

**Комплексная оценка коллектора продуктивного пласта
Каневского месторождения**

И. И. Босиков¹, А. И. Мазко¹, А. В. Майер^{2*}

¹Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия

²Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия

*e-mail: igor.boss.777@mail.ru

Аннотация. На современном этапе развитие нефтегазовой отрасли Российской Федерации невозможно без пополнения сырьевой базы, и поэтому актуальной задачей являются проведение исследований, поиски и оценка перспектив нефтегазосности неразведанных участков месторождений.

Цель исследования — провести комплексную оценку коллектора продуктивного пласта Каневского месторождения. В работе применялись минералогическо-петрографические исследования, лабораторные исследования с целью оценки эффективной пористости образца методом насыщения, гранулометрический анализ, рентгеноструктурный анализ.

Анализируя проведенные исследования, можно сделать вывод, что рассматриваемые исходные пески, сформировавшиеся из пород-коллекторов продуктивного горизонта Каневского месторождения, были образованы морскими осадками прибрежного или пляжного типа. Это подтверждается слабоокатанной формой зерен и наличием в породах глауконита. Изучаемый образец является мелкозернистым песчаником глауконит-полевошпат-кварцевым с примесью алевритовой фракции, с полуокатанными зернами, цемент пелитовый, базальный и порово-базальный, структура алеврит-псаммитовая. Общая открытая пористость составила 14,3 %. Проведена комплексная оценка коллектора продуктивного пласта Каневского месторождения — пласт является продуктивным, и необходимо составить проект по проведению геолого-разведочных работ.

Ключевые слова: коллектор; продуктивный пласт; минералогическо-петрографические исследования; гранулометрический анализ; рентгеноструктурный анализ

**A comprehensive evaluation of the productive formation collector
of the Kanevskoye field**

Igor I. Bosikov^{1*}, Alexander I. Mazko¹, Andrey V. Mayer²

¹North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz, Russia

²Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

*e-mail: igor.boss.777@mail.ru

Abstract. At the present stage, the development of the oil and gas industry of the Russian Federation is impossible without replenishing the resource base, and therefore an urgent task is to conduct research, prospecting and evaluating petroleum potential in undiscovered areas of fields.

The aim of the study is to conduct a comprehensive assessment of the reservoir of the productive formation of the Kanevskoye field. We have carried out mineralogical and petrographic studies, laboratory studies to assess the effective porosity of the core sample by the saturation method, particle size analysis, X-ray diffraction analysis.

Our studies have shown that the considered initial sands under consideration, which formed the reservoir rocks of the productive horizon of the Kanevskoye field, were formed by coastal or beach type marine sediments. This is confirmed by the poorly rounded shape of the grains and the presence of glauconite in the rocks. The studied core sample is a fine-grained glauconite-feldspar-quartz sandstone with an admixture of aleurite fraction, with semi-rounded grains, pelitic cement, basal and porous-basal, silt-psammitic structure. The total porosity is 14.3 %. A comprehensive assessment of the reservoir of the productive formation of the Kanevskoye field has been carried out. The reservoir is productive. Therefore, it is necessary to make a project for conducting geological exploration.

Key words: reservoir; productive formation; mineralogical and petrographic studies; particle size analysis; X-ray structural analysis

Введение

На современном этапе развитие нефтегазовой отрасли Российской Федерации невозможно без пополнения сырьевой базы, и поэтому актуальной задачей является проведение исследований, поисков и оценки перспектив нефтегазоносности на неразведанных участках месторождений.

Комплексная оценка геолого-геофизических материалов по территории Каневского месторождения, с целью оценки перспектив нефтегазоносности отложений нижнего мела, для подготовки объектов лицензирования пользования недрами и разработки предложений по проведению геолого-разведочных работ.

Цель исследования: анализ и оценка перспектив нефтегазоносности отложений нижнего мела коллектора продуктивного пласта Каневского месторождения.

Коллектор продуктивного пласта Каневского месторождения — это в основном песчаники различной плотности и крепости, местами они глинистые и сильно глинистые, различаются также по размерам зернистости (мелкозернистые, среднезернистые и разномзернистые). Это также редкие прослои алевролитов, чередующиеся с песчаниками (плотные, иногда тонкослоистые и др.).

Песчаники и алевролиты различаются по удельной и минералогической плотности, по величине пористости, проницаемости, остаточной водонасыщенности, карбонатности, по удельному электрическому сопротивлению, акустическим особенностям и др.

