УДК 553.9

ГАЗОВЫЕ ГИДРАТЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ДОБЫЧИ

GAS HYDRATES AND TECHNOLOGIES OF THEIR PRODUCTION

Кривошеева Карина Александровна
студент магистрант,
Кубанский государственный университет
krivosheeva_ka@mail.ru

Пинчук Татьяна Николаевна
доцент, кандидат геолого-минералогических наук,
Кубанский государственный университет

Krivosheeva Karina Alexsandrovna
Student undergraduate,
Kuban state University
krivosheeva_ka@mail.ru

Pinchuk Tatiana Nikolaevna
Associate professor,
candidate of geol.-min. sciences,
Kuban state University

Аннотация. Работа посвящена методам добычи газовых гидратов. Целью является рассмотрение всех возможных методов добычи газогидратов и выявление оптимального. Для достижения этой цели были проанализированы научные работы, посвященные исследованиям газовых гидратов. Разработка залежей газовых гидратов на сегодняшний день является актуальной проблемой. В настоящее время существует три основных метода добычи газа из газовых гидратов: разгерметизация (снижение давления), нагревание, ввод ингибитора, которые освещены в представленной работе.

Ключевые слова: газовый гидрат, свободный газ, разгерметизация, ингибитор, клатратные соединения, бурение скважин.

Annotation. The work is devoted to hydrate production methods. The goal is to consider all possible hydrate production methods and to reveal the best. To achieve this purpose, the research works devoted to the studies of gas hydrates were analyzed. Today the development of deposits of gas hydrates is a very topical issue. Currently, there are three main methods of extracting gas from gas hydrates: depressurization (pressure reduction), heating, entry inhibitor. They are covered in the present work.

Keywords: gas hydrate, free gas, depressurization, retarder, clathrate combinations, well-drilling.

Газогидраты во всем мире играют очень важную роль. Потенциал энергии, сосредоточенный в природных газогидратах, может обеспечить мир экологически чистой энергией. Эти вещества называют топливом будущего. Газогидраты представляют потенциальный интерес и для топливной энергетики. Огромные запасы газогидратов в недрах Земли и на дне Мирового океана являются перспективными топливными ресурсами для многих стран, не имеющих собственных энергетических ресурсов. Традиционные ресурсы углеводородов распределены неравномерно, и они ограничены. В настоящее время проводят добычу газогидратов в России (Улан-Юряхинская антиклиналь, п-ов Чукотка, озеро Байкал, месторождение Мессояхское), Канаде (месторождение Маллик) и др. По современным оценкам запасов нефти, потребления хватит на 50–60 лет, а природного газа примерно на 60–100 лет. Добыча газовых гидратов подняла бы мировую энергетику на новый уровень. Другими словами, необходимо создание методов добычи газогидратов, так как это открыло бы перед человечеством альтернативный источник энергии. Поэтому разработка газогидратов является актуальной проблемой на сегодняшний день. Одной из наиболее важных задач при добыче газогидратов, является создание высокоэффективных технологий перевода газа из твердого состояния в свободное непосредственно в пластах.

Целью данной работы является рассмотрение возможных методов добычи газогидратов. Для выполнения поставленной проблемы были поставлены следующие задачи:

– представить общие сведения о газогидратах;
– рассмотреть технологию бурения скважин для добычи газогидратов;
– провести обзор существующих методов добычи газогидратов.

Общие сведения о газогидратах

В последнее время в нефтегазовой геологии большой интерес вызывает проблема присутствия газовых гидратов в осадочных разрезах нефтегазовых бассейнов, в современных морских и озёрных осадках. Изучается их распространение и освоение газогидратных залежей.

Газовые гидраты – твердые кристаллические вещества, характеризующиеся строго определенной структурой для различных газов, по внешнему виду напоминающие твердый снег или рыхлый лёд. Газовые гидраты – это классические представители клатратных соединений.

Газовые гидраты образуются при сочетании следующих основных условий:

– наличия гидратообразующих газов;
– наличия воды;
– низкой температуры;

– высокого давления;
– наличия литологического субстрата.

Газовые гидраты – важное вещество приповерхностной гидросферы и атмосферы. В отличие от большинства минеральных соединений, это вещество крайне чувствительно к изменениям внешних параметров среды. Небольшие изменения температуры или давления могут привести к превращению прочно сцементированных гидратосодержащих пород в разжиженную массу и к освобождению огромного количества газа, делающего этот процесс газовых выбросов необратимым. Инициаторами этих процессов могут быть любые изменения в донных осадках, ведущие к снижению давления, либо к повышению температуры [6].

