

Исследование состава и свойств нефти Ичёдинского месторождения

© О.В. Белозерова, В.В. Коваленко, Э.В. Шакирова

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация

Резюме: Представлены результаты исследования особенностей химического состава и товарных свойств нефти Ичёдинского месторождения. Построен график атмосферной перегонки, по кривой истинных температур кипения определено потенциальное содержание товарных фракций. Данные нефти были исследованы по индивидуальному углеводородному составу широкой бензиновой фракции, что позволило рассчитать ее групповой состав, который представлен следующими углеводородными соединениями: алкановые – 53,12% отн., циклоалкановые – 27,21% отн., ароматические – 18,45% отн. По содержанию серы нефть Ичёдинского месторождения относится к первому классу – малосернистая. Одной из особенностей нефти данного месторождения является ее неспособность образовывать устойчивые эмульсии, так как в составе имеется низкое содержание твердых парафинов. Также представлены искусственные эмульсии с добавлением пластовой воды к нефти с получением 30% обводненности. Готовая эмульсия исследовалась двумя способами: анализ проводился в процессе гравитационного отстаивания в течение 120 мин при температуре 50 °С, а также с помощью прибора LUMiFuge. Таким образом, в ходе исследований установлено, что нефть Ичёдинского месторождения малосернистая, легкая, с высоким содержанием светлых дистиллятов. Известно, что низкое содержание серы приводит к меньшей коррозии промышленного оборудования и, как следствие, к меньшим затратам на поставку нефти потребителю. Такие нефти являются высококачественным и перспективным сырьем для производства нефтепродуктов.

Ключевые слова: Ичёдинское нефтяное месторождение, углеводороды, алканы, нафтенy, арены, бензиновая фракция, эмульсии

Информация о статье: Дата поступления 13 июня 2019 г.; дата принятия к печати 31 августа 2020 г.; дата онлайн-размещения 30 сентября 2020 г.

Для цитирования: Белозерова О.В., Коваленко В.В., Шакирова Э.В. Исследование состава и свойств нефти Ичёдинского месторождения. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10. N 3. С. 522–528. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-3-522-528>

Study of the composition and properties of crude oil mined at the Ichyodinskoye field

Olga V. Belozerova, Valentin V. Kovalenko, Elvira V. Shakirova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract: This study was aimed at investigating the chemical composition and commercial properties of crude oil mined at the Ichyodinskoye field. A graph of atmospheric distillation was constructed. The content of commercial fractions was determined from the curve of true boiling temperatures. The obtained data were analysed according to the hydrocarbon composition of the gasoline fraction, which was found to comprise alkane, cycloalkane and aromatic compounds in the amount of 53.12%, 27.21% and 18.45%, respectively. In terms of sulphur, the oil mined at the Ichyodinskoye field is considered to be low-sulphur, thus belonging to the 1st class. A distinctive feature of this oil consists in its inability to form stable emulsions due to a low content of solid paraffins in its composition. In the study, artificial emulsions of the oil and deposit water with a watercut value of 30% were obtained. The developed emulsions were investigated by analysing the process of gravitational settling for 120 min at a temperature of 50 °C, as well as using a LUMiFuge device. It was found that the oil mined at the Ichyodinskoye field is low-sulphur and light, containing a high content of light distillates. It is known that low-sulphur oils are safer for field equipment in terms of corrosion, thereby decreasing costs of supplying oil to consumers. Such oils are a high-quality and promising raw material for the production of oil products.

Keywords: Ichyodinskoye oil field, hydrocarbons, alkanes, naphthenes, arenes, gasoline fraction, emulsions

Information about the article: Received June 13, 2019; accepted for publication August 31, 2020; available online September 30, 2020.

For citation: Belozerova OV, Kovalenko VV, Shakirova EV. Study of the composition and properties of crude oil mined at the Ichyodinskoye field *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2020;10(3):522–528. (In Russian) <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-3-522-528>

ВВЕДЕНИЕ

Подготовка нефти на промыслах занимает промежуточное положение среди основных процессов, связанных с добычей, сбором и транспортированием товарной нефти потребителю. От того, как нефть подготовлена, зависят эффективность и надежность работы магистрального трубопровода. Перекачка вместе с нефтью 1–2% балласта в виде эмульгированных глобул воды или частиц механических примесей способствует более интенсивному коррозионному износу насосного оборудования, снижает пропускную способность нефтепроводов и повышает опасность их порывов [1].

