ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 622:577.4

DOI: [10.46698/VNC.2021.36.47.001](https://doi.org/10.46698/VNC.2021.36.47.001)

Оригинальная статья

Анализ геолого-геофизических материалов и качественная оценка перспектив нефтегазоносности Южно-Харбижинского участка (Северный Кавказ)

И.И. Босиков¹, **Р.В. Ключев²**, **О.А. Гаврина¹**

¹Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет) (СКГМИ, ГТУ), Россия, 362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44;

²Московский политехнический университет, Россия, 107203, г. Москва, ул. Большая Семеновская, 38, e-mail: kluev-roman@rambler.ru

Статья поступила: 15.01.2021, после рецензирования: 10.02.2021, принята к публикации: 24.02.2021

Резюме: Актуальность работы. На современном этапе развитие нефтяной промышленности Российской Федерации невозможно без пополнения ресурсной базы и поэтому актуальной задачей является поиск новых методик оценки и анализа нефтегазоносности перспективных участков. **Цель исследований:** анализ емкостно-фильтрационных свойств пород коллекторов прикамского горизонта в пределах Южно-Харбижинского участка, с целью прогноза емкостно-фильтрационных параметров на участке Восточный. **Методика исследований.** Для выполнения анализа емкостно-фильтрационных и геолого-геофизических параметров пород коллекторов кумской свиты Южно-Харбижинского участка, были построены графики изменчивости емкостно-фильтрационных и геолого-геофизических параметров и проведен их корреляционный анализ. Для этого были использованы данные ГИС и данные лабораторных исследований коллекторов, полученные при бурении скважины №88-РД. Оценка коэффициента пористости, объемной плотности, минералогической плотности и плотности насыщенности пород определена на стадии оценки месторождений по методикам А.М. Нечая и Б.Ю. Вендельштейна, Н.В. Манчевой, базирующимся на комплексной интерпретации БК (БКЗ) – НГК и БК (БКЗ) – НГК – ПС. **Результаты исследований.** Значимой положительной корреляционной связью обладают следующие пары параметров: коэффициент пористости и удельное сопротивление пород, коэффициент пористости и относительное сопротивление пород, коэффициент пористости и объемная плотность, коэффициент пористости и плотность минералогическая, коэффициент пористости и плотность насыщенных пород, удельное сопротивление пород и относительное сопротивление пород, удельное сопротивление пород и объемная плотность, удельное сопротивление пород и плотность минералогическая, удельное сопротивление пород и плотность насыщенных пород, относительное сопротивление пород и объемная плотность, относительное сопротивление пород и плотность минералогическая, относительное сопротивление пород и плотность насыщенных пород, объемная плотность и плотность минералогическая, объемная плотность и плотность насыщенных пород, плотность минералогическая и плотность насыщенных пород. Наблюдается зависимость пористости от сопротивления, что указывает на наличие в породах коллектора углеводородов, т.е. с увеличением пористости увеличивается сопротивление, что также наблюдается на графиках. Изучив распределение показателей на Южно-Харбижинском участке по одному горизонту можно сделать вывод, что эти показатели различаются очень слабо, что свидетельствует об однородности свойств пласта. Качественные показатели остаются без изменения. На Восточном участке можно ожидать схожие показатели. Наличие промышленных скоплений углеводородного сырья оценивается как весьма вероятное.

Ключевые слова: нефтегазоносность, корреляционный анализ, коллектор углеводородов, пористость, объемная плотность, удельное и относительное сопротивление пород.

Для цитирования: Босиков И.И., Ключев Р.В., Гаврина О.А. Анализ геолого-геофизических материалов и качественная оценка перспектив нефтегазоносности Южно-Харьбинского участка (Северный Кавказ). *Геология и геофизика Юга России*. 2021. 11(1): 6-21. DOI: 10.46698/VNC.2021.36.47.001.

GENERAL AND REGIONAL GEOLOGY

DOI: [10.46698/VNC.2021.36.47.001](https://doi.org/10.46698/VNC.2021.36.47.001)

Original paper

Analysis of geological-geophysical materials and qualitative assessment of the oil and gas perspectives of the Yuzhno-Kharbizhinsky area (Northern Caucasus)

I.I. Bosikov¹, R.V. Klyuev², O.A. Gavrina¹

¹North Caucasian institute of Mining and Metallurgy (State Technological University) (NCIMM),
44 Nikolaeva Str., Vladikavkaz 362021, Russian Federation;

²Moscow Polytechnic University, 38 Bolshaya Semenovskaya Str., Moscow 107203, Russian
Federation, e-mail: kluev-roman@rambler.ru

