

8. Шашенко А.Н. Численное решение упругопластической задачи применительно к устойчивости подземных выработок / А.Н. Шашенко, С.Н. Гапеев // Науковий вісник НГУ – Днепропетровск: НГУ, 2007. – №12. – С. 7–12.
9. Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред / Трусделл К. – М.: Изд-во „Мир“. – 1975. – 592 с.
10. Шашенко А.Н. Определение напряженно-деформированного состояния породного массива с учетом эффекта разупрочнения в зоне разрыхления / Шашенко А.Н., Солодянкин А.В., Гапеев С.Н. // Разработка рудных месторождений. Науч.-техн. сб. – Кривой Рог: КрГУ, 2005. – Вып. 88. – С. 44–49.
11. Hinton E. Finite element programming. / Hinton E., Owen D.R.J. – London: Academic Press, 1977. – 305 p.
12. Роечко А.Н. Устойчивость подготовительных выработок угольных шахт в условиях больших глубин разработки: автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук: спец. 05.15.04. „Шахтное и подземное строительство“ / Анатолий Николаевич Роечко; Гос. горная акад. Украины.– Днепропетровск, 1995.– 28 с.
13. Гапеев С.Н. Компьютерное моделирование процесса пучения пород почвы в подготовительных выработках / Гапеев С.Н., Рязанцев А.П., Лозовский С.П. // ГИАБ.– М.: Изд-во МГГУ, 2003. – №10.– С. 99–101.
14. Гапеев С.Н. Исследование процесса потери упругопластической устойчивости массива в окрестности одиночной выработки численными методами / Гапеев С.Н. // Изв. Тульского государственного университета. Се-

рия: „Геомеханика. Механика подземных сооружений“.– Тула: Изд-во ТГУ, 2003.– Вып. 1.– С. 65–69.

15. Шашенко А.Н. Масштабный эффект в горных породах / Шашенко А.Н., Сдвижкова Е.А., Кужель С.В. – Д.: АРТ ПРЕСС, 2004. – 132 с.

Розглянуто результати чисельного моделювання напружено-деформованого стану ділянки породного масиву, що містить протяжену гірську виробку, що перетинає розривне геологічне порушення. В основу методичного підходу до постановки завдання моделювання поставлено розгляд геомеханічних процесів у ділянці порідного масиву, що містить виробку поетапно, за ходом наближення і наступного віддалення від геологічного порушення.

**Ключові слова:** *напружено-деформований стан, геологічне порушення, моделювання, запас міцності, порідний масив*

The results of numerical simulation of the stress-strain state of rock massif containing extensive mine working that crosses geological dislocation are considered. The basic concept of the methodical approach to the problem of simulation is consideration of geomechanical processes in the area of rock massif containing mine working stage-by-stage while approaching to the geological dislocation and subsequent moving away from it.

**Keywords:** *stress-strain state, geological dislocation, design, margin of safety, rock mass*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.М. Ша-шенком. Дата надходження рукопису 18.10.10*

УДК: 622.324.5

**В.И. Бондаренко, д-р техн. наук, проф.,  
К.А. Ганушевич, Е.С. Сай**

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина,  
e-mail: v\_domna@yahoo.com

## К ВОПРОСУ СКВАЖИННОЙ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ

**V.I. Bondarenko, Dr. Sc. (Tech.), Professor,  
K.A. Ganushevich, Ye.S. Say**

State Higher Educational Institution “National Mining University”,  
Dnipropetrovsk, Ukraine,  
e-mail: v\_domna@yahoo.com

## BOREHOLE UNDERGROUND DEVELOPMENT OF GAS HYDRATES

Рассмотрена важность поиска и использования альтернативных источников энергии для развития энергетической отрасли будущего. Приведен мировой опыт разработки технологий добычи месторождений газовых гидратов. Дана оценка глобальных запасов месторождений газовых гидратов на планете. Представлена уникальная установка для получения образцов гидратов с обоснованием условий их образования, созданная в Национальном горном университете. Рассмотрено возможное влияние спонтанного разложения газогидратов на глобальное потепление.