Нефть – это сложная гетерогенная система, большая часть которой представлена кинетически устойчивыми коллоидными частицами различного размера, ядро которых состоит из керогенных включений, асфальтенов и парафиновых соединений, окруженных оболочкой высокомолекулярных, высокоароматических, высокомолекулярных смолистых веществ [2, 3]. Нефть состоит из органических и минеральных соединений [4–7], скопления которых обнаружены во всех типах пород и могут быть открыты в самых неожиданных местах. Темпы и объемы добычи нефти и газа зависят от многих факторов как природного, так и техногенного характера. Прогноз развития флюидных систем разных типов и их режима имеет важное значение для оценки ресурсов вод, условий их эксплуатации, а также для проектирования и разработки месторождений углеводородных соединений (УВ) [8].

Восточная Сибирь сегодня – один из самых инвестиционно привлекательных регионов нашей страны [9]. На территории Иркутской области находится наибольшее число крупных нефтегазоносных бассейнов России, расположенных на Сибирской платформе [10, 11]. Ичѣдинское месторождение расположено на севере Иркутской области, занимает территорию в десятки тысяч квадратных километров и относится к Лено-Тунгускому нефтегазоносному бассейну. Месторождение было открыто в 2012 г., пробная эксплуатация ведется с 2015 г.

Цель настоящих исследований – изучение особенностей состава и свойств нефти Ичѣдинского месторождения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследованы пробы нефти Ичѣдинского месторождения. Кинетику водонефтяных эмульсий определяли на аналитической центрифуге LUMi-Fuge. Эксплуатационные характеристики прямой бензиновой фракции, в том числе октановые числа (ОЧ), определяли с помощью прибора «Октанометр» SHATOX SX-300. Углеводородный состав изучали на газовом хроматографе Agilent 7820A фирмы Agilent Technologies с селективным масс-спектрометром и детектором HP 5975. Энергия ионизации – 70 эВ. Кварцевая колонка длиной 30 м и диаметром 0,25 мм со стационарной фазой (95% диметил - 5% дифенилполисилоксан). Идентификацию соединений осуществляли с использованием библиотеки масс-спектров «NIST11».

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По своим физико-химическим свойствам нефть Ичѣдинского месторождения относится к марке Brent и обладает уникальными особенностями, которые имеют большое значение при выборе поставщиков и потребителей, например ее температура застывания равна минус 45 °С (табл. 1).

Фракционный состав нефти определен по ГОСТ 2177-99 с целью построения кривой истинных температур кипения (ИТК) и определения количественного состава фракций.

Одной из ключевых характеристик нефти по ГОСТ Р 51858-2002 предусмотрен фракционный состав. По результатам наших исследований, в нефти Ичѣдинского месторождения доля светлых дистиллятов с температурой выкипания до 200 °С составила до 30% об., фракции, выкипающие до 300 °С, – 47,5% об. (относятся к типу легких нефтей). Остаток после отбора светлых дистиллятов составил 40,5% об. График атмосферной перегонки нефти до 350 °С показан на рис. 1.

Таблица 1. Физико-химические свойства нефти Ичѣдинского месторождения

Table 1. Physical and chemical properties of oil from the Ichyodinskoye pool

Показатель	Значение	Стандарт
Плотность при 20 °С, кг/м ³	808,0	ГОСТ 3900-85
Температура застывания, °С	-45,0	ГОСТ 20287-91
Содержание, % масс.: твердых парафинов	1,15	ГОСТ 11851-85
серы	0,1114	ГОСТ Р 51947-2002

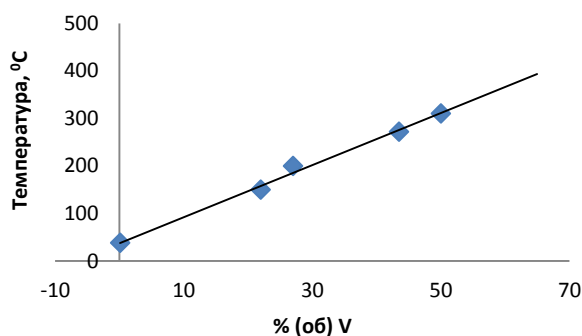


Рис. 1. Фракционный состав нефти Ичёдинского месторождения

Fig. 1. Fractional composition of Ichyadinskoy oil

Анализ полученных данных показал, что исследуемая нефть характеризуется достаточно высоким содержанием легких фракций, что привело нас к более детальному анализу бензиновой фракции. Потенциальное содержание товарных фракций определено по кривой ИТК и представлено в табл. 2.

