

УДК 553.982

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ НЕФТЕЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Яценко Ирина Германовна¹,
sric@ipc.tsc.ru

Полищук Юрий Михайлович¹,
yupolishchuk@gmail.com

¹ Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук,
Россия, 634055, Томск, пр. Академический, 4.

Актуальность работы определяется недостаточной изученностью особенностей физико-химических показателей и условий залегания трудноизвлекаемых нефтей, рассматриваемых в качестве основной базы прироста нефтедобычи в среднесрочной перспективе ввиду истощения запасов легкодоступных нефтей, что затрудняет оценку перспектив и определение направлений развития отечественного нефтегазодобывающего комплекса.

Цель работы: изучение особенностей физико-химических свойств и условий залегания трудноизвлекаемых нефтей Арктической зоны России, относящихся к различным классам качества (низкого, среднего и высокого).

Методы исследования: методы статистического анализа и классификации данных для исследования особенностей различных классов качества трудноизвлекаемых нефтей; методы геоинформационных систем для пространственного анализа данных о физико-химических характеристиках и условиях их залегания.

Результаты работы. Ввиду отсутствия в научной литературе данных о свойствах трудноизвлекаемых нефтей Арктики приведенные в статье новые результаты о свойствах таких нефтей определяют научную новизну работы. На основе предложенного авторами индекса качества и обобщенной классификации нефтей проведен анализ выборочной совокупности объемом почти 1500 образцов трудноизвлекаемых нефтей из месторождений Российской Арктики. Разработана карта-схема размещения трудноизвлекаемых нефтей различных классов качества в Арктической зоне России. Изучены особенности физико-химических свойств трудноизвлекаемых нефтей низкого, среднего и высокого качества. Показано, что при переходе от класса 1 к классу 3 плотность, содержание серы, смол и асфальтенов в среднем увеличиваются, а содержание попутного нефтяного газа в нефти в среднем уменьшается. Содержание парафинов в нефти среднего качества проявляет максимум по сравнению с нефтями 1 и 3 классов, для которых среднее содержание парафинов практически одинаково. Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых и совершенствовании существующих методов и технологий нефтедобычи, транспортировки и переработки нефтей с аномальными физико-химическими свойствами либо нефтей с осложненными условиями залегания, относящихся к различным классам качества.

Ключевые слова:

Трудноизвлекаемые нефти, классификация нефтей, нефтегазоносный бассейн, геоинформационные системы, физико-химические свойства нефтей, индекс качества нефти, классы качества нефти.

Введение

Интерес, проявляемый сегодня как арктическими (Россия, США, Канада, Норвегия и Дания от имени Гренландии), так и неарктическими государствами к освоению природных ресурсов Арктики, огромен [1–12]. В минерально-сырьевой базе Арктики углеводороды являются главной в ресурсно-экономическом отношении группой полезных ископаемых. Ввиду сложных горно-геологических и геокриологических условий большая часть запасов нефти на обширных северных территориях и в акваториях северных морей относятся к трудноизвлекаемым [13–19]. Недостаточная изученность особенностей физико-химических показателей и условий залегания трудноизвлекаемых нефтей (ТИН), рассматриваемых в качестве основной базы прироста нефтедобычи в среднесрочной перспективе ввиду истощения запасов легкодоступных нефтей, затрудняет оценку перспектив и определение направлений развития отечественного нефтегазодобывающего комплекса. В связи с этим целью работы явилось изучение особенностей физико-химических свойств и условий залегания трудноизвлекаемых нефтей Арктической зоны России.

Общая характеристика нефтегазовых ресурсов Российской Арктики

Территория Арктической зоны России с границами секторов и с наложением карты нефтегазоносного районирования представлена на рис. 1. В Арктическую зону России (АЗР) принято включать часть Республики Саха (Якутия), регионы Мурманской и Архангельской областей, архипелаг Новая Земля Архангельской области, территории Таймырского, Ненецкого, Ямало-Ненецкого и Чукотского АО, части Республики Карелии и Республики Коми, а также земли, острова, внутренние моря и континентальный шельф (рис. 1). Общая площадь этой зоны превышает 30 % территории России [6, 9].

Российская Арктика, являясь регионом особых геополитических, экономических, оборонных, научных и социально-экономических интересов Российской Федерации, представляет важный нефтегазовый резерв государства, требующий серьезного внимания и крупных инвестиций в ближайшие 10–15 лет. Согласно работе [5], в которой дана оценка перспектив нефтегазоносности Российской Арктики, на ее территории размещены 70,6 млрд т

