

Риски при проведении геологоразведочных работ на больших глубинах

В настоящей статье описываются основные геологические, экономические, технологические и экологические риски, возможные при проведении геологоразведочных работ (ГРП) на больших глубинах, а также причины, с ними связанные. Актуальность проблемы проведения ГРП в России очевидна и, в последнее время, весьма обсуждаема в кругах специалистов нефтегазовой отрасли. Планирование ГРП сопровождается грамотным изучением перспективных территорий недропользователем, особенностями правового регулирования и государственного управления, и поэтому напрямую зависит от экономической и политической ситуации в стране. Эффективность ГРП определяется не только богатством недр, но достаточной детальностью их изучения, что осуществимо только при грамотно запланированной программе ГРП, учитывающей возможные риски при ее осуществлении, в совокупности с программой лицензирования пользования недрами.

Ключевые слова: геологоразведочные работы, геологические риски, финансовые потери, срок окупаемости, воспроизводство минерально-сырьевой базы, экологические риски.

Трудно представить себе долгосрочное развитие добывающей нефтяной отрасли без своевременного проведения геологоразведочных работ (ГРП). Однако, в настоящее время сведение к минимуму региональных работ в период достаточно низких цен на минеральное сырье, в период экономического и политического кризиса в стране не должно исключать планомерного последовательного ведения ГРП, в том числе и на больших глубинах. Даже в условиях снижения объемов добычи на месторождениях традиционных регионов нефтегазовые отраслевые компании проявляют все больший интерес к труднодоступным участкам: шельфовым месторождениям, карбонатным коллекторам, скоплениям УВ на больших глубинах.

25-26 сентября 2014 года состоялось V Всероссийское совещание «Проблемы геологии нефти и газа», темой которого стало обсуждение стратегии организации ГРП в Российской Федерации. Основной задачей совещания являлось рассмотрение актуальных вопросов проведения ГРП на территории России, программы геолого-разведочных работ на нефть и газ до 2020 года, приоритетных объектов в освоении нефтегазоперспективных зон, ускорение освоения углеводородных ресурсов Восточной Сибири и Дальнего Востока, проблем освоения трудноизвлекаемых ресурсов нефти. Все выступавшие (заместитель министра Министерства природных ресурсов и экологии РФ – руководитель Федерального агентства по недропользованию В.А. Пак, генеральный директор ФГУП «ВНИГНИ» А.И. Варламов, президент Российского геологического общества В.П. Орлов, генеральный директор ФГУП «ЗапСибНИИГТ» В.Ю. Морозов и др.) отмечали возросшую необходимость укрепления сырьевой базы Российской Федерации, особенно в части добычи углеводородов как основного компонента энергетической безопасности в свете сложившейся международной обстановки и санкционного давления на нашу страну» (Нефтегазовый форум..., 2014).

Как, зная возможные отрицательные последствия и допуская неудачный исход (не обнаружение залежи/месторождения нефти на больших глубинах), не просто погрузиться в рискованное поэтапное проведение ГРП, но и продолжать грамотно развивать это направление в нефтегазодобывающей отрасли? Какими же условиями контро-

лируется современное проведение ГРП, и с какими рисками, возможно, придется столкнуться даже при достаточно качественном проведении работ?

Во-первых, риск прогноза, или геологический риск на больших глубинах не уступает аналогичному риску на стандартной глубине до 3 км. Тем более, что даже современные технологические возможности не всегда позволяют со 100%-й точностью дать гарантию успешности поисков УВ и обнаружению хороших коллекторов. В результате проведенных сейсмических работ изображения глубокопогруженных горизонтов, как правило, оказываются нечеткими, неявными и могут нести собой минимум полезной информации. Но, получение некачественной информации не всегда говорит только о глубокопогруженных условиях, но и о степени и особенностях развития геологического строения осадочного бассейна. В ситуации недостаточной изученности геологического строения и наличия сложных условий больших глубин (АВПД, высокие температуры) разработан комплексный программный продукт PetroMod, широко используемый одной из ведущих нефтяных компаний «Schlumberger» (Программный пакет для моделирования..., 2009).