Таблица 2. Результаты разгонки нефти Ичёдинского месторождения

Table 2. The results of the distillation of Ichedinskoye oil

Пределы выкипания фракций, °C	Выход, % об.
Бензиновые:	
н.к.–120	14,0
60–160	16,0
н.к.–00	30,0
Дизельные:	
140–350	38,5
180–350	31,5

Примечание. Н.к. – температура начала кипения.

Для бензиновой фракции 38–200 °C были определены эксплуатационные характеристики: октановые числа, плотность и содержание общей серы (табл. 3).

Таблица 3. Эксплуатационные характеристики бензиновой фракции

Table 3. Performance characteristics of the gasoline fraction

Параметр	Значение
Октановое число, моторный метод (ОЧММ)	46,5
Октановое число, исследовательский метод (ОЧИМ)	53,9
Плотность при 20 °C, кг/м ³	745,0
Содержание общей серы, % масс.	0,0101

Фракция 38–200 °C не удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 51105-97 по детонационной стойкости автомобильных бензинов, тем не менее базовая фракция (60–160°C), используемая для получения автобензинов, составляет 16% об., а низкое содержание серы позволяет с

меньшими затратами применять гидроочистку [12, 13]. При компаундировании фракции оксигенатами, концентратом ароматических углеводородов и др. может быть получен товарный бензин марок АИ-92 и АИ-95 [14–16].

При исследовании углеводородного состава бензиновой фракции идентифицированы 85 индивидуальных углеводородов (УВ) от 2-метилпропана (1,49%) до тетрадекана (1,71%). Метановых УВ содержится более 50%, количество нормальных алканов в них заметно меньше – в 2–3 раза ($\approx 2,77$ раза), чем разветвленных. Количественное соотношение моно-, ди- и тризамещенных структур составляет 2 : 4 : 1 соответственно. В группе нафтеновых соединений бензиновой фракции преобладают циклогексановые структуры, причем соотношение моно- : ди- : тризамещенных циклогексанов составляет 2 : 1,4 : 1 соответственно. Среди ароматических углеводородов большая доля приходится на моноциклические соединения.

Относительное содержание идентифицированных соединений вычисляли по площадям пиков без корректирующих коэффициентов чувствительности.

Полученные данные по индивидуальному углеводородному составу широкой бензиновой фракции позволили рассчитать ее групповой состав, который представлен следующими УВ, % отн.: алкановые – 53,12; нафтеновые – 27,21, ароматические – 18,45 (табл. 4).

Бензины, в которых преобладают парафиновые углеводороды, характеризуются низкими октановыми числами. Тем не менее, например, прямогонный бензин легкой нефти Вознесенского месторождения, богатый парафинами, отличается высоким октановым числом.

Одной из особенностей нефти Ичёдинского месторождения является ее неспособность образовывать устойчивые эмульсии, что связано, возможно, с низким содержанием парафинов.

Устойчивость – одна из важнейших характеристик нефтяных дисперсных систем, которая определяет эффективность проведения многих нефтехимических процессов, а также получения различных нефтепродуктов, склонных к расслоению, без значительного изменения качества в процессе хранения и применения [17, 18].

