

## О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ ПОДВОДНОГО НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ДЛИТЕЛЬНО ЗАМЕРЗАЮЩИХ ГЛУБОКОВОДНЫХ АРКТИЧЕСКИХ АКВАТОРИЯХ

Ч. С. Гусейнов<sup>1,2</sup>, Д. Л. Кульпин<sup>2</sup>, Г. Х. Ефимова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина, Москва, Российская Федерация*

<sup>2</sup> *Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Российская Федерация*

Освоение морских нефтегазовых месторождений во всём мире сопровождалось созданием не только стационарных и полупогружных платформ и буровых судов, но и большого по функциональному назначению ряда вспомогательных судов, без наличия которых было бы невозможно добывать углеводороды из-под морского дна. В России за годы освоения морских месторождений нефти и газа также был сформирован так называемый нефтегазопромысловый флот, часть которого закупалась за рубежом. В предстоящие годы перед нашей страной стоят не менее важные задачи освоения арктических месторождений, значительная часть которых располагается на длительно замерзающих глубоководных морях. Их освоение станет возможным только при наличии такого же вспомогательного флота, но в подводном исполнении, поскольку придётся создать подводные буровые суда и подводные нефтегазодобывающие сооружения/суда. Представлены разновидности судов современного нефтегазопромыслового флота в зависимости от района плавания, глубин использования и специфики выполняемых работ. Отмечено, что в настоящее время в мировой практике не существует примеров использования апробированных технологий бурения и добычи в тяжёлых ледовых условиях, когда толщина льда превышает 2–3 м, ни одна современная ледостойкая стационарная платформа на глубине более 80–100 м не выдерживает нагрузки. Вспомогательный подводный флот позволит не только обслуживать подводные буровые платформы, но и надёжно обеспечит их длительную полноценную деятельность. Для освоения нефтегазовых месторождений на длительно замерзающих арктических глубоководных морях необходимо создать полноценный подводный нефтегазопромысловый флот.

**Ключевые слова:** нефтегазопромысловый флот, глубоководные замерзающие акватории, ледовые воздействия, нефтегазодобывающие и буровые установки, углеводородные ресурсы.

**Для цитирования:** Гусейнов Ч. С., Кульпин Д. Л., Ефимова Г. Х. О необходимости создания подводного нефтегазопромыслового флота для освоения нефтегазовых месторождений на длительно замерзающих глубоководных арктических акваториях // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 3. С. 34–40. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-3-34-40.

### Введение

Открытия нефтегазовых месторождений (НГМ) на шельфовых акваториях в середине и во второй половине XX в. повлекли за собой создание уникальных судов, которые мы именуем сейчас нефтегазопромысловым флотом (НГПФ). Под термином «нефтегазопромысловый флот» понимается совокупность судов, обеспечивающих выполнение основных, вспомогательных и обслуживающих производственных процессы функций при освоении морских ресурсов нефти и газа, то есть поиск, изыскания, разведку, строительство в море стационарных сооружений различной конфигурации для бурения, добычи, хранения и транспорта продукции морских НГМ. Без создания НГПФ совершенно были бы немыслимы гигантские масштабы освоения морских НГМ. В целом, весь производственный процесс морской нефтегазодобычи, продолжающийся десятилетиями, принято делить на следующие технологические этапы (циклы, включая и операции):

– геофизические работы (наряду с изучением гидрометеорологических условий) по поиску благоприятных структур для скопления различных фракций углеводородов;

- бурение поисковых и разведочных скважин;
- обустройство морских месторождений, включая инженерно-геологические изыскания и строительство необходимых сооружений (различного типа платформ, подводных трубопроводов и хранилищ, а также стационарных систем налива и т. д.);
- бурение эксплуатационных и нагнетательных скважин;
- эксплуатация нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений;
- демонтаж морских промысловых сооружений.