В работе исследован минеральный состав и проведен анализ открытой пористости пород-коллекторов. Объектом исследования является коллектор продуктивного пласта Каневского месторождения, вскрытый поисковыми скважинами Р-88, Р-90 [1–5].

Теоретическая часть

Для изучения минерального состава проведены следующие исследования образца керна, представляющего породы-коллекторы:

- изучение образцов керна в лабораторных условиях с применением бинокулярной лупы;
- изучение пришлифовки образца керна для более точного определения минерального состава и структуры пород-коллекторов;
- изучение пород коллектора под микроскопом;
- рентгеноструктурный анализ;
- лабораторные исследования с целью оценки эффективной пористости образца методом насыщения;
- обобщение и интерпретация полученных результатов исследования образцов пород-коллекторов.

Минералого-петрографические исследования проводились с использованием бинокулярной лупы МБС-1 и включают в себя следующее:

- изучение текстурно-структурных особенностей пород керна;
- определение их минерального состава;
- определение процентного содержания аллотигенных минералов;
- определение содержания, состава и структурно-минералогических особенностей аутигенной составляющей [1–5].

Образец № 15 — образец керна представлен мелкозернистым песчаником.



Рис. 1. Микрофотография пришлифовки торцевой части керна

Для описания образцов в лабораторных условиях была проведена предварительная обработка: образец керна был хорошо отмыт щеткой и мылом, чтобы мелкие обломки не попали затем на шлифуемую поверхность. Далее керн был распилен для последующей его шлифовки с помощью абразивов. При проведении исследований использовались бинокулярная лупа МБС-1 и 10 % HCl (рис. 1). В результате было выполнено описание одного образца, которое приводится ниже [2–8].

Проведено изучение пород-коллекторов под микроскопом. Песчаник разнозернистый, серого цвета, плотный, с HCl реагирует слабо. Структура мелкосаммитовая, текстура — неясно ориентированная. Размеры кластоцитов колеблются от 0,02÷0,05 до 0,1, реже до 0,5 мм. Форма зерен полуокатанная, угловатая (рис. 2, 3).

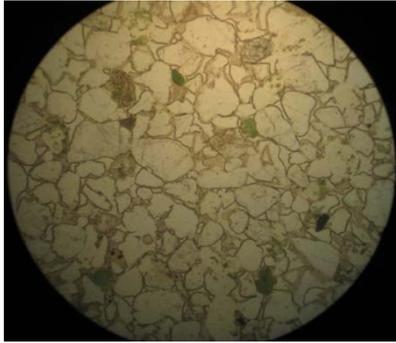


Рис. 2. Фото песчаника в проходящем свете

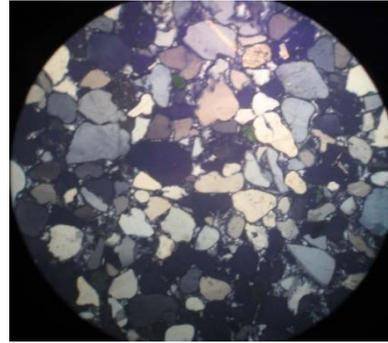


Рис. 3. Фото песчаника в скрещенных николях

Породу слагает терригенный материал, в составе которого преобладает кварц (61 %). Полевые шпаты представлены в малых количествах — до 3 %. Обломки горных пород (19 %) имеют не всегда четкие очертания, состав их, вероятно, кремнисто-серицит-хлоритовый и глинисто-серицитовый. Тип цемента неоднородный, преимущественно базальный, количественно составляет 17 %. В массе породы тонко рассеяны углистые частицы (рис. 4).

