

УДК 622.691

М.А. Бабаян**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОЛНОМУ ОТБОРУ ГЕЛИЕВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ В КАМЕННОЙ СОЛИ**

В процессе эксплуатации подземных резервуаров гелиевого концентрата, сооружённых в отложениях каменной соли, может возникнуть необходимость в его полном отборе. Полный отбор сопровождается ростом геометрического объема и изменением конфигурации подземного резервуара в результате подрастворения стенок выработки-емкости промстоками. Как следствие может произойти потеря устойчивости и разгерметизация выработки-емкости. Для предотвращения этих негативных последствий необходимо осуществлять управление процессом формообразования.

Ключевые слова: каменная соль, подземные резервуары, гелиевый концентрат.

Семинар № 20

Первое и единственное в России подземное хранилище гелиевого концентрата построено в отложениях иренского горизонта (Кунгурского яруса), сложенного каменной солью с прослоем ангидрита, методом растворения через буровые скважины. Интервал залегания горизонта 1240-1715 м. Подземное хранилище состоит из шести подземных резервуаров. Расстояние между скважинами подземных резервуаров составляет 180-200 м, что исключает взаимовлияние выработок-емкостей.

Основные технические показатели подземного хранилища гелиевого концентрата представлены в табл. 1.

В процессе эксплуатации подземных резервуаров гелиевого концентрата возникает необходимость в его полном отборе. Согласно разработанным техническими решениями отбор гелиевого концентрата осуществляется в 2 этапа. На первом этапе гелиевый концентрат отбирается за счет избыточного давления в подземном резервуаре до минимального эксплуатационного давления. На втором эта-

пе оставшийся гелиевый концентрат полностью вытесняется промстоками.

Полный отбор гелиевого концентрата осуществляется промстоками, что сопровождается подрастворением стенок выработки-емкости и, как следствие, увеличивается геометрический объем и изменяется конфигурация выработки-емкости. В результате этого может произойти обрушение, потеря устойчивости, разгерметизация выработки-емкости и утечка продукта. Для предотвращения этих негативных последствий необходимо контролировать процесс изменения формы подземных выработок-емкостей. Основные положения разработанной методики расчета доразмыва заключаются в следующем (рис. 1):

- форма выработки-емкости аппроксимируется цилиндром с начальным радиусом r_0 и высотой

$$H = \sum_{i=1}^n h_i ;$$

- закачка производится в n ступеней, высота каждой из которых равна h_i ;

Таблица 1

Характеристика подземных резервуаров

| Обозначение | Проектный объём, м ³ | Кровля, м | Забой, м | Максимальное эксплуатационное давление в подземном резервуаре, МПа | Минимальное эксплуатационное давление в подземном резервуаре, МПа |
|-------------|---------------------------------|-----------|----------|--|---|
| Г-1 | 7000 | 1351 | 1470 | 17,5 | 5,0 |
| Г-2 | 50000 | 1347 | 1463 | 18,0 | 5,0 |
| Г-3 | 50000 | 1347 | 1462 | 18,0 | 5,0 |
| Г-4 | 50000 | 1355 | 1468 | 18,0 | 5,0 |
| Г-5 | 50000 | 1350 | 1470 | 18,0 | 5,0 |
| Г-6 | 50000 | 1350 | 1470 | 18,0 | 5,0 |

- объем выработки-емкости при одноразовом заполнении его промстоками увеличивается примерно на 17% [1].