Различают техногенные и природные гидраты. Природные гидраты могут формировать скопления или находиться в рассеянном состоянии. Они встречаются в местах, сочетающих высокое давление и низкие температуры, например, глубоководье (придонные области глубоких озер, океанов и морей) и зона вечной мерзлоты (арктический регион). Глубина залегания газовых гидратов на морском дне 500–1500 м, а в арктической зоне – 200–1000 м [7].

Техногенные газогидраты могут образовываться в системах добычи конвенционального природного газа (в призабойной зоне, в стволах скважин, в шлейфах и внутрипромысловых коллекторах, в системах промысловой и заводской подготовки газа, а также в магистральных газотранспортных системах). В технологических процессах добычи газа гидраты выступают как нежелательное явление, в связи с этим разработаны и совершенствуются методы предупреждения и ликвидации гидратов. В то же время техногенные газогидраты могут быть использованы для хранения больших объемов газа с газохранилищах, в технологиях очистки и разделения газов, методом разделения газового потока на составляющие его газовые компоненты, а также может быть использовано в химической, нефтегазоперерабатывающей, металлургической промышленности и в других отраслях народного хозяйства для опреснения морской воды. Газогидратный метод основан на способности углеродных газов при определенных давлении и температуре, создавать с участием воды, соединения клатратного типа. Замороженную соленую воду обрабатывают гидратобразующим газом, после этого формируются кристаллы. После отделения их от рассола, кристаллы промывают и плавят, получая чистую пресную воду. Также газогидраты могут использовать в аккумулировании энергии для целей охлаждения и кондиционирования в холодильных установках пищевой и автомобильной промышленности.

Технологии бурения скважин при добыче газовых гидратов

За последние десятилетия по всему миру были проведены исследования, связанные с изучением и добычей газогидратов. По результатам этих исследований было выяснено, что газовые гидраты могут образовываться при любых параметрах пласта, при наличии любых как и перекрывающих, так и подстилающих отложений и при любых физических свойствах слоев осадочных пород (например, форма газогидрата, его толщина, пористость отложений, проницаемость, тепловые свойства, давление, температурные режимы). Разбуривание газогидратного пласта включает в себя различные возможные технические и экологические проблемы. Например, при эксплуатации нескольких разведочных скважин в Арктике происходили небольшие выбросы газа, а также имелись некоторые проблемы устойчивости ствола скважины, в том числе и разрушение стенок ствола скважины. Эти проблемы были связаны в основном с принятыми режимами бурения в 1970-х и 1980-х годах, которые повлияли на существенные термические и/или механические нарушения газогидратных слоев. Это может привести к утечке свободного газа и значительному снижению прочности осадка (рис. 1). Поэтому, для преодоления этих проблем были внесены следующие изменения в оборудование и технологию бурения:

- охлаждение бурового раствора с целью уменьшения температуры в структуре пласта при бурении;
- слежение за массой бурового раствора для достижения достаточного забойного давления для стабилизации газовых гидратов в тех местах, где давление низкое. При таком давлении может произойти разрушение пород;
- введение химических добавок (во избежание возникновения диссоциации, вызывающейся такими ингибиторами как соли и спирты) в буровой раствор для поддержания стабильности гидратов в структуре и предотвращения диссоциации газового гидрата в буровом шламе;
- контроль скорости бурения, при этом предоставляя достаточно времени, чтобы убрать газовый гидрат или свободный газ, содержащиеся в циркулирующем буровом растворе;
- использование цементных растворов с низкой теплотой гидратации для обсадных колонн с целью создания хорошего сцепления между колонной и окружающей формацией, тем самым минимизируя нагрев и диссоциацию газового гидрата [2].

На рисунке 1 изображены возможные варианты бурения и эксплуатационные проблемы, связанные с бурением и добычей газовых гидратов, возникшие в ходе бурения в Арктике. Выброс газа (слева): свободный газ с избыточным давлением сталкивается со слоем газового гидрата (снизу). Утечка газа (по центру): возможные нарушения газового гидрата в результате бурения, из-за которого газовые гидраты могут разложиться и тем самым свободный газ может мигрировать за пределы корпуса бурильного молотка. Межколонное нарушение (справа): возможное нарушение газового гидрата, вызванное добычей углеводородов с более высокой температурой (с глубины).