Received: 15.01.2021, revised: 10.02.2021, accepted: 24.02.2021

Abstract: Relevance. At the present stage, the development of the oil industry of the Russian Federation is impossible without replenishing the resource base, and therefore an urgent task is to search for new methods for assessing and analyzing the oil and gas content of promising areas. **Aim.** Analysis of the reservoir-filtration properties of reservoir rocks of the Kama horizon within the Yuzhno-Kharbizhinsky area, in order to predict the reservoir-filtration parameters for the Vostochny area. **Methods.** To analyze the reservoir-filtration and geological-geophysical parameters of the reservoir rocks of the Kuma suite of the Yuzhno-Kharbizhinsky area, graphs of the variability of the reservoir-filtration and geological-geophysical parameters were constructed and their correlation analysis was carried out. For this, well logging data and data from laboratory studies of reservoirs obtained during drilling of well No. 88-RD were used. The estimation of the porosity coefficient, bulk density, mineralogical density and saturation density of rocks were determined at the stage of assessing deposits according to the methods of A.M. Nechaya and B.Yu. Wendelstein, N.V. Mancheva, based on a comprehensive interpretation of BK (BKZ) - NGK and BK (BKZ) - NGK - PS. **Results.** The following pairs of parameters have a significant positive correlation: porosity coefficient and resistivity of rocks, porosity coefficient and relative resistivity of rocks, porosity coefficient and bulk density, porosity coefficient and mineralogical density, porosity coefficient and density of saturated rocks, rock resistivity and relative rock resistance, rock resistivity and bulk density, rock resistivity and mineralogical density, rock resistivity and saturated rock density, rock relative resistivity and bulk density, rock relative resistivity and mineralogical density, rock relative resistivity and saturated rock density, bulk density and mineralogical density, bulk density and density of saturated rocks, mineralogical density and density of saturated rocks. A dependence of porosity on resistance is observed, which indicates the presence of hydrocarbons in the reservoir rocks, i.e. with an increase in porosity, resistance increases, which is also observed in the graphs. Having studied the distribution of indicators in the Yuzhno-Kharbizhinsky area along one horizon, it can be concluded

that these indicators differ very slightly, which indicates the homogeneity of the reservoir properties. Qualitative indicators remain unchanged. Similar performance can be expected in the Eastern section. The presence of industrial accumulations of hydrocarbon raw materials is assessed as highly probable.

Keywords: oil and gas content, correlation analysis, hydrocarbon reservoir, porosity, bulk density, specific and relative resistivity of rocks.

For citation: Bosikov I.I., Klyuev R.V., Gavrina O.A. Analysis of geological-geophysical materials and qualitative assessment of the oil and gas perspectives of the Yuzhno-Kharbizhinsky area (Northern Caucasus). *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2021. 11(1): 6-21. DOI:10.46698/VNC.2021.36.47.001.

Введение

На современном этапе развитие нефтяной промышленности Российской Федерации невозможно без пополнения ресурсной базы и поэтому актуальной задачей является поиск новых методик оценки и анализа нефтегазоносности перспективных участков.

Целью исследований является анализ емкостно-фильтрационных свойств пород коллекторов кумской свиты в пределах Южно-Харбижинского участка, с целью прогноза емкостно-фильтрационных параметров на участке Восточный.

Исходными данными послужили емкостно-фильтрационные и геолого-геофизические параметры в пределах вскрытых пород коллекторов нижнего майкопа, кумской свиты эоцена, нижнего меласкважине № 88-РД: коэффициент пористости, удельное сопротивление породы, относительное сопротивление породы, объемная плотность, плотность минералогическая, плотность насыщенности породы.

Методика исследования

Для выполнения анализа емкостно-фильтрационных и геолого-геофизических параметров пород коллекторов по кровле нижнего майкопа, кумской свиты эоцена, нижнего мела Южно-Харбижинского участка, были построены графики изменчивости емкостно-фильтрационных и геолого-геофизических параметров и проведен их корреляционный анализ.

Для этого были использованы данные геоинформационных систем (ГИС) и данные лабораторных исследований коллекторов, полученные при бурении скважины № 88-РД.

Значения коэффициента пористости, объемной плотности, минералогической плотности и плотности насыщенности пород определены на стадии оценки месторождений по методикам А.М. Нечая и Б.Ю. Вендельштейна, Н.В. Манчевой, базирующимся на комплексной интерпретации боковой каротажа (БК) – боковое каротажное зондирование (БКЗ) – нейтронный каротаж (НГК) и БК (БКЗ) – НГК – каротаж методом естественного электрического поля (ПС).