**Ключевые слова:** *технологии добычи, газовые гидраты, клатраты, условия образования, углекислый газ, глобальное потепление, метан*

**Актуальность.** Природа за миллионы лет накопила огромное количество полезных ископаемых, которые

человечество успешно использует в качестве источников энергии на протяжении не одной сотни лет. Но в последнее время в обществе возникает острый вопрос о том, на сколько же времени хватит таких ресурсов как уголь, нефть и природный газ? По подсчетам разных

ученых, при нынешних мировых объемах потребления горючих ископаемых, их количества хватит человечеству на 250–300 лет: нефти – на 40 лет, газа – на 70 лет, угля – на 200 лет, урана – на 85 лет [1].

Одними из перспективных, а, по мнению большинства ученых, самыми перспективными альтернативными источниками энергии на планете являются газовые гидраты. Газогидраты представляют собой особое сочетание двух широко распространенных веществ – воды и природного газа. Если говорить о количестве газа метана в метановых гидратах на всей планете, то стоит сказать, что оно приблизительно равно количеству кислорода на Земле! А запасы углерода в газогидратах в два раза превышают все запасы углерода, находящиеся в традиционных источниках энергии – угле, нефти и природном газе вместе взятых!

Так что же такое газовые гидраты и почему они представляют огромный интерес для современного общества? Внешне газогидраты похожи на лед или грязный снег, структура их подобна структуре льда, но отличие в том, что в гидрате молекулы газа находятся внутри молекул воды. Еще одно отличие ото льда в том, что если поднести горящую спичку к куску газогидрата – он загорится, а обычный лед, естественно, не горит.

Газовый гидрат – это кристаллическое соединение-клатрат, в котором молекулы газа заключены в полости, находящиеся внутри так называемых „каркасов“, образованных молекулами воды и соединенными между собой прочными водородными связями. Молекулы воды в таких соединениях называются „хозяевами“, а молекулы других веществ, стабилизирующих кристаллическую решетку – „гостями“ (гидратообразователями). Молекулы газа-„гостя“, образующего гидрат, размещены во внутренних полостях кристаллической решетки воды-„хозяина“ и удерживаются в них силами Ван-дер-Ваальса (рис. 1.).

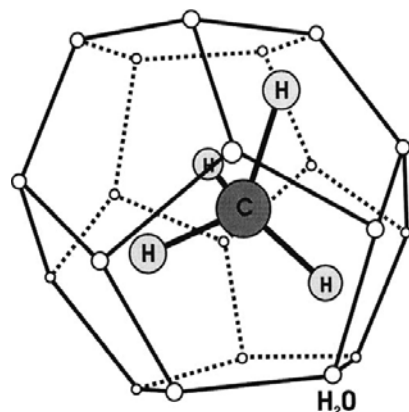


Рис. 1. Структура газовых гидратов: молекула метана в „клетке“, образованной молекулами воды посредством водородных связей

Лишь молекулы-гости, размещенные в клетках решетки, предоставленных им веществом-хозяином, стабилизируют систему, т.к. сама по себе кристаллическая решетка „хозяина“, если она не заполнена минимальным количеством молекул газа, термодинамически метастабильна.

Общая формула газовых гидратов –  $M \cdot n \cdot H_2O$ , где  $M$  – молекула газа-гидратообразователя,  $n$  – число молекул воды, приходящихся на одну включенную молекулу газа. В результате молекулярного уплотнения  $1 \text{ м}^3$  природного метанового гидрата в твердом состоянии содержит  $175 \text{ м}^3$  метана!

**Условия образования и разложения.** Первые обнаруженные газовые гидраты были созданы при помощи человека, хотя и не специально. Работникам газовой промышленности они известны из-за своего свойства образовывать пробки в трубопроводах, тем самым уменьшая просвет для движения газа [2].

Для формирования же природных газовых гидратов требуются следующие условия: давление – от 1 до 200 атм. и температура – от  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+40 \text{ }^\circ\text{C}$  в зависимости от условий образования.

На планете газогидраты образуются в континентальных шельфовых зонах, т.к. именно там находится 90% всех органических веществ океана, продукты разложения которых являются источником образования метана.

Также гидраты газа образуются в зонах вечной мерзлоты, где температура пород не поднимается выше  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Процент содержания газогидратов в морских осадках – 95% и только 5% приходится на зоны вечной мерзлоты.

