

4. Зуєвська, Н.В. Аварійні явища на міських об'єктах в умовах лесових просадних ґрунтів в присутності температурного чинника [Текст] / Н.В. Зуєвська // Вісті Донецького гірничого інституту – 2013. - №1(32). – С. 62

5. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике [Текст] / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харионович, Н.Б. Пономарев; СПб: БХВ-Петербург, 2008. – 280 с.

6. Willoughby, D. Horizontal Directional Drilling: Utility and Pipeline Applications [Текст] / Willoughby D; National Academy of Mining - N.:NAM, 2005p - 267 с.

7. Основні вимоги до будівель і споруд механічний опір та стійкість [Текст]: ДБН В.1.2-6-2008 – [Чинний від 2008-10-01]. – Київ : Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій Мінрегіонбуду України, 2008. – 4 с. (Національний стандарт України)

Стаття надійшла до редакції 14.03.2016 р.

УДК 622.038:553.06

Э.А. Максимова, канд. геол. – мин. наук. (ГВУЗ «Национальный горный университет»)

ОСОБЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ ПРИ ИХ РАЗРАБОТКЕ В РАЗЛИЧНЫХ ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

E.O. Maksimova (National Mining University)

FEATURES OF GAS HYDRATES DEPOSITS WHEN DEVELOPING IN VARIOUS GEOLOGICAL CONDITIONS

Дана оценка природным газовым гидратам, как одному из самых перспективных дополнительных источников энергоресурсов. Установлены закономерности распространения месторождений газовых гидратов, в зависимости от расположения плит континентов и океанических впадин. Предложен методологический подход описания процесса разложения газогидратов, путем ввода в расчетные показатели соответствующих характеристик вмещающих пород, исходя из состава отложений, слагающих ложа и материковые склоны тех или иных морей и океанов.

Ключевые слова: газогидрат; разработка месторождений; метан; осадочные породы.

Дана оцінка природних газових гідратів, як одному з найбільш перспективних додаткових джерел енергоресурсів. Встановлено закономірності поширення родовищ газових гідратів, в залежності від розташування плит континентів і океанічних западин. Запропоновано методологічний підхід опису процесу розкладання газогідратів, шляхом

введення в розрахункові показники відповідних характеристик порід, що вміщують, виходячи зі складу відкладень, що складають ложа та материкові схили тих чи інших морів і океанів.

Ключові слова: газогідрат; розробка родовищ; метан; осадові породи.

Assessed the natural gas hydrates as one of the most promising sources of additional energy. The regularities of dissemination of deposits of gas hydrates, depending on the location of plates continents and ocean trenches. A methodological approach to describe gas hydrate decomposition process, by inputting into the estimated indicators relevant characteristics of the surrounding rocks, based on the composition of deposits, forming the bottom and continental slopes the various seas and oceans.

Keywords: gas hydrate; mining; methane; sedimentary rocks.

Актуальность работы. В современном мире всё чаще поднимается тема альтернативных либо дополнительных источников энергии. Становится очевидным, что в будущем человечество исчерпает все месторождения природного газа, позволяющие его добычу традиционными способами. Остается два пути: переход на альтернативные виды топлива и поиск дополнительных источников традиционных энергоресурсов. Пока не изобретен еще вид топлива, способный стать достойной заменой традиционным видам, поэтому основным направлением в этом аспекте становится поиск и разработка новых дополнительных энергоресурсов, которыми богата наша планета. Именно таким дополнительным энергоресурсом, является метаносодержащий газовый гидрат [1, 2]. По самым пессимистичным оценкам мирового научного сообщества, гидраты углеводородных газов, запасы которых составляют 250 трлн. кубических метров, рассматриваются всем мировым научным сообществом как самый вероятный энергетический ресурс будущего. Для сравнения, по текущим данным BP Statistical Review, запасы традиционного газа в недрах Земли оценены в 188 трлн. кубических метров.

В связи с постоянно растущими ценами на природный газ и актуальностью данной проблемы для Украины, в соответствии с Законом Украины «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» от 12.10.2010 №2519-17, в рамках Комплексной Программы «Розробка методів і технологій видобутку газу з природних газогідратів та створення штучних газогідратів для оптимізації виробничих процесів», (гостемы ГП – 467, 473), в Национальном горном университете ведутся исследования в этом направлении под руководством профессора Бондаренко В.И. Создана лаборатория инновационных технологий, искусственным путем получены газовые гидраты, что крайне важно для понимания процессов их природного возникновения, изучения условий их стабильного существования с целью разработки способов их добычи [3, 4].