### **Материалы и результаты исследования**

Вышеуказанные операции/циклы в разные годы имеют различную длительность, в соответствии с ними проектируются и создаются вышеназванные объекты. При этом в первую очередь в 50-е гг. часть судов, необходимых для строительства платформ и прокладки трубопроводов, заимствовалась из наличия обычных судов, которые реконструировались и приспособлялись для конкретных технологических операций. А определённую часть судов закупали за рубежом, поскольку советский Минсудпром был вторым Миноборонпромом, в котором лишь в конце 60-х гг. был организован так называемый 16-й главк, целиком ориентированный на обеспечение нужд морской нефтегазодобычи; также в Севастополе было создано Центральное конструкторское бюро «Коралл», которое до сих пор весьма успешно работает на нужды морских нефтяников и газовиков. В результате именно их труда в стране появились первые крановые суда, полупогружные и самоподъёмные буровые установки.

Современный НППФ довольно условно можно подразделить на крупные функциональные группы, которые, в свою очередь, также в зависимости от района плавания, глубин использования и специфики выполняемых работ разбиваются на определённые разновидности судов:

- суда научно-исследовательские, предназначенные для поиска перспективных геологических структур и исследования донных грунтов (геофизические и инженерно-геологические суда);
- суда буровые (плавучие погружного типа буровые установки, самоподъёмные буровые установки, полупогружные буровые установки и буровые суда; при этом все суда несамостоятельные, кроме последней разновидности);
- суда строительно-монтажные (с различной грузоподъёмностью крана);
- суда обеспечения (для доставки различного рода грузов, в том числе сыпучих и жидких);
- суда аварийно-спасательные (в том числе и для ликвидации разливов);
- суда поддержки водолазных и подводно-технических работ;
- суда служебно-вспомогательные (наиболее разнообразные по выполняемым функциям).

В конкретных случаях довольно часто имеет место универсализация технологических функций путём совмещения ряда смежных между собой операций; такое совмещение позволяет более эффективно использовать эти суда, снижая их простой.

Процесс освоения углеводородных ресурсов континентального шельфа был бы абсолютно невозможным при отсутствии специализированных исследовательских судов. Их наличие обеспечивает выполнение:

- комплекса геофизических исследований для выявления структур, в которых возможно наличие углеводородов;
- гидрометеорологических и инженерно-геологических исследований в зоне расположения потенциальных залежей;
- разведочного бурения с целью выявления наличия углеводородов и их промышленных запасов;
- создания морских нефтегазопромысловых гидротехнических сооружений и подводных скважин, также для прокладки подводных трубопроводов.

Более подробное описание выполняемых функций перечисленных групп и разновидностей судов в каждой из групп, а также их потребность на определённом бассейне представлены в гл. 15 монографии [1].

Следует также отметить, что бурный рост морской нефтегазодобычи во всём мире был бы немыслим без такого многообразия специализированного флота; кроме того, нельзя не отметить, что почти вся морская добыча углеводородов до недавнего времени была сосредоточена на незамерзающих водах Мирового океана.

В конце XX в. наступило время освоения и в замерзающих акваториях, прежде всего арктических и дальневосточных. И уже сейчас Арктика постепенно становится для России крупнейшим источником углеводородов. Как известно из многих официальных источников, только в российской части Арктики содержится около 25 % мировых запасов газа и 7–8 % мировых запасов нефти. В настоящее время открыты месторождения в акваториях Баренцева и Карского моря, и нас ещё ждут большие открытия как на этих, так и на других морях Северного Ледовитого океана (СЛО), включая и всё необъятное арктическое побережье. Характерным отличием этих морей, даже несмотря на тенденции к потеплению на нашей планете, является длительный период существования мощных ледовых полей, существенно осложняющих освоение НГМ. Толщина ледовых полей нередко превышает 2 м, что резко осложняет освоение уже открытых месторождений нефти и газа. И тот богатейший мировой опыт освоения месторождений на незамерзающих морях с учётом ветровых и волновых воздействий на сооружения в значительной мере становится почти неприемлемым, в особенности в акваториях с глубинами, превышающими 100 м, вследствие наличия мощных ледовых воздействий на стационарные морские платформы различного исполнения. Эти воздействия существенно ограничивают возможности возведения стационарных сооружений для добычи нефти и газа. За пределами указанных глубин более целесообразно «уходить» под уровень возможных ледовых воздействий. Длительные изучения существенно дрейфующих в морях ледовых полей доказали, что на глубинах СЛО от поверхности воды более 35 м (данные Арктического и Антарктического исследовательского института) не наблюдаются ледовые образования, способные воздействовать на сооружения (плавающие или погружные). В связи с этим наиболее целесообразно создать специализированные подводные суда путём их балластирования для длительного подводного пребывания.