Условия образования газовых гидратов, в частности давление и температура, имеют огромный диапазон. Газогидраты образуются на глубинах более чем 500 м в морской среде в низких и средних широтах, и более 150–200 м – в высоких широтах. Также они могут образовываться на глубине от десяти до сотен метров под морским дном. Толщина зоны стабильности колеблется в зависимости от температуры, давления, состава гидратоформирующего газа, геологических условий (пористость, плотность гидрато-содержащей породы), глубины и других факторов. Следует отметить, что незначительные концентрации в метане других газов, например, 5% пропана, понижают давление в два раза, при котором образуются газогидраты [3]. Это чрезвычайно интересный факт, который необходимо учитывать при дальнейшем изучении газовых гидратов.

На рис. 2 показаны зоны стабильности формирования газогидратов в условиях вечной мерзлоты и морской среды на примере Мексиканского залива. По утверждению специалистов, изучающих Мексиканский залив, в морской среде метановые гидраты образуются, начиная с глубины 1200 м (дно морского осадка), при температуре воды  $+2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Нижняя граница формирования газогидратов находится на глубине примерно 1500 м (из диаграммы).

Пунктирными линиями показаны гидротермальный и геотермальный (начиная с 1200 м) градиенты. Ниже глубины 1500 м образование газовых гидратов не происходит из-за того, что морской осадок снизу подогревается ядром Земли и температура на глубине 1500 м достигает  $+17 \text{ }^\circ\text{C}$ , поэтому одно из главных условий для формирования газогидратов не сохраняется. Ниже отметки 1500 м метан существует в виде свободного газа.

В зоне вечной мерзлоты формирование газовых гидратов возможно уже на глубине 150–200 м и

температуре  $-10^{\circ}\text{C}$ . На глубине 1050 м температура породы примерно равна  $+15^{\circ}\text{C}$  (видно по геотермальному градиенту), ниже этой отметки формирование гидратов газа не происходит. Т.е. можно сде-

лать вывод, что зона их стабильности в условиях вечной мерзлоты существует в пределах глубин от 150–170 м до 1050–1100 м и температур от  $-10$  до  $+15^{\circ}\text{C}$ .

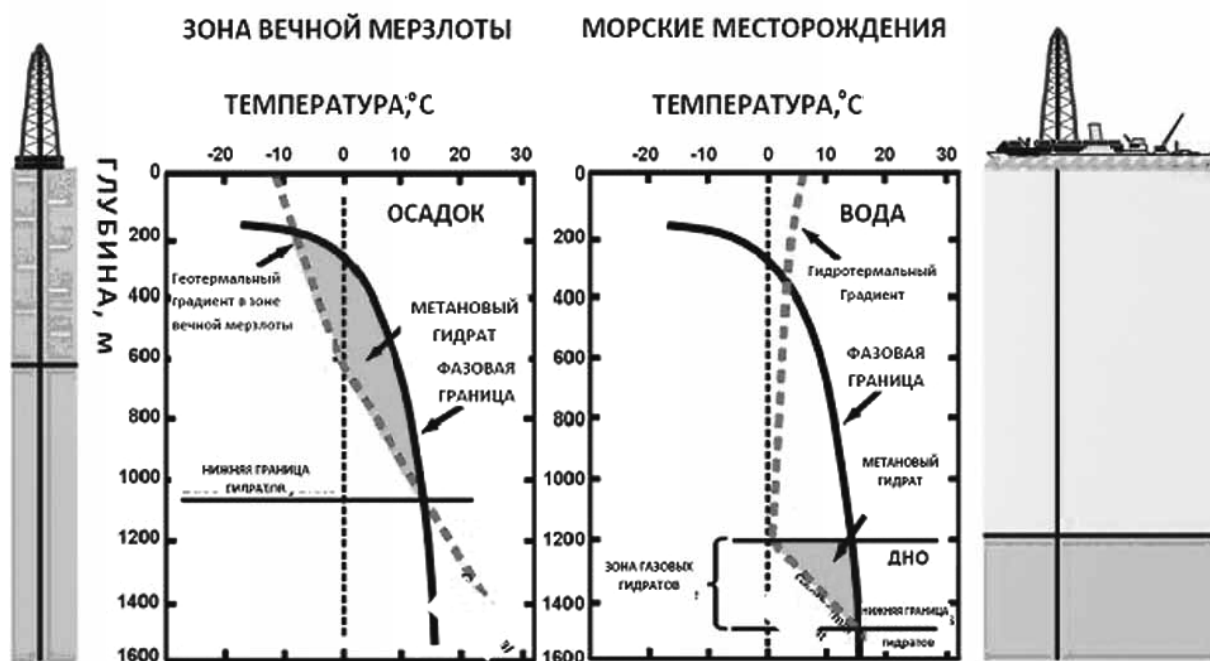


Рис. 2. Зоны стабильности образования газовых гидратов на примере зоны вечной мерзлоты и Мексиканского залива [4]

