

Комплексный анализ условий и особенностей нефтегазоносности в пределах Ахловской структурной зоны (Северный Кавказ)

И. И. Босиков^{1*}, А. И. Мазко¹, А. В. Майер², О. В. Гагарина²

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 нефтяной промышленности Российской Федерации невозможно без пополнения ресурсной базы, и поэтому актуальной задачей являются анализ и оценка условий и особенностей нефтегазоносности неизученных районов.

Цель исследования — анализ и оценка фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов аптского горизонта P_{1+2} – K_2 в пределах Ахловской структуры.

По результатам анализа графиков распределения показателей в скважинах Р-212 и Р-213 на Ахловском участке можно сделать вывод, что пласт неоднороден, встречаются прослои аргиллитов с другими фильтрационно-емкостными и геофизическими характеристиками. Значимой положительной корреляционной связью обладают следующие пары параметров: коэффициент пористости и нефтенасыщенная толщина пород, удельное сопротивление пород и коэффициент пористости, удельное сопротивление и нефтенасыщенная толщина. Изучив распределение показателей на Ахловском участке по двум скважинам (Р-212 и Р-213) по одному горизонту, можно сделать вывод, что эти показатели различаются очень слабо, что свидетельствует об однородности свойств пласта. Качественные показатели остаются без изменения. Таким образом, на территории Ахловского участка можно ожидать схожие показатели в пределах всего участка разведываемого пласта P_{1+2} – K_2 .

Ключевые слова: нефтегазоносность; Ахловская структура; фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов; коэффициент пористости; коэффициент проницаемости; удельное сопротивление породы

A comprehensive analysis of conditions and features of oil-and-gas content within the Akhlovskaya structural zone (the North Caucasus)

Igor I. Bosikov^{1*}, Alexander I. Mazko¹, Andrey V. Mayer², Oksana V. Gagarina²

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 industry of the Russian Federation is impossible without replenishing the resource base, and therefore an urgent task is to analyze and assess the conditions and characteristics of oil-and-gas content in unexplored regions.

Purpose of the study is an analysis and an assessment of reservoir properties of rocks of the Aptian horizon P_{1+2} – K_2 within the Akhlovskaya structure.

We analyzed the graphs of the distribution of indicators in wells R-212 and R-213 in the Akhlovsky area and concluded that the reservoir is heterogeneous, and there are interlayers of mudstones with other reservoir properties and geophysical characteristics. The following pairs of parameters (porosity coefficient and oil-saturated thickness of rocks, rock resistivity and porosity coefficient, rock resistivity and oil-saturated thickness of rocks) have a significant positive correlation. Having studied the distribution of indicators in the Akhlovsky area for wells R-212 and R-213 along one horizon, we concluded that these indicators differ very slightly, which indicates the homogeneity of the reservoir properties. Qualitative indicators don't change. Thus, we can expect similar indicators within the entire area of the explored layer $P_{1+2}-K_2$ in the territory of the Akhlovsky area.

Key words: oil-and-gas content; Akhlovskaya structure; reservoir properties of rocks; porosity coefficient; permeability coefficient; rock resistivity

Введение

На современном этапе развитие нефтяной промышленности Российской Федерации невозможно без пополнения ресурсной базы, и поэтому актуальной задачей являются оценка и выявление перспектив нефтегазонасности районов предполагаемых месторождений [1–5].

Цель исследований — изучение и оценка фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов аптского горизонта $P_{1+2}-K_2$ в пределах Ахловского участка.

Объект и методы исследования

В геологическом строении Ахловского участка участвуют породы кристаллического фундамента и осадочные отложения палеозойской, мезозойской и кайнозойской групп.

В строении Ахловского участка принимают участие отложения мезокайнозойского комплекса. Залежи нефти приурочены к пласту нижнемеловых отложений.

Продуктивная часть разреза довольно полно освещена керновым материалом, палеонтологическими, петрографическими и геофизическими исследованиями, поэтому расчленение разреза и корреляция его по скважинам не вызывают особых затруднений.

Триасовые отложения. Литологически представлены в основном аргиллитами темно-серыми, серыми и зеленовато-серыми, слюдистыми, слоистыми и известняками пелитоморфными от светло-серых до коричневых, участками вишнево-красными сильноглинистыми, перекристаллизованными с редкими прослоями доломитов зеленовато-серых и песчаников светло-серых с розоватым оттенком, мелкозернистых. Вскрытая максимальная мощность — 295 м.

