© Н.Ю. Смайльс, 2007

УДК 622.831.322.234.42

Н.Ю. Смайльс

ПЕРСПЕКТИВА КОМПЛЕКСНОЙ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТОВ КАМЕННОЙ СОЛИ СКВАЖИНАМИ

Семинар № 18

В горной практике при разработке пластов каменной соли используется метод подземного растворения. Технология подземного растворения предусматривает буровую скважину и эксплуатацию навесных колонн, которые расположены соответственно размерам труба в трубе (труба меньшего диаметра в трубе большего диаметра), закрепленных к обсадной колонне и оголовку скважины. В одну из таких колонн подается с земной поверхности растворитель соли – вода или слабые рассолы, а по другой - вытесняются рассолы необходимой концентрации. Управляемые способы подземного растворения предусматривают закачку нерастворителя в скважину по межтрубному пространству внешней рабочей и обсадной колоннами, с помощью которого осуществляется отработка слоев-ступеней необходимых размеров высоты и диаметра. В качестве нерастворителя чаще всего на практике используются нефтепродукты, которые образуют слой между рассолами и твердой соляной поверхностью, который ограничивает растворение соляного массива по вертикали. При этом формирование камеры вязано с последовательной отработкой снизу вверх отдельных слоев-ступеней, имеющих форму цилиндра с плоской потолочиной до полной отработки мощности соляного пласта. Высота ступени зависит от применения управляемого способа подземного растворения и мощности соляного пласта при диаметре камеры 100-120 м [1,2].

В настоящее время технология управляемых способов подземного растворения используется в горной практике в двух самостоятельных направлениях. Первое – это добыча полезного ископаемого в виде хлоридно-натриевых рассолов с последующим выпариваем. Второе – при строительстве в формациях каменной соли емкостей-хранилищ, используемых для хранения углеводородного сырья и захоронения вредных производственных отходов. Одинаковый технологический подход процессов растворения и формообразования подземных камер обусловлен разными конечными целями и требованиями производства [3-6].

С целью добычи рассолов каменной соли разрабатываются мощные пласты для получения выработок диаметром 100-120 м, и извлекаются насыщенные рассолы концентрацией С = 300÷310 г/л, необходимые для выпаривания. При добыче рассолов основным продуктом производства является рассол, и все действия контроля, связанные с работой скважины, направлены на поддержание и получение рассолов нужной концентрации. В этой связи отмечается невысокая производительность скважины эксплуатационного периода Qскв≤80 $м^3$/ч [3, 7].

В строительстве подземных хранилищ в формациях каменной соли основным объектом является сама выработка,

получаемая при растворении, при этом ее размеры ограничены диаметром 60-80 м. Весь процесс растворения направлен на получение качественной устойчивой камеры, как объекта дальнейшего использования. Для повышения устойчивости камеры последнюю ступень отрабатывают в виде купола при последующем уменьшении размеров высоты и диаметра в каждом слое с помощью нерастворителя. Концентрация извлекаемого рассола в период размыва не превышает С = 160-230 г/л, который сливается в водоносный горизонт или отстойную яму (резервуар) на земной поверхности. Эффективность строительства хранилищ определяется короткими сроками создания, и в этой связи производительность скважины увеличивается более Qскв>80 $м^3$/ч, что приводит к извлечению малонасыщенных рассолов [5, 6, 8].

Вопрос объединения двух направлений возникал уже давно [9, 10]. Особенно в этом заинтересовано строительство подземных хранилищ, поскольку строительство и эксплуатация подземных выработок связаны с целым рядом неблагоприятных факторов и дополнительными затратами. К таким факторам можно отнести длительный срок строительства емкостей, сброс или утилизацию слабых рассолов, сброс насыщенного рассола, необходимого при заполнении хранилищ продуктом и строительство отдельных рассолодобычных скважин для получения компенсационного рассола или емкостей для его хранения.

Во избежание недостатков и высокой себестоимости подземного строительства предпринимались различные мероприятия как у нас в стране, так и за рубежом. Например, с целью снижения стоимости подземного хранилища в свое время в США предлагалось сооружение хранилищ с двумя камерами, размываемыми соосно вертикальной скважиной [9]. Верхняя камера предназначалась для хранения нефтепродукта, который поджимался рассолом, а нижняя камера использовалась для получения компенсационного рассола.