В число основных процессов, моделируемых программными пакетами по бассейновому моделированию, входят уплотнение пород, стационарный и нестационарный перенос тепла, образование УВ путем термического разложения исходного органического вещества и крекинга жидких УВ. Особое место в программном комплексе занимает моделирование процессов миграции УВ, в связи с чем данная технология представляет собой механизм оценки риска ГРП.

В общем комплексе ГРП большая часть принадлежит технологическим возможностям: сейсморазведочному, топографо-геодезическому, навигационному обеспечению. И, несмотря на тот факт, что на сегодняшний день общепринятой технологии оценки УВ потенциала и прогнозирования нефтегазоносности до глубин 10-12 км нет, в процессе изучения геологического строения в сложных глубинных условиях (высокие давления и температуры) исследователь просто обязан использовать новые комплексные технологии, разработанные высококвалифициро-

ванными профильными специалистами. А изучение фундаментальных процессов нефтегазообразования на больших глубинах, как и прогнозирование УВ потенциала недр требует концентрации научных исследований, связанных с усовершенствованием теоретических основ формирования УВ систем на больших глубинах (Гулиев и др., 2011; Мартынов и др., 2014).

Своим содействием роста вероятности успеха при разведочном бурении 3D сейсморазведка сделала больше, чем любая другая современная технология. Кроме того, 3D сейсморазведка позволяет прогноз труднодоступных подсолевых слоев, характерных для больших глубин. Используемая аппаратура позволяет лучшее освещение подсолевых слоев сейсмическими волнами. В статье (Samago et al., 2007) описываются удачные примеры после первичной обработки данных, но к тому времени уже осваивались новые технологии обработки данных, полученных в результате широкоазимутальной сейсморазведки. Помимо этого, технология 3D дает возможность более полной характеристики трещиноватых коллекторов, предоставления информации на участках вероятного глубокого бурения и получения изображений высокого разрешения мелкозалегающих зон глубокого бурения (Samago et al., 2007).

Во-вторых, риск прогноза неизбежно тянет за собой **риск финансовых потерь (экономические риски)**. ГРР на больших глубинах всегда связаны с высоким риском неоправданных материальных затрат, что обеспечивается либо недостаточной изученностью геологического строения осадочного бассейна, либо недостаточными знаниями общих закономерностей сохранности УВ на больших глубинах. По многим оценкам, из 100 перспективных участков, выделенных на этапе региональных работ, лишь один оказывается месторождением/залежью. Помимо размера внесенных средств за участие в конкурсе/аукционе (ст. 42 ФЗ «О недрах») инвестор при выборе объекта вложения капитала ориентируется на ряд факторов: стоимость необходимого оборудования, стоимость рабочей силы, степень налогообложения, возможность наступления экономического и политического кризиса и др. А при детальном планировании ГРР кроме перечисленных факторов, учитываются еще геологические перспективы, возможность правового регулирования и государственного управления ГРР, установленные регулярные платежи по ставкам за проведение работ (ст. 43 ФЗ «О недрах»). Мелкие независимые геологоразведочные компании зачастую оказываются в ситуации неспособности самостоятельно финансировать ГРР за счет собственных средств из-за их отсутствия и за счет кредита в банке из-за отсутствия залога. Путем решения данной проблемы оказывается привлечение средств со стороны рынка рискованного капитала («юниорные» компании – в странах с развитой сырьевой промышленностью). Поэтому наличие такого рода рынка становится одним из определяющих факторов становления процесса ГРР в стране. Финансирование ГРР за счет банковских средств в России практически невозможно. Крупным нефтяным компаниям кредит не нужен, а малым – приходится предоставлять в банк гарантию возврата полученных средств. В этом плане поисковая лицензия не может служить полноправным залогом банковских средств по причине отношения поисков к работам



Рис. 1. Источники финансирования ГРР в нефтегазовой промышленности.

высоких геологических рисков. В экономически развитых государствах достаточно четко регулируются объемы и направления ГРР (Рис. 1).