Юрские отложения. В пределах Ахловского участка фаунистическое подтверждение получили все три отдела юры — верхний, средний и нижний. Верхняя юра выделяется ниже $XIII_{2+3}$ пласта по схеме, принятой в производственных организациях, осуществляющих разведочные работы. В отложениях средней юры выделяются пять песчано-алевритовых пачек с прослоями аргиллитов темно-серых, почти черных. Отложения нижнеюр-

ского возраста выделены по фаунистическим находкам. Суммарная мощность юрских отложений составляет 191–200 м.

Меловые отложения. Подразделяются на два отдела — нижний и верхний, вскрыты и полностью пройдены всеми разведочными скважинами.

Нижнемеловые отложения представлены всеми своими ярусами. Для них характерен терригенный (песчано-глинистый) состав пород. Суммарная мощность — около 674 м.

Верхнемеловые отложения выделяются в объеме турон-коньякского, сантонского, кампанского, маастрихтского и датского ярусов. Литологически представлены в основном известняками светло-серыми, почти белыми, крепкими, глинистыми, оскольчатыми с хорошо выраженными сутуро-стиллолитовыми швами. Суммарная мощность верхнемеловых отложений изменяется в пределах 191–204 м.

Палеоген. Литологически свиты представлены глинами темно-зелеными и зеленовато-серыми плотными, с прослоями аргиллитов и мергелей зеленовато-серых плотных, массивных. Общая мощность толщи составляет 60–69 м.

Эоцен. Кумско-Керестинская + Белоглинская свиты. Отложения представлены в основном мергелями светло-коричневыми и желтыми (Кумско-Керестинская свита) и светло-серыми, почти белыми с зеленоватым оттенком (Белоглинская свита) с прослоями мергелистых глин и аргиллитов. По содержанию карбонатов мергели иногда приближаются к известнякам. Общая мощность — 49–51 м.

Олигоцен — нижний миоцен. Включает отложения хадумского горизонта и майкопскую серию.

Хадумский горизонт. Литологически представлен глинами и мергелистыми глинами черными и темно-коричневыми плотными. Внутри горизонта выделяется четкий геоэлектрический репер, прослеживаемый в пределах всего Прикумского района, так называемый остракодовый пласт, представленный на Ковыльном месторождении мергелистыми глинами и мергелями.

Майкопская серия. Майкопские отложения в пределах Прикумского района имеют широкое распространение. Литологически отложения майкопской серии представлены однообразными глинами, включающими 7 песчано-алевритовых пачек. Песчаные пачки представляют собой чередование прослоев глин, песчаников и алевролитов. Песчаники и алевролиты серые со слабым зеленоватым оттенком.

Средний и верхний миоцен. Отложения средне- и верхнемиоценового возраста вскрыты всеми скважинами и выделяются в объеме чокракского, караганского, конского горизонтов, нижнего и среднего отделов сарматского яруса.

Литологически эти отложения представлены терригенными осадочными образованиями — чередованием глин, алевролитов, песков, песчаников и мергелей. Общая мощность их изменяется в пределах от 200 до 210 м.

Плиоцен. Подразделяется на акчагыльский и апшеронский ярусы, трансгрессивно с большим перерывом перекрывающие отложения сарматского яруса, охарактеризованные керновым материалом. Литологически отложения акчагыльского яруса можно подразделить на две части: ниж-

ною — песчано-глинистую и верхнюю — глинистую. Верхняя — песчано-глинистая часть апшерона представлена чередованием глин, песков и песчаников. Общая мощность плиоцена — 595 м.

Четвертичные отложения. К ним условно отнесена толща пород, залегающая выше фаунистически охарактеризованного апшерона. Выше залегают глины пестроцветные песчанистые, известковистые с включениями и тонкими прослоями серых разнотернистых песков, песчаников и слабосцементированных конгломератов. Самая верхняя часть, мощностью 10–15 м, отнесена к современным отложениям и представлена супесью коричневатого-желтого цвета и глиной пестроцветной, песчанистой. Мощность четвертичных отложений — 70–76 м.

Тектоника

Ахловский участок в тектоническом отношении расположен в пределах Прикумской зоны поднятий Восточного Предкавказья. Современный структурный план Прикумской зоны поднятий характеризуется сложным строением и резко выраженным структурным расчленением. Поверхность фундамента имеет сильно расчлененный рельеф и сложную историю развития. Это обусловило различный стратиграфический объем вышележающих мезозойских отложений и сложный характер контакта с палеозойским фундаментом.