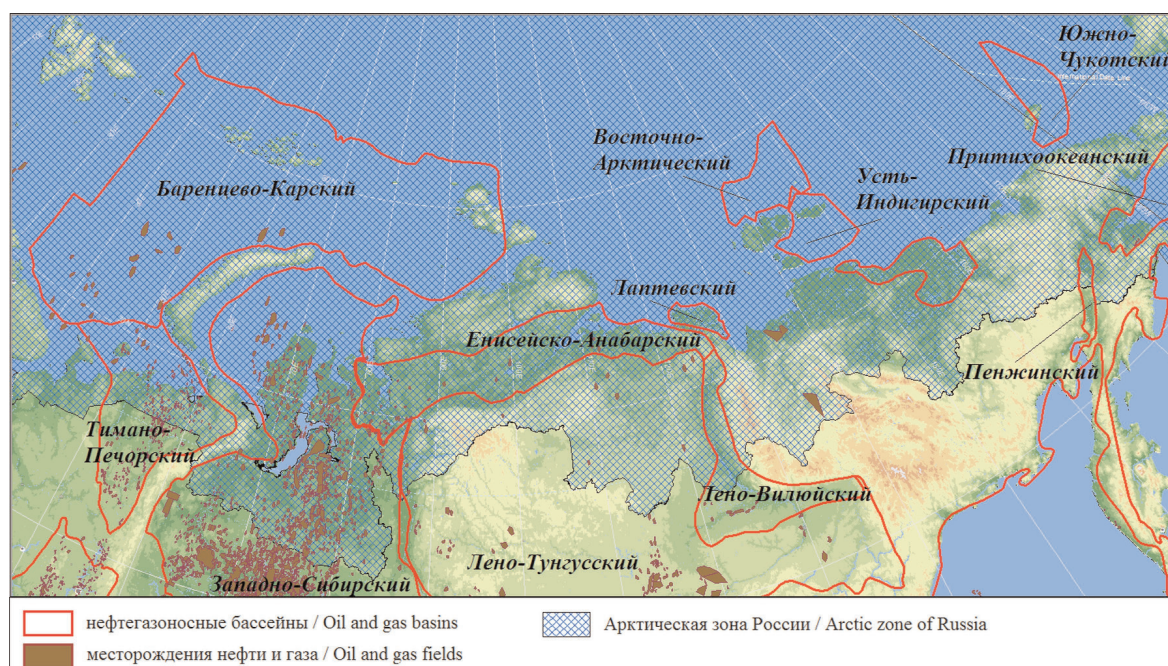


Рис. 1. Карта нефтегазоносности в Арктической зоне России

Fig. 1. Map of oil and gas potential in the Arctic zone of Russia

запасов нефти, 202, 2 трлн м³ запасов газа и 7,7 млрд т запасов конденсата, что в значительной степени обеспечивает будущее экономическое развитие страны.

Россия занимает одно из ведущих мест в мире среди арктических стран по своим запасам углеводородного сырья, доля которых составляет почти 3/4 от мировых арктических запасов. Согласно информации из базы данных (БД) по физико-химическим свойствам Института химии нефти СО РАН [20], в российской Арктике располагаются более 700 месторождений в границах Баренцево-Карского, Восточно-Арктического, Енисейско-Анабарского, Западно-Сибирского, Лено-Вилуйского, Лено-Тунгусского, Пенжинского, Притихоокеанского, Тимано-Печорского, Усть-Индигирского и Южно-Чукотского нефтегазоносных бассейнов. Созданная с применением геоинформационных технологий БД функционирует более двух десятилетий и содержит свыше 30000 описаний образцов нефтей мира, из которых почти 2900 образцов относятся к нефтям Арктической зоны России (из них около 1500 образцов трудноизвлекаемых нефтей).

Среди месторождений нефти на территории указанных нефтегазоносных бассейнов (НГБ) особо следует отметить уникальные и крупные по своим запасам месторождения: Пахтусовское в Баренцево-Карском бассейне, Уренгойское, Русское, Северо-Комсомольское, Суторминское, Ванкорское, Самбургское, Новопортовское и др. в Западно-Сибирском бассейне, Наульское, Возейское, Лаявожское, Харьятинское, Ярегское, Медынское-Море и др. в Тимано-Печорском бассейне, Байкаловское в Енисейско-Анабарском бассейне,

Оленекское в Лено-Тунгусском бассейне и т. д. [20, 21].

Анализ размещения арктических трудноизвлекаемых нефтей различного качества

Согласно [15, 20], трудноизвлекаемые нефти разделяются на две большие группы: с аномальными физико-химическими свойствами нефтяного сырья и с осложненными геологическими условиями залегания. Вторую группу трудноизвлекаемых нефтей, согласно [15], составляют нефти, заключенные в геологически сложнопостроенных пластах и залежах, в водонефтяных и газонефтяных зонах, в слабопроницаемых и низкопористых коллекторах, с аномально высокой либо аномально низкой пластовой температурой, а также нефти, размещенные на территории многолетней мерзлоты и на шельфах арктических морей [16–18].

Рассмотрим кратко методические вопросы проведения исследований. В нашей работе [22] было предложено использовать комплексный показатель для оценки качественных характеристик нефтей в нефтяных залежах месторождений и нефтеносных бассейнов. Этот подход был успешно применен в [22–26] для оценки и анализа закономерностей пространственных изменений качественных показателей нефтей на нефтеносных территориях разных регионов, стран и континентов. Для проведения исследований качественных особенностей разных видов трудноизвлекаемых нефтей на основе комплексного показателя качества в [27] был предложен индекс качества нефтей, который оказался достаточно удобным для ранжирования разных типов трудноизвлекаемых нефтей по уровню качества. С использованием индекса каче-

ства на основе информации из БД в [20] разработана классификация трудноизвлекаемых нефтей, в соответствии с которой разные виды ТИН разделены на три класса качества:

- Класс 1 – нефть высокого качества;
- Класс 2 – нефть среднего качества;
- Класс 3 – нефть низкого качества.

