

# Современные технологии разработки нефтегазовых месторождений арктического шельфа

**К.В. Аношина**  
специалист 3-ей категории!  
[Ks.Anoshina@gmail.com](mailto:Ks.Anoshina@gmail.com)

ЗАО НИПИ «ИнжГео», Краснодар, Россия

**В данной статье описываются основные методы разработки арктических шельфовых месторождений, а именно — бурение скважин с плавучих и гравитационных установок, горизонтальное бурение скважин с берега, подводные буровые установки, приводятся конкретные примеры, рассматриваются преимущества и недостатки технологий.**

### Материалы и методы

Научные статьи, информационные порталы, официальные сайты. Методы описания, анализа, сравнения

### Ключевые слова

технологии разработки, месторождения арктического шельфа, разработка месторождений арктического шельфа, подводные буровые установки, горизонтальные скважины с берега



Рис. 1 — Расположение основных шельфовых месторождений на карте

Не так давно Арктика практически никого не интересовала, многие и сегодня не знают, что за эту, казалось бы, ни чем не приметную, не пригодную для жизни, вечно суровую и холодную часть нашей планеты идет непрерывная борьба, борьба между крупнейшими добывающими корпорациями, борьба на международном уровне. И причиной ее является не поверхность Арктики, а то, что под ней. На больших глубинах находится четверть мировых запасов полезных ископаемых, которые нам предстоит извлечь.

Арктика — трудный регион для освоения, своими богатствами привлекающий многие народы в течение длительного периода истории человечества. Большой опыт в изучении этого труднодоступного региона накоплен Россией и Норвегией. В настоящее время Россия и Норвегия активно сотрудничают в изучении Западной Арктики. На российском шельфе обнаружены наиболее крупные месторождения (Штокмановское, Русановское, Ленинградское, Долгинское, Приразломное и др.) с запасами нефти и газа около 10 млрд тонн нефтяного эквивалента [8]. Особо следует отметить уникальность шельфа Баренцева моря не только в связи с его потенциалом нефтегазоносности, а скорее с тем, что в пределах этой акватории отрабатываются методы ведения поисково-разведочных работ в труднодоступных районах Арктики. Норвежский континентальный шельф также обладает значительными ресурсами нефти и газа, которые распределяются между тремя крупными акваториями: континентальным шельфом Северного моря (35%), Норвежского моря (36%) и Баренцева моря (29%). По оценке Норвежского нефтяного директората, норвежский континентальный шельф в настоящее время содержит 3,4 млрд тонн у.т. Запасы Северного Ледовитого океана до сих пор толком не изучены. Основные залежи углеводородных ресурсов располагаются на юге Карского и на востоке Баренцева морей и суммарно оцениваются в 98 миллиардов тонн нефтяного эквивалента. Это очень много, если принять во внимание, что все доказанные запасы нефти в мире составляют около 140 миллиардов тонн. Кроме того, совсем ничего не известно о резервах, которые в себе

таит восток российского шельфа в Ледовитом океане, но эксперты подозревают, что и там запасы должны быть более чем солидные [6].

В таблице 1 представлены основные риски, связанные с разработкой месторождения на шельфе Арктики. Основные проблемы шельфовых разработок — высокие затраты и недостаточность места для размещения оборудования. Для районов с суровыми условиями и глубокими водами, количество и размер платформ будет ограничиваться до минимума. Кроме ограничений на пространство тот факт, что скважины можно бурить только в одном положении, ограничивает дренаж и ведет к использованию горизонтальных скважин большой протяженности. Кроме сурового арктического климата, на побережьях арктических морей практически отсутствует береговая инфраструктура, практически нет транспортной системы. Необходимо учитывать и жесткие экологические требования, предъявляемые при разработке месторождений нефти и газа в открытом море, где любая авария самым негативным образом может отразиться на всей экосистеме. Все эти специфические особенности приводят к тому, что освоение месторождений на российском шельфе требует существенных инвестиций, в том числе в закупку дорогостоящих технологий, которые позволят вести добычу при сложной ледовой обстановке и в суровых климатических условиях. Конечно, даже при высокой себестоимости освоения ресурсов в наиболее перспективных арктических районах шельфа открытие гигантских и уникальных по запасам месторождений уравнивает риски и компенсирует затраты по разведке и освоению месторождений [7].