По поверхности фундамента Прикумская зона поднятий представляет собой крупный положительный структурно-тектонический элемент, имеющий широтное простираие и осложненный небольшими нарушениями. В структурном плане осадочного чехла мезокайнозойских отложений вырисовывается обширная трасса, осложненная зонами поднятий и прогибов.

По морфологическому и историческому признакам в пределах Прикумской зоны поднятий выделяют три структурные зоны.

1. Северная (Величаевская) структурная зона характеризуется относительно полным разрезом юрских отложений и зональным развитием горизонтов неокома. В эту зону включаются следующие локальные поднятия: Безводное, Восточное, Зимняя Ставка, Правобережное, Величаевское, Колодезное, Ново-Колодезное, Русский Хутор Северный, Максимокумское и др.

2. Центральная (Озек-Суатская) зона объединяет локальные структуры: Русский Хутор Южный, Курган-Амурскую, Озек-Суатскую, Урожайненскую, Зурмутинскую и др. В пределах этой зоны отмечается наиболее интенсивный размыв юрских отложений, что обуславливает наличие стратиграфического и углового несогласия с вышележащими нижнемеловыми отложениями.

3. Южная (Прасковейско-Мектебская) структурная зона объединяет следующие структуры: Граничную, Мектебскую, Ямангойскую, Ачикулакскую, Прасковейскую и др. Характерной особенностью этой зоны являются отсутствие юрских отложений и нарушенность нижних горизонтов осадочного чехла.

Локальные структуры Прикумской зоны поднятий характеризуются чертами платформенного типа: имеют пологие крылья, небольшие амплитуды, расплывчатые очертания. Вверх по разрезу структуры постепенно выполаживаются, сохраняя в плане положение сводов.

В 1994 году в результате сейсмических исследований партий «Грознефтегеофизика» были открыты погребенные поднятия: Надеждинское, Култайское и Ковыльное. Указанные сейсмические материалы были использованы в первом подсчете запасов. После защиты отчета в ГКЗ в 1969 году на месторождении продолжалось бурение новых скважин, и появлялись новые материалы сейсморазведки на соседних месторождениях с захватом части территории Ковыльного месторождения. В настоящем отчете учтены результаты сейсмических отчетов с/п 7/85 и с/п 1/90 по ОГ «2К».

Согласно указанным отчетам, по ОГ 2К1 Ахловский участок находится в погруженной зоне между двумя крупными поднятиями. На востоке это положительная структура Русского Хутора Северного, на севере и северо-западе — Восточно-Безводненская положительная структура. В пределах погруженной части Ковыльного месторождения локализуются три небольших по размеру положительных аномалии, имеющие форму структурных носов. В восточной части месторождения имеется купол, осложняющий структурный нос, как продолжение складки Русского Хутора Северного.

Еще западнее расположен небольшой куполок, являющийся осложнением западного структурного носа, представляющего собой осложнение Восточно-Безводненской положительной структуры. Наиболее высокая точка западного структурного носа вскрыта скв. Р-212.

На Ахловском участке нефтегазоносность выявлена в отложениях от пермо-триаса до неогена включительно. В пределах данного интервала разреза установлены несколько нефтегазоносных комплексов: пермо-триасовый, юрско-меловой и палеоген-неогеновый.

Пермские отложения самые древние, из которых получены притоки нефти.

В последние годы промышленные притоки нефти получены на трещинно-кавернозных карбонатных коллекторах нижнего триаса, связанных с отложениями нефтекумской свиты (Восточная, Восточно-Безводненская, Пушкарская, Русский Хутор Северный и др.).

Из песчаных пластов среднего триаса получены нефть с газом и газоконденсат на Сухокумской, Вайджановской и других площадях.

Незначительные притоки нефти получены из верхнетриасовых известняков на Закумской и Новоколодезной площадях.

Юрские и меловые отложения регионально нефтегазоносны в пределах всего Восточного Ставрополя.

Промышленные притоки нефти получены из VII пласта юры на Максимокумской площади, из V пласта юры на Полевой, Молодежной, Приграничной, Русский Хутор Южный, Русский Хутор Северный и других площадях.

Из верхней юры нефть получена на Озек-Суатской и Уварской площадях, в III пласте юры выявлена газоконденсатная залежь.