Нами проведены опыты с искусственной эмульсией с добавлением пластовой воды к нефти с получением 30% обводненности. Модель пластовых вод представляет собой попутные воды, отобранные с Осинского продуктивного горизонта Ичёдинского нефтяного месторождения. Общая минерализация составляет 455300 мг/дм³, воды относятся к хлоридно-кальциевому типу (по В.А. Сулину), имеют высокую минерализацию и плотность. Образец водонефтяной смеси общим объемом 100 мл тщательно перемешивался лопастной мешалкой со

Таблица 4. Групповой углеводородный состав широкой бензиновой фракции от температуры начала кипения до 200 °С

Table 4. Group hydrocarbon composition of a wide gasoline fraction on temperature the beginning of boiling up to 200 °С

Число атомов углерода	Содержание на фракцию н.к.-200 °С, % отн.					
	Всего	Алканы		Нафтенy	Арены	Неизвестные
		изостроения	н-строения			
C ₄	1,49	1,49	–	–	–	–
C ₅	5,23	2,31	2,92	–	–	–
C ₆	6,82	2,31	4,51	–	–	–
C ₇	15,49	0,39	–	15,1	–	–
C ₈	24,13	8,19	–	7,59	7,54	0,81
C ₉	11,68	3,87	–	4,40	3,41	–
C ₁₀	20,22	14,93	4,95	0,12	–	0,22
C ₁₁	2,85	2,85	–	–	–	–
C ₁₂	2,38	0,37	–	–	1,82	0,19
C ₁₃	0,62	0,62	–	–	–	–
C ₁₄	9,09	1,70	1,71	–	5,68	–
Всего	100	39,03	14,09	27,21	18,45	1,22

скоростью более 600 об./мин в течение 10 мин, тем самым обеспечивая различную дисперсность приготавливаемой эмульсии. Готовая эмульсия анализировалась двумя способами. Эмульсия исследовалась в процессе гравитационного отстаивания в течение 120 мин при температуре 50 °С. Уже через 60 мин образец показал четкое расслоение. Объем нижнего слоя (вода) составил 30% об. Второй способ представлял собой исследование эмульсии с помощью аналитической центрифуги LUMiFuge, мгновенно измеряющей затухание света, проходящего по всей длине образца, используя инновационную технологию STEP. Технология STEP позволяет непрерывно измерять интенсивность света, проходящего через всю высоту кюветы с образцом. Прибор позволяет быстро и объективно оценить кинетику процессов. Процесс проводили при температуре 50 °С, скорости перемешивания 2000 об./мин в течение 16 мин, light factor – 0,25. По результатам проведенных исследований получена зависимость положения границы раздела фаз эмульсии в определенный момент времени, что позволило в режиме реального времени наблюдать за процессами, происходящими в дисперсной системе. На рис. 2 графически представлена кинетика (седиментация) водонефтяной эмульсии. Эмульсия разделилась на два слоя – нефть и воду. Данная дисперсная система абсолютно просвечиваемая, на участке 115–130 мм кюветы отчетливо видна отделившаяся вода. Степень поведения различных образцов эмульсий зависит как от ее состава, так и от температуры среды.

Определение «истинной» устойчивости нефтяных дисперсных систем легкой нефти возможно в тех редких случаях, когда седиментационное разделение в системе достигается под действием центробежных сил в отсутствии растворителя. Одна из главных проблем извлечения пластового флюида и его транспортировки – коррозионный износ металлических труб и

наземного оборудования. В работах [19, 20] показано, что основными из веществ, вызывающих коррозию, являются соединения серы и вода. Использование нефти Ичѣдинского месторождения, не образующей устойчивых эмульсий и содержащей в своем составе малое количество общей серы (см. табл. 1), снизит коррозию промышленного оборудования, что в свою очередь приведет к меньшим затратам на ее добычу, подготовку и поставку потребителю.

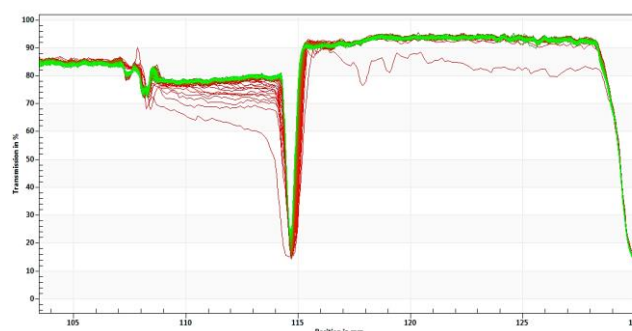


Рис. 2. Расслоение искусственной водонефтяной эмульсии Ичѣдинского месторождения во временном интервале

Fig. 2. Stratification of the artificial water-oil emulsion of the Ichedinskoe oil pool in time interval

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования установлено, что нефть Ичѣдинского месторождения относится к легким малопарафинистым нефтям и не образует с водой устойчивой эмульсии.