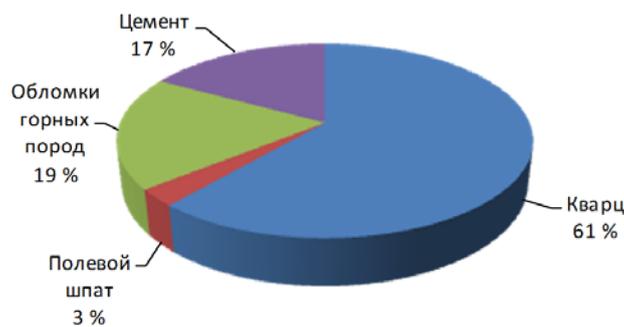


Рис. 4. Минеральный состав изучаемого образца керна

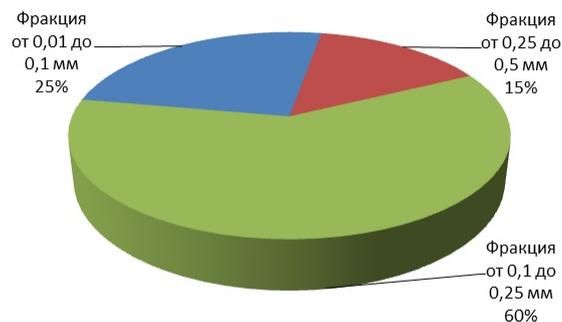


Рис. 5. Гранулометрический состав изучаемого образца

Порода с относительно высокой сортировкой слагающих частиц (зерен); в основном присутствуют фракции градаций: фракции размером от 0,25 до 0,5 мм — примерно 15 %; размером от 0,1 до 0,25 мм — 60 % (максималь-

ное содержание); содержание алевритовых фракций размером от 0,01 до 0,1 мм не превышает 25 % (рис. 5)

Структура изучаемого образца — разносаммитовая и мелко-среднепсаммитовая, текстура неориентированная, беспорядочная. Породу составляет кластогенный материал, размеры зерен которого колеблются в широких пределах — от мельчайших алевритовых до мелко-средних и даже крупных (от 0,1–0,25 до 0,5–0,6 мм). Форма неокатанная, угловатая (см. рис. 5). Обломочная часть представлена преимущественно кварцем (53 %) бесцветным, прозрачным с прямым погасанием; иногда зерна содержат пылевидные включения. Слюды в основном тонкие, игольчатые индивиды мусковита, редко — биотита, количественно не превышают 7 %. Обломки пород кремнисто-серицитового состава, форма зерен неправильно-угловатая, нередко контуры сглажены, либо теряют четкие очертания и вдавливаются в межзерновое пространство, выполняя роль цемента; обломки пород составляют 12–15 %, распределены неравномерно; отмечается бесцементное скрепление зерен за счет плотного вдавливания одних зерен в другие, что обуславливает отчасти крепость породы и уменьшает ее пористость и проницаемость. Редко рассеяны углистые частицы [5–10].

Для подтверждения и уточнения минерального состава изучаемого образца был проведен рентгеноструктурный анализ. Всего было проведено два опыта. В результате проделанной работы (рис. 6, 7) в изучаемом образце выявлено наличие кальцита, кварца и плагиоклаза. Кварц плотностью 2,639 г/см³, плагиоклаз представлен альбитом плотностью 2,605 г/см³. Состав альбита по массе: альбит — 98,2 %, ортоклаз — 1,8 %. Также были обнаружены кальцит и единичные зерна глауконита.

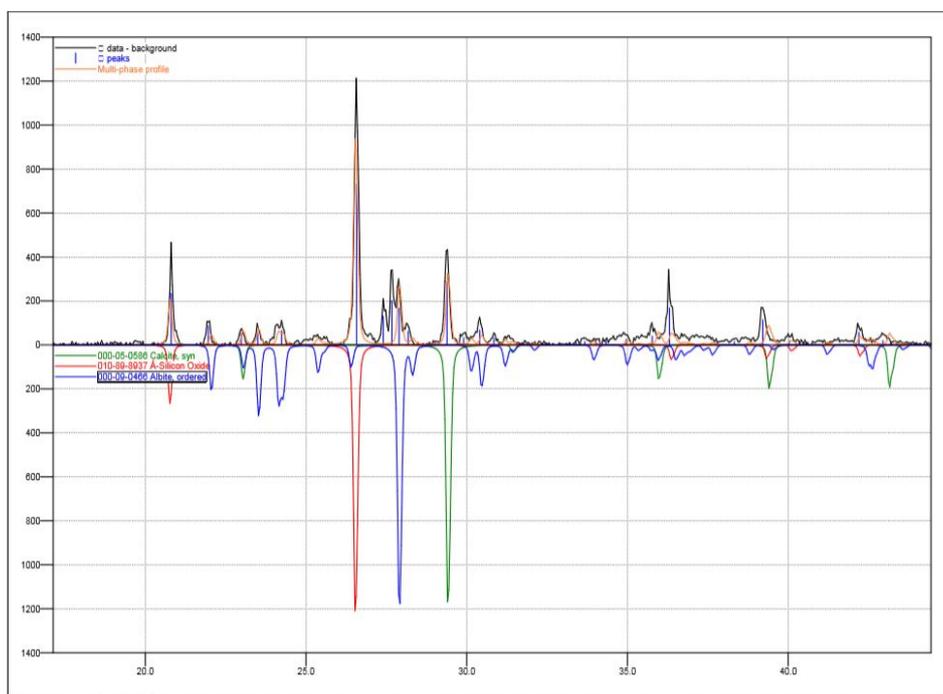


Рис. 6. Дифрактограмма изучаемого образца (опыт 1)