С песчано-алевролитово-карбонатными пластами нижнего мела связаны залежи на площадях Приграничной (К1-IX), Молодежной (К1-ХIII, К1-I), Озек-Суате (К1-IX, К1-ХIII), Ковыльной (К1-VIII, К1-IX), Русский Хутор Северный (К1-VIII, К1-IX, К1-ХIII), непромышленные притоки нефти получены на Волынской площади (К1-IX); на Манычском участке в скв. 1 Ильменской из VIII пласта нижнего мела получен приток воды с 25 % нефти.

С карбонатными коллекторами верхнего мела связаны притоки нефти на площадях: Восточно-Безводненской, Зимняя Ставка.

Небольшая залежь нефти в палеогеновых отложениях выявлена на месторождении Озек-Суат, там же отмечены нефтепроявления на Восточно-Безводненском месторождении.

Опробование скважин с целью изучения нефтеносности Ахловского участка произведено в значительном стратиграфическом диапазоне от триасовых до майкопских отложений.

Нефтенасыщенные песчаники продуктивного пласта представляют собой нижнюю часть единой залежи в продуктивных пластах. ВНК вскрыт на а.о. –3 100 м, приуроченных к структурному поднятию. Поднятие вскрыто скв. Р-212.

Самостоятельная залежь вскрыта скв. 1 в пределах Ахловского участка. Границы залежи ранее определялись положением ВНК на а.о. –3 100 м. Границы залежи при этом, естественно, несколько расширяются по сравнению с оперативным подсчетом запасов. Учитывая также, что соотношение вскрытых перфорацией нефтенасыщенных и водонасыщенных песчаников составляет 2/3, преобладание в продукции испытания воды вполне объяснимо.

Залежь Ахловского участка имеет округлый вид. Высота залежи в продуктивном пласте — 10 м. Залежь пластовая, сводовая.

Техническая часть

В проведенных исследованиях усовершенствована известная методика оценки перспективности нефтегазоносности рассматриваемых участков.

Новизна проведенных исследований состоит в том, что исследования проводились по усовершенствованной методике, то есть проводились сравнения полученных экспериментальных данных с другим участком, было определено большее количество параметров, связанных с условиями участка, использовались данные геофизических исследований скважин (ГИС) для оценки керна пород-коллекторов.

Все это дало более эффективное определение нефтегазоносности исследуемого участка.

Перспективы отложений пласта связаны в основном с Ахловским участком, где площадь залежи в продуктивном пласте, видимо, больше чем предполагалось.

В проведенных исследованиях фильтрационно-емкостные и геолого-геофизические свойства пород-коллекторов аптского горизонта в пределах Ахловского участка оценивались в сравнении с аналогичными породами Заманкульского месторождения. Для выполнения поставленной задачи были построены графики изменчивости фильтрационных-емкостных и геолого-геофизических параметров и проведен их корреляционный анализ [6–9].

Для этого были использованы данные ГИС и данные лабораторных исследований керна коллекторов, полученные при бурении скважины Р-212 и Р-213 Ахловского участка. Продуктивный аптский горизонт пласта P_{1+2} - K_2 хорошо освещен кернавым материалом. Для всех образцов в лабораторных условиях определены коэффициент пористости, коэффициент проницаемо-

сти, удельное сопротивление и определены эффективные толщины. Результаты лабораторных исследований кернa представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты лабораторных исследований кернa по скважинам Р-212/Р-213

