

УДК 553.981 : 551.352] (262.5)

Сокур О.Н., Омельчук А.В.

ВОЗМОЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ГАЗОГИДРАТНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ КАК ИНДИКАТОРА ДОБЫЧИ ПОДГИДРАТНОГО ГАЗА

Представлены результаты изучения проявлений газовых гидратов в Мировом океане. Рассмотрены абиогенная мантийная модель их образования, вопросы стабильности существования газогидратов, географии их размещения, ресурсов, а также перспективы освоения газогидратных месторождений для экономически эффективной добычи подгидратного газа.

Введение. Украина обладает значительными резервами нетрадиционных энергетических минерально-сырьевых ресурсов, что определяется, с одной стороны, результатами нетривиальных оценок перспектив нефтегазоносности ее территории на основе новых представлений о генезисе углеводородов, их концентрации в массивах разных горных пород регионов, относившихся ранее к бесперспективным; с другой – наличием запасов ранее не использовавшегося минерального энергетического сырья: метана угольных месторождений, гидратов углеводородных газов (газогидратов) и др.

К наиболее перспективным для промышленного освоения нетрадиционным энергоносителям относятся газогидраты углеводородных газов. В химическом отношении газогидраты – соединения (клатраты), состоящие из молекул воды и газов, главным образом метана, а также этана, пропана, изобутана, диоксида углерода, сероводорода, азота и некоторых других.

Газовые гидраты могут составить реальную конкуренцию традиционным углеводородам в связи с их огромными ресурсами, широким распространением, неглубоким залеганием и концентрированным состоянием газа в них. Подтверждением этому является опыт США, где ресурсы газа газогидратных залежей на

суше и шельфе оценены Геологической службой в 6000 трлн. м³, запасы газа в гидратном состоянии на Аляске достигают 66,8 трлн. м³; в Мексиканском заливе выявлено 1,03 трлн. м³ метана в виде газовых гидратов.

Количество пунктов и площадей в Мировом океане, где наблюдались газовые гидраты или их признаки, в настоящее время уже достигло 64 (рис. 1.) [3]. Газовые гидраты были вскрыты глубоководным бурением или грунтовым пробоотбором и наблюдались визуально.

Скопления газовых гидратов, расположенные непосредственно вблизи дна и приуроченные к очагам разгрузки флюидов, оказались наиболее многочисленными; они обнаружены в 12 районах Мирового океана и в двух глубоководных озерах. Скопление газовых гидратов такого типа в прибрежье острова Ванкувер наиболее впечатляющее: более тонны гидратов метана было поднято на борт канадского рыболовного судна донным тралом [6].

Данные, приведенные в табл. 1 [5], отражают разные подходы к оценке содержания метана в газовых гидратах Мирового океана. Оценки основаны на допущении, что газовые гидраты распространены в пределах термобарической зоны стабильности только там, где

отложения достаточно обогащены органическим веществом (содержание его превышает 1%). Расхождения полученных величин в интервале от $2 \cdot 10^{16}$ до $1,4 \cdot 10^{17}$ м³ обусловлены, в основном, некоторыми различиями принятых значений площади гидратоносных акваторий

(от $1 \cdot 10^7$ до $3,17 \cdot 10^7$ км²) и коэффициента гидратонасыщения (от 5 до 10%). Глобальное удельное количество метана в гидратах на единицу площади при таком подходе к оценке должно составить от $2 \cdot 10^9$ до $4,4 \cdot 10^9$ м³/км².

