

УДК 622.245

К. Н. Караичев

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ГАЗОГИДРАТНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

**КАРАИЧЕВ Кирилл Николаевич** – студент. Санкт-Петербургский горный университет. 199106, Васильевский остров, 21 линия д.2, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: kkirill773@gmail.com.

*Статья посвящена анализу разработки месторождений газогидратов и методов их добычи в арктическом регионе. Ограниченность полезных ископаемых заставляет человечество искать новые источники энергии. Одним из потенциальных источников углеводородов являются газогидраты. Они представляют собой соединения воды с газом в замороженном состоянии. Доказанные запасы гидратов во много раз превышают доказанные запасы природного газа, поэтому в ближайшем будущем газогидраты будут рассматриваться как потенциальная замена природному газу. Впервые они были получены в лабораторных условиях в 1800-х годах. Тогда же началось их исследование. Поначалу никто даже не подозревал, что газогидраты могут формироваться в естественной среде. Но в 1930-х годах в трубопроводах были обнаружены техногенные газовые гидраты, которые могли блокировать потоки транспортируемого газа. Это дало толчок новым исследованиям, которые были направлены на предупреждение образования гидратов в процессе транспортировки газа. Затем, в 1960-х годах, началась разработка Мессояхского месторождения в Сибири, которая позволила открыть природные газогидраты. Уже в 1970-х годах они были обнаружены на месторождениях на Аляске и в Чёрном море. По результатам исследований газовых гидратов в 1980-х их стали рассматривать как потенциально новый и, что самое главное, обширный источник энергии. С 1990-х годов в мире появляются программы по разведке и добыче газогидратов. Большую заинтересованность в этих полезных ископаемых проявляют такие страны, как США, Япония и Канада. Некоторые из них имеют свои месторождения, на которых испытывают и совершенствуют технологии добычи, например в Канаде – месторождение Малек, в Японии – Нанкай. на данный момент существуют 3 способа добычи газа из газовых гидратов: разгерметизация, нагревание и введение ингибитора. Существенным фактом в выборе способа добычи является наличие слоя свободной воды или свободного газа. Но также немалую роль имеют экономические факторы. Газ, добываемый из*

газогидратов, является далеко не самым дешевым на рынке. Однако в ближайшем будущем ситуация может измениться и человечество обратится к этому новому источнику энергии.

## АРКТИКА; ГАЗОГИДРАТЫ; ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГАЗОГИДРАТОВ

Как известно, запасы углеводородного сырья ограничены. Этот факт стимулирует поиски новых источников энергии. Газовые гидраты рассматриваются как возможный потенциальный новый источник углеводородов. Они представляют собой кристаллические соединения, которые описываются формулой  $M_nH_2O$ , где  $M$  – молекула газа,  $H_2O$  – молекула воды,  $n$  лежит в пределах от 6 до 17. Кристаллическая решетка состоит из воды и газа, молекулы газа находятся в центре кристаллической решетки, а молекулы воды удерживаются водородными связями, гидраты устойчиво существуют при низких температурах и высоких давлениях. При нарушении условий существования распадаются на газ и воду. Следует различать техногенные и природные газогидраты. Природные газогидраты либо разбросаны, либо образуют скопления, залегают на глубине от 200 до 1000 метров в арктическом регионе.

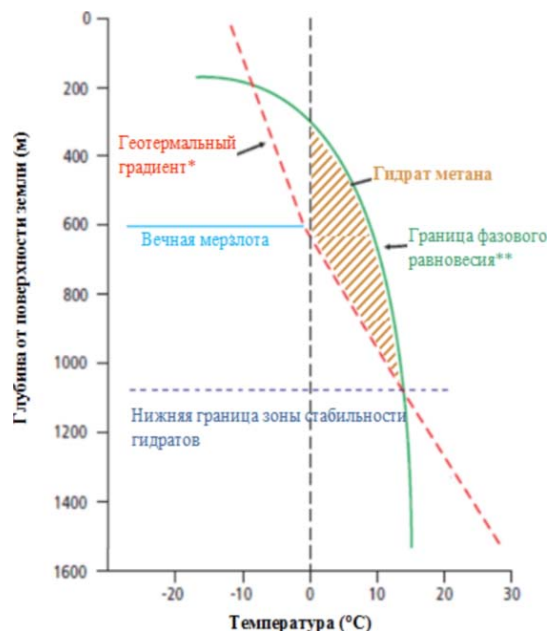


Рис.1 – Условия стабильности газогидратов в зоне вечной мерзлоты (Источник – Дирекция по стратегическим исследованиям в энергетике)