Что касается технической стороны вопроса, то технологий подледного бурения пока мало, да и те находятся на стадии проектирования. Уровень современной технической оснащённости для таких проектов может сделать добычу не только нерентабельной, но и невероятно убыточной. Тем не менее, на сегодняшний день можно выделить следующие современные технологии разработки шельфовых месторождений: бурение скважин с плавучих и гравитационных



Рис. 2 — Морская стационарная ледостойкая платформа гравитационного типа на месторождении «Приразломное»

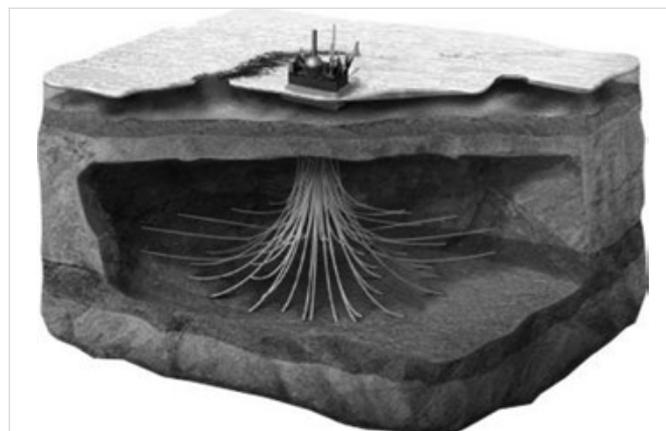


Рис. 3 — Скважины от буровой установки «Приразломная»

установок, бурение скважин с берега, подводные буровые установки.

### Бурение скважин с плавучих и гравитационных установок

В офшорном бурении (это разведка и добыча нефти и газа на нефтяных «полях», так называемых офшорных зонах) используют в основном морские буровые установки, которые условно разделяют на два класса — плавучие и стационарные (фиксированные).

Как известно, затраты на обустройство морских нефтегазовых месторождений составляют свыше 50% всех капиталовложений. Достаточно сказать, что стоимость отдельных нефтегазопромысловых платформ достигает 1–2 млрд. долл.

Например, эксплуатирующая в настоящее время глубоководная гравитационная платформа для месторождения Троль в Северном море оценивается в сумму свыше 1 млрд. долл. [9]. При использовании передвижных самоподъемных буровых платформ, а также платформ полупогружного типа оборудование устья скважин после бурения может быть расположено на дне моря. Для таких случаев ряд фирм США, Великобритании, Франции разработали комплексы оборудования с дистанционным управлением.

Однако, по мере увеличения глубины разработки, а также в акваториях морей с движущимися ледовыми полями более предпочтительным оказывается метод расположения устьевого оборудования на дне [3].

Гравитационные платформы отличаются от металлических свайных платформ как по конструкции, материалу, так и по технологии изготовления, способу их транспортировки и установки в море. Общая устойчивость гравитационных платформ при воздействии внешних нагрузок от волн и ветра обеспечивается их собственной массой и массой балласта, поэтому не требуется их крепление сваями к морскому дну. Гравитационные платформы применяют в акваториях морей, где прочность основания морского грунта обеспечивает надежную устойчивость сооружения [9].

Аналогом данной технологии является платформа «Приразломная».

Приразломное месторождение (ХМАО) находится на шельфе Печорского моря, в 60 км от берега (пос. Варандей). Глубина моря в районе месторождения — 19–20 м.

Проектные показатели:

- накопленная добыча нефти — 75 млн. т.;
- период рентабельной разработки — 22 года;
- максимальный уровень добычи — 6,6 млн. т./год [1].