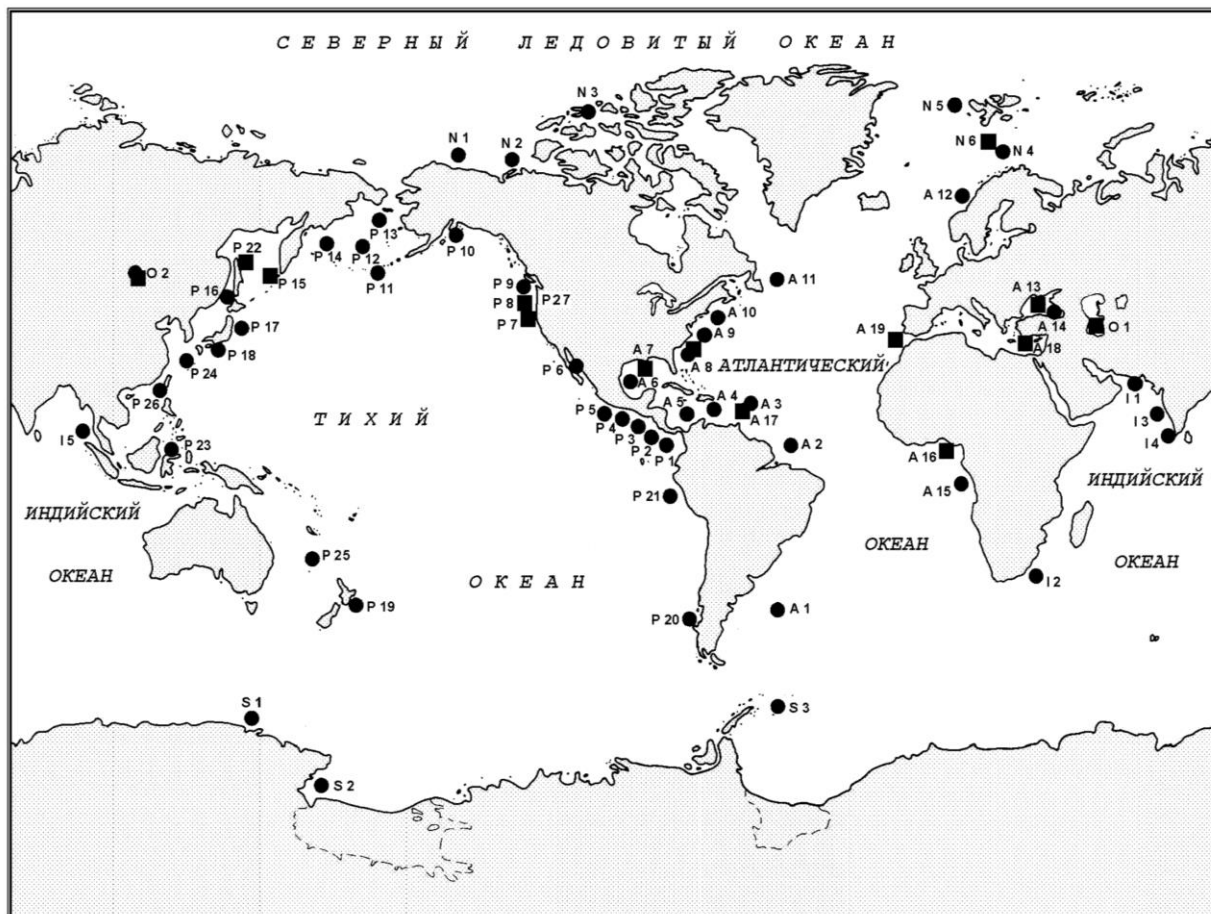


Рис. 1. Распространение проявлений газогидратов.

Методы и объект исследований. Общее количество газа в скоплениях газовых гидратов Мирового океана может быть оценено величиной 10^{15} м³, а в скоплениях у дна, связанных с очагами разгрузки флюидов, – 10^{14} м³. Последующий анализ результатов изучения десяти наиболее обеспеченным фактическими данными скоплений газовых гидратов дал оценки удельного содержания в них газовых гидратов от $2 \cdot 10^8$ до $1,4 \cdot 10^9$ м³/км². Среднее удельное содержание газа в этих десяти скоплениях около

$6,5 \cdot 10^8$ м³/км², что соизмеримо со средней плотностью запасов газа в месторождениях. Вместе с тем эта величина почти на порядок меньше, чем глобальное удельное содержание газа ($1,3 \cdot 10^9$ м³/км²), полученное на основании опубликованных оценок.

Количество газа, сосредоточенного в гидратах каждого из изученных скоплений, составляет от $1 \cdot 10^8$ – $2,5 \cdot 10^9$ м³ в скоплениях, приуроченных к очагам разгрузки флюидов, до $1 \cdot 10^{13}$ м³ в крупнейшем скоплении газовых

гидратов на хребте Блейк Аутер (прибрежье США). Согласно известным закономерностям распределения плотностей запасов в газоносных объектах, глобальное удельное содержа-

ние метана в газовых гидратах, т.е. плотность запасов в пределах всех потенциально газогидратоносных акваторий на Земле, не должно превышать $5 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{км}^2$.

Таблица 1.

Оценка количества метана в газовых гидратах Мирового океана

Количество метана, м^3	Год	Авторы	Количество метана, м^3	Год	Авторы
$5 \cdot 10^{15}$ - $2,5 \cdot 10^{16}$	1977	Трофимук и др.	$2,6 \cdot 10^{16}$ - $1,4 \cdot 10^{17}$	1994	Gornitz, Fung
$7,6 \cdot 10^{18}$	1981	Добрынин и др.	$2,3 \cdot 10^{16}$ - $9,1 \cdot 10^{16}$	1995	Harvey, Huang
$3,1 \cdot 10^{15}$	1981	McIver	$1 \cdot 10^{15}$	1995	Гинсбург, Соловьев
$1 \cdot 10^{16}$	1988	Makogon	$7 \cdot 10^{15}$	1996	Holbrook, e. a.
$2,1 \cdot 10^{16}$	1988	Kvenvolden	$1,5 \cdot 10^{16}$	1997	Makogon
$2,1 \cdot 10^{16}$	1990	McDonald	$2 \cdot 10^{15}$ - $2 \cdot 10^{16}$	1997	Dickens, e. a.
$6,0 \cdot 10^{13}$	1994	Геворкьян	$2 \cdot 10^{14}$	1999	Соловьев

Природные газогидраты представляют собой метастабильное минеральное образование, формирование и разложение которого зависит от давления и температуры, состава газа и воды, от свойств пористой среды, в которой они образуются.