С целью сохранить и успешно использовать в дальнейшем собственные ресурсы российской Арктики необходимо, прежде всего, создать технологии, которые позволят добывать углеводороды в арктических морях, покрытых сплошными и разбитыми дрейфующими ледовыми полями большую часть года, поскольку осуществлять бурение и добычу в морях, где глубина моря будет превышать 70–80 м, посредством существующих современных технических средств и технологий не представляется возможным. В ближайшие годы предстоит создать принципиально новые подводные технические средства и разработать новые технологии, которые позволят круглогодично проводить бурение разведочных и эксплуатационных скважин. При этом следует иметь в виду, что всё необходимое оборудование, на наш взгляд, должно разрабатываться в России и быть только российским, что позволит уберечь энергетический сектор от возможных санкций, которые в настоящее время активно вводятся рядом зарубежных стран по отношению к РФ. Существующие ограничения использования зарубежного оборудования для освоения замерзающих морей уже давно тормозят российское продвижение в освоении Арктики и далее будут мешать ему, что довольно сложно будет компенсировать в ближайшем будущем.

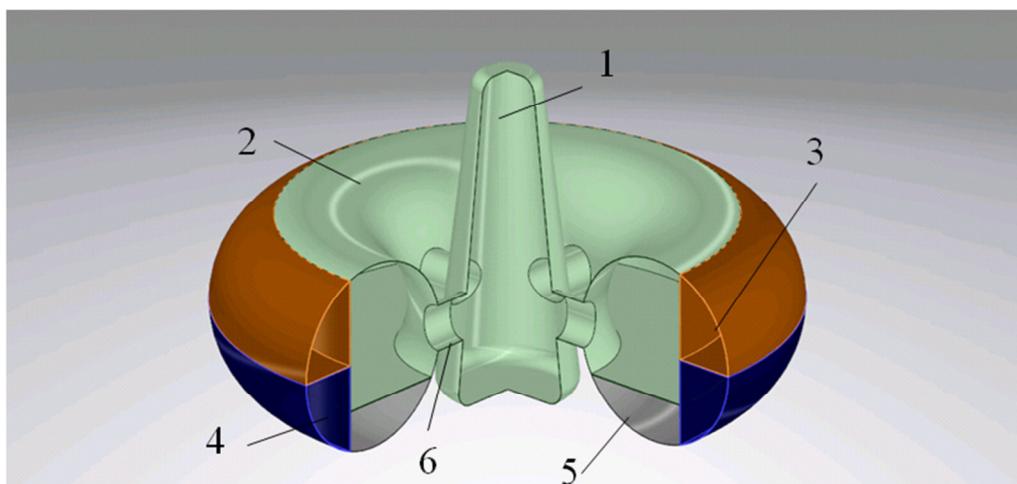
В настоящее время в мировой практике в действительности нет примеров использования уже апробированных технологий бурения и добычи в тяжёлых ледовых условиях, при которых толщина льда превышает 2 м, а местами достигает и до 3 м; в то же время период навигации в Арктике составляет в некоторых случаях менее 3-х месяцев, за которые возможно пробурить лишь одну скважину, что абсолютно неприемлемо для современных темпов освоения месторождений. И ни одна современная ледостойкая стационарная платформа на глубинах, превышающих 80–100 м, не выдержит такие колоссальные нагрузки, которым она может быть подвержена в сложных ледовых условиях.