При исследованиях были проведены работы по определению пористости. Пористость образцов горных пород и грунтов определялась методом насыщения. В качестве жидкости был использован керосин марки ТС-1, так как он хорошо смачивает породу и легко проникает в поры. Кроме этого, керосин инертен по отношению к компонентам горных пород и не нарушает их структурных связей [8–15].

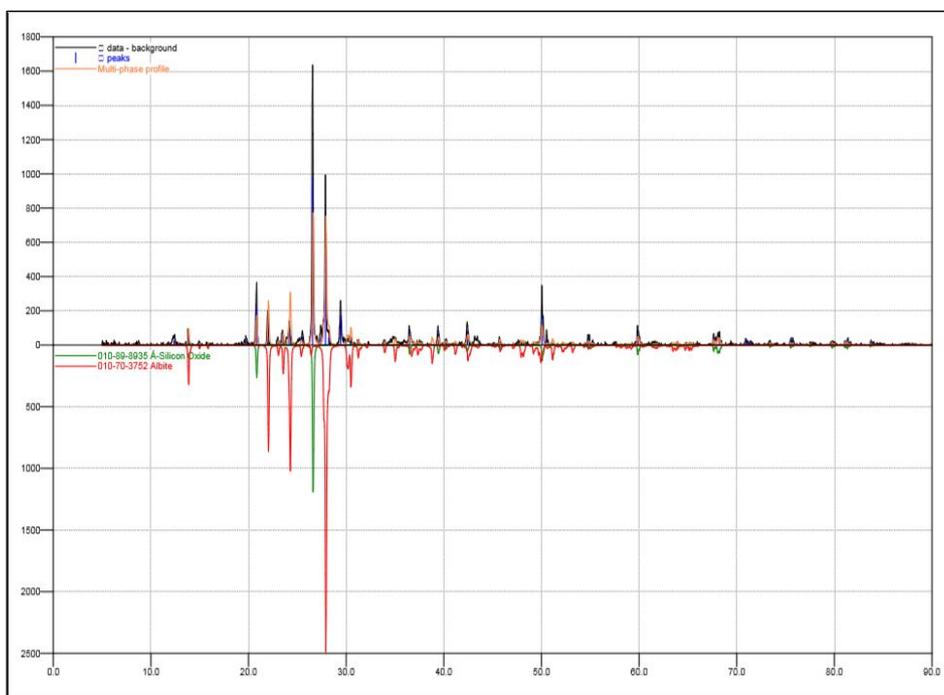


Рис. 7. Дифрактограмма изучаемого образца (опыт 2)

Для изучения пористости использовалось следующее оборудование: весы технические со съемным приспособлением; мерный цилиндр емкостью 100 мл; фильтровальная бумага; суровая нить длиной 0,5 м. Данные отчета по определению пористости приведены в таблице 1.

Таблица 1

Отчет по определению пористости

Номер кернa	Масса образца			Пористость, %	
	в сухом состоянии	насыщенного керосином		образца	средняя
		в керосине	в воздухе		
1	120,2	102,3	153,9	14,2	14,3
2	119,5	101,9	153,2	14,4	

В результате проделанной работы была определена величина открытой пористости пород-коллекторов (песчаников) продуктивного горизонта Каневского месторождения. Средняя величина открытой пористости песчаников составила 14,3 %.

При проведении исследований применялись геофизические и геохимические исследования. Виды геофизических исследований, интервалы их проведения, масштабы визуализации геофизических кривых в скважине Р-88 представлены в таблице 2.