В дальнейшем необходимо исследовать образующиеся водонефтяные эмульсии в различных температурных условиях с целью детального представления механизма стабилизации и разрушения нефтяных дисперсных систем, что поможет в оптимизации технологии подготовки и переработки нефти.

Интересен и тот факт, что в химическом со-

ставе бензиновой фракции преобладают алканы изостроения, а эксплуатационный показатель октанового числа низкий, что требует более детального изучения. Поскольку данная нефть малосернистая, легкая, с высоким содержанием светлых дистиллятов, ее относят к марке Brent. На нефти таких марок приходится большая часть мирового спроса, что позволяет направлять их на переработку по топливному варианту.

Разведанные в пределах Сибирского феде-

рального округа запасы углеводородного сырья позволяют рассматривать Восточную Сибирь в качестве региона, перспективного для создания современных центров добычи и переработки нефти, газа и газоконденсата. Ичѣдинское месторождение является значимым не только для Иркутской нефтяной компании, но и для всего топливно-энергетического комплекса нашей страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Позднышев Г.Н. Стабилизация и разрушение нефтяных эмульсий. М.: Недра, 1982. 221 с.
2. Тронов В.П. Промысловая подготовка нефти. Казань: ФЭН, 2000. 416 с.
3. Титов В.И., Жданов С.А. Особенности состава и свойств остаточных нефтей (обзор) // Нефтяное хозяйство. 1989. N 4. С. 28–32.
4. Камьянов В.Ф., Аксенов В.С., Титов В.И. Гетероатомные компоненты нефти. Новосибирск: Наука, 1983. 238 с.
5. Данилов В.И., Усачев Б.П., Усачев В.Н. Об изменении нефтей в залежах в процессе их разработки. Проблемы освоения нефтяных месторождений с аномальными свойствами. Куйбышев: Гипровостокнефть, 1983. 126 с.
6. Бахтизин Р.Н., Каримов Р.М., Мастобаев Б.Н. Влияние высокомолекулярных компонентов на реологические свойства в зависимости от структурно-группового и фракционного состава нефти // SOCAR Proceedings. 2016. N 1. С. 42–50.
7. Надилов Н.К., Котова А.В., Камьянов В.Ф. Новые нефти Казахстана и их использование: Металлы в нефтях. Алма-Ата: Наука, 1984. 448 с.
8. Абукова Л.А., Карцев А.А. Флюидные системы осадочных нефтегазоносных бассейнов (типы, основные процессы, пространственное распространение) // Отечественная геология. 1999. N 2. С. 11–16.
9. Махмудова М.М., Королева А.М., Шакирова Э.В., Ефименко Е.Л. Инвестиционная привлекательность Северного региона // Известия высших учебных заведений. Социология. Экономика. Политика. 2016. N 1 (48). С. 27–32.
10. Белонин М.Д., Арчegov В.Б., Григоренко Ю.Н., Якуцени В.П., Маргулис Л.С. Газовый потенциал Восточной Сибири – основа энергетических проектов в Азиатско-Тихоокеанском альянсе. В сб.: Нефтегазовая геология на рубеже веков. Прогноз, поиск, разведка и освоение месторождений. Т. 3. Сырьевая база нефтяной промышленности России, её структура и перспективы развития. СПб.: Изд-во ВНИГРИ, 1999. С. 89–98.
11. Averkina E.V., Shakirova E.V. Specifics of drilling wells in the abnormally-high-pressure rock beds in the oil-and-gas fields of Eastern Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 229. 6 p. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/229/1/012032>
12. Алиев Р.Р., Ёлшин Н.А. Стратегия усовершенствования процесса гидроочистки нефтяных фракций // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2013. N 4. С. 8–10.
13. Константинов Г.И., Курдюмов С.С., Максимов Ю.В., Бухтенко О.В., Цодиков М.В. Бифункциональный катализатор парового риформинга метана, устойчивый к H₂S: активность и структурная эволюция // Катализ в промышленности. 2017. Т. 17. N 3. С. 201–209. <https://doi.org/10.18412/1816-0387-2017-3-201-209>
14. Лукьянова Л.И., Фидурова С.Н., Тараканов Г.В., Попадин Н.В. Методика расчета рецептур смешения компонентов при производстве газоконденсатных автомобильных бензинов // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2012. N 8. С. 8–11.
15. Урматов Р.К., Салахов И.И. Разработка рецептуры автомобильных бензинов марок АИ-92 и АИ-95 // Аллея науки. 2018. Т. 6. N 5 (21). С. 715–721. [Электронный ресурс]. URL: [https://alleyscience.ru/domains_data/files/514MAY2018/\(20.10.2019\)](https://alleyscience.ru/domains_data/files/514MAY2018/(20.10.2019)).
16. Солопова А.А., Долганов И.М. Оптимизация процесса компаундирования товарных бензинов с учетом изменения состава вовлекаемых компонентов // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых им. проф. Л.П. Кулѣва (г. Томск, 21–24 мая 2018 г.). Томск: Из-во ТПУ, 2018. С. 389–390.
17. Сафиева Р.З. Физикохимия нефти. Физико-химические основы технологии переработки нефти. М.: Химия, 1998. 448 с.
18. Физико-химические свойства нефтяных дисперсных систем и нефтегазовые технологии: сб. статей / под ред. Р.З. Сафиевой, Р.З. Сюняева. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. 580 с.
19. Улиг Г.Г., Ревн Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику / пер. с англ.; под ред. А.М. Сухотина. Л.: Химия, 1989.
20. Ибрагимов Н.Г., Шаталов А.Н., Сахабутинов Р.З., Шипилов Д.Д., Ануфриев А.А., Гарифуллин Р.М. Повышение эффективности без-