Техногенные газогидраты образуются на забое или в стволе скважины в процессах добычи газа или при его транспортировке, и их

образование в этих процессах является нежелательным процессом, с которым пытаются бороться.

По своей теплотворной способности газогидраты стоят наравне с битуминозной нефтью и нефтеносными песками. Внешне очень схожи со снегом или рыхлым льдом. За это сходство их стали называть «горящим льдом». В процессе образования гидратов один объем воды связывает 70–210 объемов газа, например в одном кубическом метре газогидратов (при нормальных условиях) содержится 160 кубических метров метана. Для устойчивого состояния газогидратной залежи необходимо наличие двух условий: высокое давление и низкая температура. Газогидраты залегают как в условиях придонных шельфовых месторождений (шельф Сахалина, Охотское море, Черное море и др.), так и при материковом расположении залежей, в частности в условиях вечной мерзлоты [2]. По современным оценкам запасов гидратов 300 трлн. м<sup>3</sup> газа находится в Арктическом регионе. Однако эти ресурсы заслуживают серьезного внимания, т.к. они превышают мировые доказанные запасы природного газа. На данный момент природные газогидраты рассматриваются как один из главных нетрадиционных источников газа, который вскоре займет важное место в мировом энергетическом балансе.

Начало исследований газовых гидратов восходит к 1800-м годам, когда ученые впервые получили газогидраты в лабораторных условиях. В последующие долгие десятилетия лабораторные эксперименты продолжались, но никто не ожидал, что газогидраты могут формироваться в естественной среде. Затем, в 1930-х годах, в газопроводах были обнаружены техногенные газогидраты, которые иногда блокировали потоки природного газа. Это спровоцировало новый виток научных исследований, направленных на предупреждение образования газогидратов в процессе транспортировки природного газа. Наконец, в 1960-х годах началась разработка Мессояхского месторождения в Западной Сибири, которая позволила открыть природные газовые гидраты. В 1970-х годах они были обнаружены в образцах из скважины на Северном склоне Аляски и на дне Черного моря. Результаты исследований 1980-х годов привели к тому, что газовые гидраты стали рассматриваться как новый и потенциально обширный источник метана. И с 1990-х годов в

мире проходят целенаправленные и широкомасштабные программы по обнаружению и разработке газовых гидратов» [1].

Добыча метана из газогидратов связана с переводом его в свободное состояние и последующей добычей традиционными методами. Однако на данном этапе развития технологий лишь небольшая часть газогидратов может быть добыта и их добыча сопряжена с большими издержками, тем не менее, некоторые страны, например США, Япония, Канада, в которых наблюдается высокая цена на газ и при этом растет на него спрос, заинтересованы в развитии технологий по добыче газогидратов.

Определяющим фактом в выборе способа добычи газа из газогидратов является наличие нижнего пласта свободного газа или пласта свободной воды:

- Свободный газ. В этом случае разработка месторождения происходит способом, схожим с традиционной добычей газа. Добыча свободного газа сопровождается снижением давления в пласте, что приводит к освобождению воды и газа (из-за нарушения условий существования)

- Свободная вода. В этом случае из пласта откачивается вода, что также приводит к снижению давления в гидратонасыщенном пласте и это, в свою очередь, приводит к освобождению воды и газа из-за понижения давления в пласте.

- Перспективы разработки месторождений, в которых отсутствует нижний слой свободной воды или газа, остаются туманными [1].

Существуют три основных метода разработки месторождений газогидратов: разгерметизация (снижение давления), нагрев залежи и ввод ингибитора. Ингибиторы применяются для снижения температуры замерзания воды и метана (формирования метангидрата). Таким образом, реакция образования газогидрата замедляется, так как для ее проведения требуется более низкая температура в пласте [1].