В России финансирование ГРР может производиться лишь из прибыли предприятий, когда в других добывающих странах эти затраты входят в себестоимость продукции и за счет средств на воспроизводство минерально-сырьевой базы (ВМСБ). Структура распределения объема финансирования Федерального бюджета на ВМСБ в России складывается из расчета на проведение ГРР на нефть и газ, на твердые полезные ископаемые, на подземные воды, на ГРР общегеологического и специального назначения и прочие работы (Рис. 2) (Монастырных, 2007).

Помимо этого, в странах с развитой сырьевой промышленностью существует механизм, позволяющий компаниям получать налоговые скидки в случае вложения средств в ГРР в зависимости от стадии работ (Ставский, Войтенко, 2007).

Кроме того, активно практикуется метод взаимного страхования, когда несколько компаний финансируют ГРР одних и тех же участков. В итоге, по результатам проведенных работ метод оказывается эффективным для компаний, выявивших запасы и не убыточным для компаний, не подтвердившим запасы на своем участке. В работе (Ставский, Войтенко, 2007) приводится пример об удачном применении такого метода компаниями «НИНК», «ЛУКОЙЛ-Оверсиз», «Норск Гидро».

Конечно, основным источником вложений в ГРР в России служит сам инициатор проведения данных работ, а для повышения заинтересованности у компаний нефтегазовой отрасли в направлении собственных средств на финансирование ГРР, проведение которых связано с геологическими рисками и большими сроками окупаемости капитальных вложений, необходимо реализовать механизм финансового стимулирования ГРР за счет этих средств.

В-третьих, к группе технологических рисков при освоении больших глубин можно отнести фактор неприем-

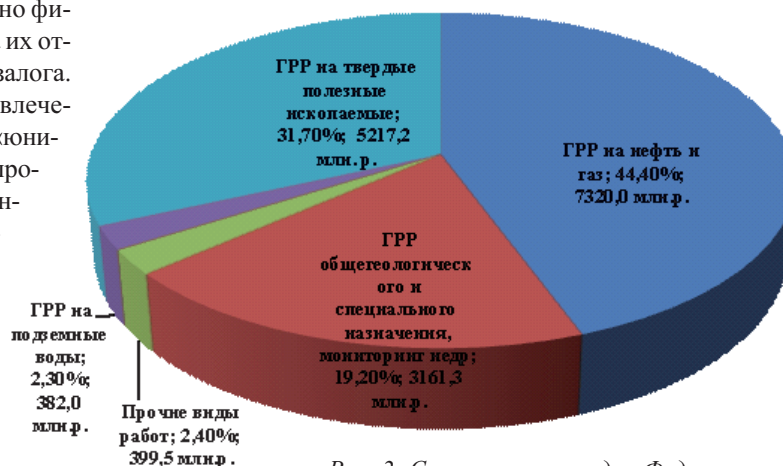


Рис. 2. Структура расходов Федерального бюджета на ВМСБ России на 2006 г., млн.р. (Монастырных, 2007).

лемости имеющихся технологий, разработанных под традиционные регионы. Кроме того, глубинное изучение недр и выявление закономерностей сохранности УВ на больших глубинах, и вместе с тем, успех обнаружения глубокопогруженных залежей нефти и газа связаны с достаточно высокой квалификацией, интуицией и опытом геолога. Да, высокая изученность территории в какой-то степени гарантирует невысокие геологические и технологические риски, но все же технологический риск зависит напрямую от методики изучения и принятой концепции освоения (выбора комплекса промысловых и лабораторных исследований). Удачное проведение ГРП напрямую зависит от знаний специфики формирования нефтегазоносности в глубокопогруженных комплексах пород.

В процессе составления геологического проекта на глубокое бурение практически не уделяется внимания анализу и изучению поисковых критериев: литолого-фациальных особенностей; изменению фильтрационно-емкостных свойств с глубиной; наличию твердых битумов.