Таблица 2

Виды геофизических исследований, интервалы их проведения, масштабы визуализации геофизических кривых в скважине Р-88

Наименование исследований	Масштаб записи	Интервал
Исследования в обсаженном стволе скважины		
АКЦ, ОЦК	1:500	0–30
Кондуктор, исследования в открытом стволе		
Инклинометрия в процессе бурения, через 25 м	1:500	30–450
КВ+ПР, стандартный каротаж (ПС, КС, ГК, АК, НГК, ГГК)	1:500	30–450
Кондуктор, исследования в обсаженном стволе скважины		
АКЦ, ОЦК	1:500	30–450
Техническая колонна, исследования в открытом стволе		
Инклинометрия в процессе бурения, через 25 м	1:500	450–850
КВ+ПР, стандартный каротаж (ПС, КС, ГК, АК, НГК, ГГК)	1:500	450–850
Техническая колонна, исследования в обсаженном стволе скважины		
АКЦ, ОЦК	1:500	450–850
Эксплуатационная колонна, исследования в открытом стволе		
Инклинометрия в процессе бурения, через 25 м		
КВ+ПР, стандартный каротаж (ПС, КС, ГК, АК, НГК, ГГК); ИК, БК, БМК, БКЗ (шесть зондов), ВИКИЗ	1:200	850–1 755
Эксплуатационная колонна, исследования в обсаженном стволе скважины		
АКЦ, ОЦК	1:500	850–1 750
Геофизические исследования скважин при проведении перфорационных работ		
Шаблонирование, привязка РК(ГК+НГК), ЛМ, Т	1:200	1 600–1 755
Перфорация	12 отв/пог.м	1 714–1 740
Контроль интервала перфорации ЛМ, Т	1:200	1 600–1 755
Геолого-технические исследования во всем процессе строительства скважин	1:500	0–1 755

Опробование, испытание и исследование скважин

Для оценки промышленной нефтегазонасыщенности вскрытого скважинами геологического разреза данным проектом предусмотрено проведение специальных исследований. Эти исследования направлены на решение следующих задач: определение нефтегазонасыщенности отдельных интервалов и предварительная оценка их промышленной значимости, получение достоверных данных для подсчета запасов и последующее проектирование системы разработки месторождения, определение эксплуатационных характеристик пласта.

Цель опробования — вызвать приток флюида из пласта, отобрать его пробу для анализа, определить свободный дебит скважины. Аналогичным способом проектируется отбор проб пластовой воды.

Для выявления характера насыщения и фильтрационно-емкостных свойств перспективных на газ отложений проведено опробование пластов в процессе газогидродинамических исследований скважин по завершении их строительства.

Перед спуском перфоратора скважину прошаблонировали. Диаметр и длина шаблона были не менее размеров, соответствующих спускаемым в скважину геофизическим приборам и стреляющим аппаратам.

Перфорация объектов проведена на газовом конденсате, плотностью 0,8 г/см³. Данным проектом использовались заряды ЗПРК-42С, бескорпусные, каркасные и с кумулятивным зарядом. Перфоратор имеет гибкую конструкцию, хорошую проходимость через колонну НКТ и обеспечивает вскрытие за один спуск до 10 погонных метров интервала. Перфоратор рассчитан на допустимое давление до 80 МПа и температуру до 150 °С. Перфорацию планируется проводить плотностью 12 отв./пог.м.

Перед вскрытием и освоением продуктивных горизонтов на скважине необходимо иметь запас высококачественной задавочной жидкости не менее однократного объема скважины [8–15].

Пласт-коллектор представляет собой гранулярные песчаники с прослоями глин. Исследуемые образцы из пласта-коллектора по полевому определению, представляющие собой песчаники, отобраны на интервале 2 870–2 900 м из исследуемого пласта. Для изучения вещественного состава, пористости и минерального состава отобранных образцов пласта-коллектора были проведены следующие их исследования: лабораторное изучение минерального состава всех образцов с применением микроскопических исследований с изготовлением пришлифовки из одного образца; определение пористости образцов керна; для изучения элементного состава пород пласта-коллектора выполнен рентгенофазовый анализ одного из образцов в учебно-научной лаборатории «Хроматек-кристалл» кафедры нефтегазового дела Северо-Кавказского горно-металлургического университета. В результате проведенных исследований подтверждено, что пласт-коллектор сложен мелкозернистым песчаником. Наряду с этим нами установлено, что песчаник содержит с примесью алевритовой фракции, с полуокатанными зернами, цемент пелитовый, базальный и порово-базальный, структура алеврит-псаммитовая. По характеру взаимоотношений глауконит замещает алеврит, поэтому сделан вывод об изменении условий среды диагенетических преобразований осадка с относительно окислительных на восстановительные [16–19].

Выводы

Анализируя все вышеописанное, можно сделать вывод, что рассматриваемые исходные пески, сформировавшиеся из пород-коллекторов продуктивного горизонта Каневского газового месторождения, были образованы морскими осадками прибрежного или пляжного типа. Это подтверждается слабо окатанной формой зерен и наличием в породах глауконита.