## Основные методы добычи метана из газогидратов (2)

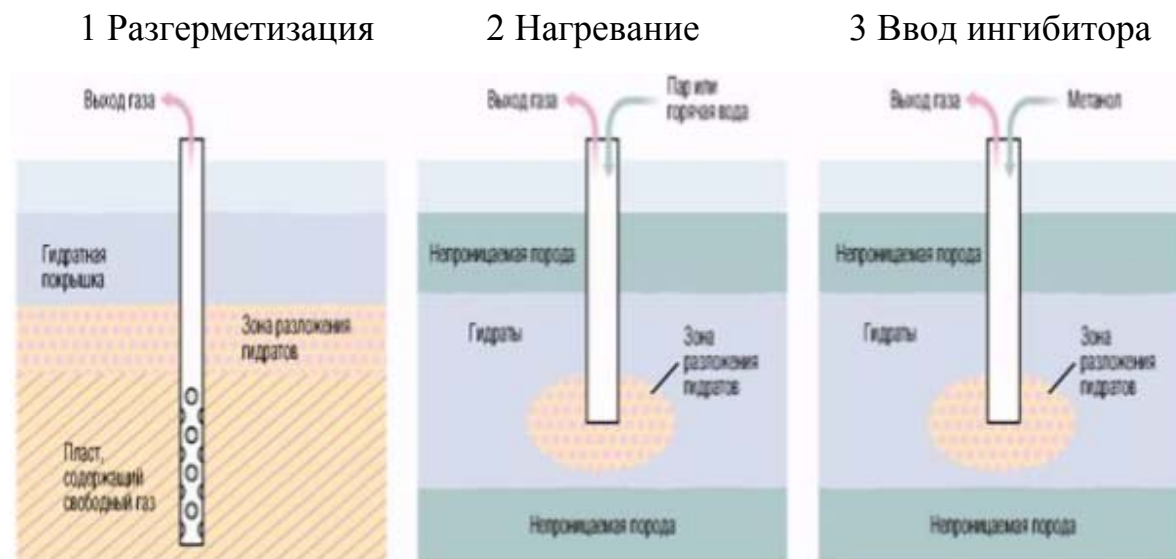


Рис.2 – Основные методы добычи метана из газогидратов  
(Источник – Дирекция по стратегическим исследованиям в энергетике)

Разгерметизация является наиболее перспективной технологией. Технология заключается в установке насоса на забое скважины для понижения давления в скважине и соответственно в пласте. Наиболее эффективен такой метод для около скважинных залежей. В этой области интенсивный процесс диссоциации гидратов вызывает снижение проницаемости залежи, что приводит к тому, что низкое давление легче поступает в отдаленные от скважины области. Процесс распада гидратов в отдаленных зонах осложняется тем, что температура залежи также снижается, процесс диссоциации продолжается до тех пор, пока температура пласта не станет равной температуре равновесного состояния. Достоинствами технологии является относительная простота технологии, меньшие по сравнению с другими методами затраты, возможность быстрой добычи больших объемов газа. Технология применяется при залегании газогидратного пласта ниже 700 м. Преимущества технологии: небольшая стоимость, большие объёмы добычи, простота. Но при низких температурах освобождающаяся вода может замерзнуть и закупорить оборудование.

Технология нагревания производится нагрев газогидратного пласта, что так же приводит к увеличению температуры выше фазового

равновесия и высвобождению газа и воды с поглощением тепла. Сам процесс нагревания пласта может происходить с помощью: нагнетаемого теплоносителя, циркуляции горячей воды, пара или любой другой нагретой жидкости или газа, электрического нагрева. Применяется при неглубоком залегании и имеет высокие затраты энергии на нагрев и подвод теплоносителя к пласту. Так же необходимо постоянно увеличивать объем подводимого тепла, так как при распаде газогидратов происходит поглощение тепла.