В работах ВНИИГ [10] предлагалось совмещение добычи рассолов с хранением нефтепродуктов, а также разные схемы кооперации, которые представлялись как весьма эффективными в производстве. На практике рассолопромыслов известны случаи временного использования подземной выработки в качестве хранилища, но для хранения углеводородных продуктов такая выработка используется весьма редко, поскольку начальные требования к разработке месторождений несколько отличаются друг от друга [3, 4].

В связи с возрастающими потребностями в подземных хранилищах, которые могут использоваться не только для углеводородного сырья, а также для захоронения вредных и радиоактивных отходов производства возникает потребность комплексного подхода разработки пластов каменной соли. Комплексный подход предполагает одновременное извлечение кондиционного рассола, необходимого для выпаривания при получении чистой соли, и формирование устойчивой подземной камеры рациональной (округлой) формы, пригодной для последующего хранения углеводородного сырья.

С целью выяснения возможности получения устойчивой выработки округлой формы проводились исследования процессов растворения и формообразования камер в формациях каменной соли. Анализ технологических схем неуправляемых методов и управляемых способов подземного растворения, а также способов создания резервуаров в

формациях каменной соли, показал влияние отдельно взятых технологических параметров, приемов, режимов на форму выработки. Также установлена возможность управления данными процессами без использования нерастворителя [11]. Исследования происхождения природного карста в растворимых породах показывают формирование округлых карстовых полостей в условиях наземного и подземного залегания [12], что является наглядным примером для получения подобных форм при искусственном растворении скважиной. Определение условий развития и факторов образования природного карста округлой формы, а также выбор отдельных технологических параметров, способствующих равномерному растворению горизонтальной и вертикальной поверхности, способствующих развитию куполообразной потолочины, привели к получению закономерности округлого формирования подземной камеры через вертикальную скважину без нерастворителя. Закономерность сферического образования дает возможность принципиально нового подхода растворения подземной камеры в формациях каменной соли и позволяет создать новую технологическую схему беспослойного способа растворения [13].

Основными отличиями беспослойного способа по сравнению с технологией управляемых способов является: - растворение всего соляного массива без деления на слои-ступени; - формирование камеры при помощи развития куполообразной потолочины; - исключение нерастворителя из управления формой камеры, поскольку равномерное растворение горизонтальной и вертикальной поверхности приводит к формированию купола и увеличению его размеров; -конструкция скважины исключает свободное пространство и циркуляцию движения растворителя вверх по скважине. Вместе с тем беспослойный способ содержит технологические элементы, применяемые в управляемых способах и неуправляемых методах: заглубленную водоподачу, противоточный режим подачи растворителя, возможность смены режима на прямоток, изменение производительности скважины на этапах отработки камеры и т.д.

Исследования свободного растворения массива и сферического формирования выработки проводились на блоках каменной соли методом приближенного физического моделирования при соблюдении теории подобия с учетом условий однозначности, а также подтверждались практическими результатами на скважине. Сопоставление результатов исследований с практикой управляемых способов показали значительные отличия технологических показателей (рис. 1-5).

Расчеты показывают, что значения коэффициента насыщения при растворении всего массива беспослойным способом в 2 раза выше при одинаковой производительности Qскв= = 800 м^3/сут и меньшем объеме выработки по сравнению с послойным способом (рис. 1 [7], 2), что позволяет увеличить Qскв.

Значительно сокращен временной интервал получения насыщенных рассолов при меньших объемах выработ-ки [7]. Расчеты показывают, что относительно Q = 816 м^3/сут и Wк ≈ ≈17000 м^3 можно извлекать насыщенные рассолы. Уменьшение Qскв прводит к наиболее быстрому насы-щению при меньших объемах, а также

