УДК 551

Перспективы развития нефтегазового комплекса России

Л.А. Абукова
д. г.-и.н., профессор, директор
abukova@ipng.ru

В.Л. Шустер
д. г.-и.н., профессор, главный научный сотрудник
tshuster@mail.ru

Институт проблем нефти и газа РАН,
Москва, Россия

В статье приведены результаты геолого-экономической, экологической, технологической и социальной оценки новых перспективных направлений ГРР, с целью прироста ресурсов углеводородов в России. Рассмотрены перспективы прироста ресурсов глубокозалегающих отложений, низкопроницаемых пород-коллекторов.

Ключевые слова
нефть, газ, сланцы, бажениты, фундамент, формации, перспективы нефтегазоносности, ресурсы

На современном этапе важное место в решении проблем нефтегазового комплекса занимает задача восполнения минерально-сырьевой базы (МСБ) УВ, обеспечение уровня добычи нефти и газа путем восполнения ресурсов и запасов углеводородов. Решение этой задачи возможно путем продолжения работ в традиционных регионах России (Западная и Восточная Сибирь, ТПП, Волго-Урал, Предкавказье и др.) как в детально изученных отложениях («традиционная» нефть), так и на новых нетрадиционных объектах.

Среди таких новых перспективных направлений поиска и освоения нефтегазовых ресурсов, где возможен существенный прирост ресурсов и запасов нефти и газа, наиболее актуальными в ближайшие годы и на перспективу представляются следующие:

- глубокозалегающие горизонты;
- низкопроницаемые низкопоровые породы (бажениты, доманикиты, хадумиты, сланцы и др.);
- освоение месторождений, содержащих тяжелые высоковязкие нефти;
- реанимация «старых» простаивающих скважин;
- повышение коэффициента извлечения нефти (КИН) и газа (КИГ).

Условия восполнения ресурсов в глубокозалегающих горизонтах

В основном нефтедобывающем регионе России – Западной Сибири (до 70% общей годовой добычи нефти) запасы нефти в юрско-меловом комплексе сосредоточены в интервале глубин 2–4, реже 5 км. Вектор этих запасов направлен в сторону исчерпания, остается в резерве нефть баженовской свиты. Существует ещё слабо исследованный доюрский комплекс, в котором на границе осадочных пород и фундамента открыто порядка 50, как правило, мелких по запасам, нефтяных месторождений, хотя есть среди них и средние по запасам. Нам представляется, что в этом комплексе пород могут быть открыты крупные, высокодебитные залежи нефти, в том числе, в образованиях фундамента. Работами последних лет установлена резкая фильтрационно-емкостная неоднородность пород фундамента как по площади, так и по разрезу гранитоидных массивов. Так, на нефтяном месторождении Белый Тигр (Вьетнам) в гранитоидах фундамента интервалы высокоёмких коллекторов и соответственно максимального нефтенасыщения и основного притока в скважинах приурочены к 20–40 метровым участкам разреза в многосотметровой опробованной толще (рис. 1, 2). Причем, наилучшие по ФЕС породы-коллекторы не всегда залегают от поверхности фундамента, а зачастую на 300–500 м ниже поверхности (на Северном своде месторождения Белый Тигр, а также на месторождениях Кыулонг, Дайхунг) [3].

За последние 10–15 лет в отечественных геофизических коллективах разработаны новые сейсморазведочные технологии выделения слабых рассеянных волн на фоне отражений от протяженных горизонтов. Результирующим параметром в этой методике является энергия рассеянных волн – эквивалентная по смыслу интенсивности трещиноватости. Как видно на рис. 3, на Северо-Даниловском месторождении высокоемкие породы-коллекторы залегают от поверхности фундамента на всей площади, а на Усть-Балыкском месторождении от поверхности только в восточной части площади. Без спецобработки сейсмических материалов выбрать местоположение проектной скважины затруднительно.