Разложение газовых гидратов обычно происходит более легко, чем образование, но в случае гидратов углеводородов при температурах ниже  $0^{\circ}\text{C}$  в области относительно невысоких давлений, где они метастабильны, разложение происходит не сразу и газогидраты могут храниться долгие годы за счет эффекта консервации. Способность гидратов некоторых газов при температурах ниже  $0^{\circ}\text{C}$  находиться в метастабильном состоянии объясняется эффектом самоконсервации, заключающемся в том, что при разложении газогидраты покрываются коркой льда, которая предохраняет их от дальнейшего разложения [5].

Установлено, что зона стабильности газогидратов (ЗСГ) в условиях открытого океана простирается, начиная с глубины воды примерно 450 м и далее под океаническим дном до уровня геотермального градиента осадочных пород.

Высказана теория, что метан, содержащийся в газогидратах, имеет глубинное происхождение. Он выходит из расплавленных пород мантии Земли в процессе ее естественной дегазации и по трещинам и разломам в земной коре поднимается вверх, ближе к поверхности, где оказывается заключенным в ледяные „ловушки“ (рис. 3). Исходя из этого, большинство ученых считают газовые гидраты возобновляемым источником энергии, т.к. метан непрерывно поступает из недр Земли на поверхность.

Есть предположение, что газовые гидраты могут существовать в виде межзернового цемента, узлов, тонких прослоев, жил и массивных пластов [6].

**Оценка месторождений.** В мире существует большое число мнений по поводу количества газовых гидратов на планете в углеродном либо газовом эквиваленте. Согласно последним данным от 25 октября 2010, учеными из Англии была опубликована работа, в которой говорится, что общие запасы газогидратов в морских осадках находятся в пределах от 500 до 10000 Гт ( $2 \times 10^{16} \text{ м}^3$ ) и 400 Гт в зоне вечной мерзлоты в Арктике [8].

Углерод, заключенный в газовых гидратах, превышает количество углерода, находящегося в запасах ископаемого топлива.

Алексей Милков, геолог из университета Корнелл, США, оценил запасы газа в гидратах на планете от  $1 \times 10^{15} \text{ м}^3$  до  $5 \times 10^{15} \text{ м}^3$  [9]. Эти цифры более или менее представляют общее мнение большинства ученых мира.

Научно доказано, что на Земле более 220 месторождений газовых гидратов. Они распределены по поверхности Земли вполне равномерно и могут быть доступны большинству стран. Подсчитано, что если человечество будет использовать только 10% разведанных запасов газогидратов, то мир будет обеспечен сырьем на 200 лет. Самые крупные из месторождений (согласно международной морской организации) приведены в таблице.

Черное море является уникальным хранилищем газовых гидратов, т.к. оно намного теплее, например, Северного моря.

