© В.Ж. Аренс, А.А. Вертман,
Е.Ф. Крейнин, П.П. Полуэктов,
Г.Х. Хчеян, 2005

УДК 622.272:.002.2

В.Ж. Аренс, А.А. Вертман, Е.Ф. Крейнин,
П.П. Полуэктов, Г.Х. Хчеян

О ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ РАЗРАБОТКИ ГАЗОГИДРАТНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Семинар № 15

Ограниченность запасов углеводородного сырья стимулировала поиск новых его источников. В качестве таковых, в частности, рассматриваются залежи газовых гидратов [1]. Они представляют собой кристаллические соединения, которые описываются формулы MnH_2O, где M — молекула газа, n = 6 – 17. Кристаллическая решетка состоит из молекул воды, удерживаемых водородными связями, а молекулы газа размещены во внутренних полостях решетки. При образовании гидратов один объем воды связывает от 70 до 210 объемов газа.

В соответствии с современными оценками потенциальные запасы газа в гидратном состоянии в мире превышают 16·1012 т.н.э. (тонн нефтяного эквивалента). Около 98 % ресурсов газовых гидратов сконцентрировано в акваториях Мирового океана (на глубинах по воде более 200—700 м, в придонных осадках толщиной до 400—800 м) и только 2 % находится около приполярных зон материков. Однако последние ресурсы заслуживают серьезного внимания, т.к. они соответствуют $300 \cdot 10^{12}$ м^3 газа, что вдвое превышает мировые доказанные запасы природного газа. На сегодняшний день природные газогидраты рассматриваются как один из главных нетрадиционных источников га-за, который займет важное место в мировом энергетическом балансе нашего столетия. Добыча газа из газогидратов может осуществиться переводом его в свободное состояние с после дующим отбором традиционными методами.

Исходя из условий существования газовых гидратов, могут быть использованы термические методы их разработки. Один из вариантов таких методов был предложен в работах [2, 3]. Сущность предлагаемого в работе [2] термического метода состоит в создании под подошвой газогидратного пласта подземного хранилища жидких радиоактивных отходов (рис. 1). Для повышения эффективности теплопередачи хранилище строится системой разветвленных горизонтальных и наклонных скважин различной конфигурации.

Однако реализация этой технологии в том виде, в котором он дан на рис. 1 представляется затруднительным по следующим причинам:

- Действующее законодательство не допускает закачивания жидких, высокоактивных отходов (РАО) в глубинные пласты.
- Реализовать дальние перевозки жидких РАО, особенно в регионы Севера крайне сложно, как по соображениям безопасности, так и по экономическим параметрам.

Анализ показывает, что масштабная и *доходная* разработка месторождений природных газогидратов технически возможна только при использовании металлических, герметичных

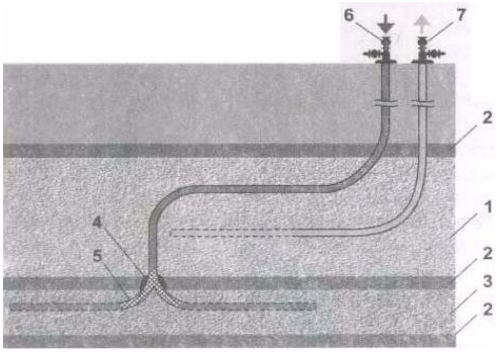

***Рис. 1. Термический метод* разработки газогидратной залежи:** *1* — газогидратная залежь; *2* — непроницаемый пласт; *3* — радиоактивные отходы; *4* — пакер; *5* — цементный мост; *6* — нагнетательная скважина; 7 — добывающая скважина

капсул, содержащих отвержденные РАО.

В России, в качестве одного из возможных решений острой экологической проблемы обрашения с жидкими РАО, объем которых непрерывно возрастает предложена их иммобилизация и отверждение в пористых матрицах, размешенных в многослойных металлических даровых капсулах, диаметром от 50 до 300 мм (Патенты РФ № 2137230 и 2137233 ,1999 г.)