Продуктивный горизонт хорошо освещен керновым материалом. Для всех образцов в лабораторных условиях определены: коэффициент пористости, объемная плотность, минералогическая плотность и плотность насыщенности пород. Результаты лабораторных исследований керна представлены в таблице 1.

Объект исследований

Продуктивный нефтегазоносный горизонт представлен на Южно-Харбижинском участке известняком темно-серым, неоднородным, глинистым, крепким, с не-

Таблица 1 / Table 1

Результаты исследований по скважине №88-РД /
Research results for well No. 88-RD

Эффективная толщина (h), м / Effective thickness (h), m /	Кп / Кр	Уд. сопр. пор. / Rock resistivity	Отн. сопр. пор. / Strength ratio of rocks	Плотность об. / Spatial density	Плотность. мин. / Mineralogical density	Плотность н. п. / Density of saturated rocks	Уд. сопр. пор.* (h) / Rock resistivity* (h)	Отн. сопр. пор.* (h) / Str. ratio of rocks * (h)	Кп* (h), м / Кр* (h)	Плотность об.* (h), м / Spat. density * (h), m	Плотность мин.* (h), м / Min. density * (h)	Плотность н. п.* (h), м / Density of sat. rocks* (h), m	Глубина (кровля) / Depth (roof)
5	1,3	21	961	1,47	1,44	1,18	105	4805	6,5	7,35	7,2	5,9	1978
6	1,2	27	1245	1,23	1,49	1,22	162	7470	7,2	7,38	8,94	7,32	1984
6	2,5	33	1023	1,35	1,5	1,27	198	6138	15	8,1	9	7,62	1990
8	1,2	25	1030	1,15	1,25	1,43	200	8240	9,6	9,2	10	11,44	1998
5	1,3	21	961	1,47	1,44	1,18	105	4805	6,5	7,35	7,2	5,9	1978
6	1,2	27	1245	1,23	1,49	1,22	162	7470	7,2	7,38	8,94	7,32	1984
6	2,5	33	1023	1,35	1,5	1,27	198	6138	15	8,1	9	7,62	1990
8	1,2	25	1030	1,15	1,25	1,43	200	8240	9,6	9,2	10	11,44	1998
11	5,3	37	1423	2,47	2,61	2,52	407	15653	58,3	27,17	28,71	27,72	2009
6	9,7	124	4769	2,47	5,58	2,51	744	28614	58,2	14,82	33,48	15,06	2015
5	8,8	90	3461	2,1	2,32	2,19	450	17305	44	10,5	11,6	10,95	2020
6	9,8	142	5461	2,13	2,25	2,18	852	32766	58,8	12,78	13,5	13,08	2026
7	5,5	133	5115	2,25	2,68	2,2	931	35805	38,5	15,75	18,76	15,4	2031
6	6,2	186	7154	2,35	2,7	2,34	1116	42924	37,2	14,1	16,2	14,04	2037
5	5	165	3500	2,36	2,68	2,45	825	17500	25	11,8	13,4	12,25	2042
6	4,3	115	4423	2,41	2,66	2,47	690	26538	25,8	14,46	15,96	14,82	2048
4	4,3	169	6500	2,33	2,73	2,36	676	26000	17,2	9,32	10,92	9,44	2052
12	4	123	4730	2,35	2,6	2,51	1476	56760	48	28,2	31,2	30,12	2064
9	4,8	238	9154	2,24	2,68	2,31	2142	82386	43,2	20,16	24,12	20,79	2073
8	5	115	4423	2,35	2,66	2,22	920	35384	40	18,8	21,28	17,76	2081
9	5,3	118	3000	2,24	2,68	2,49	1062	27000	47,7	20,16	24,12	22,41	2092
19	5,5	132	5077	2,26	2,73	2,43	2508	96463	104,5	42,94	51,87	46,17	2111
9	5,5	55	2115	2,36	2,73	2,19	495	19035	49,5	21,24	24,57	19,71	2120
15	6,2	96	3692	2,36	2,73	2,2	1440	55380	93	35,4	40,95	33	2135
3	1,3	35	1346	1,78	1,56	1,17	105	4038	3,9	5,34	4,68	3,51	2138
5	2,2	26	875	1,46	1,62	1,24	130	4375	11	7,3	8,1	6,2	2143
4	1,4	21	808	1,28	1,37	1,41	84	3232	5,6	5,12	5,48	5,64	2147
3	1,3	28	981	1,29	1,24	1,36	84	2943	3,9	3,87	3,72	4,08	2150

равномерными включениями аргиллита темно-серого и маломощными прослоями тонкоплитчатого аргиллита. В образцах керна наблюдаются вертикальные трещины, выполненные кальцитом. Также встречаются прослои песчаника, разноминерального, слюдяного, с редкими включениями глауконита и углистого материала.