реагентных методов очистки нефти от сероводорода // Нефтяное хозяйство. 2017. N 6. С. 58–61.

<https://doi.org/10.24887/0028-2448-2017-6-58-61>

REFERENCES

1. Pozdnyshov GN. *Stabilization and destruction of oil emulsions*. Moscow: Nedra; 1982. 223 p. (In Russian)
2. Tronov VP. *Field preparation of oil*. Kazan: Fen; 2000. 416 p. (In Russian)
3. Titov VI, Zhdanov SA. Features of the composition and properties of residual oils (review). *Neftyanoe hozyaistvo = Oil industry*. 1989;4:28–32. (In Russian)
4. Kamyranov VF, Aksenov VS, Titov VI. *Heteroatomic components of crude oil*. Novosibirsk: Nauka; 1983. 238 p. (In Russian)
5. Danilov VI, Usachev BP, Usachev VN. *On the change in oils in deposits in the course of their development. Problems of development of oil fields with anomalous properties*. Kuibyshev: Giprovostokneft'; 1983. 126 p. (In Russian)
6. Bahtizin RN, Karimov RM, Mastobaev BN. The Effect of High-Molecular Components on Flow Properties, Depending on the Structural-Group and Fractional Oil Content. 2016;1:42–50. (In Russian)
7. Nadirov NK, Kotova AV, Kamyranov VF. *New oils of Kazakhstan and their use: Metals in oils*. Alma-Ata: Science; 1984. 448 p. (In Russian)
8. Abukova LA, Kartsev AA. Fluid systems of sedimentary oil and gas basins (types, basic processes, spatial distribution). *Otechestvennaya Geologiya = National Geology*. 1999;2:11–16. (In Russian)
9. Makhmudova MM, Koroleva AM, Shakirova EV, Efimenko EL. Investment attractiveness of the Northern region. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Sociologiya. Ekonomika. Politika = Proceedings of Higher Educational Institutions. Sociology. Economy. Politics*. 2016;1:27–32. (In Russian)
10. Belonin MD, Archegov VB, Grigorenko YuN, Yakutseni VP, Margulis LS. *Gas potential of Eastern Siberia and the Far East – the basis for energy projects in the Asia-Pacific alliance. Petroleum Geology at the turn of the century. Forecast, prospecting, exploration and development of fields*. Vol. 3. *Resources base of Russian oil industry, its structure and development prospects*. St Petersburg: Izdatel'stvo Vserossiiskogo neftyanogo nauchno-issledovatel'skogo geologorazvedochnogo instituta; 1999. P. 89–98. (In Russian)
11. Averkina EV, Shakirova EV. Specifics of drilling wells in the abnormally-high-pressure rock beds in the oil-and-gas fields of Eastern Siberia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;229. 6 p. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/229/1/012032>
12. Aliev RR, Yolshin NA. The strategy of improving the hydrotreating process of oil fractions. *Neftepererabotka i neftekhimiya. Nauchno-tehnicheskie dostizheniya i peredovoi opyt = Refining oil and petrochemistry. Scientific and technical achievements and best practices*. 2013;4:8–10. (In Russian)
13. Konstantinov GI, Kurdyumov SS, Maksimov YuV., Bukhtenko OV, Tsodikov MV. Bifunctional catalyst of methane steam reforming, resistant to H₂S: activity and structural evolution. *Kataliz v promyshlennosti = Catalysis in industry*. 2017;17(3):201–209. (In Russian) <https://doi.org/10.18412/1816-0387-2017-3-201-209>
14. Lukyanova L.I., Fidurova S.N., Tarakanov G.V., Popadin N.V. Method for calculating compounding formulas for mixing components in the production of gas-condensate automobile gasoline. *Neftepererabotka i neftekhimiya. Nauchnotekhnicheskie dostizheniya i peredovoi opyt = Refining oil and petrochemistry. Scientific and technical achievements and best practices*. 2012;8:8–11. (In Russian)