После заполнения промстоками i -й ступени производится отбивка уровня «гелиевый концентрат-рассол» геофизическими методами и определяется радиус i -ой ступени по формуле:

$$R_i = \sqrt{\frac{V_i + \Delta V_i}{\pi \cdot h_i}}$$

Из условия длительной устойчивости подземных выработок-емкостей [2] радиус R_i должен быть меньше

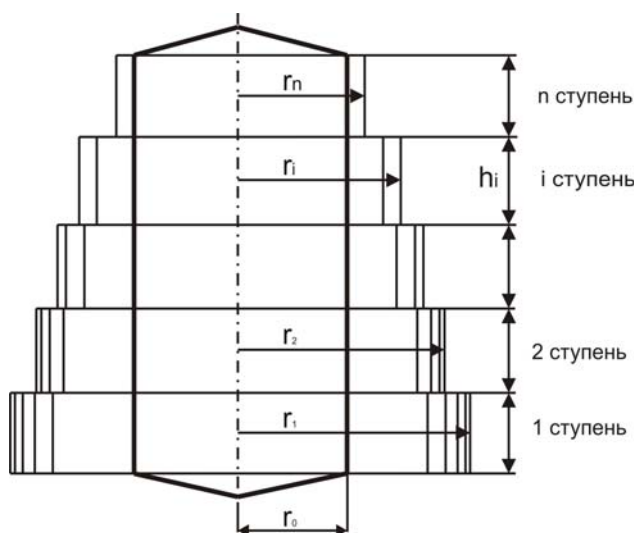


Рис. 1. Расчетная схема доразмыва подземной выработки-емкости: V_i – первоначальный объем i -й ступени; ΔV_i – увеличение объема i -й ступени; h_i – высота i -й ступени

максимально допустимого, равного $R_{\max} = 26,5$ м.

Скважины подземных резервуаров практически не имеют конструктивных отличий, за исключением состояния пакера на подвесной колонне НКТ (рис. 2). На подземных резервуарах I типа (Г-3, Г-4, Г-5) межтрубное пространство эксплуатационной колонны и колонны НКТ – открыто. На подземных резервуарах II типа (Г-1, Г-2, Г-6) межтрубное пространство эксплуатационной колонны и колонны НКТ – перекрыто; часть колонны НКТ перфорирована на уровне кровли подземного резервуара. Данные конструктивные особенности оказывают влияние на технологию полного отбора.

В связи с этим полный отбор гелиевого концентрата осуществляется двумя методами: из резервуаров I типа – методом непрерывного замещения промстоками, из резервуаров II типа – методом поддавливания промстоками.

Метод непрерывного замещения промстоками (рис. 3) осуществляется путем поддачи промстоков с производительностью 40 м³/ч в колонну НКТ, а гелиевый кон-

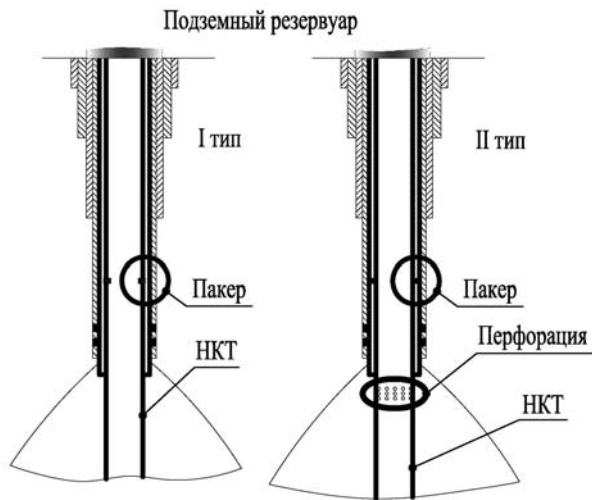


Рис. 2. Конструкция скважин подземных резервуаров

центрат отбирается по межтрубному пространству эксплуатационной колонны и колонны НКТ с той же производительностью. Этот процесс происходит при постоянном давлении в подземном резервуаре равном буферному 5,2 МПа. Давление закачки промстоков в подземный резервуар составляет 0,1 МПа ÷ 0,2 МПа. При этом увеличение объема каждой выработки-емкости составит примерно 7,5 тыс.м³, а максимальный пролет выработок-емкостей не превышает максимально допустимого R_{max} (табл. 2).