Приразломное месторождение эксплуатируется с 1986 года. В 2011 г. на Приразломном нефтяном месторождении установлена одноименная морская стационарная ледостойкая платформа гравитационного типа, построенная в России. «Газпром» планирует начать работы на Приразломном месторождении в декабре 2013 года. В настоящее время затраты на проект составили порядка 100 млрд. рублей, в том числе стоимость нефтедобывающей платформы составляет 60 млрд. Крупнейшая паромная компания России Совкомфлот построила два танкера ледового класса дедевитом 70 тыс. т., которые будут курсировать между Приразломным

месторождением и плавучим терминалом «Белокаменка» на рейде Кольского залива [10].

Окупаемость проекта начинается с доходности в 16,5%, сказал заместитель гендиректора «Газпром нефть шельф» Никита Лимонов. По его подсчетам, предоставленные государством льготы по экспортным пошлинам выведут компанию на уровень 15,4%. Менеджеры компании уточнили, что для запуска подобных проектов их доходность должна быть порядка 20%. Для достижения окупаемости и выхода на норму доходности хотя бы в 17,5% в «Газпром нефть шельф» намерены добиться для проекта третьей категории сложности (сейчас Приразломное месторождение квалифицировано как проект второй категории сложности из трех) [5].

Преимущества данного способа разработки:

- наличие опыта строительства данного сооружения;
- данные установки предназначены не только для бурения скважин, но и для добычи и хранения нефти до отправки ее к месту переработки;
- прямая отгрузка нефти на танкеры.

Недостатки плавучих и гравитационных установок:

- недостаточность места для размещения оборудования;
- зависимость от климатических условий;
- установка подводного оборудования на морском дне, бурение (с плавучих установок), связь добывающих установок с главной платформой и обслуживание скважин с плавучих установок в течение всей продолжительности проекта крайне дорогостоящи;
- необходимость пребывания персонала на платформе в течение длительного времени.

### Бурение скважин с берега

Бурение скважин с большим отходом забоя от вертикали делает возможным вскрытие подводных нефтяных и газовых залежей путем бурения с берега и исключает необходимость строительства дополнительных морских сооружений и трубопроводов, а также проведение связанных с ними работ в районах, характеризующихся наличием льдов и высокой сейсмической активностью.

Самая мощная в мире наземная буровая установка «Ястреб» расположена на буровой площадке Чайво на северо-восточном

бережье острова Сахалин. Это сооружение высотой с 22-этажное здание было специально спроектировано для бурения наклонно-направленных скважин с большой протяженностью ствола, необходимых для разработки запасов месторождения Чайво, расположенного более 11 км от берега. Благодаря тому, что установка находится в обогреваемом корпусе, персонал «Ястреба» может работать в комфортных условиях даже когда море покрыто толстым слоем льда. Такая технология может также применяться и для разработки углеводородов в Ледовитом Океане, находящихся на больших расстояниях от берега [11].

Суммарные затраты на реализацию всего проекта Сахалин-1, который включает в себя месторождения Чайво, Одопту и Аркутун-Даги составили 57 млрд. долл. Валовый доход равен 148 млрд. долл., доход государства — 40 млрд. долл.

Преимущества технологии:

- сокращение высоких капитальных и эксплуатационных затрат на крупные морские сооружения, на строительство трубопроводов;
- возможность резко снизить отрицательное воздействие на экологически уязвимые прибрежные районы;
- бурение горизонтальных дренажных стволов, позволяет увеличить дебит куста эксплуатационных скважин, одновременно сократив их количество.

Недостатки бурения с берега:

- недостатки технологического характера ввиду большой протяженности горизонтальных скважин;
- высокая стоимость некоторых технических элементов (применение алюминиевых буровых труб, систем измерений в процессе бурения, алмазные и поликристаллические долота и др.).