Массивные кристаллы (рис. 2) формируются за счет сорбции молекул газа и воды растущей, постоянно обновляющейся поверхностью кристалла. Вискерные кристаллы формируются за счет тоннельной сорбции газа и воды к основанию растущего кристалла. Размер сорбционного тоннеля соизмерим с размером сорбируемых молекул гидратообразователя. При образовании гидрата тоннель у основания растущего кристалла пульсирует, постоянно изменяясь в размере. При этом в зоне тоннеля создается электрическое поле высокого напряжения, результатом действия которого является интенсивная коррозия даже легированных металлов. Гель-кристаллы (рис. 3) формируются в объеме воды из растворенного газа, выделяющегося из нее при изменении давления и температуры.

Кристаллогидраты, формирующиеся в пластовых условиях, могут быть диспергированы в поровом пространстве без разрушения пор и с разрушением вмещающих пор, могут быть в виде частиц размером до 5-12 см, в виде линз небольшого размера и даже в виде хорошо выдержанных, чисто гидратных пластов большой протяженности, толщиной до нескольких метров. На рис. 4 представлена фотография природного газового гидрата из керна скважины,

пробуренной в акватории Тихого океана. КERN получен из пласта чистого гидрата толщиной более 4 м.

Формирование газогидратных залежей в зоне гидратообразования в период осадконакопления происходит как со стороны верхней границы зоны за счет поступления новых порций органического вещества в начальный период его преобразования, так и со стороны нижней границы – за счет газов, образующихся в последующие периоды заглубления и дальнейшего превращения органического вещества, а также за счет газов, поступающих из недр Земли. При вертикальной миграции газы поступают из высокотемпературных зон в зону гидратообразования, увеличивая мощность залежей снизу. Под гидратонасыщенными пластами может накапливаться подгидратный газ в свободном состоянии, образуя традиционные газовые месторождения. Известны примеры залежей нефти непосредственно под гидратонасыщенными пластами, служащими непроницаемой крышкой для них.

Детальная разведка газогидратных залежей осуществляется с использованием геофизических исследований в пробуренных скважинах, а также путем отбора керна с последующим его комплексным изучением.

Исследования условий образования, стабильного существования и свойств гидратов в природных условиях позволяют уверенно прогнозировать их наличие в разных частях суши и Мирового океана. Целенаправленные поисковые работы, проводимые как на суше, так и

в акваториях, всегда выявляли газогидратные залежи.

Огромные перспективные залежи газогидратов выявлены в пределах полярных акваторий на глубине от 200 м; в районах Атлантического, Индийского и Тихого океанов – на глубине 0-700 м. Только в пределах Мекси-

канского залива обнаружены более 70 залежей газогидратов. В акватории Австралии, в районе Новой Каледонии сейсмическая разведка обнаружила газогидратную залежь общей площадью более 80 тыс. км² на глубине от 1 до 4 км [5]. Запасы газа в гидратном состоянии здесь могут быть от 20 до 200 трлн. м³.