В современных условиях уже открыт ряд месторождений, часть их весьма уникальна по запасам (Штокманское, Русановское, Харасавейское, Ленинградское), и лишь на одном – мелководном Приразломном нефтяном месторождении – уже ведётся эксплуатация. Кроме того, молодая компания «Новатэк» начала разработку газовых месторождений на полуострове Ямал, построив в кратчайшие сроки уникальный порт Сабетта и завод сжижения природного газа, откуда с 2017 г. начата отгрузка газа и конденсата.

Много лет назад наметился очередной интерес к замерзающим морям, изучается природа мощных ледовых воздействий на традиционные стационарные сооружения нефтегазового предназначения (установлено, что эти воздействия могут наносить сооружениям механические повреждения вплоть до их разрушения); и эти сооружения, усиленные противоледовым поясом,

в состоянии противодействовать ледовым нагрузкам максимум до глубины не более 80–100 м. В связи с этим обстоятельством на глубинах более 100 м следует создавать сооружения уже *подводного исполнения*; при этом до глубин примерно в 150 м – в *погружном исполнении*, то есть устанавливать непосредственно на донном грунте, а в случае превышения глубины на 200 м и более их следует создавать в *подводно-плавучем исполнении* с глубиной погружения сооружений *под уровень воды* не более чем на 100 м (чтобы не увеличивать толщину герметичной оболочки); а для того чтобы удерживать месторождения в плавучем состоянии после балластирования на заданной точке, следует использовать якорные цепи или канаты концами, закреплёнными в донный грунт; в случае же глубин, превышающих 300 м, подводно-плавучие сооружения должны удерживаться на зафиксированной точке с помощью использования так называемой системы динамического позиционирования [2].

Тороидальное исполнение (рис.) позволяет разместить в центре устьевой модуль, рассчитанный на размещение необходимого числа устьев скважин, ротора, вышечного оборудования и кабины с пультом управления для бурильщика.



Подводное плавучее нефтегазовое сооружение для бурения и добычи:

- 1 – устьевой модуль для размещения бурового комплекса и фонтанной арматуры;
- 2 – основной (тороидальный) корпус судна, в котором расположены все технологические и вспомогательные модули; 3 и 4 – секционированные отсеки корпуса (3 – для балласта, а также приготовления/хранения бурового раствора; 4 – для удержания судна в горизонтальном положении, то есть его дифферентовки с использованием морской воды); 5 – балластная секция со стальной дробью для компенсации положительной плавучести сооружения с системой продувки;
- 6 – внутренняя переходная галерея между устьевым модулем и основным корпусом с технологическим, энергетическим, вспомогательным, складским и жилым отсеками

Форма тороида с учётом его наилучшего обтекания подводными течениями была выбрана нами интуитивно, впоследствии удалось доказать приемлемость такого решения аналитическими расчётами [3].

На рисунке не приведены движители, необходимые для динамического позиционирования, стыковочное устройство (рассчитанное на переход персонала, резервного оборудования, различных реагентов для бурения, труб различного диаметра как для буровых и добычных операций, так и для спуска водоотделяющей колонны). Следует иметь в виду, что диаметр стыковочного устройства должен быть рассчитан на возможность переноса/замены оборудования, доставляемого другими функциональными судами. Возможно, при проектировании можно будет предусмотреть отдельное стыковочное устройство для перехода персонала, а также и аварийные выходы. Следует также обратить внимание на то, что подводное плавучее сооружение, которому предстоит пребывать на заданной точке месторождения не менее 20–25 лет, должно быть изготовлено полностью, «под ключ», непосредственно в доке и с помощью подводных буксиров доставлено на место; это обстоятельство накладывает особые требования по сохранению долговечности и надёжности самого сооружения, нам представляется наиболее перспек-

тивным применение композитных материалов. Например, стеклопластик – весьма устойчивый к морской воде, долговечный материал, способный выдержать гидростатическое давление столба жидкости высотой 100–200 м (по аналогии с [4]); возможно, весьма эффективным может быть и кевлар. Не менее важным является изготовление большинства судов НППФ (как традиционного надводного, так и подводного) из композитных материалов, поскольку судостроительные стали броневой класса более необходимы для военных судов.