Цель работы – установить и показать закономерности распространения месторождений газовых гидратов в Мировом океане для разработки технологических схем извлечения метана в зависимости от генетических структур и состава вмещающих пород.

Результаты исследований. Газовые гидраты – это нестехиометрические

соединения молекулярного типа, образующиеся при определенных термобарических условиях из газа и воды. Мировые научные сообщества, занимающиеся исследованием свойств как природных, так и техногенных газовых гидратов, их относят к клатратным соединениям супрамолекулярной химии. Название «клатраты» (от лат. *clathratus* – «сажать в клетку») было дано Пауэлом в 1948 году. Рентгеноструктурные исследования Мюллера и Штакельберга в 1950-х годах подтвердили клатратную структуру газовых гидратов. Химическая связь у гидратов отсутствует, при их образовании молекула воды, за счет вандерваальсовых сил окружает и принимает молекулу газа при определенных параметрах температуры и давления. Именно поэтому, газовые гидраты имеют малую область термодинамической устойчивости и чрезвычайно чувствительны к изменениям условий равновесия (рис. 1).

Рис. 1. Схема клатратных структур газовых гидратов:

внутри – молекула метана, окруженная молекулами воды

На протяжении последних 50 лет, учеными многих стран обсуждаются вопросы существования и изучаются условия образования в природе газовых гидратов [1-5]. Способность образовывать газовые гидраты присуща многим газам. Это зависит от условий их образования – состава природного газа, температуры среды и давления. За этот период установлено наличие газогидратов в материковой части и широкое распространение гидратосодержащих пластов в морях, омывающих побережья крупнейших стран-импортеров природного газа, например США и Японии. Принимая во внимание высокую удельную концентрацию газа в природных гидратах (до $160 \text{ м}^3/\text{м}^3$), их относительно неглубокое залегание (под морским дном, начиная с глубин воды 300-500 м), природные газогидраты рассматриваются как реальная

альтернатива поставкам газа в эти страны уже в ближайшем будущем. В настоящее время разработкой технологий добычи газовых гидратов занимаются США, Англия, Япония, Китай, Германия и Норвегия.

Актуальность таких исследований подтверждается отсутствием мировых научно обоснованных методов по технологии их разработки специалистами горной отрасли. Этими проблемами широко занимаются химики, экологи и ученые других специальностей. На сегодняшний день отсутствует научно обоснованная технология разработки месторождений газовых гидратов, основанная на реалиях горнодобывающей науки. Однако очевидно, что для того, чтобы рационально освоить дополнительный природный энергоресурс, необходимо отработать комплексный подход и технологические схемы с учетом конкретного геолого-морфологического строения каждой конкретной залежи и максимально щадящую для окружающей природной среды технологию добычи газа из газогидратного месторождения. Учитывая широкомасштабные мировые исследования в этой области, становится очевидным, что необходимо досконально исследовать характер взаимодействия всех процессов в рассматриваемых системах, детально изучить фазовые переходы газогидратных систем различного состава в каждом конкретном месторождении и учитывать их при разработке схем извлечения ресурса.

Трудности извлечения метана из газогидратов связаны с тем, что месторождения залегают на больших глубинах. Чтобы получить метан надо превратить газогидрат в газ, то есть разрушить его, и отобрать газовую составляющую в емкости. Было проведено исследование состояния вопроса по обнаружению и обследованию месторождений газовых гидратов мировыми экспедициями различных стран.

Установлено наличие газогидратов в материковой части и широкое распространение гидратосодержащих пластов в морях, омывающих побережья крупнейших стран-импортеров природного газа, например США и Японии (табл.1, рис. 2.)

Таблица 1

Месторождения газовых гидратов на планете Земля

Тип залежи	Месторасположение 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
	Побережье Японии

Тип залежи	Месторасположение месторождения
Залежи шельфа	Мексиканский залив, США
	Подводное плато Блейк, Атлантический океан
	Грязевой подводный вулкан Хакон Мосби, Норвегия
	Шельф дельты Нигера, Атлантический океан
Континентальные залежи	Осадочные породы Черного моря, Украина
	Осадочные породы Каспийского моря, Россия
	Озеро Байкал, Россия
	Подводные горы Анаксимандра, Средиземное море
	Побережье района Кула, Турция
Арктические залежи	Район у дельты Маккензи, Северный Ледовитый океан



Рис. 2. Месторождения газовых гидратов, подтвержденные отбором проб

При анализе и сопоставлении множества карт и материалов аэрофотосъемок обнаруженных месторождений газовых гидратов и зон глобальных тектонических разломов подтверждается гипотеза о приуроченности большинства этих месторождений к зонам стыков континентальных плит и океанических впадин (рис. 3, 4) [6].