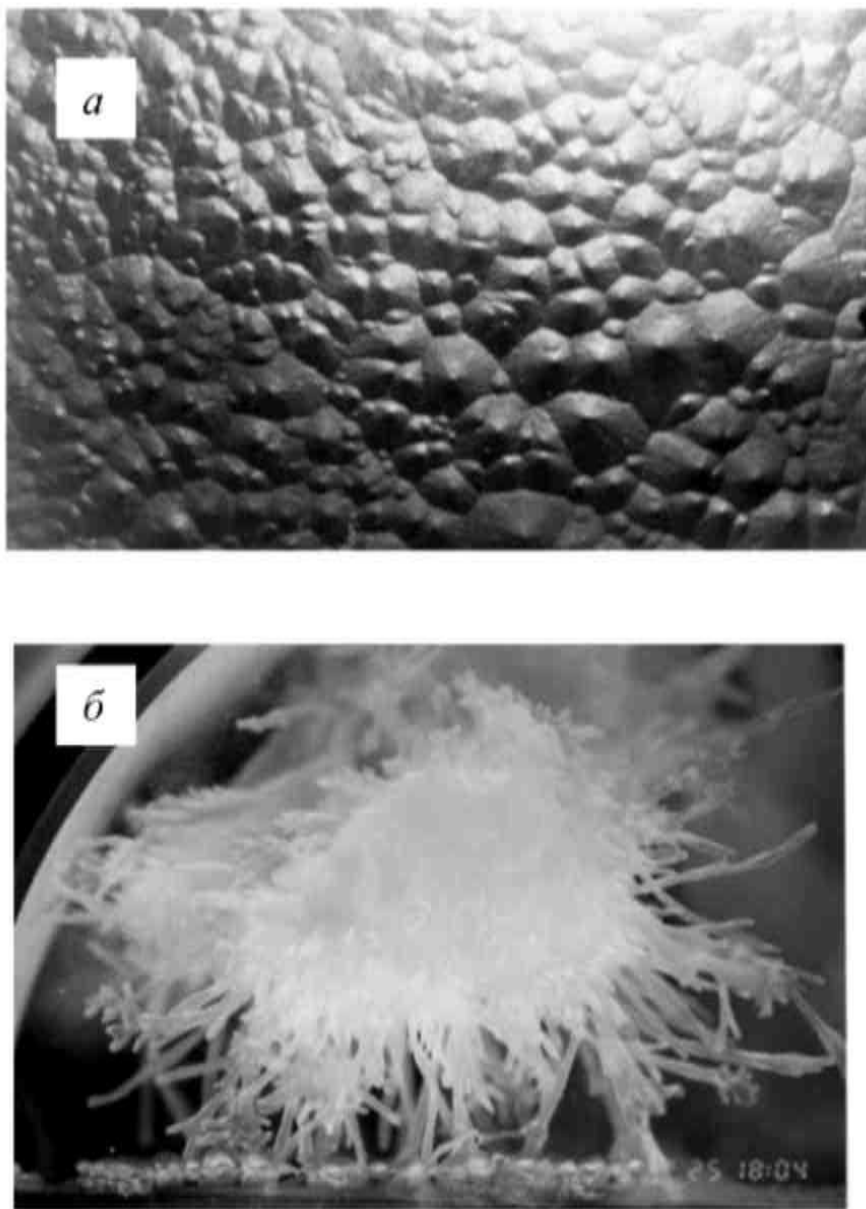


Рис. 2. Массивный агрегат кристаллогидрата метана, сформировавшийся на свободном контакте газ-вода (98 атм., 12°C) (а) и агрегат волокнистых кристаллов гидрата метана, образовавшийся в газовой среде из паров воды (86 атм., 3,3°C) (б).



Рис. 3. Гель-кристаллы гидрата метана.



Рис. 4. Массивный природный кристалл газогидрата из керна разведочной скважины.

На рис. 5 показано образование кристаллогидрата из смеси 95 мол.% CH_4 и 5% CO_2 в среде, где присутствуют пузырьки свободного газа. В этом эксперименте наблюдался одновременный рост кристаллогидратов из свободного и растворенного газа. В таких системах

газовые пузырьки растворяются одновременно с ростом кристаллов гидрата из растворенного газа. Это вызывает диффузионные процессы, обеспечивающие рост газовых гидратов в подводных осадках.

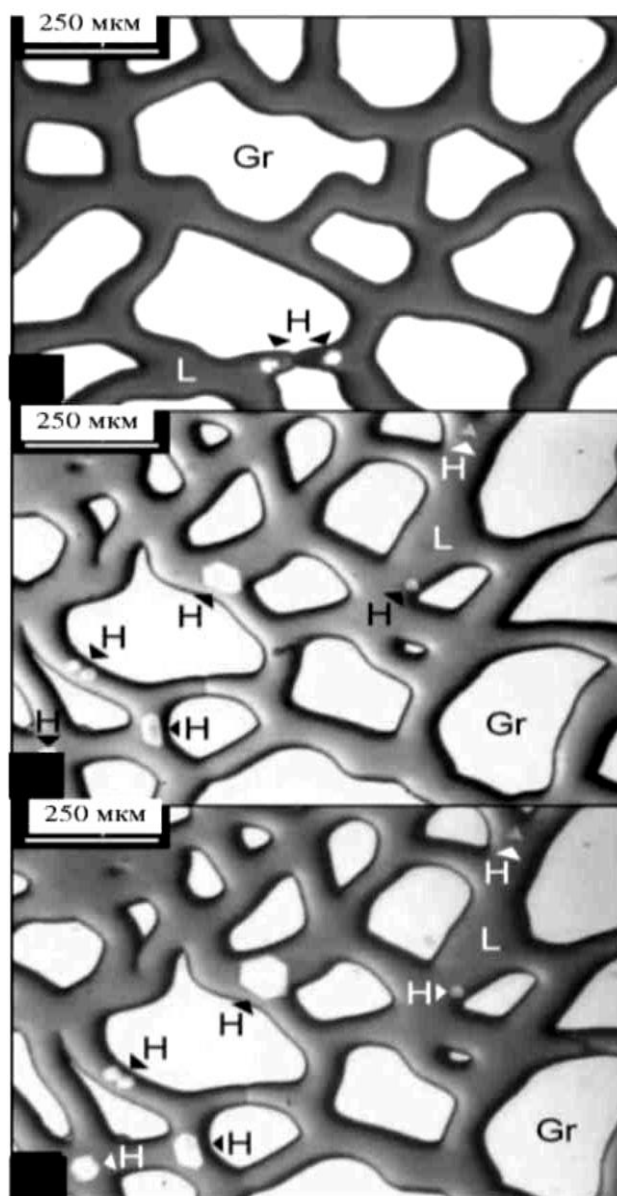


Рис. 5. Результаты визуального наблюдения одновременного роста кристаллогидратов из растворенного и свободного газа (смесь 95 мол.% CH_4 и 5% CO_2).