Представленная классификация ТИН по качеству позволяет провести анализ особенностей физико-химических свойств ТИН, относящихся к разным классам качества, изучить географию залегания разных типов ТИН на нефтеносных территориях и разработать карто-схемы пространственного размещения ТИН разных классов качества. Для иллюстрации на рис. 2 представлено распределение арктических месторождений с трудноизвлекаемыми нефтями, относящихся к 1-му классу качества. Как видно из рис. 2, трудноизвлекаемые нефти указанного класса встречаются в 111 месторождениях – больше всего месторождений находится в Западно-Сибирском бассейне, 27 месторождений – в Енисейско-Анабарском бассейне, 16 – в Тимано-Печорском и по 4 месторождения – в Баренцево-Карском и Притихоокеанском бассейнах.

Анализ размещения месторождений АРЗ с трудноизвлекаемыми нефтями, относящимися ко 2 классу качества, показал, что месторождений с такой нефтью в Российской Арктике выявлено 140, в Баренцево-Карском и Лено-Тунгусском месторождений с нефтью 2 класса нет. Большинство таких месторождений находится в Западной Сибири – 82 месторождения, а в Тимано-Печорском бассейне – 49, Енисейско-Анабарском – 6 и Притихоокеанском – 3 месторождения.

Установлено, что всего на территории Арктической зоны России размещается 89 месторождений с ТИН 3 класса качества, которые отличаются аномальностью своих физико-химических свойств. Большинство месторождений выявлено в Тимано-Печорском бассейне (47), в Западно-Сибирском бассейне – 31, в Енисейско-Анабарском – 6, в Притихоокеанском – 3, в Лено-Тунгусском – 2 месторождения. В Баренцево-Карском бассейне месторождений с нефтью 3 класса не установлено.

Пространственный анализ размещения месторождений с нефтью различного качества показал, что в 4 бассейнах (Енисейско-Анабарском, Западно-Сибирском, Притихоокеанском и Тимано-Печорском) встречаются нефти всех 3 классов качества. В указанных бассейнах месторождения с такими нефтями следующие: в Енисейско-Анабарском – Мессояхское, в Западно-Сибирском – Барсуковское, Бованенковское, Вынгапуровское, Новопортовское, Русское, Северо-Варьганское, Северо-Губкинское, Северо-Комсомольское, Тазовское и Тарасовское, в Притихоокеанском бассейне таких месторождений два – Верхне-Телекайское и Верхне-Эчинское, в Тимано-Печорском – Медынское-Море, Северо-Сарембойское, Седьягинское, Тобойское, Харьягинское и Южно-Торавейское.

Анализ особенностей физико-химических свойств трудноизвлекаемых нефтей различных классов качества

В табл. 1 представлены физико-химические свойства нефти 1-го класса качества. В среднем эти нефти легкие, с отрицательной температурой замерзания, но высоковязкие. В то же время они являются малосернистыми, малосмолистыми, малоасфальтеновыми, среднепарафинистыми, с высоким содержанием нефтяного газа, обеднены содержанием тяжелых металлов и агрессивных компонентов (углекислота и сероводород).

Таблица 1. Физико-химические свойства арктических нефтей 1 класса качества

Table 1. Physical and chemical properties of Arctic oil of quality class 1

Физико-химические показатели Physical and chemical indicators	Среднее значение Average value	Объем выборки Sample size
Плотность, г/см ³ Density, g/cm ³	0,8326	58
Вязкость при 20 °С, мм ² /с Viscosity at 20 °C, mm ² /s	1694,34	34
Температура застывания, °С Gelation temperature, °C	–27,31	30
Содержание серы, мас. % Sulfur content, wt. %	0,24	41
Содержание парафинов, мас. % Paraffin content, wt. %	4,43	34
Содержание смол, мас. % Resin content, wt. %	5,70	29
Содержание асфальтенов, мас. % Asphaltene content, wt. %	0,61	17
Газосодержание, м ³ /т Gas content in oil, m ³ /t	861,61	15
Коксуемость, мас. % Conversion to coke, wt. %	1,19	3
Содержание ванадия, мас. % Vanadium content, wt. %	0,0022	26
Содержание никеля, мас. % Nickel content, wt. %	0,0009	23
Содержание углекислоты, мас. % Carbon dioxide content, wt. %	0,72	8
Содержание сероворода, мас. % Hydrogen sulfide content, wt. %	–	–

Приведем результаты анализа особенностей свойств трудноизвлекаемых нефтей, относящихся к классу среднего качества. Вычисленные средние значения физико-химических характеристик трудноизвлекаемых нефтей 2 класса представлены в табл. 2, в которой видно, что рассматриваемые нефти «среднего качества» значительно отличаются от свойств нефти 1 класса. Нефти 2 класса имеют большую плотность и относятся к нефтям со средней плотностью (от 0,84 до 0,88 г/см³) и с положительной температурой застывания (увеличение температуры в среднем на 34 °С). Вязкость нефти уменьшилась в 12 раз по сравнению с 1-м классом, но все равно остается достаточно высокой, что позволяет относить эти нефти к высоковязким.