На аэрофотоснимках (рис. 4), темные продольные линии отражают самые молодые участки дна Мирового океана, а именно срединно-океанические хребты. Практически белые и до светлых участков – более древние понятия. Срединно-океанические хребты отличаются интенсивной сейсмичностью, высоким тепловым потоком и вулканизмом. По гипотезе автора, такое сочетание геолого-сейсмических особенностей и сложившейся термобарической обстановки, объясняет приуроченность залежей газовых гидратов именно к зонам глобальных тектонических разломов, например

залежи вдоль Калифорнийского Бордерленда, месторождения Курильской гряды, шельфа Сахалина и Мексиканского залива и т.п.

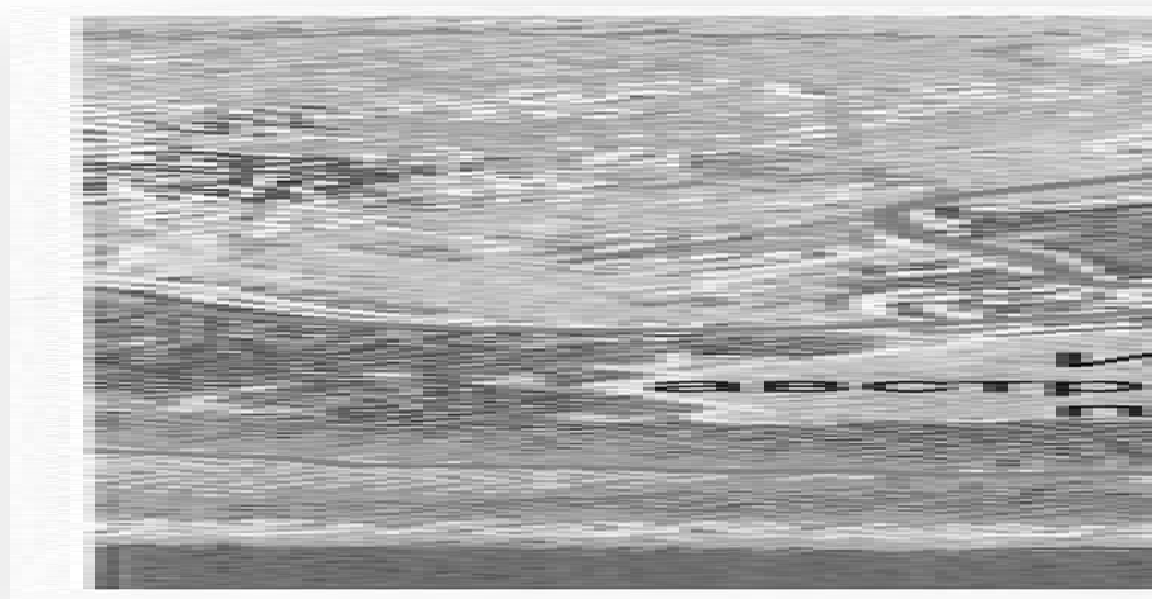


Рис. 3. Плиты континентов и дна Мирового Океана

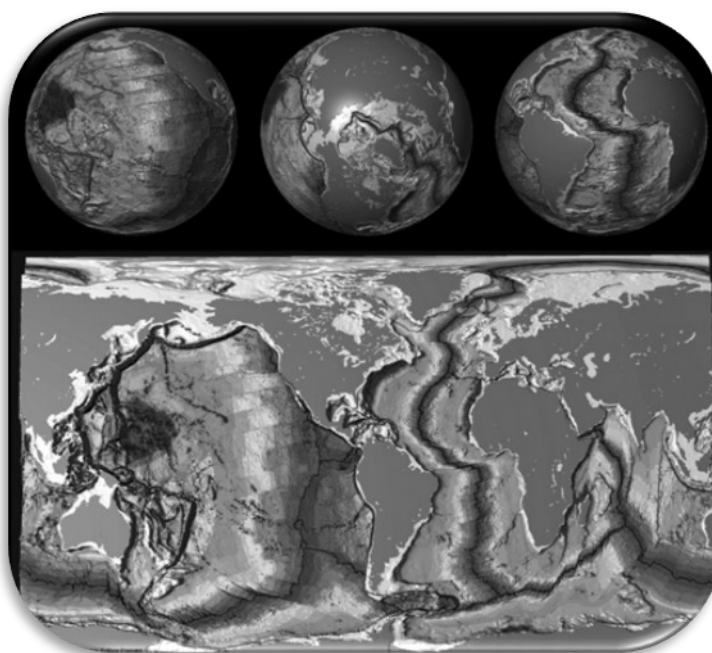


Рис. 4. Мировая система срединно-океанических хребтов Мирового океана и их возраст

К этим же зонам приурочены классические месторождения углеводородов. На основании этих выводов, выполнена геолого-структурная классификация месторождений газовых гидратов на основе их генезиса [7].

Например, в бассейн Северного Ледовитого океана с речным стоком и при береговой абразии на протяжении многих веков поступал взвешенный

материал, весьма разнообразный по размеру зерен и вещественному составу и растворенный материал различного химического состава. Выпадение взвешенных частиц, поступивших в бассейн, определяется рядом факторов и в первую очередь гидрологическим режимом и рельефом дна бассейна, которые в Северном Ледовитом океане отличаются рядом особенностей, в результате чего в общей схеме механической дифференциации имеется ряд отступлений. Например, на дне северных морей сравнительно на небольших глубинах наблюдаются глинистые осадки, в то время как в центральной части бассейна на больших глубинах встречены грубозернистые осадки [8].

В прибрежной полосе и на мелководье, где велика роль приливо-отливных и сгонно-нагонных течений и волнений, обуславливающих вымывание тонкозернистого материала, формируются крупнообломочные и песчаные осадки. В глубоководных желобах и впадинах и в районах крупных ледяных полей, т.е. в зоне пониженной активности водных масс, отлагаются глинистые осадки. На большей же части морского дна развиты алевритовые осадки.

Очевидно, что каждый тип залежей будет иметь соответствующие показатели теплопроводности, удельной теплоемкости и плотности, обусловленных вещественным и минералогическим составом всех литологических разновидностей вмещающих пород. А тип этих пород принимается, исходя из состава отложений, слагающих ложа и материковые склоны тех или иных морей и океанов.