Известняки в основном, микрозернистой структуры с неровным раковистым изломом [Бронскова, 2016; Костеневич, 2017; Мартынов, 2004; Трудноизвлекаемые запасы..., 2012]. Встречаются включения сферических органогенных образований, количество которых различно на различных участках – от 10-15% до 25-70%. Сферические образования округлой и овальной форм, многие неконцентрического строения. Размеры сфер колеблются в пределах 0,04-0,2 мм, отдельные 0,25-0,3 мм. Примесь терригенного материала незначительна (1-3%). Представлен терригенный материал в основном, обломочным кварцем, зерна которого овально-округлой формы размером 0,03-0,05 мм. Наблюдаются редкие вторичные пустоты выщелачивания, неравномерно расположенные в породе, между собой не связанные, овально-округлой формы, размером 0,02-0,3 мм, образовавшиеся за счет растворения кальцита.

Результаты опробования продуктивного горизонта по скважине № 88-РД указывают на то, что эксплуатационный объект однороден по своим емкостным свойствам и по разрезу и по площади [Клубков, 2015; Хузин, 2012].

Результаты исследований

Помимо исследования кернов, для оценки коллекторских свойств использовались результаты обработки промыслово-геофизических материалов, данные гидродинамических исследований скважины № 88-РД Южно-Харьбинского участка.

Рис. 1. График изменчивости коэффициента пористости по скважине № 88-РД /
Fig. 1. Graph of porosity coefficient variability for well No. 88-RD

Рис. 2. График изменчивости удельного сопротивления пород по скважине № 88-РД /
Fig. 2. Graph of variability of rock resistivity for well No. 88-RD

Для оценки емкостных свойств пород использовались результаты обработки индикаторных диаграмм [Коваленко, Сохошко, 2018; Медведев, 1997; Ghorbani et al., 2016].

Были построены графики изменчивости (рисунки 1-12) по результатам исследований коллекторских свойств.

На графике коэффициента пористости породы наблюдается увеличение значения в интервале продуктивного горизонта (от 2000 до 2140). Максимальное значение наблюдается в интервале 2015 и 2025.

Рис. 3. График изменчивости относительного сопротивления пород по скважине № 88-РД /
Fig. 3. Graph of variability of the relative resistivity of rocks for well No. 88-RD

Рис. 4. График изменчивости объемной плотности по скважине №88-РД /
Fig. 4. Graph of bulk density variability for well No. 88-RD

На графике удельного сопротивления пород наблюдается увеличение значений в интервале от 2000 м до 2140 м. Максимальное значение замечено на глубине 2070 м.

На графике относительного сопротивления пород наблюдается увеличение значений в интервале от 2000 м до 2140 м. Максимальное значение замечено на глубине 2070 м.

Рис. 5. График изменчивости плотности насыщенности пород по скважине №88-РД /
Fig. 5. Graph of variability of density of rock saturation for well No. 88-RD

Рис. 6. График изменчивости минералогической плотности по скважине № 88-РД /

Fig. 6. Graph of mineralogical density variability for well No. 88-RD

На графике объемной плотности пород наблюдается увеличение показателей в интервале от 2000 м до 2140 м.

На графике плотности насыщенности пород наблюдается увеличение показателей в интервале от 2000 м до 2140 м.

На графике минералогической плотности пород наблюдается увеличение значений в интервале от 2000 м до 2140 м.

Рис. 7. График зависимой изменчивости коэффициента пористости от мощности по скважине № 88-РД /

Fig. 7. Graph of the dependent variability of the porosity coefficient on the power for well No. 88-RD

Рис. 8. График зависимой изменчивости удельного сопротивления от мощности по скважине № 88-РД /

Fig. 8. Graph of dependent variability of resistivity on power for well No. 88-RD

На графике зависимой изменчивости коэффициента пористости от мощности наблюдается увеличение значений в интервале от 2000 м до 2140 м. Максимальное значение замечено на глубине 2110 м.

