



Бурение

8

**МОСКВА
1974**

О ПРИРОДЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ РАПЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОВОДКИ СКВАЖИН В ХЕМОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Л. К. МУХИН, В. З. ЛУБАН и Э. А. ОГОЛИХИН
(МИНХ и ГП им. И. М. ГУБКИНА)

В процессе бурения скважин на подсолевые отложения возникают проявления высокоминерализованной воды — рапы, приводящие к разнообразным тяжелым осложнениям. Эти проявления, как правило, приурочены к верхней пачке солей в районах, где нет явлений активного соляного тектогенеза и отмечается повышенный геотермический градиент или соли залегают на таких глубинах, где пластовая температура выше 100°C . Во всех случаях зафиксированы аномально высокие пластовые давления в рапопроявляющих горизонтах, по абсолютным величинам близкие к горному.

Для выяснения причин этого явления было проанализировано более 30 случаев рапопроявлений, происшедших на площадях треста «Каршинефтегазразведка» (юго-запад Узбекистана).

В таблице приведены некоторые данные по наиболее характерным скважинам, пробуренным в этом районе.

Как видно из таблицы, воды из всех фонтанирующих скважин следует относить к ультрарассолам, в основном хлоридно-кальциево-магниевого типа. Следует заметить, что в процессе испытания скважин воды аналогичного состава не были получены ни из одного горизонта, т. е. рапопроявляющие горизонты являются исключением для данного района.

Фонтаны высокоминерализованной воды с удельным весом $1,28\text{--}1,38\text{ г/см}^3$ в процессе бурения были получены в Волгограде [3], Краснодарском крае [1], Ставропольском крае, в Предкарпатье и районе Грозного.

На площадях треста «Каршинефтегазразведка» рапопроявления в большинстве случаев приурочены к сводовым частям структур по соли (площади Зеварды, Куруксай, Нишан и др.).

Предполагают, что происхождение залежей высокоминерализованных вод связано с линзами захороненной рапы или с растворением калийно-магневых солей пластовыми водами, поступающими из других горизонтов.

В связи с повышенной растворимостью детально изучить состав залежей калийно-магневых солей очень трудно. Имеющиеся данные указывают на их большую литологическую неоднородность. В основном они состоят из карналлита ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), бишофита ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), сильвинита (KCl), пропластков и включений галита (NaCl), тахгидрита ($\text{KCl} \cdot 2\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) и других минералов. В этих породах часто встречаются микровключения газов — азота, водорода, двуокиси углерода, метана, а также микроэлементов йода, брома, бора и т. д. [4].

Образование этих солей связано с последней стадией содепокопления при почти полном испарении жидкости в солеродном бассейне [2]. Наличие галита в кровле калийно-магневых солей указывает на понижение концентрации рассола в солеродном бассейне, из-за чего в осадок начинали выпадать менее растворимые соли. Следовательно, захороненные залежи рапы не могли образовываться.

Аномально высокие пластовые давления и ограниченная площадь распространения рапопроявляющих пластов указывают на отсутствие гидродинамической связи между полостями, заполненными рапой, и породами, вмещающими соль. Следовательно, образование рапы за счет растворения калийно-магневых солей водами, поступающими из других горизонтов, невозможно.

Вместе с тем при вскрытии рапосодержащих горизонтов повсеместно отмечалось повышенное содержание в растворе водорода и азота, что является косвенным признаком того, что происходило именно растворение калийно-магневых солей, в результате чего накопились эти газы.

Для более детального исследования данного процесса рассмотрим некоторые свойства калийно-магневых солей. Отличительной их чертой является повышенная растворимость, увеличивающаяся с ростом температуры. По степени растворимости эти соли могут быть расположены в следующий ряд: $\text{KCl} < \text{MgCl}_2 <$

Номер скважины	Площадь	Интервал залегания вскрытых солей, м	Удельный вес бурового раствора при выбросе, г/см ³	Глубина начала или интервал рапо-проявления, м	Удельный вес рапы, г/см ³	Температура рапы, °С	Дебит, м ³ /сутки	
							началь- ный	макси- мальный
20	Култук Зеварды	2165—2920	1,30	2385 2200	1,26	Нет св. 96	216,0 6000,0	288 6000
1		2175—2200	1,38		1,29			
10	»	2200—2698	1,32	2430	1,29	90	20,0	100
17	Памук	2275—2479	1,30	2380—2479	1,28	97	96,0	6000
1	Куруксай	2435—2962	2,18	2465—2962	1,29	—	2,9	75
1	Ниман	2711—2786	1,26	2781—2786	1,29	108	29,0	8640
12	Гумбулак	1905—2035	1,48	1964	1,24	—	170,0	2160

CaCl_2 . При этом в водах, насыщенных до предела менее растворимыми солями, например NaCl , калийно-магниевые соли беспрепятственно растворяются, и по мере насыщения ими менее растворимые соли начинают выпадать в осадок.