Изучаемый образец является мелкозернистым песчаником глауконит-полевошпат-кварцевым с примесью алевритовой фракции, с полуокатанными зернами, цемент пелитовый, базальный и порово-базальный, структура алеврит-псаммитовая.

Проведенные исследования пористости образцов керна из пород-коллекторов показали наличие в нем высокой эффективной пористости, что является благоприятным условием для концентрации углеводородов. Кроме того, полученные данные по эффективной пористости породы-коллектора в дальнейшем нами использованы для подсчета запасов месторождения. Общая открытая пористость составила 14,3 %.

Согласно результатам проведенной комплексной оценки исследуемый пласт является продуктивным (отложение нижнего мела). Высота залежи — 147 м. Эффективная газонасыщенность в среднем равна 20 м. Тип залежи — пластовый, сводовый. После проведенных исследований продуктивных горизонтов и комплекса геолого-геофизических исследований в скважинах получены данные, позволяющие провести подсчет запасов газовой залежи по категории C_1 .

Библиографический список

1. Мартынов, В. Н. Формирование нефтяной и газовой — кризис перепроизводства / В. Н. Мартынов. — Текст : непосредственный // Нефть России. — 2004. — № 8. — С. 20–24.
2. Трудноизвлекаемые запасы нефти Российской Федерации. Структура, состояние, перспективы освоения : монография / И. В. Шпуров, А. Д. Писарницкий, И. П. Пуртова, А. И. Вариченко ; под редакцией И. В. Шпурова, Ю. П. Беседовского ; Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральное агентство по недропользованию, Западно-Сибирский научно-исследовательский институт геологии и геофизики. — Тюмень : ЗапСибНИИГГ, 2012. — 254 с. — Текст : непосредственный.
3. Костеневич, К. А. Влияние условий формирования и постседиментационных процессов преобразования отложений на структуру пустотного пространства и фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов продуктивного горизонта тюменской свиты Краснотенинского свода / К. А. Костеневич, О. И. Белоус, С. А. Слюнкина. — Текст : непосредственный // Современные проблемы седиментологии в нефтегазовом инжиниринге : труды III Всероссийского научно-практического седиментологического совещания, 10–12 апреля 2017 г. — Томск : Изд-во ЦППС НД, 2017. — С. 84–90.
4. Бронскова, Е. И. Комплексный анализ геологического строения Апрельского месторождения для эффективности доразведки и разработки залежей в тюменской свите / Е. И. Бронскова. — Текст : непосредственный // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. — 2016. — № 8. — С. 36–44.
5. Клубков, С. В. Стимулирование разработки ТРИЗ поможет поддержать уровень добычи нефти в России / С. В. Клубков. — Текст : непосредственный // Oil & Gas Journal Russia. — 2015. — № 7. — С. 6–11.