H – гидраты, сформировавшиеся из газа, *L* – жидкость, *Gr* – частицы горной породы.

Результаты и их анализ. В акватории Черного и Азовского морей имеются значительные прогнозные ресурсы газогидратов. Выявлено много перспективных объектов для постановки глубокого поисково-разведочного бурения, но темпы и объемы этих работ остаются неудовлетворительно низкими. За весь

период освоения углеводородных ресурсов Азово-Черноморского региона в украинских территориальных водах пробурены всего несколько глубоких поисково-разведочных скважин. Успешное освоение углеводородного потенциала морских акваторий Украины с целью наращивания объемов и темпов проведе-

ния геологоразведочных работ, открытия новых месторождений, как это предусмотрено Государственными программами «Освоение углеводородных ресурсов украинского сектора Черного и Азовского морей» и «Энергетическая стратегия Украины на период до 2030 г.», может быть реализовано на основе фундаментальных научных исследований с использованием новейших методов. Настоятельной задачей является оценка углеводородного потенциала акватории, установление закономерностей распространения разновозрастных и разнообразных месторождений традиционных и нетрадиционных углеводородов в соответствующих тектоноформационных, фациальных, седиментологических комплексах на небольших и значительных глубинах как в осадочном чехле, так и в фундаменте.

Характерной особенностью газогидратов является высокая концентрация газа в единице объема вещества. При полном заполнении межмолекулярного пространства воды один ее объем в гидратном состоянии связывает до 260 объемов газа. По расчетам А.А.Трофимука и др. [6, 7], в одном м³ пористого осадка, насыщенного газогидратами, содержится 30-36 м³ метана.

Исследователями была дана оценка прогнозных запасов метана газогидратных месторождений для глубоководной части Черного моря – 25-30 трлн. м³. По оценкам специалистов Института геологических наук НАН Украины (В.Х.Геворкьяна), запасы газогидратов в шельфовой зоне Украины составляют до 60 трлн. м³ газа в метановом эквиваленте. Перспективные газогидратные залежи, по данным сейсморазведки, прогнозируются в разных участках северо-западной части Черного моря.

Выводы

Основным источником метана многие исследователи считают газ органического происхождения – биогаз или продукты дегазации глубоко залегающих месторождений нефти и газа. В крайнем случае, допускается, что метан своим происхождением связан с земной корой. Учитывая состав отдельных оболочек земной коры, по мнению В.Х.Геворкьяна, в земной

коре (без литосферы) нет места для таких количеств углерода и водорода, которые связываются в метан [2].

Наиболее вероятно, что эти процессы обуславливают появление газовых факелов, и мы наблюдаем их по конечным продуктам реакции. Такой механизм формирования газовой выделений обусловлен потоками поступающих по разломным зонам глубинных флюидов в земную кору, донорами которых, возможно, являются мантия и ядро Земли.

В мелководных осадках северо-западной части шельфа Черного моря – на глубинах до 200 м и менее – визуально изредка наблюдаются газогидраты, главным образом, в виде мгновенно испаряющихся инееподобных налетов на стенках погребенных раковин моллюсков. Признаком присутствия газогидратов может служить то, что поднятые колонки осадков начинают «таять» на палубе судна и расползаются, не сохраняя формы поднятого керна. Очевидно, это явление связано с распадом микроскопических, визуально не обнаруживаемых микровключений клатратов в пористое пространство осадка и выделением воды при их разложении. Это явление расползания колонок осадков, поднятых грунтовой трубкой на небольших глубинах, неоднократно отмечал Е.Ф.Шнюков при проведении экспедиционных работ в Черном море [8, 9].

Для абиогенно-мантийной модели образования углеводородов ограничений в погружении нет. Главное условие – мощный вертикальный подток глубинных углеводородов. Перспективными участками можно считать смежные с мантийными разломами зоны дилатансии (пути миграции глубинных флюидов).

Новая теория дает ответ на вопрос, почему подавляющее большинство нефтяных и газовых месторождений мира размещено в местах больших накоплений осадочных пород, т.е. в геосинклиналях, рифтогенах и других впадинах земной коры. Именно в этих геоструктурах сосредоточены большие массы углерода, необходимого для соединения с водородом и к этим геологическим структурам по зонам глубинных разломов поступает наибольшее количество ювенильного водорода.

Зоны глубинных разломов также являются

наиболее вероятными путями поставки глубинных углеводородных флюидов для формирования газогидратных залежей (при соответствующих термобарических условиях).

Таким образом, донорами всех элементов, способных образовывать газогидраты, являются продукты дегазации глубинных сфер Земли, а синтез указанных соединений обеспечивается энергией флюидного потока. Такой подход к формированию газогидратов позволяет предполагать, что они могут образовывать скопления при благоприятных горно-геологических условиях практически на любых гипсометрических горизонтах осадочных толщ и в кристаллических породах.