Оценивая условия проведения ГРР в глубокозалегающих горизонтах Западной Сибири (глубины от 4 до 6–7 км), по аналогии с Вьетнамом, можно положительно охарактеризовать геолого-экономические условия. Для проведения ГРР имеются апробированные технологии и технические средства прогноза зон коллекторов и освоения залежей нефти в массивных породах. При этом, ожидаются минимальные экологические последствия, а также отсутствие проблем с трудовыми ресурсами, инфраструктурой и логистикой.

Перспективные глубокозалегающие горизонты имеются также в Восточной Сибири, в Республике Коми, в Волго-Уральском бассейне, в Предкавказье.

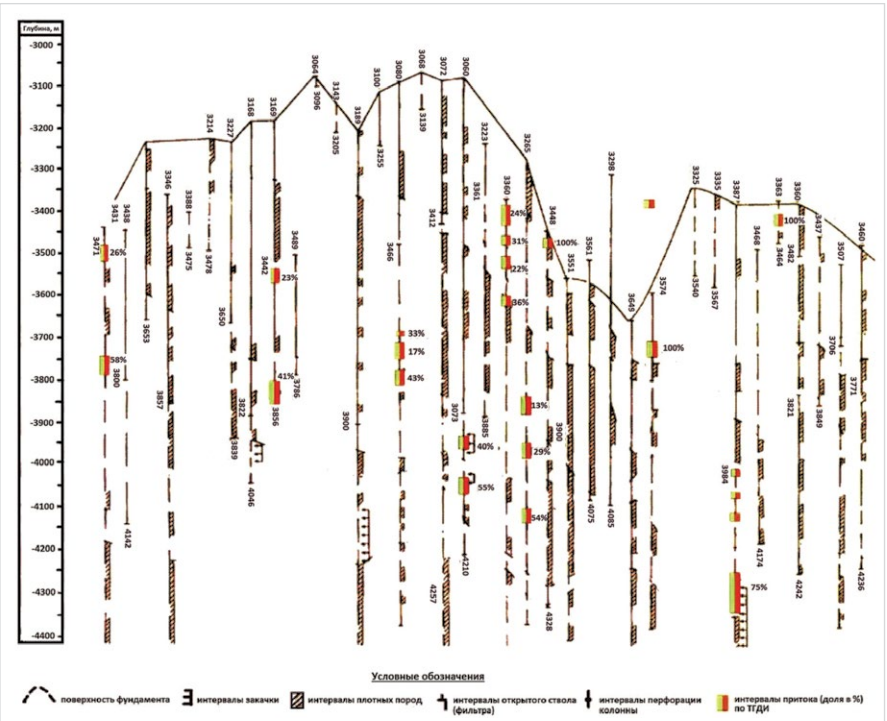

Рис. 1 — Микронеоднородность трещиноватого резервуара месторождения Белый Тигр, Вьетнам (данные сейсморазведки 3D, промыслово-геологических и термогидродинамических исследований). (Из работы В.Л. Шустера [3])

Нефть и газ в низкопроницаемых породах

К низкопроницаемым породам относятся сланцы, бажениты, доманикиты, хадумиты.

В России нефтегазоносность в низкопроницаемых породах- коллекторах установлена в Западной и Восточной Сибири, Тимано-Печорской и Волго-Уральской провинциях, в Предкавказье.

Для оценки возможности и целесообразности восполнения ресурсов нефти и газа в

низкопроницаемых породах России использованы материалы опубликованных работ (и открытые интернет ресурсы) [1–9].

Условия восполнения ресурсов нефти и газа в сланцевых породах-коллекторах

В низкопроницаемых низкопоровых сланцевых породах открыт целый ряд значительных по запасам месторождений нефти и газа. В США в последние годы из сланцевых пород осуществляется значительная по объему добыча нефти и газа. «Сланцы» — это породы смешанного литологического состава, состоящие из алевритовой и пелитовой фракций, обладающие сланцеватостью, а также высоким содержанием органического вещества.

Проницаемость сланцев ниже 1 мД (минимально 0,01–0,001 мД).