Кровля	Нефтенасыщенная толща, м	Коэффициент пористости, д.ед.	Удельное сопротивление, Ом·м	Коэффициент проницаемости, мД
2 075	1,9/1,5	0,132/0,18	1,6/1,6	12,3/12
2 076	1,4/1,2	0,209/0,16	1,5/1,5	24,7/24,7
2 077	0,5/0,9	0,145/0,145	1,5/1,5	2,4/2,4
2 078	1/1,4	0,089/0,089	1,18/3,7	0,3/0,3
2 079	1,4/1,3	0,235/0,14	1,5/1,5	62,2/62,2
2 080	2,3/3,4	0,147/0,27	1,89/5,5	129,2/129,2
2 081	1,9/1	0,162/0,143	1,6/1,5	214/4,5
2 082	2,1/1,2	0,243/0,2	4,2/4,2	128/0,5
2 083	3,15/1,3	0,256/0,173	4,75/1,6	125/14,1
2 084	2,7/1,9	0,258/0,1	5,4/1,7	44,6/25
2 085	2,9/1,2	0,219/0,1	4,4/2	87,5/22
2 086	2,17/1,6	0,246/0,18	4,3/1,9	38,4/4,5
2 087	3,2/1,1	0,278/0,13	3,8/2	65/0,8
2 088	3,4/1,6	0,254/0,17	6,2/2,4	189/32
2 089	3,78/2,1	0,264/0,16	5,6/2	173/0,8
2 090	2,96/1,8	0,294/0,14	4,8/1,9	162/3,6
2 091	3,16/1	0,218/0,15	3,6/2,4	140,1/0,5
2 092	3,1/1,9	0,207/0,14	2,8/2	125,6/22,5
2 093	2,9/1,7	0,249/0,1	3,5/1,9	100,1/16
2 094	2,7/1,5	0,246/0,179	4,2/2	73,2/6,4
2 095	3,4/1,3	0,244/0,1	2,75/3,7	66/0,5
2 096	2,85/1,4	0,232/0,18	3,6/2	88/2
2 097	2,6/2,4	0,162/0,15	3,2/2	62,2/62,2
2 098	2,5/1,9	0,158/0,123	2,4/4,2	84,5/0,8
2 099	1,7/2,2	0,154/0,12	2,2/1,9	77,3/65,8
2 100	1,6/1,2	0,134/0,1	1,5/1,4	100/53
2 101	2,2/1,4	0,126/0,12	0,8/0,8	0,5/0,5
2 102	0,8/0,9	0,123/0,18	1,7/1,7	11,6/11,6
2 103	2,5/1,8	0,145/0,12	1,5/1,5	32,9/32,9
2 104	1,7/1,6	0,118/0,1	1,1/1,1	0,9/0,9
2 105	1,3/1,4	0,116/0,15	0,6/0,6	14,7/14,7

Характеристика литологического состава коллекторов аптского горизонта

Аптский продуктивный горизонт на Ахловском участке литологически представлен толщей переслаивания песчаников светло-серых и зеленовато-серых, мелко- и среднезернистых, кварцево-глауконитовых, нефтенасыщенных, с отпечатками фауны, с аргиллитами темно-серыми, слабо але-

ритистыми, слоистыми с отпечатками фауны и флоры плохой сохранности и алевролитами темно-серыми, глинистыми, слюдистыми массивными, с редкими тонкими прослоями песчаника или темно-серого аргиллита.

В образцах керна наблюдаются вертикальные трещины, выполненные кальцитом. Также встречаются прослои песчаника, разномасштабного, слюдистого, с редкими включениями глауконита и углистого материала.

Известняки в основном мелкозернистой структуры с неровным раковинистым изломом. Встречаются включения сферических органогенных образований, количество которых различно на различных участках — от 10–15 до 25–70 %. 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.

Аллювиальные компоненты песчаника представлены кварцем, полевыми шпатами, слюдистыми минералами и акцессорными минералами. Эксплуатационные объекты соседних месторождений аналогичного возраста имеют сходный вещественный состав [10–15].

Сравнительный анализ коллекторских свойств

В разведочных скважинах Р-212 и Р-213 предусматривается комплекс геолого-геофизических исследований, включающий стандартный каротаж: КС (2 зонда), ПС, КВ+ПР, РК(ГК+НГК), АКП, МБК. Контроль качества цементирования АКЦ, ЦМ. Привязка фактического местонахождения интервала перфорации предусматривается по эталонной кривой РК(ГК+НГК). Контроль интервала перфорации по кривым ЛМ, Т. Использование ВИКИЗ для выявления коллекторов и определения их насыщения. Для выявления характера насыщения и фильтрационно-емкостных свойств перспективных на нефть отложений намечено опробование пластов в процессе газогидродинамических исследований скважин по завершению их строительства.

Перед спуском перфоратора скважину необходимо прошаблонировать. Диаметр и длина шаблона должны быть не менее размеров, соответствующих спускаемым в скважину геофизическим приборам и стреляющим аппаратам.

Перфорация объектов запланирована на газовом конденсате, плотностью 0,8 г/см³. Данным проектом предусмотрено использование зарядов ЗПРК-42С, бескорпусные, каркасные, с герметическим 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. Плотность зарядов перфоратора — 12 отв./пог.м.

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

Вскрытие и освоение продуктивных объектов должно проводиться после установки фонтанной арматуры, опрессовки обсадной колонны через НКТ.