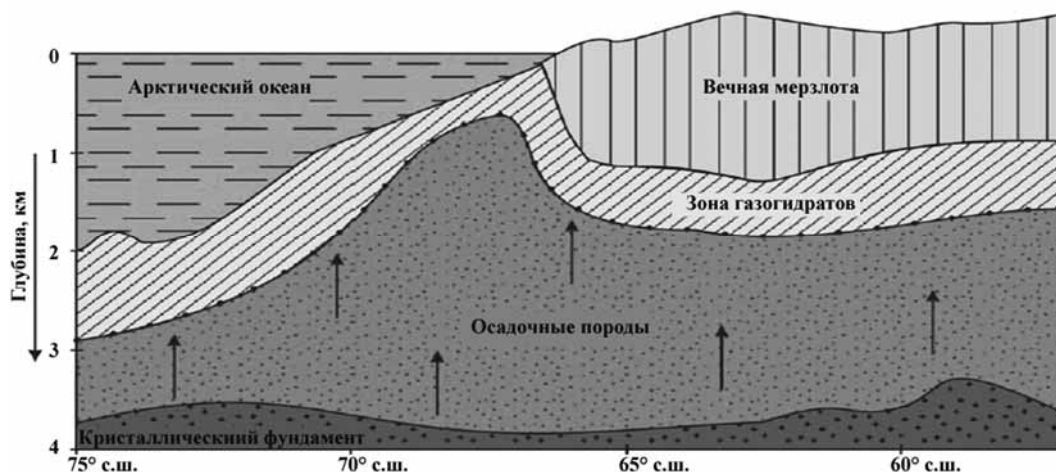


Рис. 3. Глубинное происхождение метана, формирующего газы гидраты [7]:

↑ ↑ – поток углеводородов; — нижняя граница зоны газогидратов

**Технологии добычи.** В настоящее время в мире существуют три самых известных технологии добычи газогидратов. Одна из них заключается в искусственном занижении давления в пласте газовых гидратов до уровня их разложения посредством откачки воды из скважины (рис. 4). Впервые этот метод был использован на Мессояхском месторождении (Россия) в 1967 году. При этом способе добычи приходится тра-

тить много энергии, из-за чего значительная часть добываемого газа используется на месте. Но этот метод может применяться и там, где можно отбирать свободный газ из зоны стабильности газогидратов.

Если под ЗСГ не находится свободного газа, то целесообразней использовать нагрев залежи до температуры, при которой происходит разложение газовых гидратов [10].

Таблица

Классификация месторождений газовых гидратов на планете по типу залегания

Тип залежи	Место расположения месторождения
Глубоководные залежи	Глубоководная впадина вблизи побережья Коста-Рики
	Центральноамериканский глубоководный желоб, Гватемала
	Мексиканский район Центральноамериканского глубоководного желоба
	Тихоокеанская впадина, Орегон
	Курильская гряда, Охотское море
	Желоб Нанкай, Японское море
	Глубоководная Перуанская впадина, Тихий океан
	Калифорнийский разлом, США
	Шельф Сахалина, Охотское море
Шельфовые залежи	Побережье Японии
	Мексиканский залив, США
	Подводное плато Блейк, Атлантический океан
	Грязевой подводный вулкан Хакон Мосби, Норвегия
Континентальные залежи	Шельф дельты Нигера, Атлантический океан
	Осадочные породы Черного моря, Украина
	Осадочные породы Каспийского моря, Россия
	Озеро Байкал, Россия
	Подводные горы Анаксимандра, Средиземное море
Арктические залежи	Побережье района Кула, Турция
	Район у дельты Макензи, Северный Ледовитый океан

Этот метод заключается в закачке пара или горячей воды в пласт, но расход энергии оказывается сравнимым с энергоемкостью высвободившегося газа. Данный метод был опробован на станции Маллик у реки Маккензи в Канаде при участии ученых из США,

Японии, Германии и Индии. Третий способ извлечения газа из гидратов основывается на закачке ингибиторов, таких как метанол или гликоль, что приводит к снижению температуры разложения. Вследствие этого газогидраты разлагаются, выделяя газ.

Самой перспективной, по мнению большинства ученых, является технология замещения метана в газогидратах молекулами углекислого газа, выделяемых производственными предприятиями. Таким образом, эта технология позволяет не только извлечь

метан из газовых гидратов, но и решить одну из самых актуальных проблем настоящего времени – уменьшение объемов выделения парниковых газов в атмосферу, т.е. депонирование углекислого газа под землей (рис. 4).



Рис. 4. Технологии добычи газа из газогидратных залежей

В мире существует еще несколько технологий добычи газа из газогидратов: например, Ислам в 1994 году предложил электромагнитный нагрев газовых гидратов в вечной мерзлоте. Также предложена добыча газа за счет закачки расплавов соли (рис. 5). На первый взгляд данный способ не считается с научными фактами, ведь приводит к неконтролируемому расплавлению газогидратов расплавами соли и выделению метана.

Также разрабатываются технологии с использованием гидроразрыва пласта (рис. 6).