При добыче используется технология мультистадийного гидроразрыва пласта (ГРП) в наклонно-горизонтальных скважинах, со значительными затратами воды (химически обработанных растворов) и песка.

При поисках, разведке и освоении месторождений нефти и газа в сланцевых формациях США были выявлены значительные геолого-геофизические, экономические, экологические и социальные сложности и осложнения (использованы материалы Н.Н. Богданович, 2013 г.):

- отсутствие четкого представления о модели продуктивного пласта, типе коллектора, характере газонефтенасыщенности;
- разнообразный литологический состав сланцев и резкоизменчивая характеристика ФЕС пород;
- приуроченность нефтегазовых скоплений к ловушкам различного типа, часто неструктурного;
- возможные пропуски продуктивных интервалов без продолжительных испытаний;
- нефтепроявления в процессе бурения незначительны;
- отмечаются низкий КИН и низкие дебиты скважин.

Основываясь на изучении мирового опыта и выявленных геолого-геохимических особенностях формирования скоплений нефти и газа в сланцевых породах, рядом исследователей предпринята попытка наметить перспективные бассейны и сланцевые формации на территории России [5, 8, 9].

При оценке перспектив нефтегазоносности и ресурсов УВ в сланцевых толщах предлагается учитывать следующие основные факторы:

- характер среды осадконакопления (морская, континентальная, др.);
- площадь распространения сланцевой толщи;
- строение (модель);
- мощность сланцевой толщи и отдельно толщина обогащенных органикой интервалов;
- глубина (кровля, подошва) толщи;
- среднее содержание органического углерода – $C_{орг}$;
- катагенетическая зрелость (%R_o);
- оценка ФЕС пород.

Подсчет технически извлекаемых ресурсов в нефтяном эквиваленте сланцевых толщ произведен по методу Фишера (условное содержание нефти в 1 м^3 породы, при поверхностной дистилляции из сланцев).

Исходя из имеющихся ограниченных геологических материалов [5, 9], выделен ряд перспективных сланцевых бассейнов на территории России:

- Колымо-Омолонский, площадью 800 тыс. км^2, при средней толщине обогащенных ОВ сланцев 20 м; при условном содержании нефти 1 кг/м^3 породы объем технически извлекаемых ресурсов составил нефти — 8 млрд т, газа — 8 трлн м^3.
- Тунгусский, технически извлекаемые ресурсы нефти — 8 млрд т, газа — 8 трлн м^3.
- Нелькано-Сетт-Дабанский — 2,0–4,0 млрд т нефти;
- Енисей-Хатангский — 1,5–2,5 млрд т нефти.

Следует отметить, что коммерческая часть технически извлекаемых ресурсов ничтожна мала. Кроме того, учитывая низкие цены на нефть, добыча УВ будет заведомо нерентабельной. Не говоря ещё и об отсутствии необходимой инфраструктуры, технологий и удаленность потенциальных месторождений от центральных районов и нефте-газопроводов. Поэтому осуществление одного из «сланцевых» проектов (например, Колымо-Омолонского) в перспективе возможно обсуждать, исходя из необходимости развития технологий и технических средств освоения сланцевых нефти и газа в России и как будущий резерв для надежного обеспечения нефте-газопроводов Восточная Сибирь – Тихий океан.