Fig. 2. Layout of oil fields with high-quality oils in the Arctic

Table 3. Physical and chemical properties of Arctic oil of quality class 3

Table 2. Physical and chemical properties of Arctic oil of quality class 2

Физико-химические показатели Physical and chemical indicators	Среднее значение Average value	Объем выборки Sample size
Плотность, г/см ³ Density, g/cm ³	0,8477	463
Вязкость при 20 °С, мм ² /с Viscosity at 20 °C, mm ² /s	134,20	217
Температура застывания, °С Gelation temperature, °C	7,74	95
Содержание серы, мас. % Sulfur content, wt. %	0,49	389
Содержание парафинов, мас. % Paraffin content, wt. %	9,05	441
Содержание смол, мас. % Resin content, wt. %	4,52	330
Содержание асфальтенов, мас. % Asphaltene content, wt. %	1,35	292
Газосодержание, м ³ /т Gas content in oil, m ³ /t	91,94	374
Коксуемость, мас. % Conversion to coke, wt. %	1,80	22
Содержание ванадия, мас. % Vanadium content, wt. %	0,0014	34
Содержание никеля, мас. % Nickel content, wt. %	0,0161	32
Содержание углекислоты, мас. % Carbon dioxide content, wt. %	0,53	121
Содержание сероворода, мас. % Hydrogen sulfide content, wt. %	1,47	12

Физико-химические показатели Physical and chemical indicators	Среднее значение Average value	Объем выборки Sample size
Плотность, г/см³ Density, g/cm³	0,9206	552
Вязкость при 20 °С, мм²/с Viscosity at 20 °C, mm²/s	1223,96	290
Температура застывания, °С Gelation temperature, °C	-4,87	98
Содержание серы, мас. % Sulfur content, wt. %	1,74	433
Содержание парафинов, мас. % Paraffin content, wt. %	3,87	287
Содержание смол, мас. % Resin content, wt. %	11,87	266
Содержание асфальтенов, мас. % Asphaltene content, wt. %	5,15	261
Газосодержание, м³/т Gas content in oil, m³/t	49,16	25
Коксуемость, мас. % Conversion to coke, wt. %	2,87	22
Содержание ванадия, мас. % Vanadium content, wt. %	0,0081	173
Содержание никеля, мас. % Nickel content, wt. %	0,0219	147
Содержание углекислоты, мас. % Carbon dioxide content, wt. %	0,67	9
Содержание сероворода, мас. % Hydrogen sulfide content, wt. %	0,76	5

