

к.г.-м.н. Максимова Э.А.  
(НГУ, г. Днепрпетровск, Украина, elmaks@i.ua)

## ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ И ИХ УЧЕТ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ

*Выделены типы месторождений газовых гидратов по геолого-структурным признакам и литологическому составу вмещающих горных пород и обоснована необходимость их учета при разработке технологий извлечения газа.*

**Ключевые слова:** газовые гидраты, клатраты, технологии добычи газа, дополнительные источники энергии.

Для разработки методов и технологий добычи газа из природных месторождений газовых гидратов, с точки зрения принципов горного производства, необходимо досконально понимать горногеологические условия будущего месторождения полезного ископаемого. Исследования в этом направлении ведутся коллективом горных инженеров кафедры подземной разработки Национального горного Университета [1, 2, 3]. На кафедре подземной разработки создана лаборатория инновационных технологий, где ведутся исследования по государственной тематике «Разработка методов и технологий добычи газа из природных газогидратов и получение искусственных газогидратов для оптимизации производственных процессов».

При разработке методики возможных способов извлечения газа, возникла необходимость учета литологического состава вмещающих пород, значений пористости, газо- и водопроводимости, а иными словами, в типизации месторождений газовых гидратов. В основу разработки типов был положен генетический признак таких месторождений и приуроченность залежей газогидратов к месторождениям нефти и газа.

**Целью настоящей статьи** является изложение основных принципов **разделения** месторождений газовых гидратов **на типы**, с целью дальнейшей их разработки.

Геологами давно доказана приуроченность месторождений нефти и газа осадочного чехла к тектоническим структурам земной коры (зонам разломов) и зонам пе-

рехода от континентов к океаническим впадинам [4], вдоль которых также зачастую идут крупнейшие тектонические нарушения. Все разломы имеют измеримую толщину и протяженность, которые измеряют по величине деформированных пород. Разлом, проходящий через различные слои литосферы, будет иметь различные типы горных пород вдоль всей своей протяженности.

Разломы часто являются геохимическими барьерами, – поэтому к ним приурочены залежи твердых полезных ископаемых и скопления нефтегазоносных флюидов [5]. Из-за смещения горных пород в них формируются ловушки, в которых зарождаются месторождения нефти и газа. Такая пространственная локализация нефти и газа в виде ловушек связывается учеными с наличием нефтегазопроводящих каналов в виде глубинных разломов, по которым происходит постоянная или периодическая подпитка месторождений (рис. 1).

Это положение подтверждается множеством экспедиций и исследований, проводимых в Атлантическом, Индийском и Северном Ледовитом океанах, в западной и восточной части Тихого океана, на озере Байкал, Беринговом и Охотском морях.

Вместе они объединяют бассейны, в которых сосредоточено не менее 70-75 % запасов нефти и газа, открытых к настоящему времени. Например, российским институтом проблем нефти и газа РАН детально исследуются процессы формирования и генезиса нефтегазоносных залежей.

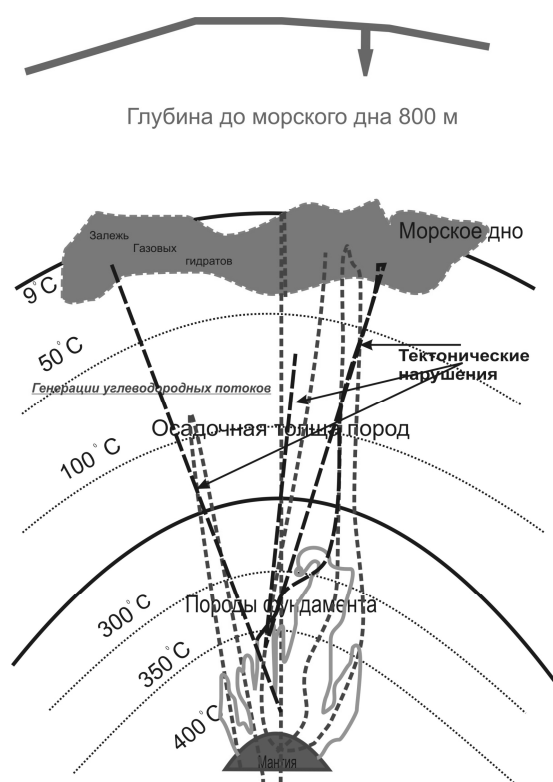


Рисунок 1 – Схема генерации залежи газовых гидратов (рисунок автора)