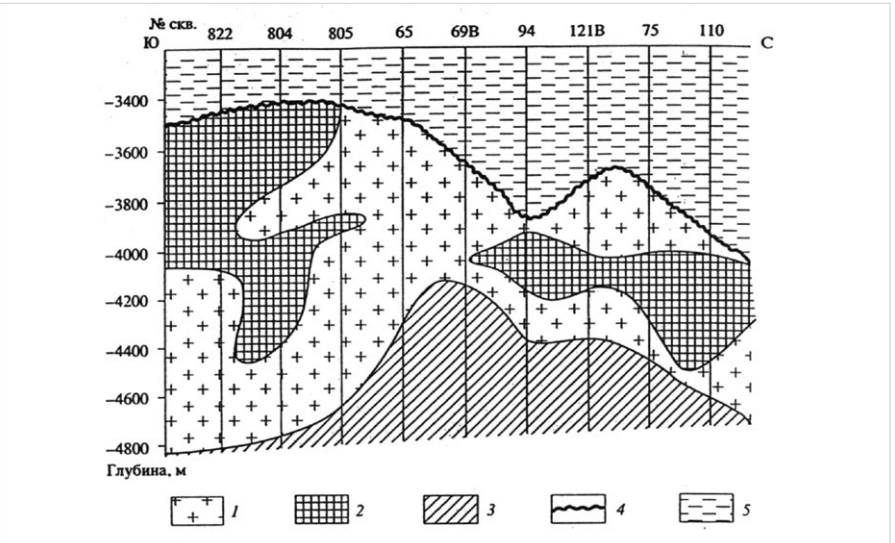

Рис. 2 — Схема распределения плотных (1), разуплотненных (с редкими притоками нефти, 2) и преобразованных с промышленными притоками нефти (3) пород фундамента месторождения Белый Тигр. 4 — поверхность фундамента, 5 — осадочные породы (Из работы А.Н. Дмитриевского [3])

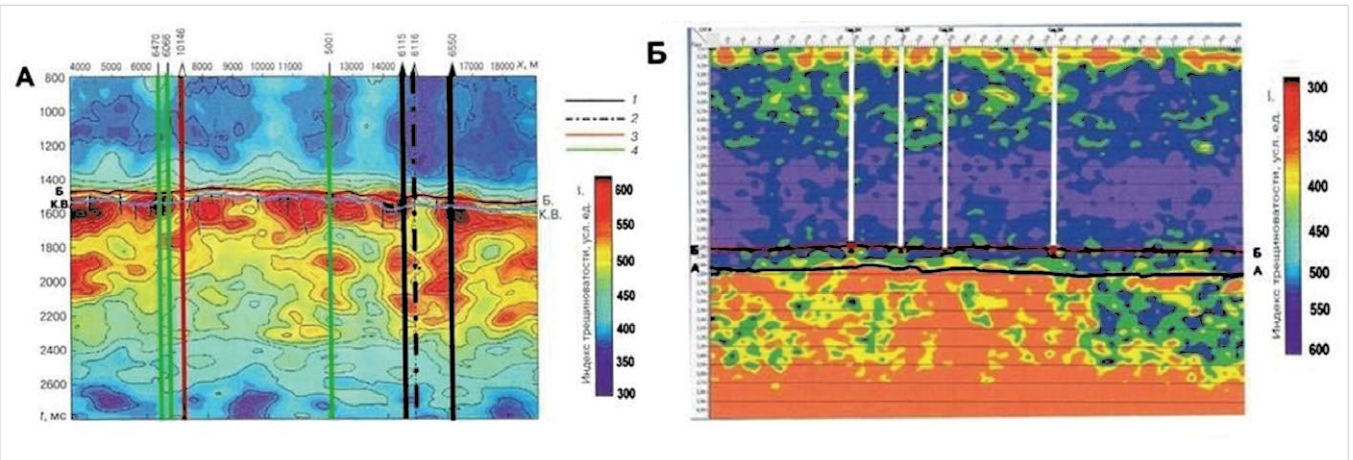

Рис. 3 — Картирование неоднородности фундамента (технология рассеянных волн сейсморазведки) на Северо-Даниловском (А) и Усть-Балыкском (Б) месторождениях
А – вертикальный разрез поля трещиноватости вдоль профиля с вынесенными скважинными результатами испытаний коры выветривания: 1 – приток нефти; 2 – пленка нефти; 3 – сухо; 4 – испытания не проводились (Ю.Л. Курьянов и др., 2008 г.)
Б – разрез энергии рассеянных волн, полученный методом волнового ОГТ (В.Н. Кремлев и др., 2008 г.)