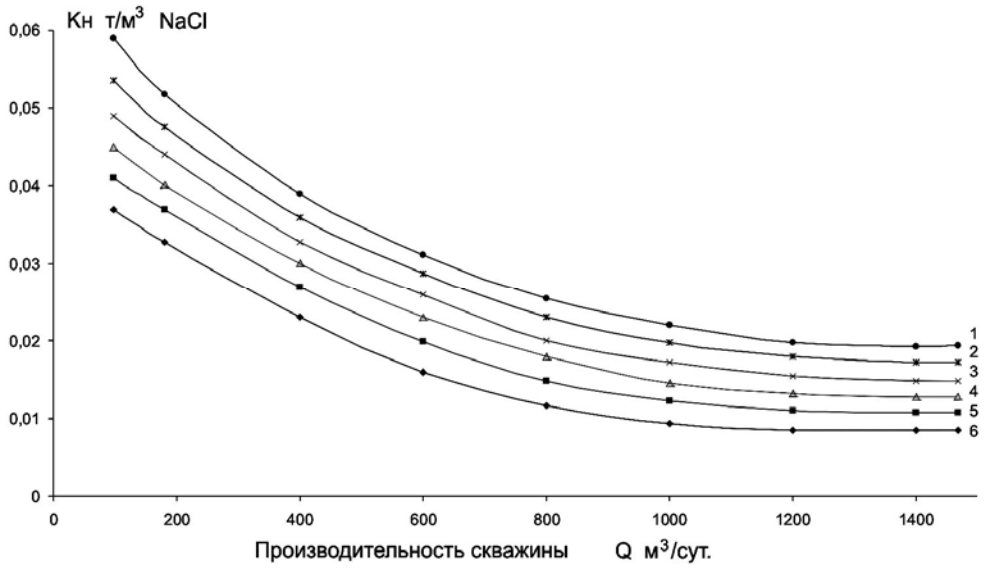

Рис. 1. Зависимости коэффициента насыщения от Qскв и % содержания галита в породе: *1* – 100 %; *2* – 98 %; *3* – 96 %; *4* – 94 %; *5* – 92 %; *6* – 90 % (послойный способ)

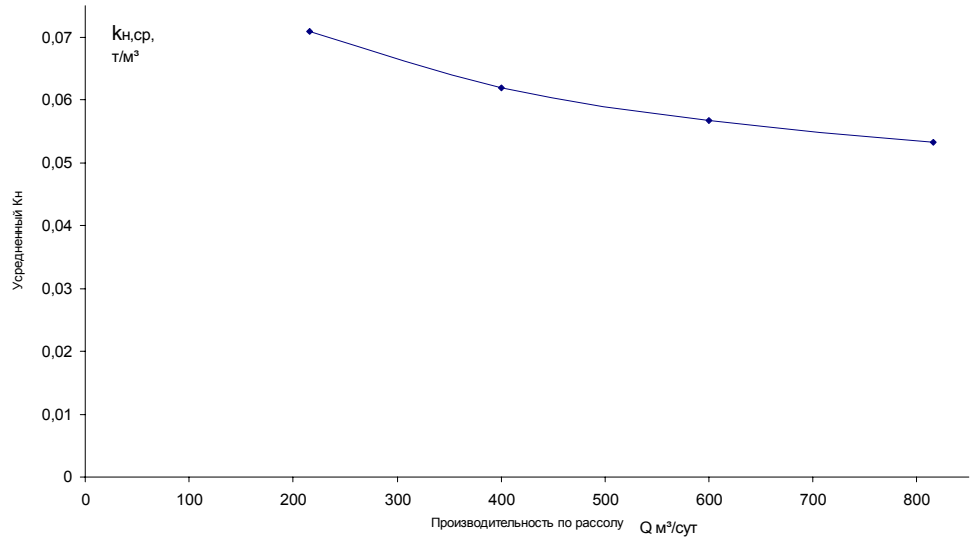

Рис. 2. Зависимости коэффициент насыщения $k_н$=f(Q) при растворении массива каменной соли беспослойным способом

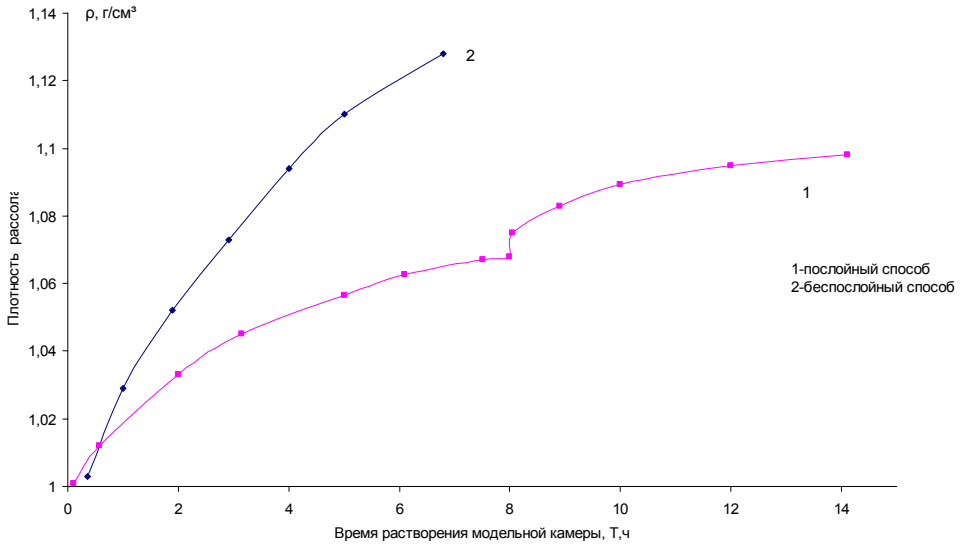

Рис. 5. Сравнение показателей плотности рассолов р = f(T) при моделировании камер послойным и беспослойным способами