В условиях повышенных температур ( $T > 350^{\circ}\text{C}$ ) и давлений, под экраном серпентинитов фундамента Охотского моря, идет накопление метана и его гомологов: этана, пропана, бутана, гексана и др. и создается автоклавная ситуация. Таким образом там же формируются все компоненты нефти. Высокая сейсмическая активность и высокое поровое давление приводит к нарушению целостности экрана фундамента серпентинитовых слоев в очаговых зонах землетрясений. Поскольку флюиды концентрируются в сжатом виде, поровое давление в зонах высокой аккумуляции флюидов постоянно увеличивается и углеводородные экструзии и интрузии мигрируют по сдвиговым разломам, зонам трещиноватости и расщеливания в толщу осадочных пород – в так называемые осадочные ловушки присдвиговых прогибов. Этот вывод подтверждается работами ученых-геофизиков. По расчетам этих авторов по сдвиговому разлому постоянно бегут

волновые энергетические импульсы, которые и формируют эффект повышенной энергетики, который и приводит к постоянным выделениям газа из недр Земли. К этим зонам также приурочены месторождения газовых гидратов [6, 7].

При разработке классификации месторождений газовых гидратов по типам, было принято за основу, что именно в таких ловушках, при понижении температурной среды, но еще при высоком давлении и происходит формирование газогидратных залежей (рис. 1, 2).

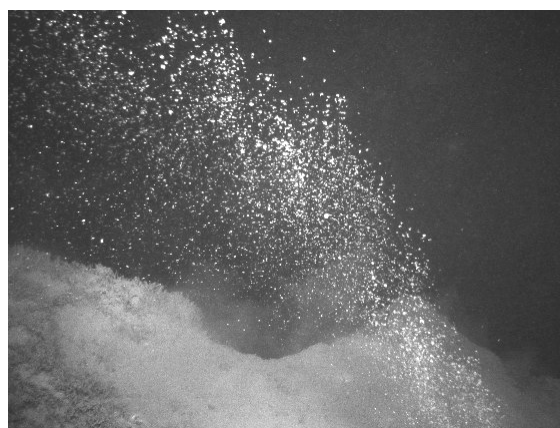


Рисунок 2 – Выделение газа из недр Земли с образованием газогидратной залежи. Снимок сделан Doug L. Hoffman, Allen Simmons (The Resilient Earth: Science, Global warming and future of humanity, USA, 2007)

Молекулы газогидратов образуют в своей совокупности так называемые клатраты - кристаллические структуры, в которых газ находится в окружении молекул воды. Таким образом, поскольку газовый гидрат формируется путем внедрения молекул газа в молекулы воды, то в основу разработки типов таких месторождений автором был положен принцип видов нахождения воды во вмещающих породах. А виды нахождения воды в породах, в свою очередь, зависят от типов пород.

Сопоставляя множество взаимоподтверждающих фактов генетического сходства различных месторождений газовых гидратов, увязывая в единую систему многочисленные мировые исследования вулканологов, геофизиков, химиков и физиков, авто-

ром предлагается при разработке технологий добычи газа из природных месторождений газовых гидратов, опираться на геолого-структурные особенности, литологический состав и фильтрационные свойства вмещающих пород каждого конкретного месторождения газовых гидратов.