67

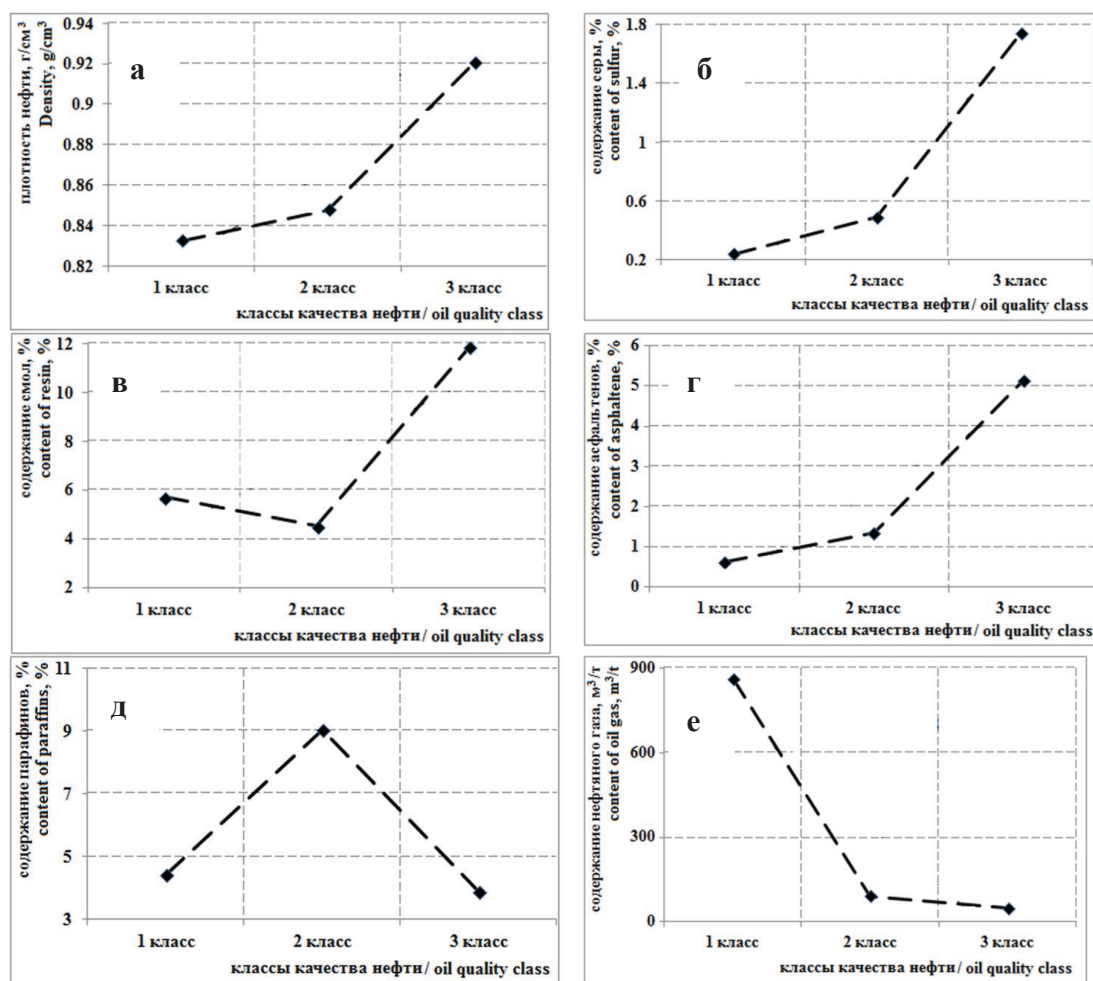


Рис. 3. Изменение плотности (а), содержания серы (б), смол (в), асфальтенов (г), парафинов (д) и нефтяного газа (е) в арктических нефтях в зависимости от класса качества

Fig. 3. Density (a), sulfur (б), resin (в), asphaltene (г), paraffins (д) and oil gas (е) in Arctic oils depending on quality class

ные отличия от свойств нефтей 1 и 2 классов. В среднем данные нефти тяжелые (с плотностью 0,92...0,96 г/см³), высоковязкие, сернистые (содержание серы 1,00...3,00 %), среднепарафинистые, среднесмолистые и среднеасфальтеновые, обеднены нефтяным газом, с высоким содержанием тяжелых металлов (табл. 3).

Проведем сравнительный анализ свойств нефтей разных классов. Результаты анализа представлены графически на рис. 3, где ромбики показывают средние значения анализируемых показателей. Как видно из рис. 3, тенденция увеличения плотности, содержания серы, смол, асфальтенов наблюдается при изменении класса качества нефти от «высокого» к «низкому» (рис. 3, а–г). Противоположная тенденция, а именно уменьшение среднего значения при изменении качества ТИН при переходе от 1-го класса к 3-му классу, отмечена на графике содержания попутного нефтяного газа (рис. 3, е). Содержание парафинов в нефти среднего качества проявляет максимум по сравнению с нефтями 1 и 3 классов, для которых среднее содержание парафинов практически одинаково (рис. 3, д).

Заключение

Представлены новые результаты исследования особенностей физико-химических свойств трудноизвлекаемых нефтей различных классов качества в Арктической зоне России. Анализ проведен с использованием обширного массива данных о свойствах нефти, полученных из базы данных Института химии нефти СО РАН. Объем выборки составил 2872 образца нефтей, более половины которых (около 1500) относилась к трудноизвлекаемым нефтям. С использованием предложенного авторами индекса качества массив данных о ТИН был разделен на 3 подмассива, включающих образцы ТИН высокого, среднего и низкого качества. Полученные данные использованы для разработки картосхемы размещения трудноизвлекаемых нефтей различных классов качества в Арктической зоне России. Для каждого из подмассивов данных были определены средние значения физико-химических характеристик, сопоставление которых позволило выявить особенности свойств ТИН разного качества. Показано, что плотность, содержание серы, смол и асфальтенов в среднем увеличиваются при

переходе от класса 1 к классу 3, а содержаниепутного нефтяного газа в нефти в среднем уменьшается. Максимальное содержание парафинов обнаруживается у нефтей среднего качества по сравнению с нефтями 1 и 3 классов, для которых среднее содержание парафинов оказалось практически одина-