Условия восполнения ресурсов нефти и газа в низкопроницаемых породах-коллекторах баженовской свиты

Уже 50 лет как открыта баженовская нефть (1967 г.) и 40 лет как начата разработка Верхне-Салымского месторождения (1974 г.). Однако по разным причинам освоение баженовской нефти начато только в последние годы.

По вероятностной количественной оценке А.Э. Конторовича [6] в районе распространения баженовской свиты в Западной Сибири (площадь более 1 млн км^2) сосредоточено 150–500 млрд т геологических ресурсов нефти, в том числе в «высокоёмких» коллекторах 120–400 млрд т. При условно принимаемом для бажена коэффициенте извлечения нефти 0,15 извлекаемые ресурсы составляют 18–60 млрд т.

Одна из ключевых первоочередных задач проблемы освоения ресурсов нефти бажена это разработка методики выявления и картирования нефтесодержащего объекта в баженовской свите, т.е. создание модели строения залежи.

В работах [4, 6, 7] и др. предпринята попытка создать качественные геологические модели баженовской свиты и выработать подходы к оценке ресурсов УВ в низкопроницаемых породах. По комплексу данных ГИС, керна, сейсморазведки и геохимических исследований предложена модель строения толщи, проведено выделение коллекторов с определением ФЕС пород, выявлены особенности строения пустотного пространства, установлена изменчивость разреза свиты по площади и разрезу, в том числе, за счет вторичных процессов (рис. 4). Предпринята попытка прогноза нефтеперспективной зоны по данным сейсморазведки и бурения.

По ресурсному потенциалу УВ, по имеющимся инфраструктуре и трудовым ресурсам региона, по наилучшей экономической эффективности среди новых направлений ГРР, по экологической составляющей, наличию вблизи месторождений нефте- и газопроводов отложения баженовской свиты в Западной Сибири являются, безусловно, приоритетным объектом прироста ресурсов нефти (газа), где в ближайшей и среднесрочной перспективе необходимо сосредоточить основные объемы ГРР.

Условия восполнения ресурсов нефти и газа в низкопроницаемых породах доманикового комплекса

Перспективные на нефть и газ доманиковые отложения позднего девона распространены на территории Европейской части России (в Тимано-Печорской и Волго-Уральской нефтегазоносных провинциях на Северном Кавказе). По результатам исследований в Тимано-Печорской НГП О.М. Прищепой [8] выделено два основных типа разреза, в которых отложения нефтеносны:

- карбонатный (склоновый) с битуминозными известняками и мергелями;
- глинисто-кремнисто-карбонатный, характеризующийся высокой битуминозностью.

Это породы с низкой проницаемостью (1,5–2 мД), они занимают обширные территории, при этом глубины их залегания изменяются от первых метров в Ухтинском районе до 4500 м в Предуральском прогибе.

В работе [5] приведены прогнозные оценки [US EIA (2013)] ресурсов в млрд т в нефтяном эквиваленте для бассейнов России с низкопроницаемыми породами-коллекторами:

- доманиковая свита — ТПП и Волго-Уральская провинция — 3,0–5,0 (нефть — 2,0–4,0 млрд т, газ — 1 трлн м^3);
- куанамский комплекс (восточная окраина Сибирской платформы) — 5,0–6,0 (нефть — 4,0–5,0 млрд т, газ —1,0 трлн м^3);
- кумская свита среднего эоцена (Северный Кавказ) — 1,0–2,0 (нефть — 0,5–1,0 млрд т, газ — 0,5–1,0 трлн м^3.

Освоение ресурсов нефти и газа вышеперечисленных низкопроницаемых формаций, расположенных в разных регионах России, характеризуется отсутствием разработанных надежных технологий прогноза, поисков, разведки и добычи углеводородов и низкой экономической эффективностью. Это направление ГРР, по нашему мнению, следует отнести ко второй очереди по приоритетности, после баженовской свиты и глубокозалегающих горизонтов.

Итоги

Ориентируясь на цифры, опубликованные центром добычи углеводородов Сколтеха, средний мировой КИН —30–35%, в России —20%, у Норвегии на шельфе — 50%. Необходимо не только ликвидировать отставание в технологиях, но и ужесточить государственный контроль над строгим выполнением лицензионных соглашений, рабочих технологических документов и рекомендаций ГКЗ Роснедр.