Рис. 9. График зависимой изменчивости относительного сопротивления от мощности по скважине № 8-РД /

Fig. 9. Graph of the dependent variability of the relative resistance from power for well No. 88-RD

Рис. 10. График зависимой изменчивости объёмной плотности от мощности по скважине № 88-РД /

Fig. 10. Graph of the dependent variability of volumetric density on power for well No. 88-RD

На графике зависимой изменчивости удельного сопротивления от мощности наблюдается увеличение значений в интервале от 2000 м до 2140 м. Максимальное значение замечено на глубине 2110 м.

На графике зависимой изменчивости относительного сопротивления от мощности наблюдается увеличение значений в интервале от 2000 м до 2140 м. Максимальное значение замечено на глубине 2110 м.

Рис. 11. График зависимой изменчивости минералогической плотности от мощности по скважине № 88-РД /

Fig. 11. Graph of the dependent variability of mineralogical density from power for well No. 88-RD

Рис. 12. График зависимой изменчивости плотности насыщенности пород от мощности по скважине № 88-РД /

Fig. 12. Graph of the dependent variability of the density of the saturation of rocks on the thickness of the well No. 88-RD

На графике зависимой изменчивости объёмной плотности от мощности наблюдается увеличение значений в интервале от 2000 м до 2140 м. Максимальное значение замечено на глубине 2110 м.

На графике зависимой изменчивости минералогической плотности от мощности наблюдается увеличение значений в интервале от 2000 м до 2140 м. Максимальное значение замечено на глубине 2110 м.

На графике зависимой изменчивости плотности насыщенности пород от мощности наблюдается увеличение значений в интервале от 2000 м до 2140 м. Максимальное значение замечено на глубине 2110 м.

По результатам анализа графиков распределения показателей в скважине № 88-РД можно сделать вывод, что пласт не однороден, встречаются прослои аргиллитов с другими емкостно-фильтрационными и геофизическими характеристиками. Интервал 2000-2040 м является газоносным горизонтом, на что указывают повышенные значения относительного сопротивления.

Значимой положительной корреляционной связью обладают следующие пары параметров: коэффициент пористости и удельное сопротивление пород, коэффициент пористости и относительное сопротивление пород, коэффициент пористости и объёмная плотность, коэффициент пористости и плотность минералогическая, коэффициент пористости и плотность насыщенных пород, удельное сопротивление пород и относительное сопротивление пород, удельное сопротивление пород и объёмная плотность, удельное сопротивление пород и плотность минералогическая, удельное сопротивление пород и плотность насыщенных пород, относительное сопротивление пород и объёмная плотность, относительное сопротивление пород и плотность минералогическая, относительное сопротивление пород и плотность на-

Таблица 2 / Table 2

**Результаты корреляционного анализа результатов исследований
по скважине № 88-РД / Results of the correlation analysis of the survey
results for well No. 88-RD**

	(h), м / (h), m	K_n / K_p	Уд. сопр. пор. / Rock resistivity	Отн. сопр. пор. / Strength ratio of rocks	Плотность об. / Spatial density	Плотность мин. / Mineralogical density	Плотность н. п. / Density of saturated rocks	Глубина / Depth
(h), м / (h), m	1	0,25	0,22	0,25	0,41	0,27	0,47	0,13
K_n / K_p		1	0,60	0,59	0,75	0,75	0,75	0,16
Уд. сопр. пор. / Rock resistivity			1	0,96	0,72	0,57	0,75	0,06
Отн. сопр. пор. / Strength ratio of rocks				1	0,68	0,56	0,70	0,07
Плотность об. / Spatial density					1	0,77	0,93	0,02
Плотность мин. / Mineralogical density						1	0,76	0,11
Плотность н. п. / Density of saturated rocks							1	0,06
Глубина / Depth								1

сыщенных пород, объемная плотность и плотность минералогическая, объемная плотность и плотность насыщенных пород, плотность минералогическая и плотность насыщенных пород [Бембель и др., 2012; Даукаев, 2010; Нефтяная промышленность России, 2013; Паникаровский и др., 2019; Поднебесных, 2017; De Oliveira et al., 2014; Sinclair, Thompson, 2013; Stoll et al., 2009].

Проведенные исследования могут быть использованы в ходе анализа природно-промышленных систем в горных территориях [Голик и др., 2018; Чотчаев и др., 2020; Klyuev et al., 2020a, b, 2021; Svalova et al., 2018; Zaalishvili, Rogozhin, 2011; Zaalishvili et al., 2016].

Заключение

Изучив распределение показателей на Южно-Харбижинском участке по одному горизонту можно сделать вывод, что эти показатели различаются очень слабо, что свидетельствует об однородности свойств пласта. Качественные показатели остаются без изменения. На Восточном участке можно ожидать схожие показатели. Наличие промышленных скоплений углеводородного сырья оценивается как весьма вероятное. Проведенные исследования могут быть использованы в ходе анализа природно-промышленных систем в горных территориях [Klyuev et al., 2020a, b, 2021; Svalova et al., 2018; Zaalishvili, Rogozhin, 2011; Zaalishvili et al., 2016].