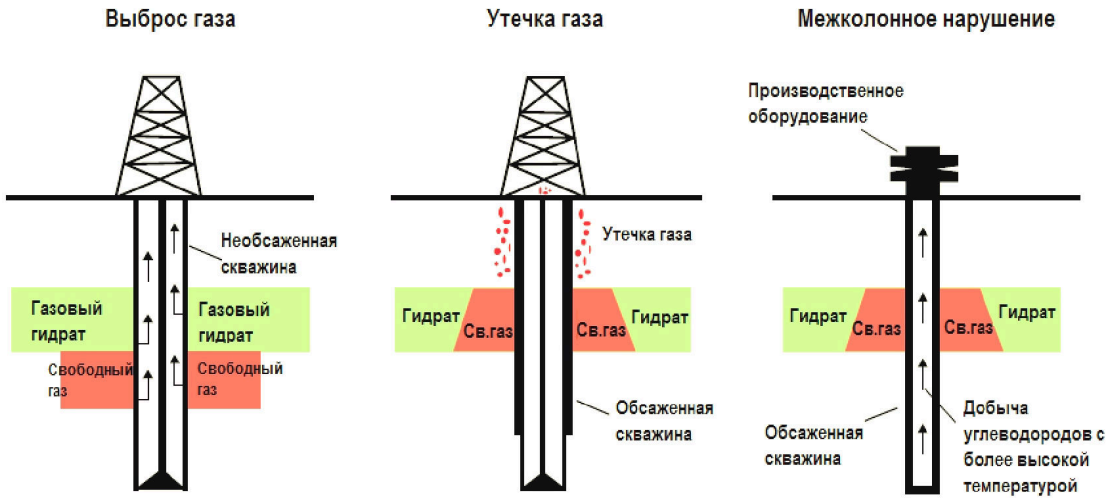

Рисунок 1 – Возможные варианты бурения и эксплуатационные проблемы [2]

Как и в случае с обычными месторождениями углеводородов, так и с газовыми гидратами, применяемые методы и технологии бурения зависят от локальной геологии и окружающей среды района исследования.

Конструкция скважины может быть горизонтальной, многозабойной и с большими углами. Морское бурение может осуществляться с плавучей буровой платформы или с буровых судов. На глубинах от 500 м до 2 000 м используются несколько видов буровых платформ (рис. 2). Осложнения в процессе бурения и связанные с ними экологические риски похожи на те, которые возникают при бурении глубоких традиционных скважин на нефть и газ. В таких случаях должны быть оценены риски, связанные с приповерхностными грунтовыми водами, избыточным давлением, свободным газом [2].

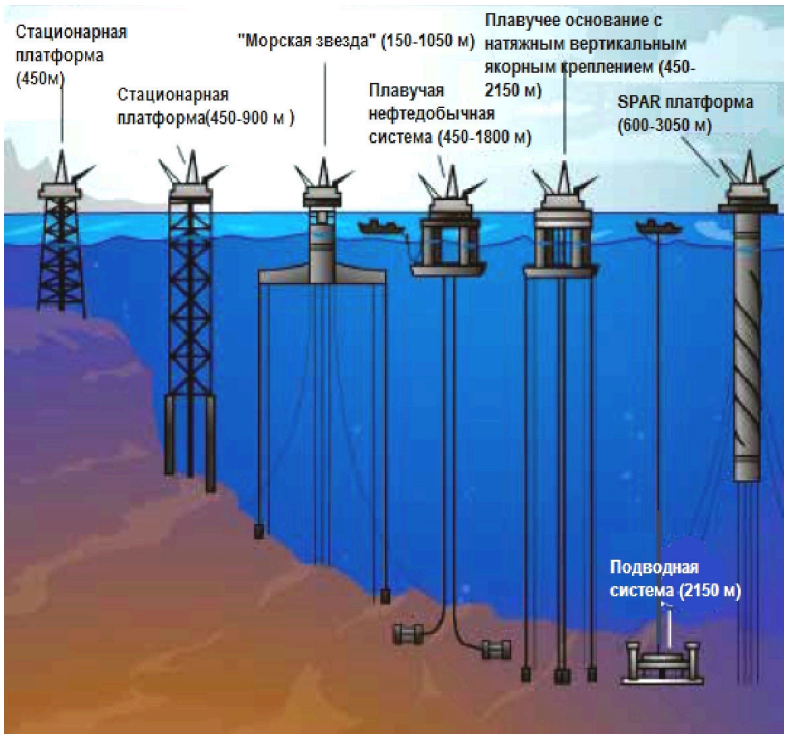

Рисунок 2 – Морские буровые платформы [2]

В настоящее время такие конструкции (рис. 2) используется в различных глубоководных условиях. Плавучее основание с натяжным вертикальным якорным креплением укрепляется на дне, в то время как другие системы являются полностью плавучими сооружениями.