Аналогичные меры необходимо осуществить и в направлении добычи тяжелой, высоковязкой нефти и в направлении «реанимации» ранее пробуренных простаивающих скважин. Это направление среднесрочной перспективы, для его осуществления потребуется переход на новые технологии и технические средства, и, соответственно, необходимость значительных финансовых вложений.

Выводы

1. Стратегической задачей развития нефтегазового комплекса страны является создание новых и усовершенствование «старых» технологий прогноза, поиска, разведки и освоения месторождений нефти, газа и отечественных технических средств для работы со сложными (низкопроницаемыми, низкопоровыми) породами-коллекторами (баженитами, доманикитами, сланцами и др.), а также для повышения КИН и КИГ, для освоения месторождений тяжелой высоковязкой нефти.
2. Приоритетным направлением прироста ресурсов и запасов нефти и газа в ближайшей и среднесрочной перспективе является проведение ГРР в отложениях баженовской свиты Западной Сибири. Примыкает к этому направлению прирост ресурсов и запасов нефти в глубоких горизонтах: в доюрских отложениях, включая фундамент Западной Сибири и Восточной Сибири.
3. Необходимо продолжить ГРР в сложных низкопроницаемых породах-коллекторах как с целью прироста ресурсов и запасов нефти (газа), так и с задачей создания и совершенствования технических средств и технологий.

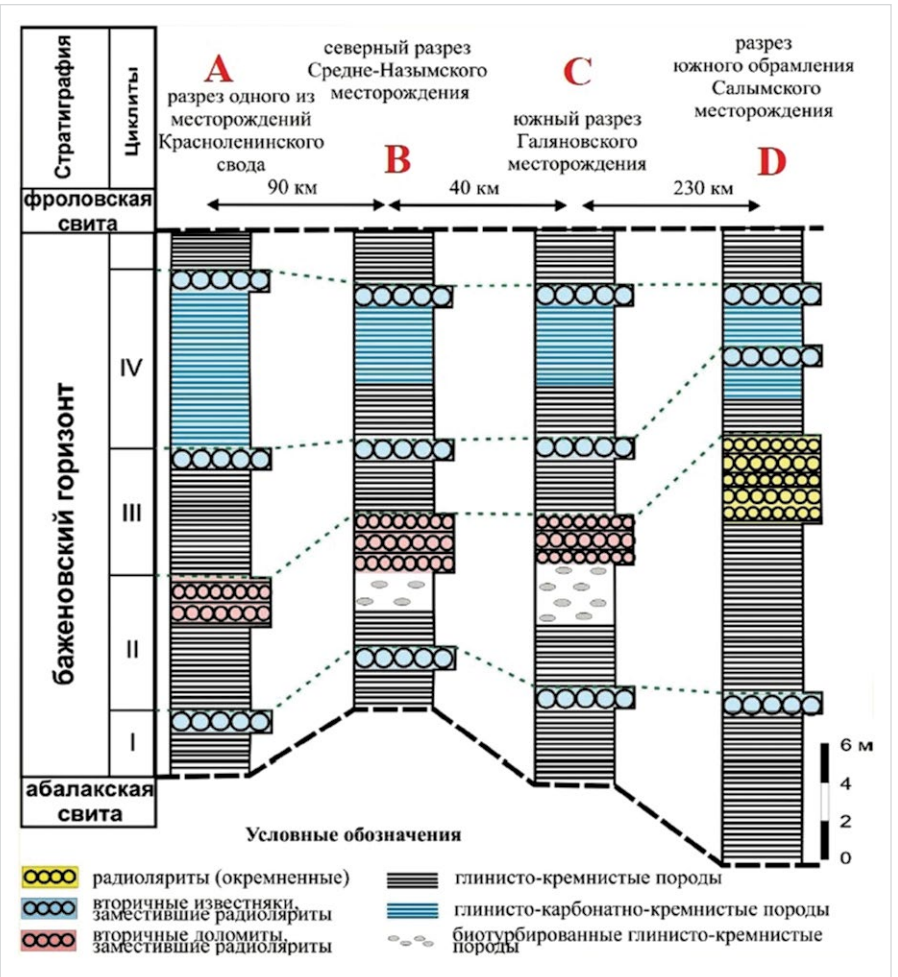

Рис. 4 — Изменчивость разреза баженовской свиты на площади (из работы В.Д. Немовой [7])