Введение ингибитора рассматривается как один из способов нарушения фазового равновесия газогидрата и снижения его температуры. В качестве ингибиторов могут выступать как органические (например, этанол, метанол, гликоль) так и соляные растворы (например, морская вода). Объем распадающегося газогидрата находится в зависимости от объема вводимого ингибитора. К преимуществам технологии относятся: возможность контроля объемов добычи, предотвращение закупоривания оборудования. К минусам относятся: большая стоимость, меньшая экологичность, медленное протекание реакции раствора с газогидратом.

Сочетание различных методов тепловой обработки возможно реализовать с использованием электротехнического комплекса с забойными электротепловыми генераторами, разработанного в Горном университете [3].

Электротермический комплекс за счет наличия в своем составе забойных электротепловых генераторов позволит обеспечить эффективную обработку газогидратных залежей и обладает следующими преимуществами: малая себестоимость добычи; возможность применения как для разработки шельфовых месторождений, так и месторождений в условиях вечной мерзлоты; конструкция забойного электротеплового генератора позволяет использовать в качестве теплоносителя пар, агрессивные для нагревателей среды, такие как горячая соленая вода, вода с добавлением ингибиторов.

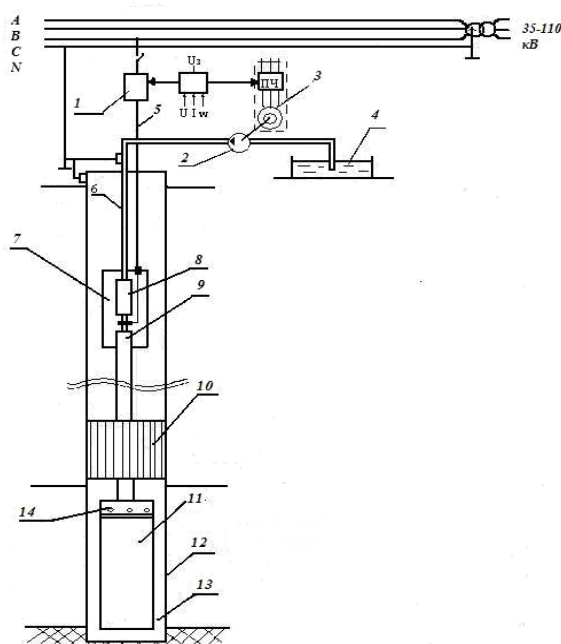


Схема электротермического комплекса

1 – регулятор тока; 2 – насос; 3 – регулируемый электропривод; 4 – рабочая жидкость; 5 – силовой кабель; 6 – насосно-компрессорные трубы; 7 – маслозаполненное вводное устройство; 8 – диэлектрическая вставка; 9 – термостойкий токовод; 10 – термостойкий пакер; 11 – нагреватель; 12 – обсадная колонна; 14 – выпускное отверстие.

Технический результат достигается за счет наличия в составе электропарогенератора внутреннего (нагревательного) корпуса и внешнего. Во внутреннем корпусе располагается токовод, с закрепленными на нем электродами и постоянный объем токопроводящей жидкости. По мере пропускания тока жидкость во внутреннем корпусе нагревается и путем теплоотдачу через стенку путем теплообмена нагревает рабочую жидкость во внешнем корпусе. Электротермический комплекс позволяет проводить эффективную тепловую обработку газогидратной залежи горячей водой, паром, химическими теплоагентами и обладает следующими преимуществами: низкая капиталоемкость, возможность использования агрессивных сред в качестве рабочей жидкости.

Стоимость добычи газогидратов зависит от многих факторов, например: от условий залегания, применяемых технологий, наличия инфраструктуры для транспортировки газа, себестоимости.