По всей вероятности, данные по проведенным исследованиям можно использовать при проведении поисково-оценочных работ на данной территории.

Литература

1. Бембель Р.М., Сухов Л.А., Щетинин И.А. Пути повышения геологической эффективности освоения месторождений углеводородов в Западной Сибири. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2017. – №6. – С. 6-10. DOI: 10.31660/0445-0108-2017-6-6-10
2. Бронскова Е.И. Комплексный анализ геологического строения Апрельского месторождения для эффективности доразведки и разработки залежей в тюменской свите. / Е.И. Бронскова. // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2016. – №8. – С. 36-44.
3. Голик В.И., Бурдзиева О.Г., Дмитрак Ю.В., Шяймартдянов Т.Э. Взаимодействие природных и технических систем обеспечения сбалансированности земной поверхности при освоении недр. // Геология и геофизика Юга России. – 2018. – №8 (4). – С. 33-44. DOI:10.23671/VNC.2018.4.20132
4. Даукаев А.А. Формирование и развитие научных основ нефтегазопроисловых и разведочных работ на Северном Кавказе в 18-19 вв. // Естественные и технические науки. – 2010. – №2 (46). – С. 506-509.
5. Клубков С.В. Стимулирование разработки ТРИЗ поможет поддержать уровень добычи нефти в России. / С.В. Клубков. // Oil & Gas Journal Russia. – 2015. – №6. – С. 6-11.
6. Коваленко И.В., Сохошко С.К. Моделирование разработки нефтяных оторочек многопластового залегания. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2018. – №3. – С. 50-54. DOI: 10.31660/0445-0108-2018-3-50-54
7. 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 Краснотеннинского свода. / К.А. Костеневич, О.И. Белоус, С.А. Слюнкина. // 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.
8. Мартынов В.Н. Формирование нефтяной и газовой – кризис перепроизводства. // Журнал Нефть России. – 2004. – №8. – С. 20-24.
9. Медведев Н.Я. Геотехнологические основы разработки залежей с трудноизвлекаемыми запасами нефти. / Н.Я. Медведев. – Москва: ВНИИОЭНГ, 1997. – 336 с.
10. Нефтяная промышленность России. // Молодежный научный форум: Технические и математические науки: материалы V студенческой международной конф. – М.: «МЦНО». – 2013. – №5 (5).
11. Паникаровский Е.В., Паникаровский В.В., Анашкина А.Е. Опыт разработки Ванкорского месторождения. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2019. – №1. – С. 47-51. DOI: 10.31660/0445-0108-2019-1-47-51
12. Поднебесных А.В. Перспективы промышленной разработки проявлений битумов рифтовых впадин на территории Забайкалья. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2017. – №1. – С. 38-42. DOI: 10.31660/0445-0108-2017-1-38-42
13. 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 (Минприроды России), Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра), Западно-Сибирский научно-исследовательский ин-т геологии и геофизики. – Тюмень: ЗапСибНИИГГ, 2012. – 256 с.
14. Хузин Р.Р. Геотехнологические основы освоения трудноизвлекаемых запасов мелких сложнопостроенных месторождений нефти. / Р.Р. Хузин. – Самара: Нефть. Газ. Новации. – 2012. – 384 с.