В 1993 году правительством Украины было принято постановление о выполнении программы „Газогидраты Черного моря“. В ней предусмотрен большой объем геологических разведочных работ и работ по созданию технологии и конструкции газодобывающего комплекса для газогидратов Черного моря.

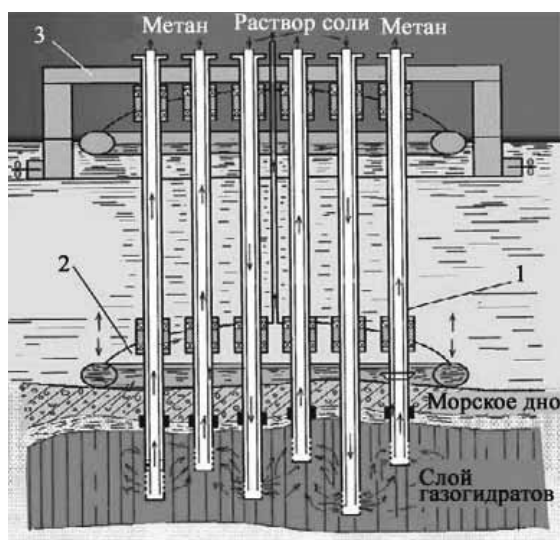


Рис. 5. Технологическая схема извлечения метана из метановых гидратов с помощью закачки соли в пласт: 1 – труба; 2 – газосборный колектор; 3 – мобильная плавучая платформа

Еще один способ, предлагаемый академиком НАН Украины И. Карпом, сводится к введению в пласт различных растворов, замещающих метан в таком комплексе.

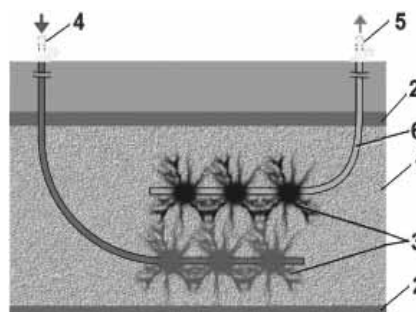


Рис. 6. Схема извлечения газа из газовых гидратов при помощи гидроразрыва пласта: 1 – газогидратная залежь; 2 – непроницаемые пропластки; 3 – область трещин; 4 – нагнетательная скважина; 5 – оборудование для отбора газа; 6 – добывающая скважина

По результатам экспедиций МинГео АН СССР (1988–1989 гг.) в Черном море на глубинах 200–800 м обнаружены месторождения газогидратов метана и природного газа толщиной 250–1200 м под поверхностью морского дна со слоями толщиной десятки метров. Ресурсы метана в месторождениях газогидратов напротив Крыма оцениваются в 20–25 трлн м<sup>3</sup>; количество же метана во всем Черном море шельфовой зоны по оценкам той же экспедиции (1988–1989 гг.) и по результатам разбуривания и подъема образцов грунта морского дна более чем в 400-х кернах – не меньше 100 трлн м<sup>3</sup>. При этом остаются не

исследованными регионы других шельфов, континентального склона, Черноморской котловины, Азовского моря. По самым скромным подсчетам, количества газа, заключенного в газогидратах на дне Черного моря, хватит Украине на 1500 лет.

**Установка для получения газовых гидратов.** В Государственный ВУЗ „Национальный горный университет“ на кафедре подземной разработки месторождений в настоящее время ведутся аналитические и лабораторные исследования в области разработки технологий добычи газогидратов со дна Черного моря.

Сотрудниками кафедры выполнен глубокий анализ информации по запасам и основным научным направлениям изучения газовых гидратов под руководством заведующего кафедры.

С помощью оригинальной лабораторной установки НПО-1 (рис. 7), созданной в 2009 году, были получены первые опытные образцы газового гидрата  $\text{CH}_4$  при температуре  $19,5^\circ\text{C}$  и давлении 150–170 атм.



Рис. 7. Лабораторная установка НПО-1 в процессе создания термобарических условий с целью получения газовых гидратов

Принцип работы установки (рис. 8) состоит в следующем: первоначально в установке создается свободный объем около  $120\text{--}150\text{ см}^3$ . После этого открывается вентиль 2 и газ заполняет свободный объем 4. Давление газа в установке становится равным давлению газа в баллоне (от 10,0 до 18,0 МПа).