Такая концепция принята автором для разработки схем вскрытия месторождений газовых гидратов и положена в соответствующие расчеты по описанию теплофизических процессов, происходящих при разработке месторождений природных газогидратов под влиянием теплового поля [9].

В расчетах принимается горизонтальный пласт с заданными граничными условиями конечной мощности и длины, находящийся в стабильном для гидратообразования термобарическом состоянии и имеющий конкретный тип вмещающих пород, согласно установленному типу месторождения, например алевритовые мелкозернистые пески. Причем, расчет и процесс построения такой модели, необходимо разделить на этапы, которым будет соответствовать определенная неизменная пористость, удельный вес скелета вмещающих пород, минерализация воды и компонентный состав газа. При появлении теплового воздействия, будет происходить разделение модели, как минимум на три зоны: I зона – будет заполнена газом, водой и скелетом вмещающих пород; II зона – будет представлена газом, скелетом вмещающих пород и газогидратом; III зона – это газогидрат и твердая часть вмещающих пород. Безусловно, это будет подвижная система, имеющая смешанные фронты и определенную скорость продвижения. При незначительных скоростях, т.е. при ламинарном движении, в данной системе возможно применение закона Дарси для описания процесса фильтрации как воды, так и газа. Для описания процесса теплопереноса предлагается использовать закон Фурье.

В дальнейшем, на основании подобного численного моделирования процесса разложения газогидрата на морских глубинах, выбирается наиболее оптимальная схема бурения и разработки любого конкретного месторождения газовых гидратов.

Выводы

1. Огромные залежи месторождений газовых гидратов в Мировом океане рассматриваются как дополнительный нетрадиционный источник углеводородов.

2. В работе дан анализ существующих месторождений газовых гидратов и доказана их пруроченность к глобальным тектоническим разломам.

3. Предложен теоретический подход к предварительной оценке горно-геологических условий разработки таких месторождений. На основании данных, полученных предложенным способом, становится возможным выполнять необходимые расчеты технологических параметров процессов вскрытия и добычи газа со дна Мирового океана.