Особыми свойствами обладает бишофит ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). При температуре 117°C кристаллогидрат $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ теряет две молекулы воды и превращается в кристаллогидрат $\text{MgCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ [5]. В результате выделения воды начинается растворение кристаллогидратов магния. Поскольку растворимость MgCl_2 при температуре 117°C составляет 42—46% [5], а кристаллогидрат $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ содержит 53,1% воды, то весь пласт бишофита превратится в насыщенный раствор. Этот раствор будет обогащен микроэлементами I, Вг, В и другими, а также водородом и азотом, содержащимися в калийно-магниевых солях.

В связи с большой неоднородностью пластов бишофита может происходить растворение и других солей. Однако по мере насыщения менее растворимые соли будут выпадать в осадок, в результате чего образуются ультра-расолы, насыщенные ионами Mg^{++} и Ca^{++} . Так как эти воды не растворяют галит NaCl , он будет служить для них экраном, в то время как рапа за счет диффузии может перемещаться вдоль пласта калийно-магниевых солей в сводовые зоны, где $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ не превращается в $\text{MgCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Фазовое превращение $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в $\text{MgCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и последующее растворение кристаллогидратов протекают с увеличением объе-

ма, что приводит к образованию трещины (аналогично трещине, образующейся при гидравлическом разрыве), заполненной рапой, из-за чего при бурении происходит провал бурильных труб [1, 6]. При залегании структур на большой глубине залежи рапы будут сосредоточены в сводовой части.

С целью проверки возможности превращения бишофита в насыщенный раствор были проведены исследования в условиях, приближенных к пластовым. Экспериментальные исследования проводили в металлических матрицах, внутри которых находились образцы бишофита под давлением 1—600 кг/см². Матрицы и образцы бишофита нагревали в электропечи. Температуру контролировали потенциометрами ЭПВ2-02 с термопарой типа ХК, а также ртутными термометрами. Точность замера температуры составляла $\pm 2^\circ\text{C}$. Во время экспериментов контролировали перемещение штоков, создающих нагрузку на образец. Во всех экспериментах при температуре 115—120°C кристаллы бишофита переходили в насыщенный раствор.

Следовательно, образование линз рапы происходит вследствие фазового, термального превращения бишофитов; мощность и размеры линз рапы определяются составом, мощностью калийно-магниевых солей, условиями их залегания и распространения. Такая точка зрения объясняет многие явления, происходящие при рапопроявлении.

Анализ опыта проводки скважин показывает, что применяемая технология бурения не позволяет во многих случаях довести скважину до проектной глубины без осложнений. Так,

Продолжительность рапопроявлений		Состав рапы, мг/л						
сутки	период	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻
30	До спуска колонны	Нет св.	Нет св.	45000	26000	200400	Нет св.	Нет св.
19	До образования пробки в скважине	40800		50500	30640	241110	82	732
19	До обвала с при- хватом бурильных труб	Нет св.	Нет св.	27050	9100	262990	Нет св.	Нет св.
92	До образования пробки на глубине 500 м и ниже	»	»	42000	36000	337720	»	»
71	До ликвидации скважин	»	»	2750	1850	179940	»	»
2	До образования пробки	63046	242800	7100	6800	350150	300	600
52	До ликвидации скважины	Нет св.	Нет св.	3910	550	26590	Нет св.	Нет св.

из всех анализируемых скважин только три удалось довести до проектной глубины. Следовательно, в районах с повышенным геотермическим градиентом или в случае вскрытия соли при температуре свыше 100°C необходимо применять более совершенную технологию бурения скважин в хемогенных отложениях.

Ниже приводятся основные рекомендации по совершенствованию технологии бурения скважин в хемогенных отложениях.

1. Как было показано выше, линзы рапы приурочены к сводам пластов калийно-магневых солей. Следовательно, на структуре целесообразно бурить специальную скважину, расположенную на некотором расстоянии от свода солевых отложений (3—5 км). Эта скважина должна быть пробурена в целях не только разведки продуктивных горизонтов, но и получения сведений о наличии и составе калийно-магневых солей.

2. Накопленный опыт работ, а также имеющиеся рекомендации [1, 6] предусматривают сглаживание давления в рассолосодержащих линзах. Опыт бурения показал, что использовать эти рекомендации почти невозможно из-за рекристаллизации солей в стволе скважины и обвалов глинистых пород при неперекрываемых интервалах залегания терригенных пород. Кроме того, безвозвратно теряется ценное химическое сырье и происходит засоление почвы. Так, при бурении скважины № 1 — Нишан за 26 ч фонтанирования было выпущено 10 тыс. м³ высокоминерализованной воды. После испарения воды на большой площади образовался слой солей, мощность которых в отдельных местах превышала 1 м. Следовательно, сгла-

живать давление в линзах высокоминерализованной рапы недопустимо.

3. Скважины бурили по конструкции, предусматривающей вскрытие хемогенных пород при необсаженных терригенных отложениях. Терригенные породы, не перекрытые обсадной колонной, обваливаются, особенно при сильном притоке рапы. Так, при фонтанировании скважин № 1 — Зеварды, № 17 — Памук, № 1 — Нишан вместе с рапой было выброшено более 100 м³ породы. Очевидно, более рациональной будет конструкция скважин, при которой надсолевые породы полностью перекрываются.