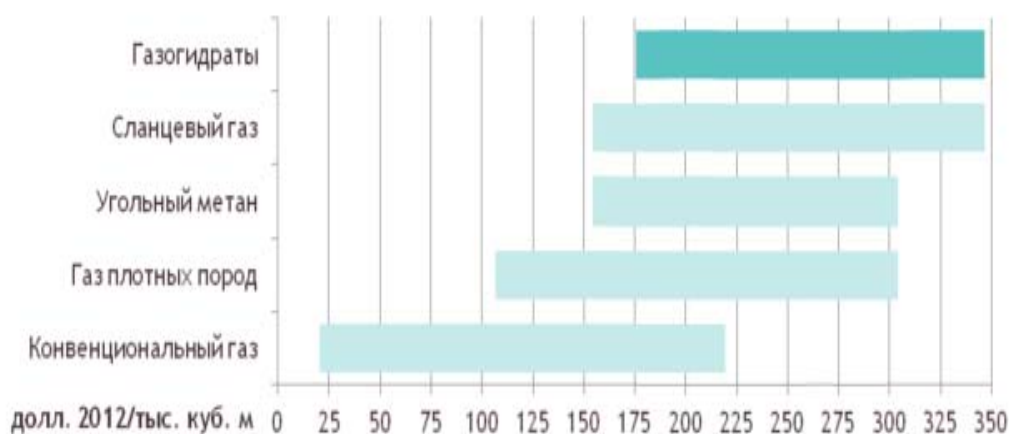


Рис.3 – Сравнительные издержки промышленной добычи природного газа

Из графика видно, что на данный момент газогидраты являются самым дорогим источником газа, но с помощью совершенствования технологий можно добиться снижения стоимости их добычи до более приемлемых значений. Однако в будущем может произойти не только скачок технологий, но и увеличение цены на добываемый традиционными способами газ, что, в свою очередь, так же заставит нас обратиться к газогидратам как к источнику газа, и Арктический регион сможет обеспечить большим количеством газа, добываемых на газогидратных месторождениях, при условии развития в регионе инфраструктуры для транспортировки газа.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Дирекция по стратегическим исследованиям в энергетике. Газогидраты: технологии добычи и перспективы разработки. URL: <http://ac.gov.ru/events/01438.html> (дата обращения 14.04.2016).
2. Зырин В.О. Современные технологии разработки газогидратных залежей // European Science. 2015. №2(3). С.17-19.
3. Козярук А.Е., Загривный Э.А., Маларев В.И., Зырин В.О. Электротермический комплекс с забойными электротепловыми генераторами для разработки газогидратных залежей // Горное оборудование и электромеханика. 2013. №5. С.25-28.
4. Аренс В.Ж., Вертман А.А., Крейнин Е.Ф., Полуэктов П.П., Хчеян Г.Х. О перспективных технологиях разработки газогидратных залежей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал).2005. №2. С. 246-248. ISSN: 0236-1493



**KARAICHEV, Kirill N.** – Saint-Petersburg Mining University. 199106, 21st Line, 2, Saint-Petersburg, Russia. E-mail: kkirill773@gmail.com.

### **THE PERSPECTIVES OF GAS HEDRATE DEPOSIT RECOVERY**

*The paper analyses the perspectives of gas hydrate recovery and technologies for arctic region. The limitation of traditional energy sources force humanity to find new sources. Great potential from this point of view has a gas hydrate, which is a frozen compound, formed when water and gas molecules combine at high pressure and low temperature. Proven reserves of hydrates are in several times more than conventional gas. That is why in nearest future gas hydrates could be the important energy source. For the first time it was got in laboratory conditions in 1800. It's research was started in the same time. At first nobody even suspected that hydrates could form in the natural environment. But in 1930 technogenic gas hydrates which could block the flows of transported gas were found in pipelines. It led to new research, which were focused on the warning of hydrates formation in a process of a gas transportation. Then, in 1960, the development of Messoyakhskoye field in Siberia which allowed to discover new hydrates was started. And in 1970 it has already found on Alaska`s fields and on The Black sea. Now the results which were got from gas hydrates research are considered to be potentially new and the most important thing – it became to be the source of energy. Since 1990 the programs of gas hydrates exploration and production have been appearing in the world. USA, Japan, Canada has tested gas hydrate recovery methods and work at new methods. Nowadays there three main recovery technology – depressurization, heat injection, inhibitor injection. The important factor for technology is existing of free water or free gas layer. But the main role for perspective evaluation has economical factors. Gas from hydrate deposit is not the cheapest in a market. However, in the nearest future the situation can change and the humanity will turn to this new source of energy.*

ARCTIC; GAS HYDRATE; GAS HYDRATE RECOVERY TECHNOLOGIES

---