15. Чотчаев Х. О., Бурдзиева О. Г., Заалишвили В. Б. Влияние геодинамических процессов на геоэкологическое состояние высокогорных территорий. // Геология и геофизика Юга России. – 2020. – № 10 (4). – С. 70-100. DOI: 10.46698/VNC. 2020.87.26.005.
16. De Oliveira D. M., Sobral L. G. S., Olson G. J., Olson S. B. Acid leaching of a copper ore by sulphur-oxidizing microorganisms. // Hydrometallurgy. – 2014. – Vol. 147-148. – pp. 223-227. DOI: 10.1016/j. hydromet. 2014.05.019
17. Ghorbani Y., Franzidis J.-P., Petersen J. Heap Leaching Technology – Current State, Innovations, and Future Directions: A review. // Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review. – 2016. – Vol. 37. No. 2. – pp. 73-119.
18. Klyuev R. V., Bosikov I. I., Mayer A. V., Gavrina O. A. Comprehensive analysis of the effective technologies application to increase sustainable development of the natural-technical system. // Sustainable Development of Mountain Territories. – 2020a. – No. 2. – pp. 283-290.
19. Klyuev R. V., Bosikov I. I., Egorova E. V., Gavrina O. A. Assessment of mining-geological and mining technical conditions of the Severny pit with the use of mathematical models. // Sustainable Development of Mountain Territories. – 2020b. – No. 3. – pp. 418-427. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-4-418-427
20. Klyuev R., Bosikov I., Gavrina O., Madaeva M., Sokolov A. Improving the Energy Efficiency of Technological Equipment at Mining Enterprises. // In: Murgul V., Pukhkal V. (eds), International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019. EMMFT 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2021. – Vol. 1258. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-4-030-57450-5_24
21. Sinclair L., Thompson J. In situ leaching of copper: Challenges and future prospects. // Hydrometallurgy. – 2015. – Vol. 157. – pp. 306-324. DOI: 10.1016/j. hydromet. 2015.08.022
22. Stoll R. D., Iemann-Delius C., Drebenstedt C., Müllensiefen K. Der Braunkohlentagebau – Bedeutung, Planung, Betrieb, Technik, Umwelt. // Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. – 2009. – p. 605. DOI: 10.1007/978-3-540-78401-2 (In German)
23. Svalova V. B., Zaalishvili V. B., Ganapathy G. P., Nikolaev A. V. Natural hazards and disasters in mountain areas. // Geology and Geophysics of Russian South. – 2018. – Vol. 8 (2). – pp. 87-101. (In Russ.). DOI: 10.23671/VNC. 2018.2.14360
24. Zaalishvili V. B., Melkov D. A., Kanukov A. S., Dzeranov B. V. Spectral-temporal features of seismic loadings on the basis of strong motion wavelet database. // International Journal of GEOMATE. – 2016. – Vol. 10. No. 1. pp. 1656-1661.
25. Zaalishvili V. B., Rogozhin E. A. Assessment of seismic hazard of territory on basis of modern methods of detailed zoning and seismic Microzonation. // Open Construction and Building Technology Journal. – 2011. – Vol. 5. – pp. 30-40.

References

1. Bembel R. M., Sukhov V. A., Schetinin I. A. Ways of increasing geological efficiency of hydrocarbon fields development in Western Siberia. Oil and Gas Studies, 2017. No. 6. pp. 6-10. DOI: 10.31660/0445-0108-2017-6-6-10 (In Russ.)
2. Bronskova E. I. Complex analysis of the geological structure of the Aprelskoye field for the efficiency of additional exploration and development of deposits in the Tyumen suite. Geology, geophysics and development of oil and gas fields, 2016. No. 8. pp. 36-44. (In Russ.)
3. Golik V. I., Burdzieva O. G., Dmitrak Yu. V., Sheymartdyanov T. E. Interaction of natural and technical systems for ensuring balance of earth surface when developing bowelsin. Geology and Geophysics of Russian South. 2018. Vol. 8 (4). pp. 33-44. DOI:10.23671/VNC. 2018.4.20132 (in Russ.)