Таким образом, были выделены **5 типов** месторождений газовых гидратов, в зависимости от вещественного состава вмещающих пород, геологических структур и соответственно их фильтрационных свойств.

**1 тип.** Месторождения газовых гидратов, представляющие собой сплошные залежи на дне морей и океанов, в зонах шельфа и впадин, в зоне крупных тектонических нарушений: вдоль сбросов, взбросов, сдвигов, внутри грабенов. Это аморфные залежи газовых гидратов в виде чистого льда, залегающие в виде самостоятельных слоев большой мощности (от 2-3-х до 150-200 м). Для этих толщ при выборе технологии разработки следует учитывать большую и интенсивную удельную газоотдачу залежи, достигающую 80-90%.

**2 тип.** Месторождения газовых гидратов в виде сплошных толщ из практически однородных, мелкозернистых структур массивов газовых гидратов, залегающих в зонах шельфа и впадин морей и океанов, преимущественно в песках, перетертых крупнозернистых, раздробленных катаклазитах, на контакте и под дном, а также возможны на континентах в зонах вечной мерзлоты в пределах погребенных разломов. Это несцементированные или слабосцементированные терригенные отложения со сверхкапиллярными поровыми каналами, с диаметром пор 0,5 – 2,0 мм. В расчетах запасов и принятии технологии разработки месторождений 2 типа следует принимать значения пористости в диапазоне величин 35-45%, а удельная газоотдача будет достигать 50%.

**3 тип.** Месторождения газовых гидратов, приуроченные к супесчаным и суглинистым отложениям, имеющие капиллярные поры 0,0002 – 0,5 мм, которые насы-

щены газогидратом. Значения пористости находятся в пределах 3-20%. Могут слоистые отложения, залегающие под различными углами падения антиклинальных или синклинальных складок, залегающие под дном морей и океанов, а также возможны в зонах вечной мерзлоты в пределах тектонических нарушений. В таких месторождениях удельная газоотдача будет составлять не более 10%.

**4 тип.** Месторождения газовых гидратов в обломочных горных породах брекчиевидных разновидностей. Этот тип залежи образуется в различных геодинамических условиях, характеризуется весьма разнообразным строением вмещающей толщи, образуется на плоскостях смещения массивов горных пород под дном морей и океанов и в зонах вечной мерзлоты. Значения пористости и проницаемости будут

колебаться в широком диапазоне, в зависимости от литологических разностей вмещающей толщи и тектонической раздробленности.

**5 тип.** Месторождения газовых гидратов в виде жильных месторождений, сформированных в крупных массивах магматических горных пород, вдоль сбросов, сдвигов и, соответственно, газогидраты залегают в виде крупных жил. Они имеют смешанную структуру – от брекчиевидной, мелкозернистой – до аморфной, залегающие под дном морей и океанов, а также возможны в зонах вечной мерзлоты. Иными словами, в крупных жилах, кавернах или пещерах, газовый гидрат будет залежать в виде залежи 1 типа, в виде чистого льда, с самыми высокими значениями проницаемости и удельной газоотдачи. В межжильных пространствах, так называемых окраинных зонах тектонических нарушений, залежам газового гидрата, будут присущи фильтрационные показатели как третьего, так и четвертого типов месторождений газовых гидратов.

Исходя из состава вмещающих пород и геологических структур, учитывая их фильтрационные свойства, а именно из выделенных типов месторождений, необ-

ходимо начинать выбор объекта разработки. В объект разработки может быть включен один, несколько или все пласты месторождения, если они приурочены к одному типу месторождений, а затем принята одна технология добычи. Этот шаг подразумевает искусственное выделение, в пределах разрабатываемого крупного месторождения, геологического образования (пласта, массива, структуры, совокупности пластов) одного типа по настоящей классификации, содержащего промышленные запасы газового гидрата, извлечение которых из недр будет осуществляться по одной, единой технологии. Таким образом, определяется для каждого типа единая система разработки выбранного объекта. Под системой разработки, в данном случае, понимается совокупность взаимосвязанных инженерных решений, а именно: последовательность вскрытия газогидратной залежи, число, соотношение и расположение добывающих скважин и скважин, воздействующих на пласт, число резервных скважин, управление разработкой, охрану недр и окружающей среды.