Безусловно, все вспомогательные суда подводного НППФ должны быть самоходными (в меру быстроходными), располагать соответствующими устройствами для стыковки с подводно-плавучей платформой (мы стремимся продолжить существующее традиционное наименование устоявшихся терминов); при этом проходные размеры этих стыковочно-шлюзовых устройств должны соответствовать возможности транзита необходимых материалов и технологического оборудования взамен вышедших из строя и неподлежащих ремонту на месте.

В связи с вышеизложенным необходимо:

- разработать на конкурсной основе исходные технические требования к созданию новых образцов подводных вспомогательных судов для обеспечения нормального функционирования подводных буро-добывающих платформ;

- разработать на конкурсной основе проект главного образца шлюзового устройства для осуществления перехода экипажа и перевалки различных материалов и оборудования с использованием гидравлических, пневматических систем;

- разработать параметрический ряд стыковочно-шлюзовых устройств, которыми должны снабжаться все вспомогательные подводные суда с последующей разработкой проектов этих устройств;

- разработать исходные требования на подводную окраску как этих вспомогательных подводных судов, так и основной буро-добывающей платформы с ярко выраженной отражательной способностью (не исключая при этом разработку современных радарных устройств для дистанционного распознавания приближающегося судна);

- разработать проект автоматического (безлюдного) спускового устройства водоотделяющей колонны из подводного судна.

### Заключение

Очевидно, что для нормального функционирования представленной подводной платформы весь существующий в настоящее время вспомогательный НППФ «надводного исполнения» (даже водолазный и для подводно-технических работ) должен быть основательно адаптирован, чтобы обеспечить выполнение всех необходимых технологических операций под водой и возможность перехода персонала из одного судна в другое. Иными словами, для подводного освоения глубоководных месторождений нефти и газа на длительно замерзающих акваториях арктических морей СЛО Российскому государству в ближайшие годы необходимо не только разработать полноценную программу создания подводного флота нефтегазопромыслового предназначения, но и незамедлительно приступить к созданию подводной технологии бурения скважин (которой, сделаем акцент, сегодня в мире не существует). Своевременное решение совокупности поставленных вопросов может обеспечить дальнейший поступательный процесс освоения углеводородных ресурсов всей Арктики, включая и её глубоководные акватории.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусейнов Ч. С., Иванец В. К., Иванец Д. В. Обустройство морских нефтегазовых сооружений. М.: Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. Губкина, 2003. 608 с.
2. Гусейнов Ч. С., Надеин В. А. Зонирование длительно замерзающих арктических акваторий по глубинам с целью освоения открываемых нефтегазовых месторождений существующими и новыми предлагаемыми техническими средствами и технологиями // Бурение и нефть. 2017. № 4. С. 10–16.
3. Хазеев В. Б., Гусейнов Ч. С. Выбор формы корпуса подводной платформы // Бурение и нефть. 2019. № 5. С. 16–20.
4. ВМФ: тральщики проекта 12700 подтвердили свои характеристики и пойдут на все флоты. URL: <https://flotprom.ru/2018/298715> (дата обращения: 15.04.2019).

Статья поступила в редакцию 02.05.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Гусейнов Чингиз Саибович** – Россия, 119991, Москва; Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина; д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры автоматизации проектирования морских нефтегазовых сооружений; 119333, Москва; Институт проблем нефти и газа Российской академии наук; главный научный сотрудник; guseinov2@yandex.ru.

**Кульпин Дмитрий Леонидович** – Россия, 119333, Москва; Институт проблем нефти и газа Российской академии наук; ведущий инженер сектора научно-технических проблем освоения месторождений Арктического региона; dmitrylk@bk.ru.

**Ефимова Галия Хамзаевна** – Россия, 119333, Москва; Институт проблем нефти и газа Российской академии наук; ведущий инженер сектора научно-технических проблем освоения месторождений Арктического региона; Galia.efimova@mail.ru.