ковым. Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых и усовершенствовании существующих методов и технологий нефтедобычи, транспортировки, а также для оценки перспектив и определения направлений развития отечественного нефтегазодобывающего комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sidortsov R. A perfect moment during imperfect times: Arctic energy research in a low-carbon era // *Energy Research & Social Science*. – 2016. – V. 16. – P. 1–7.
2. Harsem O., Eide A., Heen K. Factors influencing future oil and gas prospects in the Arctic // *Energy Policy*. – 2011. – V. 39. – № 12. – P. 8037–8045.
3. Piskarev A.L., Shkatov M.Yu. Potential Oil-and-Gas Presence in the Sedimentary Basins of the Arctic Seas of Russia as Compared with the Largest Developed Basins of the World Ocean // *Developments in Petroleum Science*. – 2012. – V. 58. – P. 197–276.
4. Арктический вектор геологических исследований: нефтегазовые и минерально-сырьевые ресурсы / А.М. Асхабов, И.Н. Бурцев, С.К. Кузнецов, Н.Н. Тимонина // *Вестник Института геологии Коми НЦ Уро РАН*. – 2014. – № 9. – С. 3–10.
5. Конторович А.Э. Энергоресурсы Российского сектора Арктики, главные направления и методы их освоения // *Научно-технические проблемы освоения Арктики*. Научная сессия Общего собрания членов РАН 16 декабря 2014 г. – М.: Наука, 2014. – С. 31–39.
6. Бортников Н.С. Стратегические минеральные ресурсы российской Арктики и проблемы их освоения // *Научно-технические проблемы освоения Арктики*. Научная сессия Общего собрания членов РАН 16 декабря 2014 г. – М.: Наука, 2014. – С. 40–47.
7. Kaminsky V.D., Suprunenko O.I., Smirnov A.N. Mineral Resources of the Russian Arctic Continental Margin and Prospects for their Development // *The Arctic: ecology and economy*. – 2014. – № 3 (15). – С. 52–61.
8. Laverov N.P., Bogoyavlensky V.I., Bogoyavlensky I.V. Fundamental aspects of the rational development of oil and gas resources of the Arctic and Russian shelf: strategy, prospects and challenges // *The Arctic: ecology and economy*. – 2016. – № 2 (22). – P. 4–13.
9. Рудский В.В. Экология и природопользование российской Арктики: состояние, проблемы, перспективы // *Северный регион: наука, образование, культура*. – 2015. – № 2. – С. 187–198.
10. Ткачев Б.П. Риски природопользования нефтегазодобывающих регионов Севера (Арктика) // *Северный регион: наука, образование, культура*. – 2015. – № 2. – С. 210–215.
11. Kaminskii V.D., Suprunenko O.I., Suslova V.V. The continental shelf of the Russian Arctic region: the state of the art in the study and exploration of oil and gas resources // *Russian Geology and Geophysics*. – 2003. – V. 52. – № 8. – P. 760–767.
12. Geology and hydrocarbon resources of the continental shelf in Russian Arctic seas and the prospects of their development / A.E. Kontorovich, M.I. Epov, L.M. Burshtein, V.D. Kaminskii, A.R. Kurchikov, N.A. Malyshev, O.M. Prischepa, A.F. Safronov, A.V. Stupakova, O.I. Suprunenko // *Russian Geology and Geophysics*. – 2010. – V. 51. – № 1. – P. 3–11.
13. Пуртова И.П., Вариченко А.И., Шпуров И.В. Трудноизвлекаемые запасы нефти. Терминология. Проблемы и состояние освоения в России // *Наука и ТЭК*. – 2011. – № 6. – С. 21–26.
14. Ибраев В.И. Прогнозирование напряженного состояния коллекторов и флюидоупоров нефтегазовых залежей в Западной Сибири. – Тюмень: ОАО «Тюменский дом печати», 2006. – 208 с.
15. Лисовский Н.Н., Халимов Э.М. О классификации трудноизвлекаемых запасов // *Вестник ЦКР Роснедра*. – 2009. – № 6. – С. 33–35.
16. Халимов Э.М. Геотехнологии разведки и разработки нефтяных месторождений. Избранные труды (1958–2000 гг.). – М.: ИГиРГИ, 2001. – 656 с.
17. Халимов Э.М. Концепция дифференцированной ставки налога на добычу полезных ископаемых // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. – 2004. – № 11. – С. 44–50.
18. Lukyanov E.E., Trenin Yu.A., Derevyagin A.A. Reliability of Geological and Geophysical Information for Oil Reserves Evaluation // *Electronic scientific journal «Oil and Gas Business»*. – 2008. – № 1. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Lukyanov/Lukyanov_1.pdf (дата обращения: 26.02.2017).
19. Якуцени С.П. Распространенность углеводородного сырья, обогащенного тяжелыми элементами-примесями. Оценка экологических рисков. – СПб.: Изд-во «Недра», 2005. – 372 с.
20. Яценко И.Г., Полищук Ю.М. Трудноизвлекаемые нефти: физико-химические свойства и закономерности размещения / под ред. А.А. Новикова. – Томск: В-Спектр, 2014. – 154 с.
21. Polishchuk Yu.M., Yashchenko I.G. Heavy oils: Regularities of spatial distribution // *Neftyanoe Khozyaistvo – Oil Industry*. – 2006. – № 2. – P. 110–113.
22. Polichtchouk Y.M., Yashchenko I.G. Analysis of Eurasian oils quality // *Neftyanoe Khozyaistvo – Oil Industry*. – 2002. – № 1. – P. 66–68.
23. Полищук Ю.М., Яценко И.Г. Сравнительный анализ качества российской нефти // *Технологии ТЭК*. – 2003. – № 3. – С. 51–56.
24. Ибрагим Асаад М. Али, Бойченко С.В., Кочирко Б.Ф. Сравнительный анализ свойств нефтей месторождений Ирака, России и Украины // *Нефтепереработка и нефтехимия*. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2013. – № 9. – С. 7–12.
25. Крицкая Е.Б., Чиж Д.В. Изучение изменений физико-химических параметров нефтей Предкавказья // *Вестник Воронежского государственного университета*. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2013. – № 1. – С. 21–23.
26. Yashchenko I.G., Polishchuk Yu.M. Statistical Analysis of Quality of Hard-to-recover Oils // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. – 2015. – V. 326. – № 4. – P. 56–66.
27. Яценко И.Г., Полищук Ю.М. Сравнительный анализ качества трудноизвлекаемых нефтей // *Газовая промышленность*. – 2015. – № 5 (722). – С. 18–23.

Поступила 18.04.2017 г.

Информация об авторах

Яценко И.Г., кандидат геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефти» Института химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук.

Полищук Ю.М., доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук.

UDC 553.982

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF HARD-TO-RECOVER OILS OF RUSSIAN ARCTIC

Irina G. Yashchenko¹,

sric@ipc.tsc.ru

Yuri M. Polishchuk¹,

yupolishchuk@gmail.com

¹ Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
4, Akademicheskoy Avenue, 634055, Tomsk, Russia.