Так, в программе лабораторных работ не предусматривается изучение битумов (пиробитумов), которые образуются в результате сложных процессов деструкции и полимеризации УВ компонентов. На территории Тимано-Печорской провинции, где пробурено значительное количество скважин глубже 5 км, разрушенная залежь нефти была выявлена только в детально изученном разрезе Колвинской глубокой параметрической скважины в Ненецком автономном округе в 165 км юго-восточнее г. Нарьян-Мара. В разных нефтегазоносных районах могут быть выявлены разрушенные в результате погружения на большие глубины зоны высоких температур и давлений залежи нефти, и обнаружение следов таких залежей возможно по наличию твердых битумов при комплексном проведении петрофизических, геохимических исследований. Но обнаружение высоких концентраций твердых битумов является лишь одним из критериев оценки перспектив на глубинах более 4,5 км (Мещеряков, Карасева, 2011).

Возможно, что явление разрушения нефтяных залежей

на больших глубинах могло быть обнаружено и в разрезах других скважин этого же района при детальном комплексном исследовании пород (Гольдберг, 1981).

Кроме того, наряду с петрофизическими свойствами пород важно и детальное

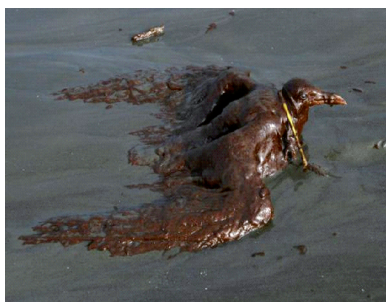


Рис. 3. Покрытая нефтью чайка Атлантический Хохотун, шт. Луизиана.

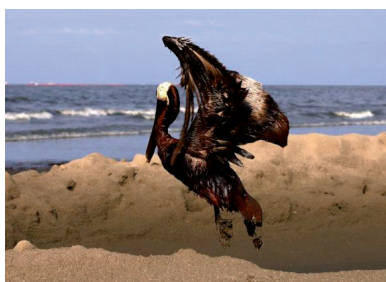


Рис. 4. Пеликан, покрытый слоем нефти, шт. Луизиана.



Рис. 5. Покрытая нефтью мертвая рыба, шт. Луизиана.

изучение их фильтрационно-емкостных свойств, определение типа коллектора. Зачастую на глубинах свыше 4,5 км мы встречаем порово-трещинный и трещинный тип коллектора, имеющий свою специфику проведения ГРП.

В-четвертых, большой срок окупаемости. Поиски всегда носят затратный характер, и между датой начала поисков залежей нефти на глубинах 4,5 км и более и датой получения первой прибыли от реализации продукта, бывает, проходит не один десяток лет.

Кроме того, процесс приобретения прав пользования недрами через аукцион требует 1-2 года. А полученная в результате аукциона лицензия на право собственности недрами не может служить предметом сделки между участниками рынка, поэтому чтобы передать право собственности недрами, необходимо продать компанию, что займет достаточно много времени.

И, наконец, **экологические риски.** Во многих источниках об особом отношении к экологической безопасности делается акцент на проведение мероприятий на протяжении всего жизненного цикла проекта – от ГРП до ликвидации инфраструктуры нефтяного промысла. Естественно, легче предупредить экологическую катастрофу, нежели ее потом устранить. Однако, во многом изменениям глубинной составляющей литосферы по части безопасного ее изучения отводится меньше внимания, чем нарушению поверхностной геологической среды. Это связано с тем, что залежь представляется сложной динамической системой, параметры которой постоянно меняются. Поэтому даже разработанная концепция проведения экологических мероприятий при ГРП не дает гарантий безопасности. Важным пунктом в этой концепции является предварительная оценка экологического риска, которая является наиболее актуальной, так как некоторые объекты на изучаемой территории могут быть отнесены к категории опасных производственных объектов (Хаустов, Редина, 2006).

В районах, где нефть часто попадает в воду, например на морском нефтяном месторождении «Мейн-Пасс» в Мексиканском заливе, заметными становятся и изменения видового состава морского сообщества. Мексиканский залив загрязнялся нефтью на протяжении столь длительного времени, что сейчас там невозможно отыскать еще не загрязненное место, чтобы надежно оценить характер прежних природных сообществ.

Еще свежи в памяти страшные последствия экологической катастрофы в Мексиканском заливе в апреле 2010 года (Рис. 3-5) (Последствия загрязнения литосферы нефтью).