6. Хузин, Р. Р. Геотехнологические основы освоения трудноизвлекаемых запасов мелких сложнопостроенных месторождений нефти : монография / Р. Р. Хузин. – Самара : Нефть. Газ. Новации, 2012. – 384 с. – Текст : непосредственный.
7. Медведев, Н. Я. Геотехнологические основы разработки залежей с трудноизвлекаемыми запасами нефти : монография / Н. Я. Медведев. – Москва : ВНИИОЭНГ, 1997. – 336 с. – Текст : непосредственный.
8. Ghorbani, Y. Heap Leaching Technology — Current State, Innovations, and Future Directions : A review / Y. Ghorbani, J.-P., Franzidis, J. Petersen. – DOI 10.1080/08827508.2015.1115990. – Direct text // Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review. – 2016. – Vol. 37, Issue 2. – P. 73–119.
9. Коваленко, И. В., Моделирование разработки нефтяных оторочек многопластового залегания / И. В. Коваленко, С. К. Сохошко. – DOI 10.31660/0445-0108-2018-3-50-54. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2018. – № 3. – С. 50–54.
10. Поднебесных, А. В. Перспективы промышленной разработки проявлений битумов рифтовых впадин на территории Забайкалья / А. В. Поднебесных. – DOI 10.31660/0445-0108-2017-1-38-42. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2017. – № 1. – С. 38–42.
11. Булай, А. Г. Нефтяная промышленность России / А. Г. Булай, С. В. Кручинин. – Текст : электронный // Молодежный научный форум : технические и математические науки : электронный сборник статей по материалам V студенческой международной заочной научно-практической конференции. – Москва : МЦНО, 2013. – № 5 (5). – С. 47–52. – URL: <https://nauchforum.ru/studconf/tech/v/1524>.
12. Acid leaching of a copper ore by sulphur-oxidizing microorganisms / D. M. de Oliveira, L. G. S. Sobral, G. J. Olson, S. B. Olson – DOI 10.1016/j.hydromet.2014.05.019. – Direct text // Hydrometallurgy. – 2014. – Vol. 147–148. – P. 223–227.
13. Sinclair, L. In situ leaching of copper : Challenges and future prospects / L. Sinclair, J. Thompson. – DOI 10.1016/j.hydromet.2015.08.022. – Direct text // Hydrometallurgy. – 2015. – Vol. 157. – P. 306–324.
14. Der Braunkohlentagebau : Bedeutung, Planung, Betrieb, Technik, Umwelt / Ch. Niemann-Delius, R. D. Stoll, C. Drebenstedt, K. Müllensiefen. – DOI 10.1007/978-3-540-78401-2. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009. – 605 p. – Direct text.
15. Паникаровский, Е. В. Опыт разработки Ванкорского месторождения / Е. В. Паникаровский, В. В. Паникаровский, А. Е. Анашкина. – DOI 10.31660/0445-0108-2019-1-47-51. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2019. – № 1. – С. 47–51.
16. Бембель, Р. М. Пути повышения геологической эффективности освоения месторождений углеводородов в Западной Сибири / Р. М. Бембель, Л. А. Сухов, И. А. Щетинин. – DOI 10.31660/0445-0108-2017-6-6-10. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2017. – № 6. – С. 6–10.
17. Оценка использования эффективных технологий для повышения устойчивого развития природно-технической системы нефтегазового комплекса / Е. В. Егорова, Р. В. Клюев, И. И. Босиков, Б. С. Цидаев. – DOI 10.21177/1998-4502-2018-10-3-392-403 – Текст : непосредственный // Устойчивое развитие горных территорий. – 2018. – Т. 10, № 3 (37). – С. 392–403.
18. Bosikov, I. I. Method for determining of the ventilation object transfer function according to normal operation (by the example of mining and processing complex) / I. I. Bosikov, R. V. Klyuev, V. B. Kelekhsaev. – Text : electronic // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) (16–19 May 2017). – URL: <https://doi.org/10.1109/icieam.2017.8076113>.
19. Кожиев, Х. Х. Комплексный показатель перспективности разработки участков месторождений полезных ископаемых / Х. Х. Кожиев, И. И. Босиков. – DOI 10.17580/gzh.2017.02.05. – Текст : непосредственный // Горный журнал. – 2017. – № 2. – С. 30–32.