После наполнения установки газом вентиль 2 перекрывается. Затем включается пресс. Поршень 5 перемещается, сжимая газ в установке. При достижении давления 35–37 МПа пресс выключается. Давление в установке падает и опускается ниже максимального на 20–25% за счет растворения газа в воде.

Затем вентиль 2 открывается и давление в установке снова повышается до давления газа в баллоне 1. Вентиль опять закрывается и включается пресс. Таких циклов нагружения и остановки прессы производится от 5 до 10, т.е. до тех пор, пока давление перестанет падать. Затем пресс выключается и при дав-

лении, равном давлению газа в баллоне, установка остается на несколько суток.

После окончания эксперимента установка разбирается и из емкости извлекается образовавшийся газогидрат (рис. 9) [11].

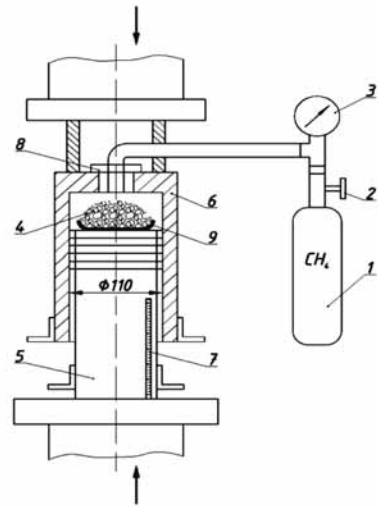


Рис. 8. Принципиальная схема лабораторной установки НПО-1: 1 – баллон с метаном; 2 – вентиль; 3 – манометр; 4 – резервуар; 5 – поршень; 6 – цилиндр; 7 – линейка; 8 – уплотнитель; 9 – чаша с образованными образцами газовых гидратов



Рис. 9. Образцы газовых гидратов, полученные на установке НПО-1

Чрезвычайно важным аспектом разработки газовых гидратов является экологическая безопасность. Мнения экологов по этому поводу разделились. Одни утверждают, что мир не должен добывать новый энергоноситель, так как разработка месторождений газогидратов может привести к негативным последствиям, поскольку попутное выделение метана из залежей в атмосферу еще больше усилит парниковый эффект. Ведь, как известно, метан – третий по значимости парниковый газ и один из главных виновников глобального потепления. Так, если степень воздействия углекислого газа на климат условно принять за единицу, то парниковая активность метана – 23 единицы [12].

Другие ученые считают, что в результате глобального потепления и повышения температуры Мирового океана, залегающие на дне газогидраты могут „растопиться“ даже без вмешательства человека, поскольку некоторая их часть находится в метастабильном состоянии. В результате возникнет неконтролируемая цепная реакция, сопровождаемая резким вы-

бросом газа. Это в первую очередь касается Черного моря. Ведь количество метана, которое в себе заключают газовые гидраты, во много тысяч раз превосходит его количество в атмосфере. Освобождение этого парникового потенциала имело бы страшные последствия для человечества. Поэтому, как считают исследователи, внедрение технологий по добыче газогидратов является не только основным решением газовой проблемы, но также поможет решить вопросы, связанные с возможным процессом метановыделения.

Наиболее безопасным и экологически правильным способом освоения газогидратных залежей, на наш взгляд, является закачка других газов в гидратные кристаллы с вытеснением метана. Идеальным газом для этого считается углекислый газ, так как его гидраты более стабильны.

**Выводы.** Комплексное изучение месторождений газовых гидратов, разработка способов и средств добычи, моделирование геоэкологических систем и процессов скважинной добычи газа весьма актуальная научно-техническая проблема, решение которой соответствует требованию времени. Для успешного продвижения в решении этой весьма не простой проблемы необходимо идти по пути научно-технической интеграции с зарубежными партнерами из США, Канады, Норвегии, Японии, Англии и других стран.

Необходимо выполнить многочисленные исследования на установке НПО-1, с целью получения новых образцов газовых гидратов при комбинации различных температур, давлений, среды формирования, изменении состава формирующего гидрат газа, изучить свойства и параметры образования и разложения газовых гидратов.