15. Urmatov RK, Salakhov II. Development of recipes of motor gasoline AR-92 and AR-95. *Alleya nauki*. 2018;6(5):715–721. Available from: https://alleyscience.ru/domains_data/files/514MAY2018/ [Accessed 22th October 2019]. (In Russian)
16. Solopova AA, Dolganov IM. Optimization of the compounding process of commercial gasolines taking into account changes in the composition of the components involved. In: *Chemistry and chemical technology in the XXI century: Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference named after professor L.P. Kulev of students and young scientists*. 21–24 May 2018, Tomsk. Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2018, p. 389–390. (In Russian)
17. Safieva RZ. *Physicochemistry of oil. Physical and chemical foundations of oil refining technology*. Moscow: Khimiya; 1998. 448 p. (In Russian)
18. Safieva RZ, Syunyaev RZ. *Physical and chemical properties of oil dispersed systems and oil and gas technologies*. Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy; 2007. 580 p. (In Russian)
19. Uhlig HH, Revie RW. *Corrosion and corrosion control. An introduction to corrosion science and engineering*. USA, 1985, 436 p. (Russ. ed.: Uhlig HH, Revi RU. *Korroziya i bor'ba s nei. Vvedenie v korroziionnuyu nauku i tekhniku*. Leningrad: Khimiya; 1989. 456 p.)
20. Ibragimov NG, Shatalov AN, Sakhabutdinov RZ, Shipilov DD, Anufriev AA, Garifullin RΦM. Improving the efficiency of reagent-free methods for purifying oil from hydrogen sulfide. *Neftyanoe hozyaistvo = Oil industry*. 2017;6:58–61. (In Russian) <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2017-6-58-61>

Критерии авторства

Белозерова О.В., Коваленко В.В., Шакирова Э.В. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Белозерова О.В., Коваленко В.В., Шакирова Э.В. имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

Contribution

Olga V. Belozerova, Valentin V. Kovalenko, Elvira V. Shakirova carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Olga V. Belozerova, Valentin V. Kovalenko, Elvira V. Shakirova have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Белозерова Ольга Викторовна,
к.х.н., доцент кафедры химической технологии,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
✉ e-mail: ovbelozerova@list.ru

Коваленко Валентин Валерьевич,
бакалавр,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
e-mail: valentine-99@bk.ru

Шакирова Эльвира Венеровна,
к.п.н., доцент кафедры нефтегазового дела,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
e-mail: viva160@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Olga V. Belozerova,
Cand. Sci. (Chemistry), Associate Professor,
Department of Chemical Technology,
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074,
Russian Federation,
✉ e-mail: ovbelozerova@list.ru

Valentin V. Kovalenko,
Bachelor,
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074,
Russian Federation,
e-mail: valentine-99@bk.ru

Elvira V. Shakirova
Cand. Sci. (Political) Associate Professor,
Department of Oil and Gas Business,
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074,
Russian Federation,
e-mail: viva160@mail.ru