Преимущества указанного решения следующие:

- радикальное снижение затрат и повышения уровня безопасности обрашения с РАО при поточном снаряжении капсул в защитной камере непосредственно на радиохимическом заводе (РХЗ);
- повышение надежности длительного хранения, а также перевозок герметичных капсул в воде и в других агрессивных средах за счет наличия многослойного корпуса, выполненного из коррозионностойких материалов;
- эффективный отвод тепла РАО через металлический корпус;
- возможность соединения капсул в гибкие плети, а также формирование композитных пластичных стержней с целью исключения закупоривания криволинейных участков обсадных труб.

Анализ показывает, что проблема оптимального размещения ансамбля тепловыделяющих источников в скважинах со сложной конфигурацией в перспективе, при проведении специальных исследований, вероятно, может быть решена соединением капсул в гибкие плети (гирлянды), а также изготовлением гибких, композитных стержней на базе полимеров с температурой размягчения порядка 350-450 °С.

В настоящее время с учетом дефицита информации относительно использования тепловыделяющих радиоактивных материалов в технологиях разработки газогидратных залежей целесообразно оценить возможности применения традиционных для нефтяной и горно-химической промышленности схем добычи.

В этих породах трудно, как известно, создать, фильтрационный поток поэтому необходимо обеспечить тем или иным способом возможность движения теплоносителя от источника нагрева по залежи с дальнейшими возвращением газожидкостной смеси на поверхность, отделением газовой фазы и догревом в наземных или погружных аппаратах. Наряду с представленными авторами работами [2;3] схемами известны и другие варианты организации циркуляции теплоносителя по газогидратной залежи. В частности можно использовать опыт подземной выплавки серы (автор. свид. 238476), закачивая теплоноситель по центральной колонне наклонно-горизонтальной скважины, перфорированной в заданном месте горизонтального участка. Тогда обратный поток газожидкостной смеси будет идти по затрубному пространству и, далее, по межтрубному пространству обсадной и нагнетательной колонн (рис. 2).

Другая возможная схема представлена на рис. 3. Здесь сначала сооружается наклонно-горизонтальная скважина. Затем проходится вертикальная скважина так, чтобы забои обеих скважин можно было связать гидравлически. С точки зрения технологии сооружения скважин обе эти схемы несравненно проще в реализации. Подготовка теплоносителя в них может осуществляется в наземных котельных или погружных горелках.

Возможен так же нагрев воды в трубах за счет выделения тепла из размещенных в них капсул с РАО. Оценки показывают, что с учетом глубины залегания и мощности пластов газогидратов (400—800 м) можно довести температуру нагнетаемой воды до любой необходимой температуры. Кроме того, предлагаемые схемы позволяют разместить в скважинах на длительный срок капсулы с РАО и, тем самым, обеспечить многолетний нагрев залежи.

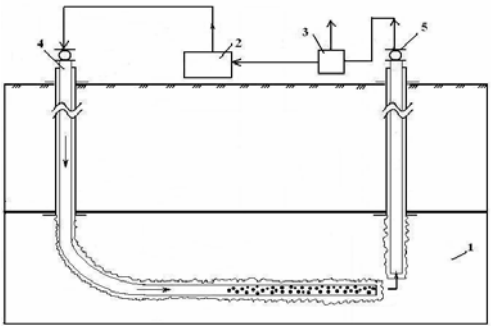

Рис. 2 Циркуляционная схема разработки газогидратной залежи: *1* — газогидратная залеж; *2* — оборудование по нагреву и закачке теплоносителя; *3* — оборудование для выделения добычного газа; *4* — нагнетательно добывающая скважина