Список литературы
1. Белонин М.Д., Подольский Ю.В. Нефтегазовый потенциал России и возможности его реализации (оценки и прогнозы на основе имитационных технологий. СПб.: Недра, 2006. 374 с.
2. Варламов А.И. Перспективы наращивания минерально-сырьевой базы традиционных и трудноизвлекаемых углеводородов в России // Бурение и нефть. 2014. № 1. С. 18–22.
3. Дмитриевский А.Н., Шустер В.Л., Пунанова С.А. Доюрский комплекс Западной Сибири — новый этаж нефтегазоносности. Проблемы поисков, разведки и освоения месторождений углеводородов. LAP Lambert Academic Publishing, 2012, 135 с.
4. Дахнова М.В., Можегова С.В. Назарова Е.С., Пайзанская П.Л. Оценка запасов «сланцевой нефти» с использованием геохимических параметров // Геология нефти и газа. 2015. №4. С. 55–61.
5. Киселева Н.Л., Цветков Л.Д., Цветков Д.Л. Нефтегазоматеринские сланцевые толщи мира. Ярославль: Аверс Плюс, 2015. 492 с.
6. Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Гордеева А.О. и др. Баженовская свита - главный источник ресурсов нетрадиционной нефти России // Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. 2014. № 2 (10).
7. Немова Д.В., Атяшева Е.П., Панченко И.В., Бедретдинова Р.Ю. Эффективные подходы к изучению и прогнозу нефтегазоносности отложений баженовской свиты // Геология нефти и газа. 2014. №6. С. 36–47.
8. Прищепа О.М., Суханов А.А., Макарова И.Р. Подходы к оценке доманиковых отложений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции как нетрадиционных источников углеводородов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2014. Т.9. №4.
9. Прищепа О.М., Аверьянова О.Ю., Ильинский А.А., Мориириу Д. Нефть и газ низкопроницаемых сланцевых толщ — резерв сырьевой базы угводородов России. СПб.: ВНИГРИ, 2014. 323 с.

ENGLISH **GEOLOGY**

Strategic directions of development oil and gas complex in Russia

UDC 551

Authors:
Leyla A. Abukova — Sc.D., professor, director; abukova@ipng.ru
Vladimir L. Shuster — Sc.D., professor, chief research worker; tshuster@mail.ru

Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Abstract
The article presents the results of geological, economic, environmental, technological and social evaluation of new promising directions of exploration to increase hydrocarbon resources in Russia. The prospects of growth of the resources of deep-seated deposits, low-permeability reservoir rocks, offshore Northern seas.

Results
Focusing on the figures published by the hydrocarbon production center Skoltex, global average the oil recovery factor is 30–35%. 20% in Russia, Norwegian shelf — 50%, it is necessary not only to eliminate the technological lag behind, but also to increase state control over strict compliance with license agreements , working process documents and following recommendations by GKZ Rosnedr. Similar measures must be carried out in the direction of heavy drilling/extraction, high-viscosity oil as well as in direction of "intensive care" previously drilled wells idle. Current strategy of medium-term perspective requires transition and implementation of new technologies and technical means and accordingly; the significant financial investments.