Метод поддавливания промстоками (рис. 4) осуществляется путем проведения последовательных операций

закачки промстоков в колонну НКТ и отбора гелиевого концентрата через перфорационные отверстия в колонне НКТ. Промстоки закачиваются в подземный резервуар с производительностью 40 м³/ч и давлением не более 6,0 МПа для поджатия гелиевого концентрата до максимально возможного давления (исходя из условия неперекрывания промстоками перфорационных отверстий). При этом давление в выработке-емкости изменяется в интервале от 5,0 МПа до 18,0 МПа.

Уравнение состояния гелиевого концентрата на первоначальный момент отбора продукта [3]:

$$P_0 \cdot V = z_0 G_0 R T_0,$$

где G₀ – количество газа в подземной выработке-емкости, кг; V – геометрический объем выработки-емкости, м³; P₀, T₀ – давление (Па) и температура (К), гелиевого концентрата в подземной выработке-емкости соответственно; z₀ – коэффициент сжимаемости гелиевого концентрата при P₀ и T₀; R – газовая постоянная гелиевого концентрата, нм/кг·град.

Уравнение состояния гелиевого концентрата после закачки промсто-

Таблица 2

Параметры доразмыва подземных резервуаров I типа

| № ступени | Уровень раздела «гелий-рассол», м | | Радиус выработки в интервале заложения ступени, м | |
|-----------|-----------------------------------|---------------------------|---|---------------------------|
| | в начале отработки ступени | в конце отработки ступени | в начале отработки ступени | в конце отработки ступени |
| 1 | 1470 | 1450 | 12,5 | 14,5 |
| 2 | 1450 | 1430 | 12,5 | 13,7 |
| 3 | 1430 | 1410 | 12,5 | 13,2 |
| 4 | 1410 | 1390 | 12,5 | 12,9 |
| 5 | 1390 | 1370 | 12,5 | 12,7 |

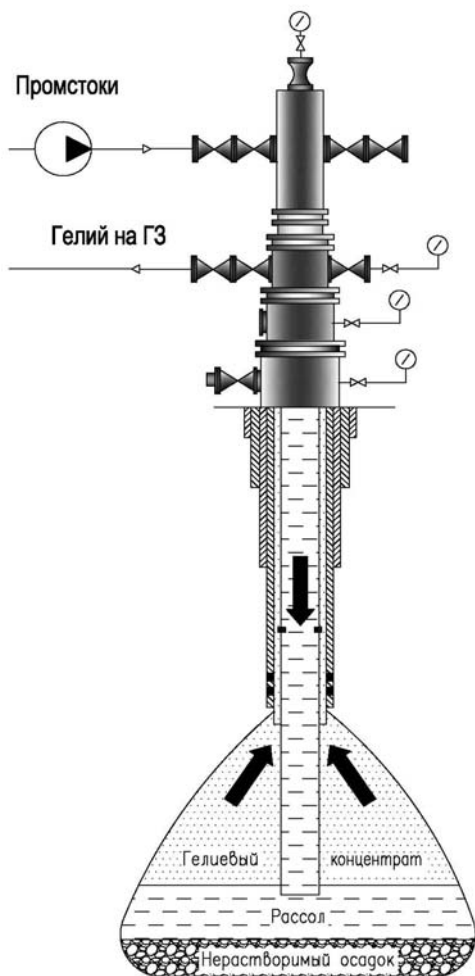


Рис. 3. Схема полного вытеснения гелиевого концентрата методом непрерывного замещения промстоками из подземных резервуаров I типа

ков с целью повышения давления продукта ($G_0 = \text{const}$):
 $(P_0 + \Delta P) \cdot (V - \Delta V) = z_1 G_0 R T_1$,
 где ΔV – объем закачанных промстоков в подземный резервуар, м^3 ; ΔP – величина повышения давления в подземной выработке-емкости после закачки промстоков, Па; z_1 – коэффициент сжимаемости продукта при давлении $(P_0 + \Delta P)$ и температуре T_1 .