Deepwater Horizon (дословно «Глубоководный Горизонт») – полупогружная нефтяная платформа сверхглубоководного бурения с системой динамического позиционирования, построенная в 2001 году южнокорейской судостроительной компанией Hyundai Heavy Industries.

В сентябре 2009 г. Deepwater Horizon пробурела в Мексиканском заливе в районе месторождения Тайбер самую глубокую на тот момент нефтяную скважину в истории, достигнув глубины 10680 м, из которых 1259 м составляла вода. Судно находилось в Миссисипском каньоне в центральной части Мексиканского залива южнее Луизианы в процессе цементирования скважины. 20 апреля 2010 года платформа взорвалась и загорелась. Несмотря на попытки потушить пожар, она затонула 22 апреля на глубине 1500 м.

Таким образом, значительная стоимость поисково-разведочного бурения на большие глубины и высокие геологические и технологические риски в купе с довольно большим сроком окупаемости являются препятствием их освоения. И, в связи с перечисленными факторами риска, одной из первоочередных задач формирования ГРП системы в стране является создание новой наиболее привлекательной для инвесторов концепции планирования ГРП.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания №2330 по выполнению государственной работы «Проведение научно-исследовательских работ (фундаментальных научных исследований, прикладных научных исследований и экспериментальных разработок)».

Литература

- Гулиев И.С., Керимов В.Ю., Осипов А.В. Углеводородный потенциал больших глубин. *Нефть, газ и бизнес*. № 5/2011.
- Гольдберг И.С. Природные битумы. СССР. Л.: Недра. 1981.
- Лавренова Е.А., Горбунов А.А., Круглякова М.В. Прогнозирование перспектив нефтегазоносности глубоких горизонтов осадочного разреза методом численного бассейнового моделирования. *1 Межд. конф. «УВ потенциал больших глубин: энергетические ресурсы будущего – реальность и прогноз»*. Баку. 2012. С. 44-45.
- Мартынов В.Г., Керимов В.Ю., Лобусев А.В. Особенности формирования УВ систем на больших глубинах. *1 Межд. конф. «УВ потенциал больших глубин: энергетические ресурсы будущего – реальность и прогноз»*. Баку. 2014.

Risks arising during exploration works at great depth

L.G. Gaysina

Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russia, e-mail: lily-gaysina@yandex.ru

This paper describes the main geological, economical, technological and environmental risks arising during exploration works at great depths, and the reasons associated with them. The problem of executing exploration in Russia is obvious and, more recently, discussed by specialists in oil and gas industry. Planning exploration is accompanied by a competent study of perspective areas by subsoil users, peculiarities of regulatory and state management, and therefore, it depends on economic and political situation in the country. Exploration efficiency is determined not only by abundance of mineral resources, but also study in sufficient detail that is only feasible with properly planned exploration program that considers possible risks associated with its implementation, in conjunction with subsoil use licensing program.

Keywords: exploration works, geological risks, financial losses, payback period, reproduction of mineral resource base, environmental risks.

References

- Camara Alfaro J., Corcoran C., Davies K., Gonzalez Pineda F., Hill D., Hampson G., Howard M., Kapoor J., Moldoveanu N. and Kragh E. Reducing Exploration Risk. *Oilfield Review*. 19, no. 1 (Spring 2007). Pp. 26-43.
- Guliev I.S., Kerimov V.Yu., Osipov A.V. Uglevodородnyy potential bol'shikh glubin [Hydrocarbon potential at great depths]. *Neft, gaz i biznes* [Oil, Gas, Business]. № 5/2011.
- Gol'dberg I.S. Prirodnye bitумы [Natural Bitumen]. SSSR. Leningrad: «Nedra». 1981.
- Khaustov A.P., Redina M.M. Okhrana okruzhayushey sredy pri dobyche nef'ti [Environmental protection during oil development]. Moscow: Delo. 2006.
- Lavrenova E.A., Gorbunov A.A., Kругlyakova M.V. Prediction of petroleum potential of sedimentary basin deep horizons using method of numerical modeling. *1 Межд. конф. «УВ потенциал больших глубин: энергетические ресурсы будущего – реальность и прогноз»* [Proc. I Int. Conf. «Hydrocarbon potential at great depths: energetic resources of

Meshcheryakov K.A., Karaseva T.V. Особенности обнаружения разрушенных залежей нефти на больших глубинах. *Нефтегазовая геология: теория и практика*. №3/2011.