В прибрежных районах, где продуктивный горизонт газогидрата находится под толщей многолетней мерзлоты, технологии бурения скорее всего похожи на технологии, применяемые на Северном склоне Аляски. Обычная конструкция скважины включает неглубокий кондуктор (первая колонна обсадных труб) и промежуточную колонну обсадных труб, которые охватывают весь интервал мерзлоты [2].

Методы добычи газогидратов

Существующие методы опираются на диссоциацию (разделение), при которой газогидраты распадаются на газ и воду. Три основных метода разработки залежей газогидратов включают разгерметизацию (снижение давления), нагревание и ввод ингибитора. Привлекается технология закачки в пласт углекислого газа. Электромагнитные и акустические методы в настоящее время пока мало изучены.

Разгерметизация – наиболее перспективная сегодня технология разработки газогидратных месторождений (рис. 3, 1). Ее суть состоит в искусственном понижении давления в пласте вокруг скважины, которое достигается за счет понижения давления в буровой скважине или за счет сокращения давления на газогидраты воды или свободного газа после их частичной откачки. Когда давление в слое газа ниже, чем фазовое равновесие газогидрата, газогидрат начинает распадаться на газ и воду, поглощая при этом тепловую энергию окружающей среды [4].

Технология наиболее эффективна при расположении газогидрата вблизи пласта свободного газа. При снижении объема свободного газа происходит постоянное изменение равновесия между гидратом и газом, в результате чего газогидрат продолжает выделять газ, который наполняет нижележащую полость. Разгерметизация применяется для разработки газогидратов, залегающих в породах высокой проницаемости на глубине более 700 м.

Преимущества этого метода: сравнительно невысокие затраты; простота процесса извлечения газа; возможность относительно быстрой добычи больших объемов.

Недостатки: при низких температурах высвобождающаяся в ходе разгерметизации вода может замерзнуть и закупорить оборудование.

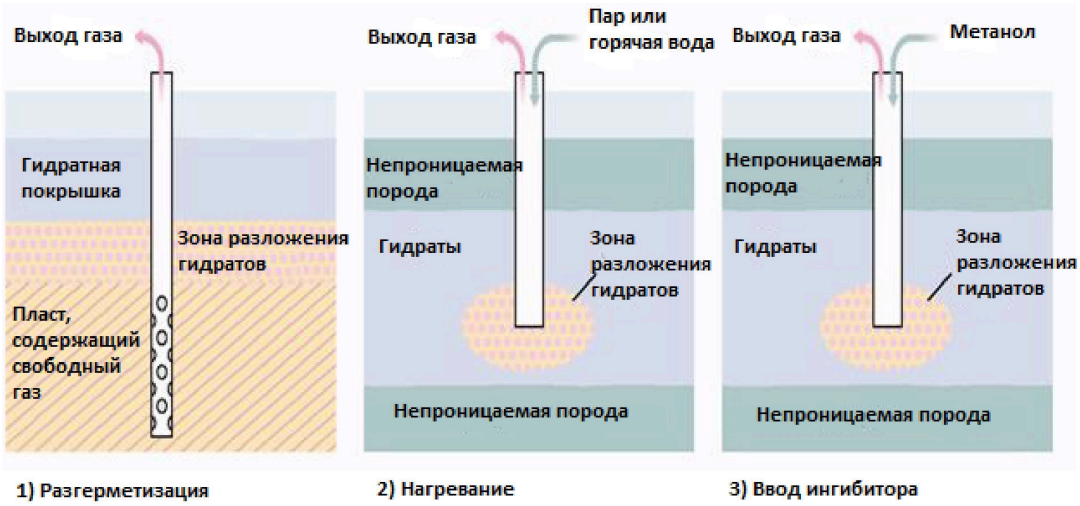

Рисунок 3 – Основные методы добычи метана из газогидратов [4]

Технология нагревания (рис. 3, 2) разделяется на следующие виды:

1. Нагревание с помощью впрыскивания теплоносителя. Наиболее часто используемый теплоноситель – вода. Эффективность технологии повышается при подведении нагретой воды в замкнутом цикле по специальным трубам. При этом открытое впрыскивание воды или пара эффективно лишь в пластах газогидрата толщиной от 15 м. Иначе, потери тепла при открытом впрыскивании теплоносителя оказываются чрезмерно большими.

