УДК 622.831

С.П.МОЗЕР
Горный факультет, аспирант кафедры разработки месторождений подземным способом

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ КАМЕННОЙ СОЛИ

Целевыми задачами развития технологии подземного растворения соли были и остаются повышение производительности скважин и полноты извлечения запасов месторождений. Сложность задач управления процессом подземного растворения соли через скважины состоит в уникальных для техногенных объектов объемах, заполненных жидкостью. Для интенсификации процесса насыщения растворителя, с учетом указанных трудностей и особенностей, предлагается следующий способ. Камеру подземного растворения соли размывают путем заглубленной водоподачи. Предварительно на поверхности растворитель насыщают углекислым газом в массовом отношении углекислого газа к растворителю от 0,02:1 до 0,16:1. Нерастворитель смешивают с абсорбентом углекислого газа в массовом отношении абсорбента к углекислому газу от 1,1:1 до 1,5:1 и периодически подают в камеру. Предварительный расчет разработанных автором технологических схем растворения соли через скважины показал, что данный способ позволяет повысить производительность камер подземного растворения на 10-20 %, что говорит о перспективности дальнейшей разработки предлагаемых технологий.

The target problems of technological development of underground dissolution salt were and still remain the well productivity increase and completeness of field reserves extraction. The complexity of process control problems of underground salt dissolution through wells consists in uniqueness for man-made objects of liquid-filled volumes. To intensify the solvent saturation process, taking into account indicated difficulties and features, the following way is offered. The chamber of underground dissolution of salt is eroded by underground water delivery. Previously at the surface, the solvent is saturated with carbon dioxide in mass relation of carbon dioxide to the solvent from 0,02:1 up to 0,16:1. Nonsolvent is mixed with absorbent of carbon dioxide in mass ratio of absorbent to carbon dioxide from 1,1:1 up to 1,5:1 and is delivered in batches to the chamber. Preliminary calculation by of flow diagrams of salt dissolution through wells carried out by the authors has shown, that the ways offered the allow to increase productivity of underground dissolution chambers by 10-20 %, that allows to judge about further development of the given technologies.

Широкому освоению технологии подземного растворения каменной соли (галита) помимо высокой экологичности и экономической эффективности способствовали два обстоятельства. Во-первых, основные потребности в хлориде натрия для химической промышленности (нужды пищевой промышленности сравнительно невелики) могут быть реализованы в виде достаточно концентрированного рассола, который от скважин рассолопромысла по трубопроводу поступает непосредственно на технологический конвейер химического комбината. Во-вторых, камеры подземного растворения имеют важное предназначение: с учетом огромного объема и непроницаемости окружающего соляного массива они представляют собой лучший тип подземного хранилища нефти, нефтепродуктов, сжатого или сжиженного природного газа.

Целевыми задачами развития технологии подземного растворения соли (ПРС) были и остаются повышение производительности скважин и полноты извлечения запасов месторождений. Сложность задач управления процессом ПРС состоит в уни-

кальных для техногенных объектов объемах заполненных жидкостью камер (диаметр до 110 м, высота – сотни метров).

Одним из основных факторов, снижающих скорость растворения стенки камеры ПРС, является малая интенсивность пристеночных потоков, а следовательно, значительная толщина пограничного слоя с ламинарным течением насыщенного рассола, через который медленный массоперенос осуществляется по механизму молекулярной диффузии. Совершенствование технологии требует учитывать связь константы скорости растворения с коэффициентом диффузии и толщиной пограничного слоя. Для увеличения скорости растворения необходимо искать пути уменьшения толщины пограничного слоя, т.е. возрастания скорости пристеночных потоков.

Для интенсификации процесса ПРС существуют следующие способы*:

1) повышение температуры растворителя, закачиваемого в соляную залежь;

2) гидравлический разрыв соляного пласта;

3) воздействие акустическими колебаниями;

4) образование подготовительной выработки взрывами каменной соли;

5) размыв камеры затопленными струями растворителя;

6) применение растворителя, пропущенного через силовое магнитное поле;

7) воздействие гидродинамического излучателя;

8) применение нерастворителя, пропущенного через силовое магнитное поле;

9) применение в качестве нерастворителя комбинированного состава газ – нефтепродукты и поверхностно-активных веществ;