Помимо исследования кернов, для оценки коллекторских свойств использовались результаты ГИС, данные гидродинамических исследований скважин на Ахловском участке.

Результаты исследований

На основе данных таблицы 1 были построены графики (рис. 1–4).

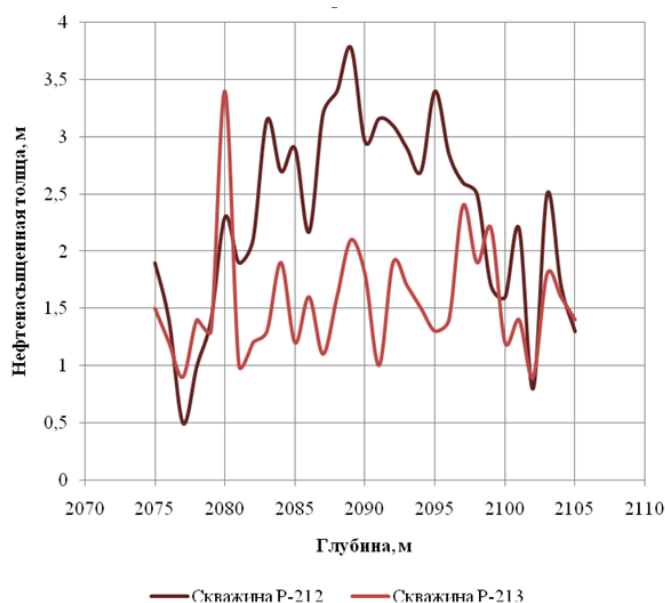


Рис. 1. График изменчивости нефтенасыщенной толщины с изменением глубины по скважинам Р-212, Р-213

На графике коэффициента пористости породы наблюдается увеличение значения в интервале аптского горизонта пласта $P_{1+2}-K_2$ (от 2 080 до 2 095). Максимальное значение наблюдается в интервале 2 085 и 2 091.

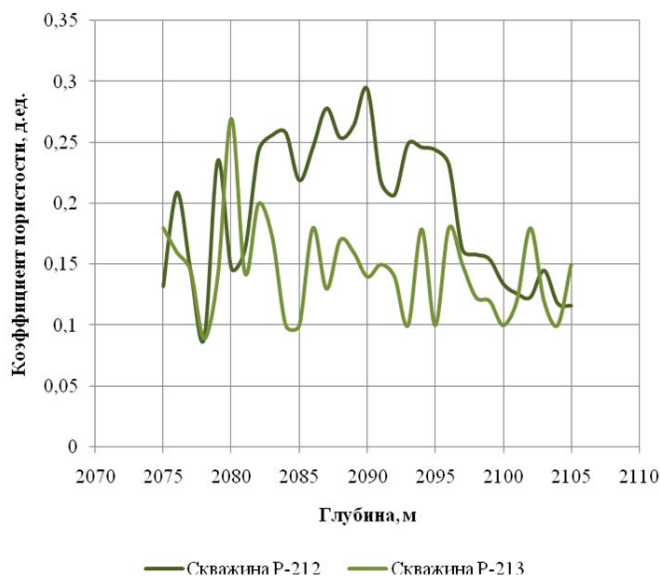


Рис. 2. График изменчивости коэффициента пористости пород с изменением глубины по скважинам Р-212, Р-213

На графике удельного сопротивления породы наблюдается увеличение значения в интервале аптского горизонта пласта P_{1+2} - K_2 от 2 084 до 2 097. Максимальное значение замечено на глубине 2 090 м.

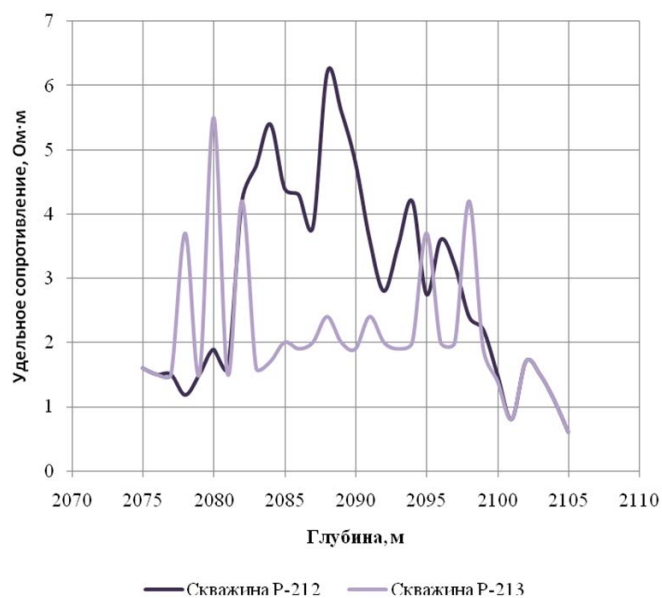


Рис. 3. График изменчивости относительного сопротивления пород с изменением глубины по скважинам Р-212, Р-213