В этом отношении заслуживает внимания предположение А.П.Клименко [4] о мощном газогидратном слое, изолирующем литосферу от потоков глубинных веществ. Как показали экспериментальные исследования, проницаемость газогидратов ниже проницаемости водонасыщенных глин и они практически непроницаемы для молекул воды и газов.

Следовательно, газогидратная залежь является практически непроницаемой идеальной крышкой для нижележащих газов и под нею может скапливаться свободный газ, не включенный в процесс гидратообразования, количество которого может быть достаточно велико. Скопления его могут представлять значительный интерес как самостоятельный тип га-

зовых месторождений. Например, Норвегия избрала путь разработки зон гидратообразования, начав добычу природного газа, залегающего глубже зоны гидратообразования.

Изменение Р-Т условий существования скоплений газогидратов, нарушение сплошности пластов, появление газопроводящих каналов приводит к «таянию» газогидратов и возникновению высокэнергетических потоков продуктов разложения газогидратов, которые прорывают водную толщу мощностью до 2000 м (Тихий океан, Черное море). В мелководной области Черного моря с глубинами от 25 до 160 м такие потоки газов создают на морской поверхности эффект «кипящей воды». Эти данные позволяют предположить, что глубинные потоки газов поступают в водную толщу под давлением, значительно превышающим необходимый для образования метановых клатратов минимум в 20 атм.

О составе глубинных флюидов в настоящее время мы можем судить только по косвенным признакам, в частности по составу продуктов разложения газогидратов, поступающих в водную толщу по каналам «черноморских курильщиков». В табл. 2 приведены результаты анализа газов, отобранных в северо-западной части Черного моря непосредственно у жерла курильщика и над ним.

Таблица 2.

Состав газов (%) «черноморского курильщика»

Места отбора проб газа	CH ₄	N ₂	O ₂	H	H ₂ S
2 м от дна в газовом факеле	45,1	42,7	10,0	1,0	1,2
21 м от дна в зоне действия газового факела	53,6	35,9	9,6	Сл.	Сл.
1 м от поверхности, кипящая вода	87,3	9,7	3,0	Сл.	0,0
поверхность, кипящая вода	90,0	7,0	3,0	Сл.	0,0

Наряду с газами «черноморские курильщики» выносят и минерализованную жидкую фазу, состав которой, различные темпы поступления и субстратная специфичность донных отложений, ведут к созданию в зоне геохимического барьера вода-осадок многообразия форм построек [1].

По результатам геолого-сейсмических исследований, скопления газогидратов образуют

мощные залежи как в мелководной, так и в глубоководной части Черного моря. Таким образом, имеющиеся теоретические разработки и фактические данные, требуют постановки комплекса фундаментальных и экспериментальных работ для решения ведущей научно-практической проблемы освоения газогидратов Черного моря для нужд народного хозяйства Украины. Потенциал энергии, который

сосредоточен в природных газогидратах, может обеспечить Украину экологически чистой энергией на много лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Геворкьян В.Х., Сокур О.Н.** Генетические особенности Черноморских «курильщиков» // *Геологический журнал*.– 2005.– №2.– С. 68-82.
2. **Геворкьян В.Х., Сокур О.Н.** Газогидраты – продукт мантийной дегазации // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*.– 2012.– №1 (27).– С. 52-65.
3. **Гулиянц С.Т., Егорова Г.И., Аксентьев А.А.** Физико-химические особенности газовых гидратов // Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2010.– 152 с.
4. **Клименко А.П.** Клатраты (гидраты газов) // Киев: Наукова думка, 1989.– 76 с.
5. **Соловьев В.А.** Природные газовые гидраты как потенциальное полезное ископаемое // *Российский химический журнал*.– 2003.– Т. XLVII.– С. 59-69.
6. **Трофимук А.А., Черский Н.В., Царев В.П.** Ресурсы биогенного метана Мирового океана // *Доклады АН СССР*.– 1975.– Т. 225, №4.– С. 936-943.
7. **Трофимук А.А., Черский Н.В., Царев В.П.** Газогидратные источники углеводородов // *Природа*.– 1987.– №8.– С. 53-57.
8. **Шнюков Е.Ф., Иванников А.В., Безбородов А.А. и др.** Геологические итоги рейса НИС «Ихтиандр» в Черном море // *Геологический журнал*.– 1993.– №6.– С. 136-138.
9. **Шнюков Е.Ф., Пасынков А.А., Клещенко С.А. и др.** Газовые факелы на дне Черного моря // Киев, 1999.– 133 с.