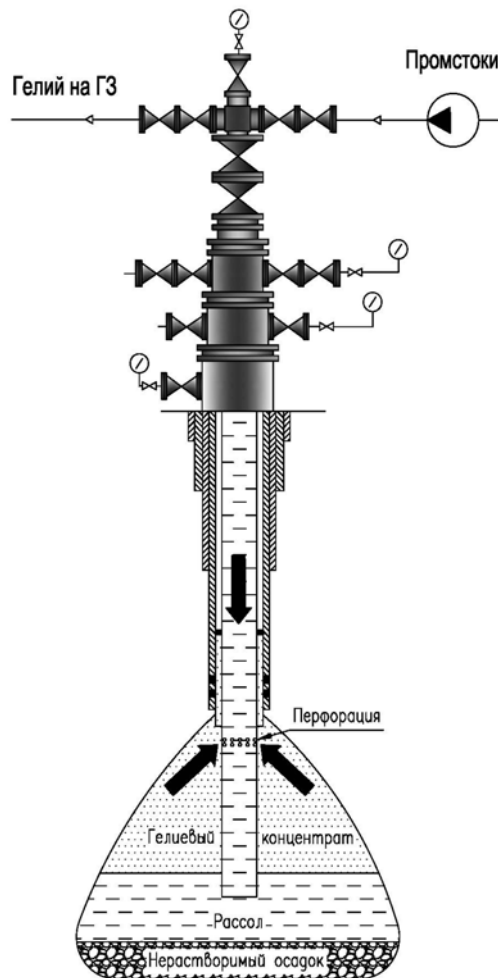


Рис. 4. Схема полного вытеснения гелиевого концентрата методом подкачивания промстоками из подземных резервуаров II типа

Время отбора гелиевого концентрата t с давления поджатия равного $(P_0 + \Delta P)$ до минимально допустимого давления (5,2 МПа) на каждой конкретной ступени закачки определяется по формуле:
 $t = (1 - (P_0 + \Delta P)/P_0) \cdot G_0 / q \cdot 3600 \cdot 24$, сут.
 q – производительность отбора гелиевого концентрата, кг/с.

Таблица 3

Параметры доразмыва подземных резервуаров II типа

| № ПР | № ступе-ни | Уровень раздела «гелий-рассол», м | | Радиус выработки в интервале заложения ступени, м | |
|------|------------|-----------------------------------|------------------|---|------------------|
| | | в начале ступе-ни | в конце ступе-ни | в начале ступе-ни | в конце ступе-ни |
| Г-1 | 1 | 1466 | 1428 | 6,4 | 6,9 |
| | 2 | 1428 | 1416 | 6,4 | 6,9 |
| | 3 | 1416 | 1413 | 6,4 | 6,9 |
| | 4 | 1413 | 1411,5 | 6,4 | 6,9 |
| Г-2 | 1 | 1452 | 1385 | 12,9 | 13,9 |
| | 2 | 1385 | 1368 | 12,9 | 13,9 |
| | 3 | 1368 | 1360,5 | 12,9 | 13,9 |
| Г-6 | 1 | 1453 | 1386 | 12,8 | 13,9 |
| | 2 | 1386 | 1364 | 12,8 | 13,9 |
| | 3 | 1364 | 1355 | 8,7 | 9,4 |
| | 4 | 1355 | 1351,5 | 8,7 | 9,4 |
| | 5 | 1351,5 | 1350 | 8,7 | 9,4 |