4. Дебит скважины зависит от величины противодействия, создаваемого столбом бурового раствора. Так, скважина № 1 — Куруксай при удельном весе бурового раствора 2,18—2,20 г/см³ переливала с дебитом 0,3 м³/сутки. После замены раствора водой с целью выпуска рапы скважина фонтанировала с дебитом 28,8 м³/сутки, а затем после проработки ствола скважины, очевидно, из-за дренажа трещин, дебит ее составил 75 м³/сутки. Поступление даже незначительных количеств рапы в скважину ухудшает качество бурового раствора. Регулировать показатели утяжеленных буровых растворов при попадании рапы невозможно, и скважины приходится ликвидировать.

Следовательно, бурение скважин в районах с рапопроявлениями надо проводить с применением буровых растворов, качество которых легко регулировать при попадании рапы. Ими могут быть растворы на нефтяной основе или гидрогели, полученные при обработке рапы

электролитами и защитными коллоидами. Применение таких растворов позволит предотвратить образование каверн за счет растворения солей и получить симметричную по отношению к оси скважину, что особенно важно при проявлении действия горного давления.

5. Опыт бурения показывает, что попытки перекрытия зон рапопроявлений обсадными колоннами не давали эффекта (скважины № 1 — Куруксай, № 20 — Култак и др.): либо колонна была негерметичной, либо наблюдались перетоки в затрубном пространстве и проявления высокоминерализованной воды. В случаях спуска хвостовиков для перекрытия этих зон условия бурения ухудшались за счет водопроявлений на меньших глубинах — на уровне головы хвостовика, что требовало применения растворов с повышенным удельным весом. Часто через некоторое время колонна оказывалась смятой в интервале залегания калийно-магниевых солей.

Неудачи при цементировании могут быть связаны с тем, что при попадании высокоминерализованной воды происходит коагуляция цементного раствора, усиливающая седиментационное расслоение системы. При этом в цементном растворе интенсивно образуются заполненные водой седиментационные каналы, по которым рапа получает возможность подниматься вверх. Кроме того, практически невозможно получить цементные растворы, которые были бы насыщенными по отношению к солям, залегающим на большой глубине. Это приводит к растворению солей и образованию между цементным камнем и солью зазоров, которые могут явиться каналом для рапы. Цементный камень, соприкасающийся с раствором хлористого магния, разрушается уже в течение первых суток за счет образования легко растворимой в воде, непрочной аморфной гидроокиси магния.

Если сплошной цементный камень в стволе скважины все же образовался, то при контакте с высокоминерализованным раствором он может играть роль полупроницаемой перегородки, что приводит к развитию осмотических явлений, вызывающих повышение давления за колонной в зоне высокой минерализации. Этот процесс протекает наиболее интенсивно при повышенных температурах.

Следовательно, обычный цементный раствор не пригоден для проведения тампонажных

работ в скважинах, в разрезе которых имеются пласты калийно-магниевых солей.

Такие скважины целесообразно цементировать разработанным в МИНХ и ГПИ им. И. М. Губкина обращенным нефтеэмульсионным цементным раствором (ОНЭЦР). Этот раствор представляет собой гидрофобную эмульсию, дисперсионной средой которой является углеводородная жидкость. В такой эмульсии мельчайшие капли воды и частицы цементного порошка, смоченного водой, равномерно распределены в углеводородной жидкости. Растворения солей при контакте с ОНЭЦР практически не происходит из-за ограниченного содержания воды в дисперсной системе и блокировки ее межфазными пленками. Высокая седиментационная устойчивость раствора позволяет сохранить давление на пласты и не допустить рапопроявлений. При повышенных температурах ОНЭЦР образует камень, удовлетворяющий технологическим требованиям. При этом обеспечивается хорошее сцепление как с колонной, так и с породой.

Следовательно, при бурении в хемогенных отложениях, включающих пласты калийно-магниевых солей, в районах с повышенным геотермическим градиентом или при залегании солей на больших глубинах применение рациональной конструкции скважин, а также буровых и тампонажных растворов на углеводородной основе с соответствующим удельным весом позволит безаварийно проходить эти отложения и избежать случаев смятия обсадных колонн из-за осмотических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бедчер А. З. и Левик Н. П. Влияние залежей рапы в соляных отложениях на проводку глубоких скважин. РНТС, сер. «Бурение», вып. 2, ВНИИОЭНГ, М., 1973.
2. Валяшко М. Г. Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. Изд-во МГУ, М., 1962.
3. Гребенников Н. П. и Абакаров Р. А. Глубокозалегающие линзы рапы. «Текущая информация», сер. «Бурение», вып. 18, ВНИИОЭНГ, М., 1970.
4. Справочник для геологов «Калийные и магниевые соли», вып. 22, Госгеолтехиздат, 1963.
5. Справочник по растворимости солевых систем, т. 2, Госхимиздат, Л., 1954.
6. Ягудин З. С. и др. Фонтаны рапы из солевых отложений и борьба с ними. РНТС, сер. «Бурение», вып. 10, ВНИИОЭНГ, М., 1968.