### Подводные буровые установки

Метод освоения нефтегазовых месторождений при расположении устьевого оборудования на дне позволяет снизить затраты, а это означает, что можно разрабатывать месторождения с небольшими запасами. Подводное оборудование, размещаемое на дне, защищено от неблагоприятных метеорологических явлений на поверхности воды, а также оно не может быть повреждено движущимися айсбергами. Уменьшается возмож-

Риск	Описание	Оценка риска				
		1	2	3	4	5
1. Геологический риск	Ресурсов газа может оказаться недостаточно	1	2	3	4	5
2. Технологический риск	Выявление обстоятельств, препятствующих осуществлению проекта. Несоответствие технологий необходимым для проекта	1	2	3	4	5
3. Финансовый риск	Низкие показатели эффективности проекта	1	2	3	4	5
4. Экологический риск	Загрязнение окружающей среды	1	2	3	4	5
5. Социальный риск	Отсутствие специалистов по эксплуатации	1	2	3	4	5
6. Инвестиционный риск	Отсутствие финансирования, инвестиций в проект	1	2	3	4	5

Таб. 1 — Оценка рисков при разработке арктических шельфовых месторождений

ность утечек нефти и газа, а, следовательно, улучшается решение проблемы предотвращения загрязнения воды. Метод устьевого оборудования на дне позволяет определить эксплуатационные параметры и характеристики месторождения на ранних стадиях разработки, что создает условия для принятия решения о вводе месторождения в эксплуатацию очередями. Для транспортирования нефти и газа, извлеченных из подводного месторождения, на небольшие расстояния, особенно в ледовых условиях арктических морей, предпочтительно использование трубопроводных систем. Одним из главных преимуществ трубопроводных систем является непрерывность процесса транспортирования и независимость от погодных условий [12].

Конструкторское бюро ОАО ЦК Лазурит завершило первый этап технического проекта подводного бурового судна «Аквабур», разработанного для ОАО «Газпром». Способ и технологический комплекс добычи запатентован в России в 1999 г.

Подводный буровой комплекс предназначен для обеспечения круглогодичного режима ведения буровых работ при освоении месторождений нефти и газа на глубоководном шельфе арктических морей России независимо от климатических условий и ледовой обстановки.

Алгоритм работы комплекса следующий. В период краткосрочной навигации надводное судно устанавливает на глубинах от 6 до 400 метров донную опорную плиту массой

8900 т. Плита служит фундаментом для подводного бурового судна, перемещающегося по ней, как по рельсам. Само судно способно автономно работать под водой 3 месяца и имеет на борту запас расходных материалов для сооружения одной вертикальной скважины глубиной до 3,5 км. После этого к «Аквабуре» приплывает подводное судно снабжения, обновляющее контейнеры с запасами, и бурение продолжается. Каждая из опорных плит рассчитана на бурение до 8 скважин. После выработки всех скважин судно переплывает на новую опорную плиту. Подводное буровое судно спроектировано с таким расчетом, что в случае аварийной ситуации мгновенно отстыковывается от плиты и всплывает, проламывая своим корпусом любой арктический лед. Данная концепция пока не предусматривает подводных танкеров — углеводороды транспортируются от опорной донной плиты на берег по подводным трубопроводам. Обратное же тянется кабель с электропитанием и связью. Единственное, в чем нуждается «Аквабур» — это подводные контейнерные суда снабжения [2].

Технологические операции за бортом выполняются подводными роботами, а пассажирские перевозки и аварийно-спасательные операции — транспортно-спасательными подводными аппаратами системы внешней поддержки.

Для создания пилотного опытно-промышленного подводного бурового комплекса потребуются 5-7 лет после начала технического проекта, а промышленного комплекса — 2-3

года после испытаний пилотного.

Комплексно ориентированный на безопасность метод проектирования обеспечивает высокую надежность и снижение риска, в частности, за счет:

- непрерывного компьютерного контроля параметров циркулирующего бурового раствора для предупреждения газопроявлений;
- 100% гидропривода силового бурового оборудования с негорючей жидкостью;
- складирования продуктов бурения в емкостях донной опорной плиты;
- возможности экстренного самостоятельного всплытия ПБС с проламыванием льда толщиной до 3-х метров без повреждения корпуса. [13]

Преимущества подводных буровых установок:

- расположение устьевого оборудования на дне снижает затраты;
- независимость от погодных условий;
- уменьшение возможности утечек нефти и газа;
- непрерывность процесса транспортировки.