Conclusions
1. The strategic goal of the of oil and gas national complex development is the creation of new and improvement of the "old" prediction technologies, exploration and development of oil, gas and domestic hardware to work with complex (low-permeability and porosity) reservoir rocks (bagenite, domanikite, shale, etc. .), as well as to increase the oil recovery factor and the gas recovery factor, with the major goal of deposit development of heavy high-viscosity oil.
2. The priority growth of resources and reserves of oil and gas in the short/medium terms is to conduct exploration in the sediments of the bagenite Formation in Western Siberia. Contiguous to current area resources; increases oil reserves in deep horizons: in the pre-Jurassic deposits, including the basement of Western Siberia and Eastern Siberia.
3. It is required to continue geological exploration in complex low-permeability reservoir rocks for both major reasons; to growth the resources and reserves of oil and gas and to accomplishing the mission of creating and improving technologies and technical means.

Keywords
oil, gas, shale, bagenite, basement, formation, prospects of oil and gas, resources

References
1. Belonin M.D., Podol'skiy Yu.V. *Neftegazovyy potentsial Rossii i vozmozhnosti ego realizatsii (otsenki i prognozy na osnove imitatsionnykh tekhnologiy* [Russian Oil and Gas potential and its realization opportunities (analysis and forecasting basing on imitation technologies)]. St. Petersburg: *Nedra*, 2006, 374 p.
2. Varlamov A.I. *Perspektivy narashchivaniya mineral'no-syr'evoy bazy traditsionnykh i trudnoizvlekaemykh uglevodorodov v Rossii* [Perspectives of build-up of raw material-mineral base of traditional and hardly extractable hydrocarbons in Russia]. *Burenie i neft'*, 2014, issue 1, pp. 18–22.
3. Dmitrievskiy A.N., Shuster V.L., Punanova S.A. *Doyurskiy kompleks Zapadnoy Sibiri — novyy etazh neftegazonosnosti. Problemy poiskov, razvedki i osvoeniya mestorozhdeniy uglevodorodov* [Pre-Jurasic West Syberian complex — new stage of oil and gas flow. Search, exploration and development issues of hydrocarbon fields]. Lap Lambert Academic Publishing, 2012, 135 p.
4. Dakhnova M.V., Mozhegova S.V., Nazarova E.S., Payzanskaya P.L. *Otsenka zapasov «slantsevoy nefti» s ispol'zovaniem geokhimicheskikh parametrov* [Evaluation of reserves of shale oil using geochemical parameters]. Oil and Gas geology, 2015, issue 4, pp. 55–61.
5. Kiseleva N.L., Tsvetkov L.D., Tsvetkov D.L. *Neftegazomaterinskie slantsevye tolshchi mira* [Shale oil and gas mainland stratum of the world]. Yaroslavl: *Avers Plus*, 2015, 492 p.
6. Kontorovich A.E., Burshteyn L.M., Gordeeva A.O. and oth. *Bazhenovskaya svita - glavnyy istochnik resursov netraditsionnoy nefti Rossii* [The Bazhenov suite is the main reserve of unconventional oil in Russia]. *Georesursy*, 2014, Vol. 2(10).
7. Nemova D.V., Atyasheva E.P., Panchenko I.V., Bedretdinova R.Yu. *Effektivnye podkhody k izucheniyu i prognozu neftegazonosnosti otlozheniy bazhenovskoy svity* [Efficient approaches to investigation and prediction of petroleum potential of the bazhenov suite deposits]. Oil and gas geology, 2014, issue 6, pp. 36–47.
8. Prishchepa O.M., Sukhanov A.A., Makarova I.R. *Podkhody k otsenke domanikovykh otlozheniy Timano-Pechorskoy neftegazonosnoy provintsii kak netraditsionnykh istochnikov uglevodorodov* [Approaches to evaluation of Domanik sequences of Timan-Pechora province as unconventional hydrocarbon source]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2014, Vol. 9, issue 4.
9. Prishchepa O.M., Aver'yanova O.Yu., Il'inskiy A.A., Moririu D. *Neft' i gaz nizkopronitsaemykh slantsevykh tolshch — rezerv syr'evoy bazy ugvodorodov* [Oil and gas is low-permeability shale strata - a reserve hydrocarbons resource base of Russia]. St. Petersburg: *VNIGRI*, 2014, 323 p.