Монастырных О.С. Финансово-экономическое обеспечение развития минерально-сырьевой базы России. 2007. <http://www.vipstd.ru/gim/content/view/397/278/>

Мусина Д.Р. Проблема финансирования геологоразведочных работ в нефтегазовой промышленности. *Нефтегазовое дело*. 2006. Нефтегазовый форум. 2014. <http://www.oilforum.ru/>

Последствия загрязнения литосферы нефтью. <http://biofile.ru/geo>
Программный пакет для моделирования нефтегазоносных систем. Снижение рисков в поисково-разведочных работах. «Shlumberger». 2009. <http://www.sis.slb.ru/>

Ставский А.П., Войтенко В.Н. Альтернативная концепция развития геологоразведочных работ в России. Центр «Минерал». М. март/2007.

Хаустов А.П., Редина М.М. Охрана окружающей среды при добыче нефти. М.: Дело. 2006.

Camara Alfaro J., Corcoran C., Davies K., Gonzalez Pineda F., Hill D., Hampson G., Howard M., Kapoor J., Moldoveanu N. and Kragh E. Reducing Exploration Risk. *Oilfield Review*. 19, no. 1 (Spring 2007). Pp. 26-43.

Сведения об авторе

Лилия Гайзулловна Гайсина – инженер ООО «Технопром», ассистент кафедры теоретических основ поисков и разведки нефти и газа РГУ им. И.М. Губкина, соискатель. 119991, Москва, Ленинский пр-т, д. 65, корп. 1
Тел: 8 (926) 035-23-10

future – reality and perspectives)]. Baku. 2012. Pp. 44-45. (In Russian)
Martynov V.G., Kerimov V.Yu., Lobusev A.V. Features of Hydrocarbon systems formation at great depths. *1 Межд. конф. «УВ потенциал больших глубин: энергетические ресурсы будущего – реальность и прогноз»* [Proc. I Int. Conf. «Hydrocarbon potential at great depths: energetic resources of future – reality and perspectives)]. Baku. 2014. (In Russian)

Mescheryakov K.A., Karaseva T.V. Detection of deep-seated destroyed oil pools. *Нефтегазовая геология: теория и практика* [Oil and Gas Geology. Theory and Practice]. №3/2011. (In Russian)

Монастырных О.С. Финансово-экономическое обеспечение развития минерально-сырьевой базы России [Financial and economic support for the development of mineral resource base of Russia]. 2007. <http://www.vipstd.ru/gim/content>

Musina D.R. Problema finansirovaniya geologorazvedochnykh rabot v neftegazovoy promyshlennosti [Problem of financial support of geological exploration in oil and gas industry]. *Нефтегазовое дело* [Oil and Gas Business]. 2006.

Нефтегазовый форум [Oil and Gas Forum]. 2014. <http://www.oilforum.ru/>

Posledstviya zagryazneniya litosfery nef'tyu [Effects of oil pollution of the lithosphere]. <http://biofile.ru/geo>

Программный пакет для моделирования нефтегазоносных систем. Snizhenie riskov v poiskovo-razvedochnykh rabotakh [PetroMod Petroleum Systems Modeling Software]. «Shlumberger». 2009. <http://www.sis.slb.ru/>

Ставский А.П., Войтенко В.Н. Альтернативная концепция развития геологоразведочных работ в России [Alternative conception of exploration development in Russia]. Moscow: Tsentr «Mineral». march/2007.

Information about author

Liliya G. Gaysina – Engineer (ООО «Технопром»), assistant of the Chair of theoretical basis of oil and gas fields development, Gubkin Russian State University of Oil and Gas, PhD applicant. 119991, Moscow, Leninskiy pr-t, 65, korp. 1
Tel: 8 (926) 035-23-10