References

1. Martynov, V. N. (2004). Formirovanie neftyanoy i gazovoy - krizis pereproizvodstva. *Neft' Rossii*, (8), pp. 20-24. (In Russian).
2. Shpurov, I. V., Pisamitskiy, A. D., Purtova, I. P., & Varichenko, A. I. (2012). *Trudnoizvlekaemye zapasy nefti Rossiyskoy Federatsii. Struktura, sostoyanie, perspektivy osvoeniya*. Tyumen, ZapSibNIIGG Publ., 254 p. (In Russian).
3. Kostenevich, K. A., Belous, O. I., & Slyunkina, S. A. (2017). Vliyanie usloviy formirovaniya i postsedimentatsionnykh protsessov preobrazovaniya otlozheniy na strukturu pustotnogo prostranstva i fil'tratsionno-emkostnye svoystva porod-kollektorov produktivnogo gorizonta tyumenskoy svity Krasnoleninskogo svoda. *Sovremennye problemy sedimentologii v neftegazovom inzhiniringe: trudy III Vserossiyskogo nauchno-prakticheskogo sedimentologicheskogo soveshchaniya*, April, 10-12, 2017. Tomsk, TSPPS ND Publ., pp. 84-90. (In Russian).
4. Bronskova, E. I. (2016). Comprehensive analysis of April field geological structure to provide effective additional exploration and development of Tyumen suite deposits. *Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*, (8), pp. 36-44. (In Russian).
5. Klubkov, S. V. (2015). Stimulirovanie razrabotki TRIZ pomozhet podderzhat' uroven' dobychi nefti v Rossii. *Oil & Gas Journal Russia*, (6), pp. 6-11. (In Russian).
6. Khuzin, R. R. (2012). *Geotekhnologicheskie osnovy osvoeniya trudnoizvlekaemykh zapasov melkikh slozhnopostroyennykh mestorozhdeniy nefti*. Samara, *Neft'. Gaz. Novatsii Publ.*, 384 p. (In Russian).
7. Medvedev, N. Ya. (1997). *Geotekhnologicheskie osnovy razrabotki zalezhey s trudnoizvlekaemymi zapasami nefti*, Moscow, VNIIOENG Publ., 336 p. (In Russian).
8. Ghorbani, Y., Franzidis, J.-P., & Petersen, J. (2016). Heap Leaching Technology - Current State, Innovations, and Future Directions: A review. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 37(2), pp. 73-119. (In English). DOI: 10.1080/08827508.2015.1115990
9. Kovalenko, I. V., & Sokhoshko, S. K. (2018). Modeling of the oil rims development of multi-zone oil rim reservoir. *Oil and Gas Studies*, (3), pp. 50-54. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2018-3-50-54
10. Podnebesnykh, A. V. (2017). Perspectives of developing bitumen seeps of the Baikal rift valley. *Oil and Gas Studies*, (1), pp. 38-42. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2017-1-38-42
11. Bulay, A. G., & Kruchinin, S. V. (2013). *Neftyanaya promyshlennost' Rossii. Molodezhnyy nauchnyy forum: tekhnicheskie i matematicheskie nauki: elektronnyy sbornik statey po materialam V studencheskoy mezhdunarodnoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Moscow, MTSNO Publ., (5(5)), pp. 47-52. (In Russian). Available at: <https://nauchforum.ru/studconf/tech/v/1524>
12. De Oliveira, D. M., Sobral, L. G. S., Olson, G. J., & Olson, S. B. (2014). Acid leaching of copper ore by sulphur-oxidizing microorganisms. *Hydrometallurgy*, 147-148, pp. 223-227. (In English). DOI: 10.1016/j.hydromet.2014.05.019
13. Sinclair, L., & Thompson, J. (2015). In situ leaching of copper: Challenges and future prospects. *Hydrometallurgy*, 157, pp. 306-324. (In English). DOI: 10.1016/j.hydromet.2015.08.022
14. Niemann-Delius, Ch., Stoll, R. D., Drebenstedt, C., & Müllensiefen, K. (2009). *Der Braunkohlentagebau: Bedeutung, Planung, Betrieb, Technik, Umwelt*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 605 p. (In German). DOI: 10.1007/978-3-540-78401-2
15. Panikarovskii, E. V., Panikarovskii, V. V., & Anashkina, A. E. (2019). Vankor oil field development experience. *Oil and Gas Studies*, (1), pp. 47-51. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2019-1-47-51
16. Bembel, R. M., Sukhov, V. A., & Schetinina, I. A. (2017). Ways of increasing geological efficiency of hydrocarbon fields development in Western Siberia. *Oil and Gas Studies*, (6), pp. 6-10. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2017-6-6-10
17. Yegorova, E. V., Klyuev, R. V., Bosikov, I. I., & Tsidaev, B. S. (2018). Evaluation of use of effective technologies for increasing sustainable development of natural and technical system of oil and gas complex. *Sustainable development of mountain territories*, 10(3(37)), pp. 392-403. (In Russian). DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-3-392-403

18. Bosikov, I. I., Klyuev, R. V., & Kelekhsaev, V. B. (2017). Method for determining of the ventilation object transfer function according to normal operation (by the example of mining and processing complex). 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) (May, 16-19, 2017). (In English). Available at: <https://doi.org/10.1109/icieam.2017.8076113>

19. Khozhiev, K. K., & Bosikov, I. I. (2017). Integrated exploitability index for mineral deposits. Gornyi Zhurnal, (2), pp. 30-32. (In Russian). DOI: 10.17580/gzh.2017.02.05

Сведения об авторах

Босиков Игорь Иванович, к. т. н., доцент кафедры нефтегазового дела, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ, e-mail: igor.boss.777@mail.ru

Мазко Александр Игоревич, к. т. н., доцент кафедры нефтегазового дела, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ

Майер Андрей Владимирович, к. т. н., директор высшей нефтяной школы института нефти и газа, Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

Information about the authors

Igor I. Bosikov, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Oil and Gas Business, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz, e-mail: igor.boss.777@mail.ru

Alexander I. Mazko, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Oil and Gas Business, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz

Andrey V. Mayer, Candidate of Engineering, Director of the Higher Oil School of the Institute of Oil and Gas, Yugra State University, Khanty-Mansiysk