10) принудительное обрушение нерастворимых пропластков в каменной соли;

11) применение добавок поверхностно-активных веществ в растворитель;

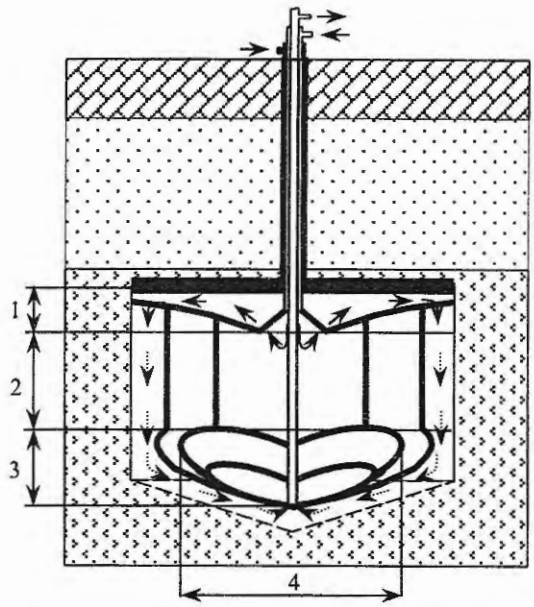


Рис.1. Схема движения растворителя в камере

12) добавление в растворитель на поверхности пористой массы;

13) добавление в растворитель углекислого газа, а в нерастворитель – абсорбента углекислого газа.

На способы 12-13 автором поданы заявки на изобретения.

Следует отметить, что в настоящее время основным способом интенсификации процессов ПРС является увеличение темпа нагнетания растворителя. Скорость растворения стенки камеры примерно пропорциональна квадратному корню из расхода растворителя, подаваемого в камеру.

При работе индивидуальной скважины послойного растворения в цилиндрической камере с плоской потолочиной могут быть выделены (рис.1) четыре зоны с четко выраженными гидродинамическими отличиями: зона припотолочного (компенсационного) потока (1), зона вертикального плоскопараллельного потока (2), промежуточная зона (3), зона сферического (4) потока (центростремительное движение к точке забора). Характер и скорости движения жидкости в этих зонах приведены в табл.1**.

Студенцов А.Ф. Определение корреляционной зависимости технологических параметров подземного растворения каменной соли от ее литологического состава и интенсификация процесса поверхностно-активными веществами // Проблемы геотехнологии. М., 1983

**Бобко П.С.* Гидродинамика камер подземного выщелачивания // П.С.Бобко, В.С.Романов, А.Г.Кононова // Обзорная информация. Серия «Развитие калийной промышленности». М., 1978.

Таблица 1

Характер и скорость движения жидкости в разных гидродинамических зонах

Гидродинамическая зона	Характер движения жидкости	Скорость, м/с
1-я (припотолочный поток)	Плоскорадиальное растекание жидкости от точки ввода к боковым стенкам камеры	От 1,0 до $2 \cdot 10^{-3}$
2-я (вертикальный поток)	Плоскопараллельное, нисходящее перемещение жидкости по площади поперечного сечения	$1{,}7 \cdot 10^{-6}$
3-я (промежуточная зона)	Обтекание разделительной поверхности у точки забора плоскопараллельным потоком	От 2,1 до $2{,}6 \cdot 10^{-6}$
4-я (зона сферического потока)	Радиально-сферическое (или полусферическое), центростремительное движение жидкости к точке забора	От $(2{,}1\text{-}2{,}6)10^{-6}$ до 1,0

Для интенсификации процесса насыщения растворителя, с учетом указанных трудностей и особенностей, предлагается следующий способ. Камеру ПРС размывают путем заглубленной водоподачи (рис.2). Предварительно на поверхности растворитель насыщают углекислым газом в массовом отношении углекислого газа к растворителю от 0,02:1 до 0,16:1. Нерастворитель смешивают с абсорбентом углекислого газа в массовом отношении абсорбента к углекислому газу от 1,1:1 до 1,5:1 и периодически подают в камеру. Плотность абсорбента выбирают меньше, чем плотность растворителя, но больше, чем плотность нерастворителя.