На графике относительного сопротивления породы наблюдается увеличение значения в интервале аптского горизонта пласта P_{1+2} - K_2 от 2 086 до 2 098. Максимальное значение замечено на глубине 2 092 м.

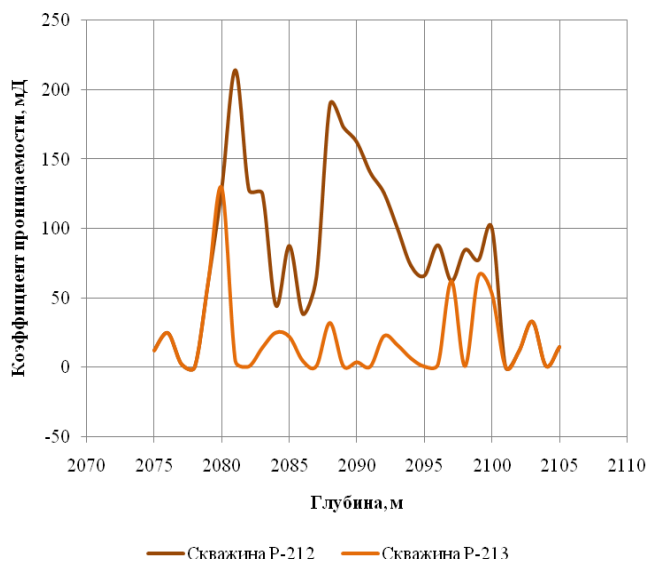


Рис. 4. График изменчивости коэффициента проницаемости с изменением глубины по скважинам Р-212, Р-213

На графике изменчивости коэффициента проницаемости породы наблюдается увеличение значения в интервале аптского горизонта пласта $P_{1+2}-K_2$ от 2 087 до 2 101. Максимальное значение замечено на глубине 2 099 м.

По результатам анализа графиков распределения показателей в скв. Р-212 на Ахловском участке можно сделать вывод, что пласт неоднороден, встречаются прослои аргиллитов с другими фильтрационно-емкостными и геофизическими характеристиками. Интервал 2 080–2 090 является нефтеносным горизонтом, на что указывают повышенные значения относительного сопротивления (табл. 2, 3).

Таблица 2

**Итог корреляционного анализа результатов исследований
по скважине Р-212 на Ахловском участке**

	Нефтенасыщенная толщина, м	Коэффициент пористости, д.ед.	Удельное сопротивление, Ом·м	Коэффициент проницаемости, мД
Нефтенасыщенная толщина, м	1	–	–	–
Коэффициент пористости, д. ед.	0,71	1	–	–
Удельное сопротивление, Ом·м	0,74	0,83	1	–
Коэффициент проницаемости, мД	0,59	0,52	0,57	1

Таблица 3

Корреляционный метод исследования по скважине Р-213 на Ахловском участке

	Эффективная толщина, м	Коэффициент пористости, д.ед.	Удельное сопротивление, Ом·м	Коэффициент проницаемости, мД
Эффективная толщина, м	1	–	–	–
Коэффициент пористости, д.ед.	0,31	1	–	–
Удельное сопротивление, Ом·м	0,43	0,35	1	–
Коэффициент проницаемости, мД	0,67	0,34	0,27	1

Значимой положительной корреляционной связью обладают следующие пары параметров: коэффициент пористости и нефтенасыщенная толщина пород, удельное сопротивление пород и коэффициент пористости, удельное сопротивление и нефтенасыщенная толщина [10–20].

Наблюдается зависимость пористости от сопротивления, так как углеводороды являются диэлектриками, то и с увеличением пористости увеличивается сопротивление, что также наблюдается на графиках.