2. Метод циркуляции горячей воды. Применен при 5-дневной пробной добыче газа на канадском месторождении Маллик в 2002 году. В ходе эксперимента в скважину глубиной 1100 м закачивалась вода температурой 80 °С. При достижении водой нижней точки скважины температура воды составляла 50 °С. В результате применения технологии было добыто 470 м^3 метана.

3. Метод разложения газовых гидратов с использованием пара или другого нагретого газа или жидкости. Метод основан на использовании устройства, помещаемого рядом с газовым гидратом или внутри его, позволяющего нагревать газовый гидрат газом или жидкостью (предпочтительно паром). Газогидрат может быть подвергнут нагреву непосредственно газом или жидкостью или косвенно через теплопроводящую катушку или канал.

4. Прямое нагревание с использованием электричества.Метод применяется при добыче тяжелой нефти. При разработке газогидратов электроды вводятся в верхнюю и нижнюю части пласта и через пласт пропускается переменный ток. Также применяется микроволновое нагревание пласта с помощью подведения к нему микроволнового излучателя, который может перемещаться вдоль всей глубины пласта.

Преимущества: простота и отсутствие сложной техники.

Недостатки: высокие затраты энергии на нагревание и подведение теплоносителя к пласту; невозможность добычи из пластов глубокого залегания; относительно медленное и ограниченное по объемам разделение гидрата метана на газ и воду; необходимость постоянного увеличения объемов подводимой тепловой энергии (так как при разложении газогидрата на газ и воду происходит постоянное ее поглощение); требование повышенных мер контроля при добыче газа из пластов в зоне вечной мерзлоты (для минимизации таяния вечной мерзлоты за пределами разрабатываемых участков во избежание экологических последствий) [4].

Введение ингибитора (рис. 3, 3) рассматривается как способ нарушения фазового равновесия газогидрата и понижения его температуры. В качестве ингибиторов могут выступать органические растворы (например: этанол, метанол, гликоль) или соляные растворы (морская вода). Лабораторные опыты показали, что распад газогидрата зависит от концентрации, объемов, температуры и площади проникновения ингибитора. При этом доказано, что объем распадающегося газогидрата является функцией от объема вводимого ингибитора.

Существует несколько видов данной технологии:

1. Подача горячих пересыщенных растворов хлорида или бромида кальция или их смеси под давлением вниз по скважине. При этом вода газового гидрата абсорбируется солями с выделением тепла.

2. Подача в зону залегания газовых гидратов относительно теплой морской воды или воды, взятой с уровня выше уровня залегания газовых гидратов. Подача осуществляется через аппарат, обеспечивающий контакт с газовым гидратом, что приводит к разложению гидрата. Затем жидкость переносится в другую часть аппарата, неся захваченные пары углеводородов в виде пузырей, которые могут быть легко отделены от жидкости. После короткой процедуры запуска процесс и аппаратура работают в самоподдерживающем режиме.

Стадии:

1) экзотермическая химическая реакция жидкой кислоты и жидкой щелочи, в результате которой образуется горячий солевой раствор;

2) контакт газового гидрата с горячим солевым раствором и разложение по крайней мере части газового гидрата;

3) подъем водно-газовой смеси из скважины;

4) отделение природного газа от солевого раствора.

Преимущества: возможность контроля над объемами добычи газа за счет объемов введения ингибитора; предотвращение замерзания воды, образования гидратов и закупорки оборудования скважины.

Недостатки: высокая стоимость; медленное протекание химической реакции ингибитора с газогидратом; экологическая опасность, которую представляют собой ингибиторы [4].