Недостатки технологии:

- нет аналогов и опыта в бурении подводных буровых установок;
- сложность разработки телеуправляемого необитаемого аппарата.

Как видно, технические и технологические проблемы при освоении шельфа преодолимы. Речь идет, прежде всего, о технологиях круглогодичного бурения и эксплуатации скважин в суровых ледовых условиях и при высокой сейсмичности. Кроме того, в Арктике можно будет использовать технологии бурения скважин с плавучих сооружений с отклонением от вертикали на расстояние до 12–15 км. Пригодятся на этом шельфе и технологии ликвидации разливов нефти во льдах, знание особенностей танкерных операций и операций по отгрузке нефти в ледовых условиях.

Главный риск освоения североморских месторождений — экономический. Реализация этих проектов требует строительства дорогостоящих и высокотехнологических инфраструктурных объектов, для чего понадобится большое количество опытных специалистов. С другой стороны, запасы Ледовитого Океана огромны и должны покрыть расходы. Кроме того, освоение шельфа приведет к:

- увеличению прямых поступлений в бюджет от недропользования;
- притоку инвестиций в реальный сектор экономики;
- наращиванию внутреннего потребления и экспорта;
- росту ВВП;
- снижению импортной зависимости в сфере оборудования и высоких технологий;
- социально-экономическому развитию удаленных регионов Российской Федерации и зон особых геополитических интересов;
- поддержанию занятости населения и созданию новых рабочих мест.

Известно одно — работа предстоит грандиозная.

#### Итоги

Существуют несколько вариантов разработки шельфовых месторождений:

1. бурение скважин с плавучих и гравитационных сооружений;



Рис. 4 — Буровая установка «Ястреб» на месторождении Чайво

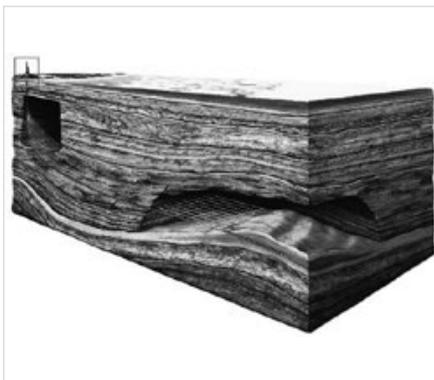


Рис. 5 — Горизонтальные скважины от буровой установки «Ястреб»

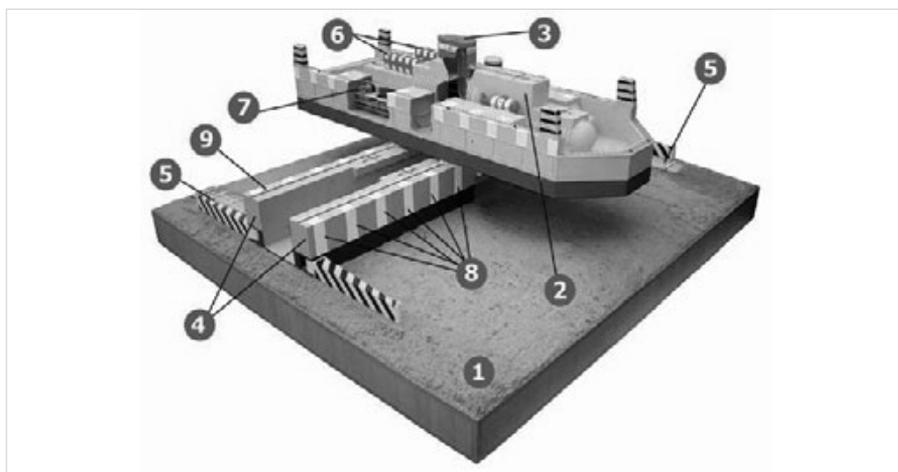


Рис. 6 — Схема подводного бурового комплекса «Аквабур»  
1 — Шельф, 2 — Спасательная капсула, 3 — Рубка,  
4 — Направляющие, 5 — Подводные трубопроводы и силовые кабели, 6 — Контейнеры с расходными материалами,  
7 — Энергетическая установка, 8 — Скважины, 9 — Опорная плита

- бурение скважин с берега;
- подводные буровые установки.