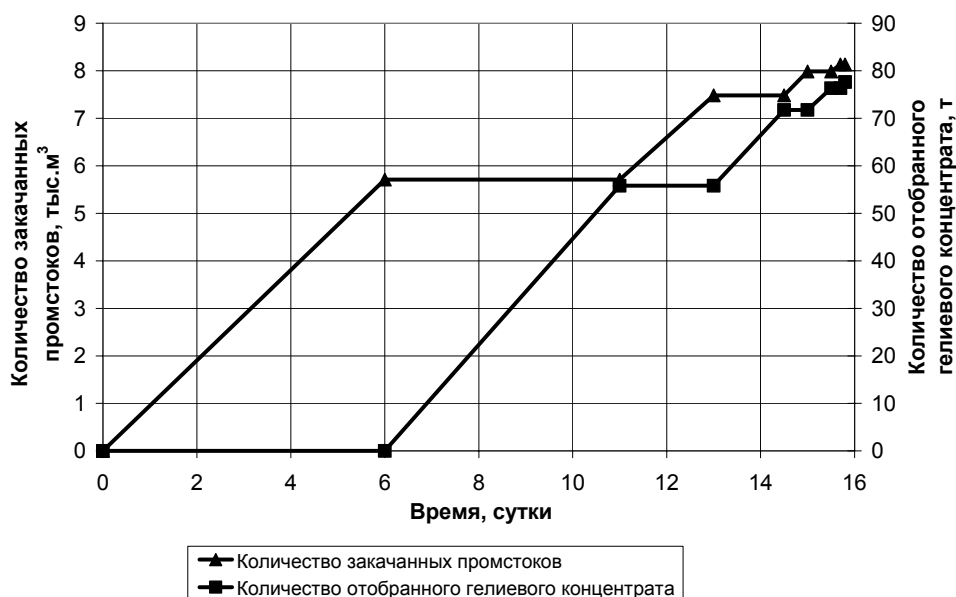


Рис. 5. Процесс проведения полного отбора гелиевого концентрата из Г-1

Количество гелиевого концентрата G_t , оставшегося в выработки-емкости после t суток отбора, определяется по формуле:

$$G_t = G_0 - t \cdot q \cdot 3600 \cdot 24, \text{ кг}$$

Увеличение объема каждой выработки-емкости в результате полного от-

бора составит: для Г-2, Г-6 примерно $8,0 \text{ тыс. м}^3$, для Г-1 примерно $1,0 \text{ тыс. м}^3$, а максимальный пролет выработок-емкостей не превышает максимально допустимого R_{max} (табл. 3).