4. Daukaev A.A. Formation and development of the scientific foundations of oil and gas exploration and exploration in the North Caucasus in the 18-19 centuries. *Natural and technical sciences*, 2010. No. 2 (46). pp. 506-509. (In Russ.)
5. Klubkov S.V. Stimulating the development of TRIZ will help maintain the level of oil production in Russia. *Oil & Gas Journal Russia*, 2015. No. 6. pp. 6-11. (In Russ.)
6. Kovalenko I.V., Sokhoshko, S.K. Modeling of the oil rims development of multi-zone oil rim reservoir. *Oil and Gas Studies*, 2018. No. 3. pp. 50-54. DOI: 10.31660/0445-0108-2018-3-50-54. (In Russ.)
7. Kostenevich, K.A. Influence of formation conditions and postsedimentary processes of sediment transformation on the structure of the void space and filtration-capacity properties of reservoir rocks of the productive horizon of the Tyumen suite of the Krasnoleninsky arch. K.A. Kostenevich, O.I. Belous, S.A. Slyunkina. *Modern problems of sedimentology in oil and gas engineering: Proceedings of the III All-Russian Scientific and Practical Sedimentological Meeting*, April 10-12, 2017. Tomsk. Publishing house of TsPPS ND, 2017. pp. 84-90. (In Russ.)
8. Martynov V.N. Formation of oil and gas – the crisis of overproduction. *Journal of Oil of Russia*, 2004. No. 8. pp. 20-24. (In Russ.)
9. Medvedev N.Ya. *Geotechnological foundations of the development of deposits with hard-to-recover oil reserves*. Moscow. VNIIOENG, 1997. 336 p. (In Russ.)
10. *Oil industry of Russia. Youth Scientific Forum: Technical and Mathematical Sciences: Materials of V Student International. conf.* Moscow. ICNS, 2013. No. 5 (5). (In Russ.)
11. Panikarovskii E.V., Panikarovskii V.V., Anashkina A.E. Vankor oil field development experience. *Oil and Gas Studies*, 2019. No. 1. pp. 47-51. DOI: 10.31660/0445-0108-2019-1-47-51. (In Russ.)
12. Podnebesnykh A.V. Perspectives of developing bitumen seeps of the Baikal rift valley. *Oil and Gas Studies*, 2017. No. 1. pp. 38-42. DOI: 10.31660/0445-0108-2017-1-38-42. (In Russ.)
13. *Hard-to-recover oil reserves of the Russian Federation. Structure, state, development prospects: monograph*. I.V. Shpurov, A.D. Pisarnitskiy, I.P. Purtova, A.I. Varichenko; under the editorship of I.V. Shpurov, Yu.P. Besedovsky; Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation (Ministry of Natural Resources of Russia), Federal Agency for Subsoil Use (Rosnedra), West Siberian Research Institute of Geology and Geophysics. Tyumen. ZapSib NIIGG, 2012. 256 p. (In Russ.)
14. Khuzin R.R. *Geotechnological foundations of development of hard-to-recover reserves of small complex oil fields*. Samara. Oil. Gas. Innovations, 2012. 384 p. (In Russ.)
15. Chotchaev Kh.O., Burdzieva O.G., Zaalishvili V.B. Influence of geodynamic processes on the geoecological state of high mountain areas. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2020. Vol. 10 (4). pp. 70-100. DOI: 10.46698/VNC. 2020.87.26.005 (in Russ.)
16. De Oliveira D.M., Sobral L.G. S., Olson G J., & Olson S.B. Acid leaching of a copper ore by sulphur-oxidizing microorganisms. *Hydrometallurgy*, 2014. Vol. 147-148, pp. 223-227. DOI: 10.1016/j. hydromet. 2014.05.019.
17. Ghorbani Y., Franzidis J.-P., Petersen J. *Heap Leaching Technology – Current State, Innovations, and Future Directions: A review*. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 2016. Vol. 37. No. 2. pp. 73-119.

18. Klyuev R. V., Bosikov I. I., Mayer A. V., Gavrina O. A. Comprehensive analysis of the effective technologies application to increase sustainable development of the natural-technical system. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2020a. No. 2. pp. 283-290.

19. Klyuev R. V., Bosikov I. I., Egorova E. V., Gavrina O. A. Assessment of mining-geological and mining technical conditions of the Severny pit with the use of mathematical models. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2020b. No. 3. pp. 418-427. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-4-418-427.

20. Klyuev R., Bosikov I., Gavrina O., Madaeva M., Sokolov A. Improving the Energy Efficiency of Technological Equipment at Mining Enterprises. In: Murgul V., Pukhkal V. (eds), *International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019. EMMFT 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2021. Vol. 1258. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-4-030-57450-5_24

21. Sinclair L., & Thompson J. In situ leaching of copper: Challenges and future prospects. *Hydrometallurgy*, 2015. Vol. 157. pp. 306-324. DOI: 10.1016/j. hydromet. 2015.08.022

22. Stoll R. D., Iemann-Delius C., Drebenstedt C., Müllensiefen K. *Der Braunkohlentagebau-Bedeutung, Planung, Betrieb, Technik, Umwelt*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 605. DOI: 10.1007/978-3-540-78401-2 (In German)

23. Svalova V. B., Zaalishvili V. B., Ganapathy G. P., Nikolaev A. V. Natural hazards and disasters in mountain areas. *Geology and Geophysics of Russian South*, 2018. Vol. 8 (2). pp. 87-101. (In Russ.). DOI: 10.23671/VNC. 2018.2.1436.

24. Zaalishvili V. B., Melkov D. A., Kanukov A. S., Dzeranov B. V. Spectral-temporal features of seismic loadings on the basis of strong motion wavelet database. *International Journal of GEOMATE*, 2016. Vol. 10. No. 1. pp. 1656-1661.

25. Zaalishvili V. B., Rogozhin E. A. Assessment of seismic hazard of territory on basis of modern methods of detailed zoning and seismic Microzonation. *Open Construction and Building Technology Journal*, 2011. Vol. 5. pp. 30-40.