### Выводы

Технология бурения скважин с плавучих и гравитационных сооружений рассматривается на примере платформы «Приразломной» на шельфе Баренцева моря.

Бурение скважин с берега — на примере буровой установки «Ястреб» в проекте Сахалин — 1 на месторождении Чайво. Несмотря на большие капиталозложения, этот вариант разработки способствует увеличению дебита в 3–4 раза, тем самым сокращая срок окупаемости в 3 раза по сравнению с обычным бурением. Проект строительства подводных буровых судов в настоящее время осуществляется ОАО «Газпром», аналогов такого варианта разработки нет.

Однозначно, технические и технологические проблемы при освоении шельфа преодолены.

### Список используемой литературы

- Бушуев В.В., Крюков В. Нефтяная

промышленность России — сценарии сбалансированного развития. М.: ИАЦ Энергия, 2010. 160 с.

- Грек А. Невидимый флот. Из Варяг — в Азию // Популярная механика. 2006, май.
- Оруджев С.А. Глубоководное крупноблочное основание морских буровых, М.: 1962.
- Оруджев С.А. Проблемы, связанные с расширением существующих возможностей бурения на нефть и газ и их добычи при больших глубинах воды и неблагоприятных морских условиях. VIII Мировой нефтяной конгресс. М.: 1971.
- Строганова П. «Приразломная» хочет все усложнить. Режим доступа: <http://rbcdaily.ru/industry/562949987664205>. (дата обращения 02.07.2013)
- Ступакова А. Подготовка с морским уклоном // Нефть России.
- Трунчев Ю.П., Министр природных ресурсов РФ. О повышении эффективности освоения углеводородных ресурсов континентального шельфа Российской Федерации // Минеральные ресурсы России. Экономика

и управление Спецвыпуск. 2006.

- Морской сборник. 2012. № 6 (1983). С. 50–58.
- Гравитационно-свайные МСП. Упругие башни. Жесткие МСП. Лекции — Освоение шельфовых месторождений. Режим доступа: <http://neft-gazedu.ru>
- «Арктическая нефтяная платформа «Приразломная» готова к работе. Режим доступа: <http://www.hibiny.com/news/archive/46456> (дата обращения 08.08.2013).
- Информационный портал «Судостроение. Энергетика. Транспорт». Режим доступа: [http://www.setcorp.ru/main/pressrelease.phtml?news\\_id=17020](http://www.setcorp.ru/main/pressrelease.phtml?news_id=17020) (дата обращения 08.02.2008).
- Евразийская патентная организация, ЕАПВ. Режим доступа: <http://www.eapatis.com/ruSearch/ms.exeData/EAPO/eapo2009/PDF/011648.pdf>.
- Официальный сайт ОАО «ЦКБ Лазурит» Режим доступа: <http://www.cdb-lazurit.ru/?10101>.

ENGLISH

DRILLING

## Modern technologies of oil and gas development of the Arctic shelf

UDC 622.24

### Authors:

Ksenia V. Anoshina — specialist 3rd category; [Ks.Anoshina@gmail.com](mailto:Ks.Anoshina@gmail.com)

<sup>1</sup>Company «InjGeo» JSC, Krasnodar, Russian Federation

### Abstract

This article describes the main methods of developing the Arctic offshore fields — namely, a floating drilling and gravity systems, horizontal drilling from shore, underwater drilling rigs, concrete examples, discusses the advantages and disadvantages of technology.

### Materials and methods

Scientific articles, news portals, official sites. Methods description, analysis, comparison

### Results

Here are several options for the development

of offshore fields:

- drilling of wells and gravity floating structures;
- drilling from the shore;
- underwater drilling rigs.