показывают, что извлекаемые рассолы достигают насыщения при значительно меньших объемах камеры при одинаковой производительности скважины (рис. 3).

Технологическая схема беспослойного способа за счет свободного растворения массива соли (относительно высоты ступени управляемых способов) дает возможность извлечения кондиционного рассола, пригодного к выпариванию уже при небольших объемах выработки, что дает возможность увеличить производительности скважины Qскв>80 $м^3$/ч, а также значительно снизить время отработки камеры (рис. 4, 5). Округлая форма повысит устойчивость подземной выработки в ослабленной и невысокой прочности породах, свойственной условиям высокого горного давления и газосодержащей породы на больших глубинах

Таким образом, результаты исследований показываю, что способ беспослойного растворения отвечает требованиям подземного растворения камер в формациях каменной соли как с точки зрения добычи рассолов, так и строительства подземных хранилищ. Эффективность беспослойного способа очевидна (рис. 1-4), поскольку свободное растворение вертикальной поверхности (всего массива соли), а не ограниченной по высоте ступени в управляемых способах, способствует извлечению кондиционного рассола при малых объемах выработки за значительно короткое время. Устойчивость камеры сохраняется на протяжении всего периода отработки камеры за счет формирования куполообразной потолочины. Поэтому беспослойный способ соответствует требованиям для ком-

плексной разработки пластов каменной соли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бобко П.С.* Методы подземного выщелачивания соляных залежей. - Л.: Недра, тр. ВНИИГ, вып.56, 1972.

2. *Способ* конвективного смешениея с заглубленной водоподачей. А.с. №1113521 СССР, МКИ^3 43/28 /Патрунова Л.Н., Каратыгин Е.П., Романов В.С. и др.

3. *Дудко П.М.* Рассолопромыслы. - М.: Недра, 1986.

4. *Мазуров В.А.* Подземные газохранилища в отложениях каменной соли. - М.: 1982.

5. *Гаев А.Я., Щугорев В.Д., Бутолин А.П.* Подземные резервуары. - Л.: Недра, 1986.

6. *Временные* указания по проектированию и строительству подземных хранилищ в отложениях каменной соли (для нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов) СМ 320-65. - М.: Сройиздат, 1965.

7. *Патент* США N3277654 кл.61-5, 1966. Подземное хранилище для нефтепродуктов с двумя вертикально расположенными камерами.

8. *Бобко П.С., Романов В.С.* Возможности кооперации рассолодобычи с подземным хранением в камерах выщелачивания рассолопромыслов // Совершенствование технологии выщелачивания солей. - Л.: ВНИИГ, 1977.

9. *Долгих М.А., Матвиенко В.В., Хачатурян Н.С.* Оценка прочности камер выщелачивания в отложениях каменной соли. - М.: тр. ВНИИСТ N12, 1962.

10. *Смайльс Н.Ю.* Обзор исследований по естественному и искусственному формообразованию подземных камер в растворимых породах //Горный журнал.-М.: 4, 1998.

11. *Смайльс Н.Ю.* Закономерности формообразования подземной камеры при подземном растворении пластов каменной соли //Горный информационно-аналитичес-кий бюллетень. - М.: 9, 2001.

12. *Айруни А.Т., Смайльс Н.Ю.* Методические рекомендации по моделированию процесса создания камер при растворении солей беспослойным способом //Тр. ИПКОН РАН. - М.: 1985.

13. *Дудко П.М., Лехтимяки Э.В.* Добыча рассолов выщелачиванием каменной соли через буровые скважины //Гидрогеология и геология соляных месторождений. - Л.: Недра, 1972, ВНИИГ, вып.56, с 146-175. ГИАБ

Коротко об авторах

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

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ШАПОШНИКОВ Филипп Владимирович	Математическое моделирование радиационно-химических реакций в чистом кварцевом стекле	05.13.18	к.ф.-м.н.