4. Внедрение научно обоснованных технологий разработки месторождений газовых гидратов и их добыча, позволят своевременно и оптимально использовать данный энергетический ресурс.

Список использованных источников

1. Макогон, Ю.Ф. Газогидраты – дополнительный источник энергии Украины [Текст] / Ю.Ф. Макогон // Газовая промышленность. – Уфа, 2010. – №3. – С. 47-51.

2. Свойство природных газов находиться в земной коре в твердом состоянии и образовывать газогидратные залежи [Текст] / [В.Г. Васильев, Ю.Ф. Макогон, Ф.А. Требин и др.] – Открытия в СССР, 1968 – 1969 гг. – Сборник. – М.: ЦНИИПИ, 1970. – 230 с.

3. Scientific bases of methods and technologies of gas hydrates deposits underground mining / V. Bondarenko, E. Maksymova, K. Ganushevych, K. Sai [et al.] // 23 World Mining Congress: materials of the conference, August 11 – 15, 2013. – Montréal, Canada: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 2013. – P. 80 - 85.

4. Пат. №94671 на корисну модель, Україна. Спосіб розробки морських газогідратних покладів [Текст] / Бондаренко В.І., Максимова Е.О., Сай К.С., Овчинніков М.П., Ганушевич К.А.; заявник і власник патенту Державний ВНЗ «НГУ». – №u201406104. – опубл. 25.11.2014. – Бюл. №22.

5. Шнюков, Е.Ф. Газовый вулканизм Черного моря [Текст] / Е.Ф. Шнюков, Коболев В.П., Пасынков А.А. – К.: Логос, 2013, - 384 с.

6. «Earth seafloor crust age poster»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File: Earth_seafloor_crust_age_poster.png#/media/File:Earth_seafloor_crust_age_poster.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earth_seafloor_crust_age_poster.png#/media/File:Earth_seafloor_crust_age_poster.png)

7. Максимова, Э.А. Типы месторождений газовых гидратов и их учет

при подземной разработке [Текст] / Э.А. Максимова // Сб. научных трудов Донбасского государственного технического университета. – Алчевск: ДонГТУ, 2013. – Вып. 40. - С. 65 - 69.

8. Лапина, Н.Н. Вещественный состав тонкодисперсной части донных отложений Северного Ледовитого океана [Текст] / Н.Н. Лапина // Геология дна океанов и морей. Новосибирск,: Наука. – 1964. – 150 с.

9. Максимова, Э.А. Разработка месторождений газовых гидратов на основе теплового воздействия на залежь [Текст] / Э.А. Максимова // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук, 2015. - Вип. 2/2015 (91). - С. 90 - 95.

Статья поступила в редакцию 10.03.16 г.

УДК 622.807

С.М. Стовпник, к.т.н, доц., **С.В. Зайченко**, д.т.н, доц., **О.О. Вовк** д.т.н., проф.,
А.М. Городиская (НТУУ «КПІ»)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОТЯГУВАННЯ ПОЛІЕТИЛЕНОВОЇ ОБОЛОНКИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ КОЛЕКТОРА

S.M. Stovpnyk, S.V. Zaichenko, O.O. Vovk, A.M. Horodyskaia (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

INVESTIGATION THE PROCESS OF DRAWING A POLYETHYLENE MEMBRANE DURING RECONSTRUCTION COLLECTOR

Досліджено процес протягування циліндричної поліетиленової оболонки при реконструкції колекторів закритим типом. Встановлено значення розподілу напружень поздовж елементів конструкції колектора. Доведено, що виникаючі зусилля у конструкції можуть призвести до руйнування, як оболонки так існуючого колектора. Запропоновано нові технологічні заходи, які дозволяють запобігти пошкодження елементів конструкції колектора при проведенні реконструкції.

Ключові слова: колектор; протягування; поліетиленова труба; напруження; реконструкція.

Исследован процесс протягивания цилиндрической полиэтиленовой оболочки при реконструкции коллекторов закрытым способом. Установлено значение распределения напряжений вдоль элементов конструкции коллектора. Доказано, что возникающие усилия в конструкции могут привести к разрушению, как оболочки так существующего коллектора. Предложены новые технологические мероприятия, которые позволяют предотвратить повреждение элементов конструкции коллектора при проведении реконструкции.

Ключевые слова: колектор; протягивания; полиэтиленовая труба; напряжения; реконструкция.