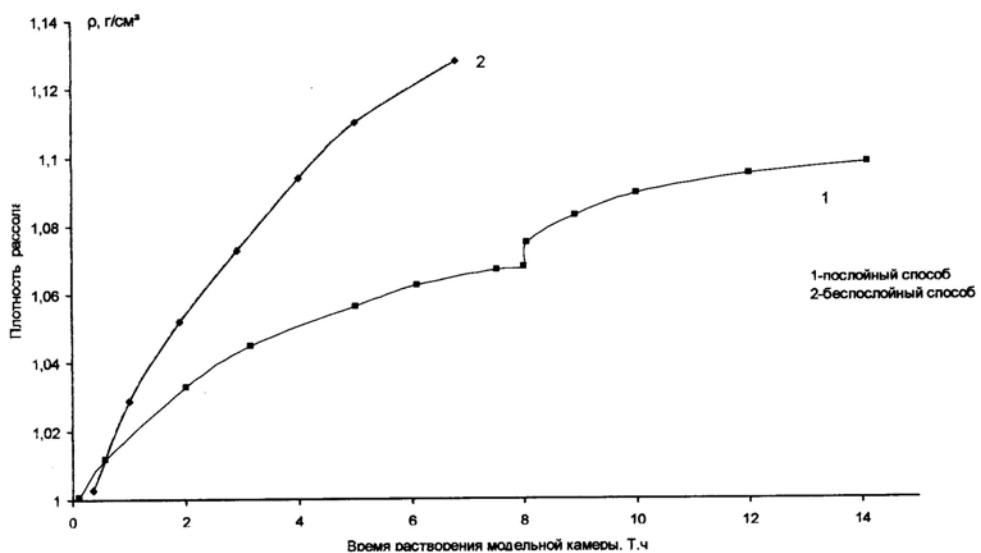


Рис. 3. Динамика насыщения рассолов в зависимости от применяемого способа растворения

1. Стационарно закрепленная водоподающая колонна в начальный момент размыва в противоточном режиме находилась на уровне кровли

подобно послойному способу. При этом начальный этап развития камеры от размеров скважины предопределялся малыми размерами и турбу-

лентным движением потоков, в результате которых наблюдалось наиболее быстрым растворением потолочины относительно стенок камеры (рис. 1, 1-3). Увеличение производительности в интервале $Q = 1,64 \div 6,5$ л/ч способствовало увеличению высоты камеры. Начальный этап растворения при малых размерах выработки характеризуется турбулентным движением, когда число $Re_{Kрит} > 2320$.

2. Следующий этап растворения характеризуется увеличением размеров выработки и удаленностью водоподающей колонны относительно потолочины, что соответствует заглубленной водоподаче. При этом характер движения потоков внутри камеры изменяется, что вызвано появлением всплывающей струи, которая приводит к наиболее активному перемешиванию потоков в камере. Всплывающая струя на уровне водоподачи способствует растворению стенок выработки, что приводит к замедлению растворения потолочины и высоты камеры по вертикали относительно стенок. Увеличение объема камеры при размерах диаметра $d=3,5 \div 4$ см приводит к постепенному затуханию турбулентного движения, и растворение стенок камеры характер.

3. Дальнейшее увеличение объема камеры ($d>4,5$ см) приводит к ламинарному движению потоков, связанного с условиями растворения свободной конвекции потолочины и боковой поверхности камеры. Турбулентность движения потоков наблюдается непосредственно вблизи рабочих колонн, обусловленная областью движения и радиусом действия нисходящего и восходящего потока растворителя. При этом замедляется рост камеры по вертикали. Вертикальные сечения камер имеют

формы правильного круга. Увеличение $Q_{скв.} = 1,64 \div 8,5$ л/ч не оказывают значительного влияния на высоту выработки. Отмечается равномерное растворение стенок и потолочины, изменяется угол наклона боковой поверхности (рис. 1, 4-6).

4. Лабораторные исследования заканчиваются получением камер диаметром не более 15-18 см в режиме противотока, что связано с пробоем (нарушением сплошности) блоков каменной соли при давлении $P = 0,3$ МПа. При свободном растворении массива плотность извлекаемых рассолов значительно выше по сравнению с послойным способом (рис. 2). При этом значительно сокращается время получения насыщенных рассолов при малых объемах камеры. Увеличение плотности рассола позволит сократить количество спуско-подъемных работ с рабочими колоннами.

5. Прогноз формообразования камеры беспслойным способом вероятнее всего связан с формированием купольной верхней частью на основе размеров 3-го этапа. При этом сохранится угол наклона боковой поверхности и равномерность растворения боковой поверхности и потолочины. Затем растворение камеры по высоте несколько замедлится. На рис. 1 прогноз формирования камеры представлен пунктирной линией (7). Форма камеры будет несколько вытянута по горизонтали.

6. Отработка камеры беспслойным способом в прямоточном режиме показала формирование цилиндрической формы с куполообразной потолочиной. Высота камеры достигала 22 см при ширине 12÷14 см. Отбор проб извлекаемого

рассола показал невысокую плотность, что возможно связано с частичным захватом растворителя рассолозаборной колонной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патрунова Л.Н. Исследование причин простоеев эксплуатационных скважин Яр-Бишкадакского рассолопромысла // Разработка солей способом подземного выщелачивания. - Л.: ВНИИГ, 1975, вып.76.
2. Гаев Р.А., Егорова Л.Т., Гаманова Г.З. Аварии эксплуатационных скважин выщелачивания и опыт устранения на Яр-Бишкадакском рассолопромысле // Совершенствование технологии подземного выщелачивания солей. - Л.: ВНИИГ. 1977. – С. 78-86.
3. Смайльс Н.Ю. Закономерности формообразования подземной камеры при подземном растворении пластов каменной соли //Горный информационно-аналитический бюллетень. - М., №9, 2001.
4. Смайльс Н.Ю. Разработка способа беспослойного растворения газоносных пластов каменной соли -автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М.: ИПКОН РАН 1991.
5. Айруни А.Т., Смайльс Н.Ю. Методические рекомендации по моделированию процесса создания камер при растворении солей беспослойным способом //Тр. ИПКОН РАН. - М.: 1985. ГИАБ

Коротко об авторе

Смайльс Н.Ю. – кандидат технических наук, научный сотрудник, ИПКОН РАН.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 18 симпозиума «Неделя горняка-2006». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.Ж. Аренс.



ИНФОРМАЦИЯ

В Горном информационно-аналитическом бюллетене № 8, 2007 г. на с. 49 по вине редакции произошла техническая ошибка в названии статьи. Действительное название статьи авторов С.М. Ткача, И.Д. Баракаевой, П.А. Омельяненко «Пути уменьшения ошибок оценки количества и качества запасов рудных и россыпных месторождений». Указанная работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 06-05-96120).