Процесс проведения полного отбора гелиевого концентрата методом

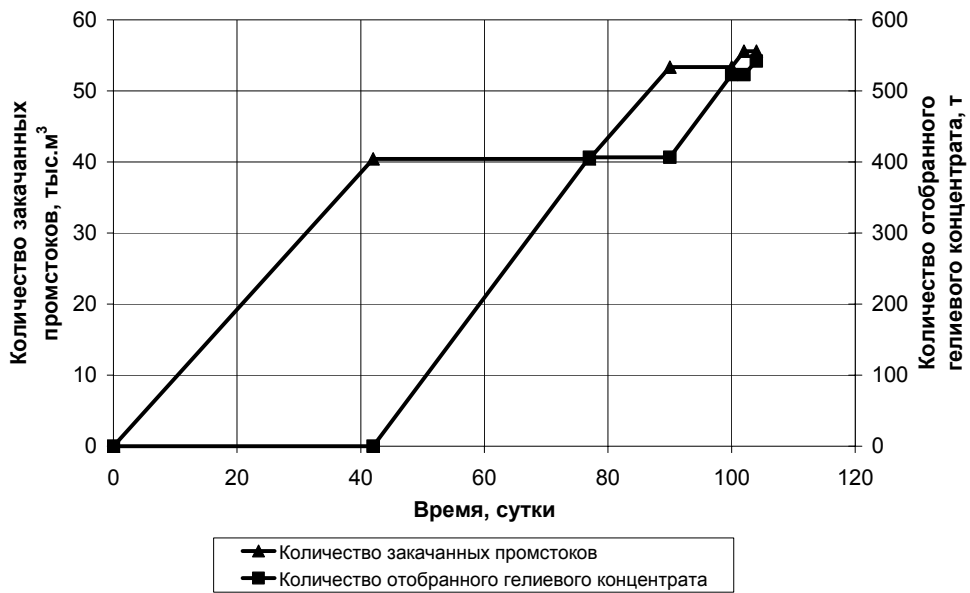


Рис. 6. Процесс проведения полного отбора гелиевого концентрата из Г-2

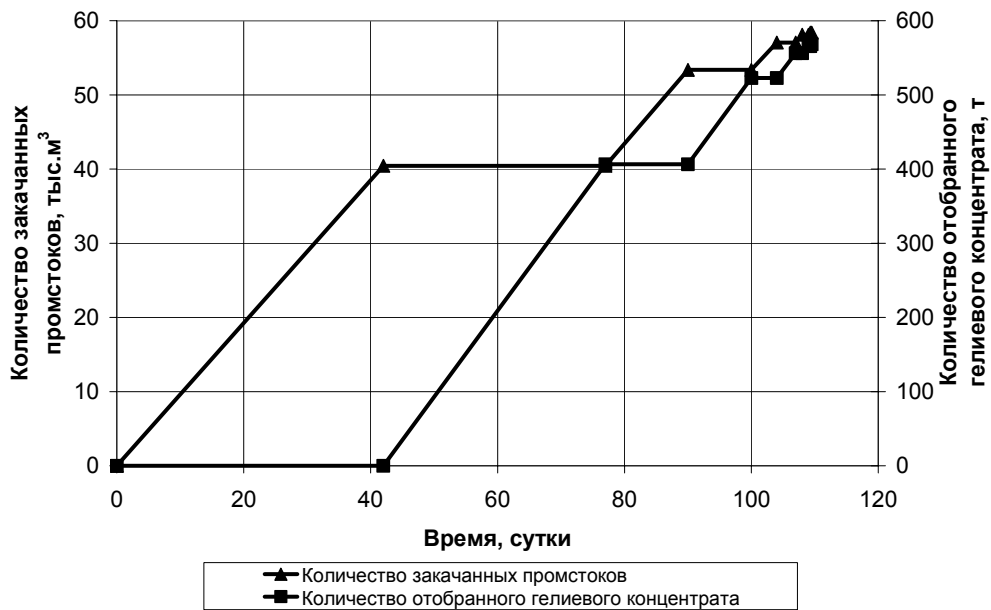


Рис. 7. Процесс проведения полного отбора гелиевого концентрата из Г-6

поддавливания промстоками во времени представлен на рис. 5, 6, 7.

В зависимости от объема подземного резервуара время полно-

го отбора гелиевого концентрата составит примерно 16 суток (для Г-1) и примерно 110 суток (для Г-2, Г-6).

Таким образом, в зависимости от конструктивных особенностей скважин разработаны два метода технологии полного отбора гелиевого концентрата.

Качественный контроль процесса полного отбора позволяет сохранить длительную устойчивость подземного резервуара, увеличить объем выра-

ботки-емкости и обеспечить полный отбор хранимого продукта.

Разработанная технология в данный момент используется на подземных резервуарах Г-3 и Г-5 и доказала свою жизнеспособность. В дальнейшем эта технология будет применена на других подземных резервуарах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Азев В.С. Подземное хранение моторных топлив. Химмотология. -М., 2006.-232с.-ISBN 5-91113-007-6.

2. Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки. СП 34-106-98. -М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 1999. -110 с.

3. Бобровский С.А. Гидравлический расчет распределительных трубопроводов. - М.: Изд-во литературы по строительству, 1968. -160 с. **ГИАБ**

Коротко об авторе

Бабаян М.А. – ООО «Подземгазпром», E-mail: E.Zhilenko@podzemgazprom.ru / bbb315@rambler.ru



ГОРНОЕ ДЕЛО

ПАМЯТНИКИ МИРА



Монумент «Каска горняка». Оруро, Боливия

Монумент «Каска горняка» в боливийском городе Оруро сложно соотнести с какими-либо правилами и традициями: каску, приподнятую на опорах, окружают фигуры из шахтерского фольклора.

Дракон, пропахивающий своим червякообразным хвостом землю, грозно смотрит на Святую Деву Сокавону, занявшую вместе с ангелами почетное место в передней части каски, где должен быть вмонтирован фонарь. Считается, что Дева Сокавона покровительствует горнякам и освещает их нелегкий путь.