Механизм повышения производительности рассолодобычи путем повышения скорости восходящего потока растворителя следующий: при насыщении растворителя углекислым газом и подаче по межтрубному пространству на входе его в пространство камеры происходит резкое изменение давления и начинается выделение пузырьков углекислого газа, которые за счет меньшей плотности поднимаются в верхнюю часть камеры, увлекая за собой значительные массы растворителя, тем самым вызывая интенсивное перемешивание жидкости в камере.

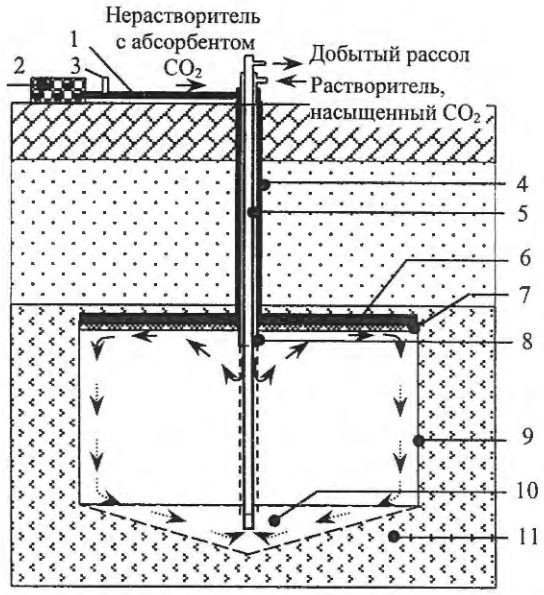


Рис.2. Предлагаемая техническая схема растворения
1 – трубопровод для подвода нерастворителя с абсорбентом; 2 – пункт приготовления нерастворителя; 3 – клапан для сброса избыточного давления; 4 – эксплуатационная труба; 5 – рассолоподъемная труба; 6 – нерастворитель; 7 – абсорбент; 8 – водоподающая труба; 9 – контур камеры растворения; 10 – подготовительный горизонтальный вруб; 11 – соляная залежь

Применение вышеописанного способа по сравнению с аналогами позволяет увеличить производительность рассолодобычи путем повышения скорости восходящего потока растворителя V (табл.2).

Таблица 2

Сравнение производительностей рассолодобычи

Масса CO_2, кг/1000 кг H_2O	Масса абсорбента, кг	V, 10^{-3} м/с
0,01	0,11	$4 \cdot 10^{-3}$
0,02	0,024	$10 \cdot 10^{-3}$
0,05	0,065	$12 \cdot 10^{-3}$
0,1	0,14	$14 \cdot 10^{-3}$
0,15	0,225	$16 \cdot 10^{-3}$
0,16	0,24	$18 \cdot 10^{-3}$
0,162	0,243	$20 \cdot 10^{-3}$

Для предварительной оценки перспективности предлагаемой технологии рассмотрим пример. Жидкость в камеру растворения вводится через скважины, обычно оборудованные двумя висячими колоннами труб. Сечение межтрубья внутренней (146 мм) и внешней (219 мм) колонн, по ко-

торому обычно подается вода, весьма мало (площадь 0,0144 м^2) в сравнении с сечением камеры (площадь до 15 тыс.м^2). Скорость движения подаваемой жидкости при попадании в камеру резко гасится и становится ничтожной по сравнению со скоростью движения в трубах скважины (при производительности водоподачи 50 м^3/ч скорость в трубах близка к 1 м/с). В индивидуальной камере диаметром 100 м при производительности скважины 50 м^3/ч и скорости восходящего потока растворителя $V = 2 \cdot 10^{-3}$ м/с на обновление жидкости в слое высотой 1 м требуется около 7 суток.

При подаче воды, насыщенной CO_2 в отношении 0,16:1, абсорбента в виде твердых частиц гопкалита класса Е массой 0,243 кг с плотностью 0,93 кг/м^3 в индивидуальной камере диаметром 100 м при производительности скважины 50 м^3/ч и скорости V восходящего потока растворителя $20 \cdot 10^{-3}$ м/с на обновление жидкости в слое высотой 1 м потребуется около 4 суток.

Предварительный расчет разработанных авторами технологических схем растворения соли через скважины позволяет повысить производительность камер на 10-20 %, что говорит о перспективности дальнейшей разработки предлагаемых технологий.

Научные руководители: д.т.н. проф. *О.В.Ковалев*, к.т.н. доц. *С.А.Толстунов*