### Conclusions

Drilling Technology with gravity and floating structures seen on the example of the platform "Prirazlomnaya" on the shelf of the Barents Sea.

Drilling of wells from shore — the example of the drilling rig "hawk" in the Sakhalin — 1 Chayvo. Despite the large kapitalozhlozheniya

this embodiment design flow rate increases by 3–4 times, thereby reducing the payback 3 times compared to conventional drilling.

The project to build submarine drill ships currently under ОАО "Газпром", analogues of such an option is not development.

Definitely, technical and technological issues during the development of the shelf can be overcome.

### Keywords

technology development of the Arctic shelf deposits, mining of the Arctic shelf, submarine drills, horizontal wells from shore

### References

- Bushuev V.V., Kryukov V. *Neftyanaya promyshlennost' Rossii — stsenarii sbalansirovannogo razvitiya* [Russian oil industry — a balanced development of the script]. Moscow: IAC Energy, 2010, 160 p.
- Грек А. *Невидимый флот. Из Варяг — в Азию [Invisible fleet. From the Varyag — to Asia]. Popular Mechanics*, 2006, May.
- Oруджев С.А., *Глубоководное крупноблочное основание морских буровых* [Deep-sea drilling large-block basis]. Moscow: 1962.
- Oруджев С.А. *Проблемы, связанные с расширением сущестvuyushchikh vozmozhnostey bureniya na neft' i gaz i ikh dobychi pri bol'shikh glubinakh vody i neblagopriyatnykh morskikh usloviyakh. VIII Mirovoy neftyanoy kongress* [Problems associated with the expansion of existing facilities and drilling for oil and gas production in deep waters and adverse sea conditions]. Conditions. VIII World Petroleum Congress]. Moscow: 1971.
- Stroganova P. «Prirazlomnaya» *khochet vse uslozhnit'* ["Prirazlomnaya" wants to complicate things]. Available at: <http://rbcdaily.ru/industry/562949987664205>. (accessed 02.07.2013).
- Stupakova A. «Podgotovka s morskim ukonom» [Preparation of the sea slope]. Russian Oil.
- Trutnev Yu.P., *Ministr prirodnykh resursov RF "O povyshenii effektivnosti osvoeniya uglevodorodnykh resursov kontinental'nogo shel'fa Rossiyskoy Federatsii"* [Minister of Natural Resources of the Russian Federation "On increasing the efficiency of the development of hydrocarbon resources of the continental shelf of the Russian Federation"]. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management Special Issue*. 2006.
- Sea collection, 2012, issue 6 (1983), pp. 50–58.
- Gravitatsionno-svaynye MSP. *Uprugie bashni. Zhestkie MSP. Lektsii — Osvoenie shel'fovyykh mestorozhdeniy* [Gravitational pile of SMEs. Elastic tower. Hard SMEs. Lectures — Shelf fields]. <http://neft-gazedu.ru>.
- «Arkticheskaya neftyanaya platforma «Prirazlomnaya» gotova k rabote [The Arctic oil platform "Prirazlomnaya" ready to work]. Mode of access : <http://www.hibiny.com/news/archive/46456> ( date accessed 08.08.2013).
- Informatsionnyy portal «Sudostroenie. Energetika. Transport»* [Information portal "Shipbuilding. Energy. Transport"]. Mode of access : [http://www.setcorp.ru/main/pressrelease.phtml?news\\_id=17020](http://www.setcorp.ru/main/pressrelease.phtml?news_id=17020) ( date accessed 08/02/2008).
- Evraziyskaya patentnaya organizatsiya, EAPV* [The Eurasian Patent Organization, the Eurasian Office]. Mode of access : <http://www.eapatis.com/ruSearch/ms.exeData/EAPO/eapo2009/PDF/011648.pdf>.
- Ofitsial'nyy sayt OAO «TsKB Lazurit»* [The official website of "CDB Lapis"]. Access mode : <http://www.cdb-lazurit.ru/?10101>.