

## ГАЗОВЫЕ ГИДРАТЫ АРКТИЧЕСКИХ АКВАТОРИЙ: ФАКТОР РИСКА ИЛИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ПОЛЕЗНОЕ ИСКОПАЕМОЕ?

Российская Федерация обладает значительным объемом углеводородного сырья, однако структура и качество ресурсов постепенно ухудшаются. На сегодняшний день более 75 % месторождений нефти и газа уже вовлечены в промышленное освоение, при этом их средняя выработанность приближается к 50 %. Поскольку в ближайшие десятилетия углеводороды будут являться доминирующими энергоносителями, существует объективная необходимость интенсификации геологического изучения и последующего вовлечения в освоение новых крупных нефтегазоносных провинций, а также разработки нетрадиционных источников углеводородов. Одним из таких источников являются гидраты природного газа.

Газовые гидраты – соединения газа и воды, образующиеся в условиях относительно больших давлений и низких (но не обязательно отрицательных) температур. Газовые гидраты фактически являются одной из форм существования природного газа в недрах (наряду со свободным, водорастворенным и сорбированным). Механизм образования гидрата газа в общих чертах можно описать так: молекула газа-гидратообразователя, так называемая «гостевая» молекула, внедряется в структурные пустоты обычной кристаллической решетки воды, характерной для льда. В зависимости от условий образования, окружающей обстановки и состава газа-гидратообразователя, гидраты могут отличаться по внешнему облику, но в целом они представляют собой льдообразные включения, выраженные кристаллы различных форм либо массу, напоминающую спрессованный снег (рис. 1). Гидраты газа относятся к нестехиометрическим соединениям, то есть к соединениям переменного состава. Компонентами газовой составляющей могут быть большинство природных газов, а самым распространенным является метан. Гидраты характеризуются очень высоким газосодержанием. В частности, единица объема гидрата метана может содержать до 164 объемов газа. Образуются они в пределах термобарической зоны стабильности гидратов (ЗСГ) и являются метастабильными соединениями, находящимися в неустойчивом равновесии.

При изменении температуры или давления они очень быстро разлагаются на газ и воду, выделяя при этом значительные количества газа в окружающую среду. Газ в гидратах находится в связанном с водой твердом состоянии и требует нетрадиционных способов их разработки.

В природных условиях газовые гидраты распространены на суше в области вечной мерзлоты, на арктическом шельфе в областях распространения подводной реликтовой мерзлой зоны и в глубоководных областях Мирового океана.

В отношении газовых гидратов Северный Ледовитый океан (СЛО) занимает особое место в ряду океанов Земли – только в пределах арктических акваторий существование благоприятных для их образования условий связано с многолетней мерзлотой. В глубоководных частях арктических акваторий образование скоплений газовых гидратов возможно также и вне мерзлой зоны.

Приоритет в постановке и разработке проблемы геологии субмаринных газовых гидратов в нашей стране в значительной мере принадлежит специалистам ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С.Грамберга». Исследования в этом направлении проводятся с начала 1980-х гг. Их цель – определить значение природных газовых гидратов как потенциального полезного ископаемого, то есть выяснить, где именно и насколько широко они распространены, как происходит их образование, что представляют собой скопления газовых гидратов, сколько газа может быть сосредоточено в отдельных скоплениях и в газовых гидратах Мирового океана в целом, какова возможная энергетическая рентабельность добычи гидратного газа. За более чем двадцатилетний период существования лаборатории по изучению природного газогидратообразования накоплен огромный опыт по исследованию, прогнозированию и оценкам ресурсного потенциала газовых гидратов. Выработана уникальная методика поиска и опробования отдельных гидратных скоплений. При нашем участии были открыты и/или изучены скопления газовых гидратов в 10 районах Мирового океана и на озере Байкал, изучены процессы гидратообразования в недрах СЛО. Результаты наших экспедиционных исследований и обработки материалов

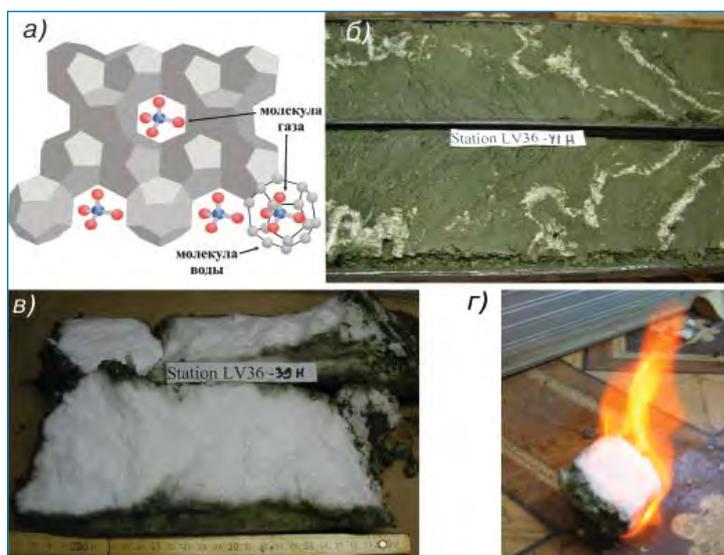


Рис. 1. Схематическое изображение структуры газового гидрата (а): молекулы воды создают кристаллическую решетку (характерную для кристаллов льда), состоящую из комбинации 12 правильных пятиугольников, в полости которой заключены молекулы газа (метана); б, в, г – газовые гидраты из отложений Охотского моря

# ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЕЙ

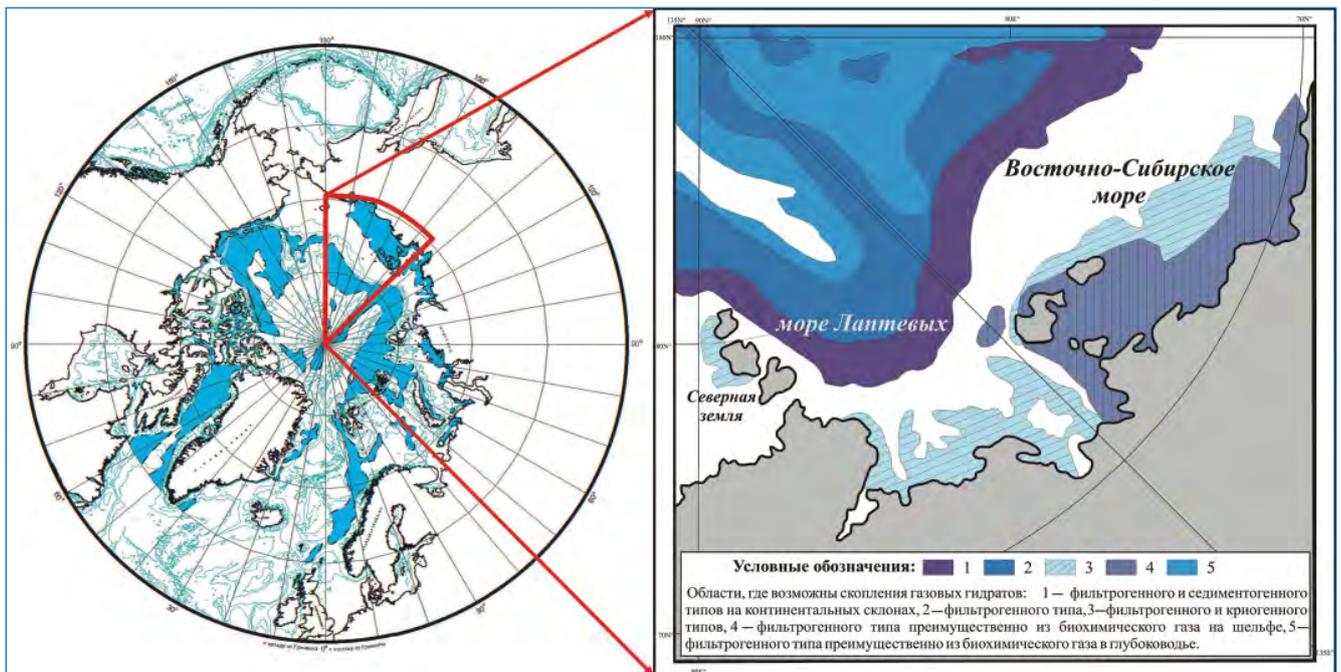


Рис. 2. Прогнозная карта условий газогидратоносности акватории СЛО (поля голубого цвета). На врезке области распространения газов гидратов различного генезиса в морях Восточной Арктики

глубоководного бурения, выполненного по программе ODP (Ocean Drilling Program), наряду с анализом всей совокупности мировых данных наблюдений, существенно изменили первоначальный взгляд на природные газовые гидраты.

Практическая значимость природных газовых гидратов обусловлена тем, что они рассматриваются в качестве: (1) потенциального источника углеводородного сырья; (2) источника парникового газа, вызывающего глобальные климатические изменения; (3) компонента геосреды, осложняющего хозяйственную деятельность при освоении морских природных ресурсов.

*Ресурсный аспект.* Оценки, сделанные на основе анализа данных наблюдений, свидетельствуют: количество метана в скоплениях газовых гидратов Мирового океана составляет величину не менее  $2 \cdot 10^{14} \text{ м}^3$  и не более  $1 \cdot 10^{15} \text{ м}^3$  и по меньшей мере удваивает геологические ресурсы природного газа на Земле. Наиболее крупные скопления субмаринных газовых гидратов могут содержать до десятков миллиардов кубических метров газа. Однако следует отметить, что на данный момент справедливым остается заключение о том, что сведений о визуальных (прямых) наблюдениях природных газовых гидратов в Российской Арктике нет. Тем не менее широкое рас-



Рис. 3. Риски, связанные с образованием/разложением гидратов газа в недрах

пространение потенциальных областей развития газовых гидратов позволяет считать арктические моря перспективным районом для их поисков (рис. 2). По нашим оценкам, площадь распространения ЗСГ, совпадающая с площадью распространения потенциально гидратоносных акваторий СЛО (включая шельф, континентальный склон и глубоководные желоба), занимает около 4 млн км<sup>2</sup>, а количество метана в гидратах арктических акваторий можно оценить величиной порядка 20 трлн м<sup>3</sup>. При этом площадь потенциально газогидратоносных акваторий шельфовых морей РФ (Печерское, Баренцево, Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское) составляет около 1 млн км<sup>2</sup> с потенциальными ресурсами газа в форме гидратов, составляющими 2,36 трлн м<sup>3</sup>. Решение вопросов о ресурсной значимости природных газовых гидратов и перспективах их освоения является одной из наиболее актуальных проблем геологии Мирового океана, поскольку в будущем субмаринные газовые гидраты могут оказаться важнейшим источником энергии на Земле.