The relevance of the work is determined by insufficient knowledge of the features of physical and chemical parameters and the conditions of occurrence of hard-to-recover oils, considered as the main base of oil production growth in the medium term due to the depletion of easily accessible oils, making it difficult to assess the prospects and identify the areas of development of domestic oil and gas complex.

The main aim of the research is to study the features of physical and chemical properties and the conditions of occurrence of hard oils of Arctic zone in Russia, belonging to different quality classes (low, medium and high).

The methods used in the study: methods of statistical analysis and classification of data for studying the characteristics of hard-to-recover oils of different classes of quality; methods of geographic information systems for spatial analysis of data on physical and chemical characteristics and the conditions of their occurrence.

The results. Due to the absence of the data on the properties of hard-to-recover oil in the Arctic in scientific literature, the new results on the properties of such oils in the article determine the scientific novelty of the work. Based on the proposed quality index and generalized classification of data the analysis was carried out in volume of almost 1,500 samples of hard-to-recover oils in the oilfields of Russian Arctic. The authors have developed the schematic map of placing hard-to-recover oils of different quality classes in the Arctic zone of Russia and studied the features of physicochemical properties of hard-to-recover oils of low, medium and high quality. It is shown that the growth of oil quality is accompanied by increasing in average density, the content of sulfur, asphaltene and resin and decreasing in average the content of oil gas. Wax content in oils of the 2nd class exhibits the maximum value compared with those of the first and third classes for which the average content of paraffins is almost equal. The research results can be used in development of new and improvement of existing methods and technologies of oil extraction, refining and transportation of oil with abnormal physical and chemical properties or the oils with complicated conditions of occurrence, belonging to different quality classes.

Key words:

Hard-to-recover oils, oil classification, oil-bearing basin, geoinformation systems, physical and chemical oil properties, index of oil quality, oil quality class.

REFERENCES

1. Sidortsov R. A perfect moment during imperfect times: Arctic energy research in a low-carbon era. *Energy Research & Social Science*, 2016, vol. 16, pp. 1–7.
2. Harsem O., Eide A., Heen K. Factors influencing future oil and gas prospects in the Arctic. *Energy Policy*, 2011, vol. 39, no. 12, pp. 8037–8045.
3. Piskarev A.L., Shkatov M.Yu. Potential Oil-and-Gas Presence in the Sedimentary Basins of the Arctic Seas of Russia as Compared with the Largest Developed Basins of the World Ocean. *Developments in Petroleum Science*, 2012, vol. 58, pp. 197–276.
4. Ashabov A.M., Burtsev I.N., Kuznetsov S.K., Timonina N.N. Arktichesky vektor geologicheskikh issledovaniy: neftegazovye i mineralno-syrevye resursy [Arctic vector of geological surveys: oil, gas and mineral resources]. *Vestnik Instituta geologii Komi NC Uro RAN*, 2014, no. 9, pp. 3–10.
5. Kontorovich A.E. Energoresursy Rossiyskogo sektora Arktiki, glavnye napravleniya i metody ikh osvoeniya [Energy resources of the Russian sector of the Arctic, the main directions and methods of their development]. *Nauchno-tehnicheskie problemy osvoeniya Arktiki. Nauchnaya sessiya Obshchego sobraniya chlenov RAN 16 dekabrya 2014 g.* [Problems in the Arctic exploration. Scientific session of the meeting for the members of the RAS. 16 December 2014]. Moscow, Nauka Publ., 2014. pp. 31–39.
6. Bortnikov N.S. Strategicheskie mineralnye resursy rossiyskoy Arktiki i problemy ikh osvoeniya [Strategic mineral resources of the Russian Arctic and problems of their development]. *Nauchno-tehnicheskie problemy osvoeniya Arktiki. Nauchnaya sessiya Obshchego sobraniya chlenov RAN 16 dekabrya 2014 g.* [Problems in the Arctic exploration. Scientific session of the meeting for the members of the RAS. 16 December 2014]. Moscow, Nauka Publ., 2014. pp. 40–47.
7. Kaminsky V.D., Suprunenko O.I., Smirnov A.N. Mineral Resources of the Russian Arctic Continental Margin and Prospects for their Development. *The Arctic: ecology and economy*, 2014, no. 3 (15), pp. 52–61.
8. Laverov N.P., Bogoyavlensky V.I., Bogoyavlensky I.V. Fundamental aspects of the rational development of oil and gas resources of the Arctic and Russian shelf: strategy, prospects and challenges. *The Arctic: ecology and economy*, 2016, no. 2 (22), pp. 4–13.
9. Rudsky V.V. Ekologiya i prirodopolzovanie rossiyskoy Arktiki: sostoyanie. Problemy, perspektivy [Ecology and nature management of the Russian Arctic: status, problems, prospects]. *Severnyy region: nauka, obrazovanie, kultura*, 2015, no. 2, pp. 187–198.
10. Tkachev B.P. Riski prirodopolzovaniya neftegazodobyvayushchikh regionov Severa (Arktika) [Risks of environmental management of oil and gas producing regions of the North (the Arctic)]. *Severnyy region: nauka, obrazovanie, kultura*, 2015, no. 2, pp. 210–215.
11. Kaminskii V.D., Suprunenko O.I., Suslova V.V. The continental shelf of the Russian Arctic region: the state of the art in the study and exploration of oil and gas resources. *Russian Geology and Geophysics*, 2003, vol. 52, no. 8, pp. 760–767.
12. Kontorovich A.E., Epov M.I., Burshtein L.M., Kaminskii V.D., Kurchikov A.R., Malyshev N.A., Prischepa O.M., Safronov A.F., Stupakova A.V., Suprunenko O.I. Geology and hydrocarbon resources of the continental shelf in Russian Arctic seas and the