С точки зрения экологии нужно провести мониторинг состояния морских экосистем, исследовать животный и растительный мир и места выхода на поверхность подводных гидротерм. Выполнить анализ систем разработки месторождений газовых гидратов и их влияние на компоненты природной среды. Оценить последствия увеличения концентрации метана, проходящего через морскую воду при добыче природного газа, и его влияния на флору и фауну Черного моря.

#### Список литературы

1. Макогон Ю.Ф. Газогидраты – дополнительный источник энергии Украины / Макогон Ю.Ф. // Нефтегазовая и газовая промышленность. – 2010. – №3. – С. 47–51.
2. Лексаков А.А. За горючим льдом / А.А. Лексаков, Е.А. Кудрявцева // Огонек. – 2010. – №29. – с. 25–26.
3. Deaton W.M. Gas hydrates and their relation to the operation of natural gas pipe lines / W.M. Deaton, E.M. Frost. – USA: “John Burrack”, 1964. – 232 p.
4. Kvenvolden K.A. Methane hydrate – a major reservoir of carbon in the shallow geosphere? / K.A. Kvenvolden, J.B. Robertson, S.A. Simons // Chemical Geology. – 1988. – №71. – P. 34–42
5. Дмитриевский А.Н. Газогидраты морей и океанов – источник углеводородов будущего / А.Н. Дми-

триевский, И.Е. Баланюк. – М.: ОАО „Типография Февраль“, 2009. – 416 с. – ISBN 553-981-548-6

6. Коллет Т.С. Растущий интерес к газовым гидратам / Т.С. Коллет, Р. Льюис; пер. с англ. В.Г. Семенов. – М.: Интерконтакт Наука, 2008. – 247 с.
7. Дядин Ю.А. Газовые гидраты и климат Земли / Ю.А. Дядин, А.Л. Гушин // Соросовский обзорательный журнал. – 1998. – №3. – с. 55–64.
8. Maslin M. Gas hydrates: past and future geohazard? / M. Maslin, M. Owen, R. Betts, S. Day, T.D. Jones, A. Ridgwell / Natural resources/ – 2010. – №8. – p. 5–9.
9. Dallimore S. Scientific Results from JAPEX / JNOC / GSC Mallik 2L-38 Gas Hydrate research Well / S. Dallimore, T. Collett, T. Uchida. – Canada: Geological survey of Canada, Bulletin, 1999. – 403 p.
10. Okuda Y. Introduction to exploration of gas hydrates in Japan / Y. Okuda / Bulletin of the Geological Survey of Japan 49. – 1998. – №10. – p. 46–53.
11. Физико-химические процессы гидратообразования в метанообильных угленосных отложениях и их выбросоопасность: материалы междунар. науч.-практич. конф. [„Школа подземной разработки“], (Ялта, 05–12 октяб. 2008 г.) / М-во образ. и науки Украины, Нац. горн. ун-т, каф. подз. разраб. месторожд.; редкол.: В.И. Бондаренко [и др.]. – Д.: Нац. горн. ун-т, 2008. – 332 с.
12. Благутина В.В. Ледяная клетка для горючего газа / Благутина В.В. // Химия и жизнь. – 2006. – №6. – с. 8–11.

Розглянуто важливість пошуку та використання альтернативних джерел енергії для розвитку енергетичної галузі майбутнього. Наведено світовий досвід розробки технологій видобутку родовищ газових гідратів. Дана оцінка глобальних запасів родовищ газогідратів на планеті. Представлена унікальна установка для одержання зразків газових гідратів з обґрунтуванням умов їх утворення, що створена в Національному гірничому університеті. Розглянуто можливий вплив спонтанного розкладу газогідратів на глобальне потепління.

**Ключові слова:** технології видобутку, газові гідрати, клатрати, умови утворення, вуглекислий газ, глобальне потепління, метан

Importance of the search and use of alternative sources of energy for the development of energy industry of the future is considered. World experience of gas hydrates extraction technologies development is presented. Evaluation of the global reserves of gas hydrates deposits on the planet is given. Original unit, built in the National Mining University for gas hydrates receiving with substantiation of their creation parameters is introduced. Possible influence of spontaneous hydrate dissociation on the global warming is examined.

**Keywords:** extraction technologies, gas hydrates, clathrates, conditions of formation, carbon dioxide, global warming, methane

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук М.М. Табаченком. Дата надходження рукопису 19.01.11