*Риски, вызванные наличием/образованием/разложением газовых гидратов при освоении месторождений «нормальных» углеводородов.* Везде, где природный газ и вода находятся в условиях стабильности гидратов, у нефтяных и газовых компаний есть повод для беспокойства (рис. 3). Разложение гидратов может привести к нарушению устойчивости отложений на континентальных склонах. Подводные оползни, обусловленные наличием гидратов, также могут повлиять на устойчивость морских платформ и трубопроводов. Наличие газовых гидратов в породах и отложениях при их разложении на газ и воду в ходе бурения или других видов геолого-разведочных и инженерно-геологических работ может способствовать нарушению устойчивости бурового оборудования и даже инициировать значительные выбросы газа, то есть создавать весьма серьезные риски при разбуривании гидратоносных пород. Таким образом, любая из технологий разработки месторождений «нормальных» углеводородов может быть осложнена наличием в разбуриваемых отложениях газовых гидратов. Нефтегазовые компании, ведущие разведку и разработку месторождений в глубоких водах и областях развития подводной мерзлоты, должны быть заинтересованы в развитии методов выявления неустойчивых участков морского дна.

*Проблемы и пути их решения.* В РФ единой программы исследований по проблеме природных газовых гидратов, в том числе и в ее ресурсном аспекте, нет. Работы проводятся только по отдельным направлениям усилиями нескольких групп из организаций различной ведомственной подчиненности и, как правило, в инициативном порядке. В то же время приоритет нашей страны в постановке данной проблемы неоспорим. В 1969 г. в СССР было зарегистрировано открытие «Свойство природных газов находиться в земной коре в твердом состоянии и образовывать газогидратные залежи» (авторы В.Г.Васильев, Ю.Ф.Макогон, Ф.А.Требин, А.А.Трофимук, Н.В.Черский), а в 1972 г. природные газовые гидраты впервые в мире были обнаружены советскими учеными А.Г.Ефремовой и Б.П.Жижченко

в поддонных отложениях Черного моря. Эти события определили в последующие годы интенсификацию изучения газовых гидратов как в нашей стране, так и за рубежом. Этот период пришелся на 80–90-е годы прошлого века, когда закладывались фундаментальные основы геологии и термодинамики газовых гидратов и зарождалась советская и российская газогидратная школа, одна из передовых в мире на тот момент. Проводились специальные научно-исследовательские и геолого-разведочные работы, собирались и систематизировались доступные мировые данные по находкам газовых гидратов. Вклад отечественных ученых в изучение газовых гидратов был настолько значителен, что позволил нашей стране занять одно из лидирующих мест в мировом научном сообществе в данной области. Полученный опыт и достижения отечественной газогидратной школы могли бы позволить России, как одной из ведущих энергетических держав, и сейчас занимать значительную нишу в этой области. Однако без государственной централизованной поддержки это не представляется возможным.

Необходимость разработки единой программы комплексного изучения гидратов углеводородных газов в Российской Федерации обусловлена рядом причин. Во-первых, к настоящему времени даже общие параметры гидратных скоплений (форма, размеры, распределение гидратосодержаний по площади и разрезу, общее содержание газа в гидратах и т.д.) в пределах исключительной экономической зоны Российской Федерации пока еще не определены с удовлетворительной степенью достоверности.

Во-вторых, в России нет ни одного примера реальной добычи газа из природных гидратов. Все предлагаемые методы извлечения газа из природных газовых гидратов основаны на трех подходах: повышение и удержание температуры, снижение пластового давления и воздействие реагентами (так называемыми ингибиторами), способными влиять на химическую активность воды и газа, что приводит к разложению газовых гидратов. Имеющиеся теоретические наработки до сих пор не апробированы, тогда как попытки применить некоторые из этих методов в Канаде и Японии уже увенчались успехом.

В-третьих, нахождение гидратных скоплений в пределах арктических шельфов, характеризующихся высоким углеводородным потенциалом, подразумевает существование рисков при прохождении буровых скважин через газогидратосодержащие отложения, требующих обоснованной научной и экономической оценки.

Для дальнейшего изучения газовых гидратов Арктики необходимы организация специализированных экспедиционных работ, включающих геофизические, геологические и геотермические методы исследования с целью документального обоснования теоретических расчетов, а также разработка методики и оборудования для извлечения из недр запасов газа, находящегося в гидратной форме.

*Т.В.Матвеева, Е.А.Логвина  
(ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С.Грамберга»,  
Санкт-Петербург)*