- prospects of their development. *Russian Geology and Geophysics*, 2010, vol. 51, no. 1, pp. 3–11.
13. Purtov I.P., Varichenko A.I., Shpurov I.V. Trudnoizvlekaemye zapasy nefiti. Terminologiya. Problemy i sostoyanie osvoeniya v Rossii [The reserves of hard-to-recover oil. Terminology. Problems and the state of development in Russia]. *Nauka i TJeK*, 2011, no. 6, pp. 21–26.
 14. Ibraev V.I. Prognozirovaniye napryazhennogo sostoyaniya kollektorov i flyuidoprovov neftegazovykh zalezhey v Zapadnoy Sibiri [Prediction of the stress state of collectors and immobile fluid of oil and gas deposits in Western Siberia]. Tyumen, Tyumenskiy dom pechati Publ., 2006. 208 p.
 15. Lisovskiy N.N., Khalimov E.M. O klassifikazii trudnoizvlekaemykh zapasov [Classification of difficult oil]. *Vestnik ZKR Rosnedra*, 2009, no. 6, pp. 33–35.
 16. Khalimov E.M. Geotekhnologii razvedki i razrabotki neftyanykh mestorozhdeniy [Geotechnology of exploration and development of oil fields]. *Izbrannye trudy (1958–2000 gg.)* [Selectas 1958–2000]. Moscow, IGIRGI Publ., 2001. 656 p.
 17. Khalimov E.M. Kontseptsiya differentsirovannoy stavki naloga na dobychu poleznykh iskopaemykh [The concept of differentiated tax rate on mining mineral]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2004, no. 11, pp. 44–50.
 18. Lukyanov E.E., Trenin Yu.A., Derevyagin A.A. Reliability of Geological and Geophysical Information for Oil Reserves Evaluation. *Electronic scientific journal «Oil and Gas Business»*, 2008, no. 1. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Lukyanov/Lukyanov_1.pdf (accessed 26 February 2017).
 19. Yakutseni S.P. Rasprostranennost uglevodorodnogo syrya, obogashchennogo tyazhelyimi elementami-primesyami. Ozenka ekologicheskikh riskov [Prevalence of hydrocarbons enriched with heavy elements impurities. Environmental risk assessment]. St-Petersburg, Nedra Publ., 2005. 372 p.
 20. Yashchenko I.G., Polishchuk Yu.M. Trudnoizvlekaemye nefiti; fiziko-khimicheskie svoystva i zakonomernosti razmeshcheniya [Hard-to-recover oil: physico-chemical properties and patterns of distribution]. Ed. by A.A. Novikov. Tomsk, V-Spektr Publ., 2014. 154 p.
 21. Polishchuk Yu.M., Yashchenko I.G. Heavy oils: Regularities of spatial distribution. *Neftyanoe Khozyaistvo – Oil Industry*, 2006, no. 2, pp. 110–113.
 22. Polichtchouk Y.M., Yashchenko I.G. Analysis of Eurasian oils quality. *Neftyanoe Khozyaistvo – Oil Industry*, 2002, no. 1, pp. 66–68.
 23. Polishchuk Yu.M., Yashchenko I.G. Sravnitelny analiz kachestva rossiyskoy nefiti [Comparative analysis of the quality of Russian oil]. *Tekhnologii TEK*, 2003, no. 3, pp. 51–56.
 24. Ibrahim Asaad M. Ali, Boychenko S.V., Kochirko B.F. Sravnitelny analiz svoystv neftey mestorozhdeniy Iraka, Rossii i Ukrainy [Comparative analysis of the properties of the oil fields of Iraq, Russia and Ukraine]. *Refining and Petrochemicals. Scientific and technical achievements and advanced experience*, 2013, no. 9, pp. 7–12.
 25. Kritskaya E.B., Chizh D.V. Izuchenie izmeneniy fiziko-khimicheskikh parametrov neftey Predkavkazya [Study of changes in physico-chemical parameters of oil of the Caucasus]. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2013, no. 1, pp. 21–23.
 26. Yashchenko I.G., Polishchuk Yu.M. Statistical Analysis of Quality of Hard-to-recover Oils. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2015, vol. 326, no. 4, pp. 56–66. In Rus.
 27. Yashchenko I.G., Polishchuk Yu.M. Sravnitelny analiz kachestva trudnoizvlekaemykh neftey [Comparative analysis of quality of hard-to-recover oils]. *Gazovaya Promyshlennost*, 2015, no. 5 (722), pp. 18–23.

Received: 18 April 2017.

Information about the authors

Irina G. Yashchenko, Cand. Sc., head of the laboratory, Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

Yuri M. Polishchuk, Dr. Sc., professor, principal researcher, Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.