REFERENCES

1. **Gevorkyan V.Kh., Sokur O.N.** Genetic features of the Black Sea “smokers” (in Russian) // *Geological journal (Kyiv)*.– 2005.– №2.– P. 68-82.
2. **Gevorkyan V.Kh., Sokur O.N.** Gas hydrates as a product of mantle degassing (in Russian) // *Geology and mineral resources of the World Ocean*.– 2012.– №1 (27).– P. 52-65.
3. **Guliyants S.T., Egorova G.I., Aksentiev A.A.** Physical and chemical features of gas hydrates (in Russian) // Tyumen: Tyumen state oil and gas university, 2010.– 152 p.
4. **Klimenko A.P.** Klatrates (hydrates of gases) (in Russian) // Kiev: Naukova dumka, 1989.– 76 p.
5. **Soloviev V.A.** Natural gas hydrates as a potential useful mineral (in Russian) // *Russian chemical journal (Moscow)*.– 2003.– V. XLVII.– P. 59-69.
6. **Trofimuk A.A., Cherskyi N.V., Tsarev V.P.** Resources of biogenic methane in the World Ocean (in Russian) // *Reports of the Academy of Sciences of the USSR (Moscow)*.– 1975.– V. 225, №4.– P. 936-943.
7. **Trofimuk A.A., Cherskyi N.V., Tsarev V.P.** Gas hydrate sources of hydrocarbons (in Russian) // *Nature (Moscow)*.– 1987.– №8.– P. 53-57.
8. **Shnyukov E.F., Ivannikov A.V., Bezborodov A.A., a.o.** Geological results of the passage of research vessel “Ichtiander” in the Black Sea (in Russian) // *Geological journal (Kyiv)*.– 1993.– №6.– P. 136-138.
9. **Shnyukov E.F., Pasynkov A.A., Kleshchenko S.A., a.o.** Gas flares at the bottom of the Black Sea (in Russian) // Kiev, 1999.– 133 p.

СОКУР О.М., ОМЕЛЬЧУК О.В. Можливості вивчення газогідратних покладів як індикатор видобутку підгідратного газу.

Резюме. Газогідрати вуглеводнів відносяться до найбільш перспективних для промислового освоєння нетрадиційних енергоносіїв. Вони можуть скласти реальну конкуренцію традиційним вуглеводням у зв'язку з величезними ресурсами, широким розповсюдженням, неглибоким заляганням і концентрованим станом газу в них.

Формування газогідратних покладів протягом осадоутворення відбувається як з боку верхньої межі товщі осаdkів за рахунок надходження нових порцій органічної речовини, так і з боку нижньої межі – за рахунок газів, які утворюються внаслідок розкладання органічної речовини,

та за рахунок газів, що надходять з надр Землі. Під верствами, насиченими газогідратами, може накопичуватись газ у вільному стані (підгідратний газ), утворюючи традиційні газові родовища.

У відповідності з результатами вивчення умов утворення, стабільного існування та властивостей газогідратів у природних умовах, можна впевнено прогнозувати присутність їх покладів у різних регіонах континентів і Світового океану. В акваторії Чорного й Азовського морів присутні значні ресурси газогідратів і виявлені численні перспективні об'єкти для проведення пошуково-розвідувального буріння. Але темпи й об'єми цих робіт низькі. Головними проблемами є: оцінка вуглеводневого потенціалу акваторій, встановлення закономірностей поширення різновікових і різних за походженням родовищ традиційних і нетрадиційних вуглеводнів у різних геологічних структурах, у осадових і кристалічних гірських породах різного складу, на різній глибині.

За результатами геолого-сейсмічних досліджень, скупчення газогідратів утворюють крупні поклади як у мілководній, так і в глибоководній частинах Чорного моря. Прогнозні ресурси метану глибоководної частини Чорного моря складають 25-30 трлн. м³. Ресурси газогідратів зони шельфу Чорного й Азовського морів України становлять близько 60 трлн. м³ газу в метановому еквіваленті.

Поклади газогідратів практично непроникні для розташованих нижче концентрацій метану та інших газів, які можуть накопичуватись і формувати поклади підгідратного газу. Його кількість може бути досить великою й мати значний промисловий і економічний інтерес. Поклади підгідратного газу представляють самостійний тип родовищ вуглеводневої сировини. В Норвегії розпочато видобуток підгідратного газу, поклади якого розташовані під зонами утворення газогідратів.

Таким чином, враховуючи результати теоретичних досліджень і геологічних спостережень, необхідно виконати комплекс фундаментальних і експериментальних робіт для вирішення наукових і прикладних проблем освоєння родовищ газогідратів Чорного й Азовського морів. Потенціал енергії, який зосереджений у покладах природних газогідратів, може забезпечити Україну екологічно чистою енергією на багато років.

Ключові слова: газогідрати, глибинні флюїди, мантийна дегазація, утворення вуглеводнів, підгідратний газ.

СОКУР О.Н., ОМЕЛЬЧУК А.В. Возможности изучения газогидратных залежей как индикатора добычи подгидратного газа.

Резюме. Газогидраты углеводородов относятся к наиболее перспективным для промышленного освоения нетрадиционным энергоносителям. Они могут составить реальную конкуренцию традиционным углеводородам в связи с огромными ресурсами, широким распространением, неглубоким залеганием и концентрированным состоянием газа в них.