ON NECESSITY TO CREATE UNDERWATER  
OIL AND GAS FLEET FOR DEVELOPING  
OIL AND GAS FIELDS  
IN LONG-FROZEN DEEP ARCTIC SEAS

**Ch. S. Guseinov<sup>1,2</sup>, D. L. Kulpin<sup>2</sup>, G. H. Efimova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Gubkin Russian State University of Oil and Gas,  
Moscow, Russian Federation*

<sup>2</sup> *Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** The article dwells upon the problem of developing offshore oil and gas fields around the world accompanied by producing not only stationary and semi-submersible rigs and drilling vessels, but also a large number of auxiliary vessels for various functional purposes. It would be impossible to extract offshore hydrocarbons under the sea bed without them. Special fleet was formed during the years of development of offshore oil and gas fields in the Russian Federation, the part of it being imported. In the upcoming years, our country will face some challenges related to the development of Arctic reservoirs which are mainly located in the long-frozen deep seas. Their development in deep water will only be possible with auxiliary fleet, as it will be necessary to build deep water drilling vessels and other facilities/vessels. The types of vessels of the modern oil and gas fleet are presented, depending on the area of navigation, the depth of use and the specifics of the work performed. It is noted that currently in world practice there are no examples of using proven drilling and production technologies in severe ice conditions, when ice thickness exceeds 2–3 m, because the modern ice-resistant stationary platforms can not withstand the load at a depth of more than 80–100 m. The auxiliary fleet will both service offshore rigs and ensure their long-term productivity and functionality. For the development of oil and gas fields in the long-frozen Arctic deep-sea areas it is necessary to create a full-fledged underwater oil and gas fleet.

**Key words:** oil and gas fleet, deep-water freezing sea areas, ice effects, oil and gas extraction and drill rigs, hydrocarbon resources.

**For citation:** Guseinov Ch. S., Kulpin D. L., Efimova G. H. On necessity to create underwater oil and gas fleet for developing oil and gas fields in long-frozen deep Arctic seas. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2019;3: 34-40. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2019-3-34-40.

REFERENCES

1. Gusejnov Ch. S., Ivanec V. K., Ivanec D. V. *Obustrojstvo morskikh neftegazovykh sooruzhenij* [Arrangement of offshore oil and gas facilities]. Moscow, Izd-vo «Neft' i gaz» RGU нефти i gaza imeni Gubkina, 2003. 608 p.

2. Gusejnov Ch. S., Nadein V. A. Zonirovanie dlitel'no zamerzayushchih arkticheskikh akvatorij po glubinam s cel'yu osvoeniya otkryvaemyh neftegazovyh mestorozhdenij sushchestvuyushchimi i novymi predlagaemymi tekhnicheskimi sredstvami i tekhnologiyami [Zoning of long-frozen Arctic waters in depths for developing the discovered oil and gas fields with existing and new proposed technical means and technologies]. *Burenie i nef't*, 2017, no. 4, pp. 10-16.
3. Hazeev V. B., Gusejnov Ch. S. Vybor formy korpusa podvodnoj platformy [Selecting shape for the hull of underwater platform]. *Burenie i nef't*, 2019, no. 5, pp. 16-20.
4. *VMF: tral'shchiki proekta 12700 podtverdili svoi harakteristiki i pojduť na vse floty* [Navy: mine-sweepers of project No. 12700 confirmed their characteristics and will go to all fleets]. Available at: <https://flotprom.ru/2018/298715> (accessed: 15.04.2019).

The article submitted to the editors 02.05.2019

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Guseinov Chingiz Saibovich** – Russia, 119991, Moscow; Gubkin Russian State University of Oil and Gas; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Computer Aided Design of Oil and Gas Facilities; 119333, Moscow; Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences; Senior Researcher; guseinov2@yandex.ru.

**Kulpin Dmitry Leonidovich** – Russia, 119333, Moscow; Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences; Principal Engineer of the Department of Scientific and Technical Problems of the Arctic Oil and Gas Fields Development; dmitrylk@bk.ru.

**Efimova Galie Hamzaevna** – Russia, 119333, Moscow; Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences; Principal Engineer of the Department of Scientific and Technical Problems of the Arctic Oil and Gas Fields Development; Galia.efimova@mail.ru.