Также к способам добычи газа из газогидратов можно отнести способ добычи природного газа в открытом море, выходящего из газовыделяющих донных участков в виде фонтанов (факелов). Способ добычи природного газа включает сбор газа с помощью куполообразного газосборника, установленного на поверхности дна, передачу газа из него в газгольдер, снабженный средствами выгрузки, компактирование объема газа, подачу на судно-сборщик сигнала при заданном дополнении газгольдера и отгрузку его содержимого на судно-сборщик. При работе во льдах судно-сборщик должно иметь соответствующий ледовый класс, обеспечивающий его безопасную работу либо должно сопровождаться ледоколом. При этом для всплытия куполообразного газосборника необходимо предварительно формировать полынью соответствующих размеров. В остальном, работа в ледовых условиях не отличается от ранее описанных. Недостаток этого решения – невысокая экономическая эффективность устройства при отработке газогидратных залежей как источников газовых фонтанов, особенно при распределении газовых фонтанов на ограниченных по площади участках при условиях переменного дебита газа. Оценивая эффективность процесса добычи, можно отметить его неэффективность на больших глубинах (превышающих 600–800 м) [5].

Выводы

Таким образом, в работе были рассмотрены основные используемые методы добычи газовых гидратов. На основе этого можно сделать несколько выводов:

1. Разработка залежей газовых гидратов на сегодняшний день является актуальной проблемой, так как в них содержится колоссальное количество метана.

2. В настоящее время проводят добычу газогидратов в России (Улан-Юряхинская антиклиналь, п-ов Чукотка, озеро Байкал, месторождение Мессояхское), Канаде (месторождение Маллик) и др.

3. Есть три основных методы добычи газа из газовых гидратов: разгерметизация (снижение давления), нагревание, ввод ингибитора.

4. Наиболее перспективная разработка – разгерметизация преимущественно из-за невысоких затрат, простоты извлечения газа, быстрой добычи больших объемов газа.

5. Остальные два метода (нагрев, ввод ингибитора) являются более затратными, но также широко применяются.

Литература:

1. Beaudoin Y.C., Dallimore S.R. and Boswell R. (eds), 2014. Frozen Heat: A UNEP Global Outlook on Methane Gas Hydrates. – Vol. 1, United Nations Environment Programme, 2014. – P. 80.
2. Beaudoin Y.C., Dallimore S.R. and Boswell R. (eds), 2014. Frozen Heat: A UNEP Global Outlook on Methane Gas Hydrates. – Vol. 2, United Nations Environment Programme, 2014. – P. 96.
3. Воробьев А.Е, Малюков В.П. Газовые гидраты. Технологии воздействия на нетрадиционные углеводороды. – М. : РУДН, 2009. – С. 289.
4. Газогидраты: технологии добычи и перспективы разработки [Электронный ресурс]. – URL : http://ac.gov.ru/files/publication/a/1437.pdf (дата обращения: 20.02.2017).
5. Жуков А.В., Звонарев М.И., Жукова Ю.А. Способ добычи газа из глубоководных месторождений газогидратов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – Вып. № 10-1.
6. Исаев В.П., Коновалова Н.Г., Михеев П.В. Газовые кристаллогидраты озера Байкал / Материалы IV региональной научно-практической конференции «Интеллектуальные и материальные ресурсы Сибири», серия «Естественные науки». – Иркутск, 2001. – С. 213–223.
7. http://www.gazprominfo.ru/terms/gas-hydrates/ (дата обращения: 19.02.2017).

References:

1. Beaudoin Y.C., Dallimore S.R. and Boswell R. (eds), 2014. Frozen Heat: A UNEP Global Outlook on Methane Gas Hydrates. – Vol. 1, United Nations Environment Programme, 2014. – P. 80.
2. Beaudoin Y.C., Dallimore S.R. and Boswell R. (eds), 2014. Frozen Heat: A UNEP Global Outlook on Methane Gas Hydrates. – Vol. 2, United Nations Environment Programme, 2014. – P. 96.
3. Vorobyev A.E., Malyukov V.P. Gas hydrates. The impact of technology on unconventional hydrocarbons. – M. : RUDN, 2009. – P. 289.
4. Gas hydrates: technologies of production and prospects of development [Electronic resource]. – URL : http://ac.gov.ru/files/publication/a/1437.pdf (date accessed: 20.02.2017).
5. Zhukov A.V., Zvonarev M.I., Zhukova Y.A. Method of extracting gas from deep-sea deposits of gas hydrates. International journal of applied and fundamental research. – 2013. – № 10-1.
6. Isaev V.P., Konovalova N.G., Mikheev P.V. Gas hydrates of lake Baikal / Proceedings of the IV regional scientific and practical conference «Intellectual and material resources of Siberia», series «Natural Sciences». – Irkutsk, 2001. – P. 213–223.
7. http://www.gazprominfo.ru/terms/gas-hydrates/ (accessed: 19.02.2017).