Основные выводы.

1. Предложено рассматривать приуроченность месторождений нефти, газа, газоконденсата и газовых гидратов осадочного чехла к тектоническим структурам земной коры в аспекте дополнительного признака в поиске месторождений газовых гидратов; типизация природных месторождений газовых гидратов осуществляется в зависимости от принадлежности их к различным тектоническим структурам, условиям залегания, вещественного состава и фильтрационных свойств вмещающих пород.

2. Методы и технологии добычи газа из природных месторождений газовых гидратов разрабатываются в соответствии с типами таких месторождений и с учетом термобарических условий их равновесного состояния и гидродинамической обстановки залежи; разделение месторождений газовых гидратов на типы, позволит обосновать такие параметры разработки этих месторождений, которые позволят обеспечить оптимальное извлечение газа, охрану недр и окружающей среды.

### Библиографический список

1. Bondarenko V. Development of gas hydrates in the Black sea / V. Bondarenko, K. Ganushevych, K. Sai, A. Tyshchenko // Materials of the V International scientific-practical conference "School of Underground Mining-2011" "New geoinformational and technical systems in Mining". – Netherlands: CRC Press / Balkema, 2011. – P. 55–59.
2. Бондаренко В.И. Разработка месторождений газовых гидратов Черноморской впадины – актуальная задача в современном поиске альтернативных источников энергии на территории Украины / В.И. Бондаренко, Э.А. Максимова // Матеріали VI міжнар. наук.-практ.конф. «Школа підземної розробки». – Дніпропетровськ: НГУ. – 2012. – С. 294–298.
3. Bondarenko V. Gas hydrate deposits of the black Sea's trough: currency and features of development / V. Bondarenko, E. Maksymova, K. Ganushevych, K. Sai // Materiały Konferencyjne "Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2013". – Krakow, 18-22 lutego 2013. – P. 66–69.
4. 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.
5. Звездин В.Г. Нефтепромысловая геология: учебное пособие / В.Г. Звездин. – Пермский государственный университет, 2007. – С. 45–49.
6. Конюхов А.И. Мировой океан и глобальные пояса нефтегазонакопления / А.И. Конюхов // Геология морей и океанов: Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. – М., 2009. – Т. II. – С. 61–64.
7. Конюхов А.И. Окраины континентов – глобальные пояса нефтегазонакопления / А.И. Конюхов // Литология и полезные ископаемые. – М.: Недра, 2009. – No 6. – С. 563–582.

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. Антощенко Н.И.**

*Статья поступила в редакцию 29.05.13*

**к.г.-м.н. Максимова Е.О.** (НГУ, м. Дніпропетровськ, Україна)

**ТИПИ РОДОВИЩ ГАЗОВИХ ГІДРАТІВ І ЇХ ВРАХУВАННЯ ПРИ ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ**

*Визначені типи родовищ газових гідратів за геолого-структурними показниками й літологічному складу гірських порід, що їх вміщують, та обґрунтована необхідність їх врахування при розробці технологій видобутку газу.*

**Ключові слова:** газові гідрати, клатрати, технології видобутку газу, додаткові джерела енергії.

**Maksymova E.O.** (NMU, Dnipropetrov'sk, Ukraine)

**TYPES OF GAS HYDRATES DEPOSITS AND THEIR CONSIDERATION DURING UNDERGROUND MINING**

*Identified types of deposits of gas hydrates by geological and structural attributes and lithological composition contains of rocks and the necessity of them into account in developing processes of gas extract.*

**Key words:** gas hydrates, clathrates, technology of gas extraction, additional energy sources.