Выводы

Изучив распределение показателей на Ахловском участке по двум скважинам (Р-212 и Р-213) по одному горизонту, можно сделать вывод, что эти показатели различаются очень слабо, что свидетельствует об однородности свойств пласта. Качественные показатели остаются без изменения. Таким образом, на территории Ахловского участка можно ожидать схожие показатели в пределах всего участка разведываемого пласта $P_{1+2}-K_2$.

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. Писарнический, 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. — № 6. — С. 6–11.
6. Хузин, Р. Р. Геотехнологические основы освоения трудноизвлекаемых запасов мелких сложнопостроенных месторождений нефти / Р. Р. Хузин. — Самара : Нефть. Газ. Новации, 2012. — 384 с. — Текст : непосредственный.
7. Медведев, Н. Я. Геотехнологические основы разработки залежей с трудноизвлекаемыми запасами нефти / 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. — Текст : непосредственный // 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. Фролов, В. Т. Наука геология : философский анализ / В. Т. Фролов. — Москва : Изд-во МГУ, 2004. — 128 с. — Текст : непосредственный.
12. Бембель, Р. М. Поиски и разведка месторождений углеводородов на базе геосоли-тонной концепции дегазации Земли / Р. М. Бембель, В. М. Мегеря, С. Р. Бембель. — Текст : непосредственный // Геология нефти и газа. — 2006. — № 2. — С. 2–7.

13. 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. – Текст : непосредственный // Hydrometallurgy. – 2014. – Vol. 147–148. – P. 223–227.
14. Sinclair, L. In situ leaching of copper : Challenges and future prospects / L. Sinclair, J. Thompson. – DOI 10.1016/j.hydromet.2015.08.022. – Текст : непосредственный // Hydrometallurgy. – 2015. – Vol. 157. – P. 306–324.
15. 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. – Текст : непосредственный.
16. 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.
17. 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.
18. System analysis of power consumption by nonferrous metallurgy enterprises on the basis of rank modeling of individual technocenosis castes / R. V. Klyuev, I. I. Bosikov, O. A. Gavrina, V. Ch. Revazov. – DOI 10.1051/mateconf/201822604018. – Текст : непосредственный // MATEC Web of Conferences. – Vol. 226. – P. [1–5].
19. Оценка использования эффективных технологий для повышения устойчивого развития природно-технической системы нефтегазового комплекса / Е. В. Егорова, Р. В. Ключев, И. И. Босиков, Б. С. Цидаяв. – DOI 10.21177/1998-4502-2018-10-3-392-403 – Текст : непосредственный // Устойчивое развитие горных территорий. – 2018. – Т. 10, № 3 (37). – С. 392–403.
20. 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. – Текст : электронный // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) (16–19 May 2017). – URL: <https://doi.org/10.1109/icieam.2017.8076113>.

References

1. Martynov, V. N. (2004). Formirovanie neftyanoy i gazovoy - krizis pereproizvodstva. Neft' Rossii, (8), pp. 20-24. (In Russian).
2. Shpurov, I. V., Pisarnitskiy, A. D., Purtova, I. P., & Varichenko, A. I. (2012). Trudnoizvlekaemye zapasy nefti Rossiyskoy Federatsii. Struktura, sostoyanie, perspektivy osvoeniya. Tyumen, ZapSibNIGG 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'tracionno-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 slozhnopostroennykh 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. Frolov, V. T. (2004). *Nauka geologiya: filosofskiy analiz*. Moscow, Moscow State University Publ., 128 p. (In Russian).
12. Bembel, R. M., Megeria, V. M., & Bembel, S. R. (2006). HC reservoirs exploration on the basis of geosoliton conception of the Earth's degassing. *Oil and gas geology*, (2), pp. 2-7. (In Russian).
13. 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
14. 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
15. 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
16. 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
17. Bembel, R. M., Sukhov, V. A., & Schetinin, 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
18. Klyuev, R. V., Bosikov, I. I., Gavrina, O. A., & Revazov, V. Ch. (2018). System analysis of power consumption by nonferrous metallurgy enterprises on the basis of rank modeling of individual technocenosis castes. *MATEC Web of Conferences*, 226, pp. [1-5]. (In English). DOI: 10.1051/mateconf/201822604018
19. 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
20. 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>

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: ig-or.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

Гагарина Оксана Валерьевна, преподаватель 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: ig-or.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

Oksana V. Gagarina, Lecturer at the Higher Oil School of the Institute of Oil and Gas, Yugra State University, Khanty-Mansiysk