Формирование газогидратных залежей в период осадконакопления происходит как со стороны верхней границы толщи осадков за счет поступления новых порций органического вещества, так и со стороны нижней границы – за счет газов, образующихся в результате разложения органического вещества, и за счет газов, поступающих из недр Земли. Под пластами, насыщенными газогидратами, может накапливаться газ в свободном состоянии (подгидратный газ), образуя традиционные газовые месторождения.

В соответствии с результатами изучения условий образования, стабильного существования и свойств газогидратов в природных условиях, можно уверенно прогнозировать присутствие их залежей в разных регионах континентов и Мирового океана. В акватории Черного и Азовского морей имеются значительные ресурсы газогидратов и выявлено много перспективных объектов для проведения поисково-разведочного бурения. Но темпы и объемы этих работ низкие. Главными проблемами являются: оценка углеводородного потенциала акваторий, установление за-

кономерностей распространения разновозрастных и разнообразных месторождений традиционных и нетрадиционных углеводородов в разных геологических структурах, в осадочных и кристаллических горных породах разного состава, на разной глубине.

По результатам геолого-сейсмических исследований, скопления газогидратов образуют крупные залежи как в мелководной, так и в глубоководной части Черного моря. Прогнозные ресурсы метана глубоководной части Черного моря составляют 25-30 трлн. м³. Ресурсы газогидратов зоны шельфа Черного и Азовского морей Украины составляют около 60 трлн. м³ газа в метановом эквиваленте.

Залежи газогидратов являются практически непроницаемыми для расположенных ниже концентраций метана и других газов, которые могут скапливаться и формировать залежи подгидратного газа. Его количество может быть достаточно большим и представлять значительный промышленный и экономический интерес. Залежи подгидратного газа представляют самостоятельный тип месторождений углеводородного сырья. В Норвегии началась добыча подгидратного газа, залежи которого расположены под зонами образования газогидратов.

Таким образом, учитывая результаты теоретических исследований и геологических наблюдений, необходимо выполнить комплекс фундаментальных и экспериментальных работ для решения научных и прикладных проблем освоения месторождений газогидратов Черного и Азовского морей. Потенциал энергии, который сосредоточен в залежах природных газогидратов, может обеспечить Украину экологически чистой энергией на многие годы.

Ключевые слова: газогидраты, глубинные флюиды, мантийная дегазация, образование углеводородов, подгидратный газ.

SOKUR O.M., OMELCHUK O.V. Possibilities of studying gas-hydrate accumulations as an indicator for subhydrate gas extraction.

Summary. Gas hydrates of hydrocarbons are among the most promising non-traditional energy resources for the industrial development. They can become a real competitor for traditional hydrocarbons due to the huge resources, widespread and shallow occurrence and concentrated state of gas.

The formation of gas hydrate accumulations during the sedimentation period occurs both from the upper boundary of the sediment strata due to the arrival of new portions of organic matter and from the lower boundary due to the gases formed as a result of the decomposition of organic matter and due to gases entering from the earth interior. Under the seams saturated with gas hydrates, gas can be accumulated in the free state (sub-hydrate gas), forming traditional gas accumulations.

In accordance with the results of studying the conditions of formation, stable existence and properties of gas hydrates under natural conditions, it is possible to forecast with certainty the presence of their accumulations in different regions of the continents and the World ocean. There are significant resources of gas hydrates and many promising sites for exploratory drilling were identified in the aquatories of the Black sea and the sea of Azov. However, the rate of progress and the volume of these works are low. The main problems are as follows: assessing the hydrocarbon potential of the water areas, determining patterns of distribution of different ages and diverse deposits of traditional and non-traditional hydrocarbons in different geological structures, sedimentary and crystalline rocks of different composition, at different depths.

According to the results of geological and seismic studies, gas hydrate accumulations form large deposits both in the shallow and deep-water part of the Black sea. The inferred resources of methane in the deep-water part of the Black sea are 25-30 trillion m³. Resources of gas hydrates of the shelf zone of the Black and Azov seas of Ukraine make up about 60 trillion cubic meters of gas in methane equivalent.

Deposits of gas hydrates are practically impermeable for sub-concentrations of methane and other gases that can accumulate and form deposits of sub-hydrate gas. Its quantity can be quite large and

represent a significant industrial and economic interest. Accumulations of sub-hydrate gas represent an independent type of hydrocarbon deposits. The production of sub-hydrate gas, the accumulations of which are located under the zones of gas hydrates formation, has begun in Norway.

Thus, taking into account the results of theoretical studies and geological observations, it is necessary to carry out a complex of fundamental and experimental work to solve scientific and applied problems of developing gas hydrate deposits in the Black and Azov seas. The energy potential, which is concentrated in accumulations of natural gas hydrates, can provide Ukraine with clean energy for many years.

Key words: gas hydrates, abyssal fluids, mantle degassing, formation of hydrocarbons, sub-hydrate gas.

*Надійшла до редакції 10 травня 2016 р.
Представив до публікації доцент Є.В.Євтехов.*