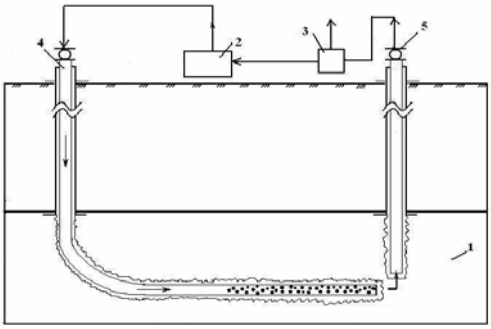

Рис. 3 Термический метод разработки газо-гидратной залежи наклонно-горизонатльной и вертикальной скважинами: *1* — гидрогидратная залеж; *2* — оборудование по подготовке и закачке теплоносителя; *3* — оборудование для выделения добычного газа; *4* — нагнетательная скважина; *5* — добывающая скважина

Эффективным может оказаться термический метод воздействия на газогидратную залежь, заключающийся в сжигании части углеводородного сырья на месте его залегания и использовании образовавшихся горячих продуктов для прогрева продуктивного пласта.

В конструктивную основу реализации этого термического метода предлагается заложить протяженные горизонтальные буровые каналы. Путем противоточного перемещения очага горения навстречу нагнетаемому воздушному дутью осуществляется огневое воздействие на буровой канал и активное образование боковых трещин. Такой термически проработанный коллектор характеризуется повышенной дренирующей способностью как по отношению к нагнетаемому окислителю, так и извлечению газа, перешедшему из равновесного твердого (кристаллического) в неравновесное газообразное состояние.

В работе [4] представлен конструктивный модуль для огневого термического воздействия на нефтеносный пласт, а также математическое описание этой достаточно сложной теплофизической модели.

Рассмотрены две стадии термической технологии воздействия: 1-я стадия (проточная) — термическое расширение горизонтального бурового канала, 2-я стадия (фильтрационно-нагнетательная) — прогрев залежи путем нагнетания в одни горизонтальные каналы окислителя (воздуха) и извлечении из других горизонтальных каналов нагретого углеводородного сырья.

Конструктивное оформление предлагаемой термической технологии воздействия на газогидратную залежь основано на системе проточных горизонтальных каналов, объединенных в различные сочетания.

Таким образом, в практике различных отраслей добывающих, а так же атомной и металлургической промышленности сущест-вуют разработки, которые могут быть поло-жены в основу техники и технологии эксплу-атации газогидратных месторождений.

Авторы считали полезным информиро-вать горную общественность об этом перспективном источнике природного газа, добыча которого в настоящее время приобре-тает все большую актуальность в связи с ограниченностью имеющихся запасов традиционного сырья. Авторы также будут благодарны за все предложения по данной труд-ной проблеме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Makogon Yu. F.* Hydrates of Hydrocarbons. — Tulsa: Pennwell Publishing C. 1997.

2. *Басниев К.С., Кульчицкий В.В.* Патент на изобретение № 2001109655, 2002 г. «Термические методы разработки газогидратных месторождений».

3. *Басниев К.С., Кульчицкий В.В.* Патент на изобретение № 2180387, 2001 г. «Способ сооружения горизонтальной скважины и способ вскрытия и эксплуатации месторождения углеводородов посредством горизонтальной скважины».

4. *Крейнин Е.В., Шифрин Е.И.* Физико-технические особенности термического воздействия на пласты углеводородного сырья через горизонталь-ные скважины // Наука и технология углеводоро-дов, 1999, № 4, с. 3—12.

Коротко об авторах

Аренс В. Ж. — доктор технических наук, председатель МО ГМС РАЕН.
Вертман А.А. — профессор, доктор технических наук, ЦНИИТМаш.
Крейнин Е.Ф. — профессор, доктор технических наук, ДОАО «ПРОМГАЗ».
Полуэктов П.П. — профессор, доктор технических наук, ВНИИ неорганических металлов им. А.А Богвера.
Хчеян Г.Х. – доктор технических наук, ученый секретарь ГМС РАЕН.