

УДК 622.550.38
Статья / Article
© ПНИПУ / PNRPU, 2020



Анализ петрофизических исследований глубокозалегающих нефтегазовых коллекторов сухопутных и морских месторождений Азербайджана

В.Ш. Гурбанов¹, Л.А. Султанов², Н.И. Гулуева¹

¹Институт нефти и газа Национальной академии наук Азербайджана (AZ1001, г. Баку, ул. Фикрет Амиров, 9)

²Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (AZ1010, г. Баку, пр. Азадлыг, 20)

Analysis of Petrophysical Studies of Deep-Lying Oil and Gas Reservoirs of Onshore and Offshore Fields in Azerbaijan

Vagif Sh. Gurbanov¹, Latif A. Sultanov², Nurlana I. Guluyeva¹

¹Azerbaijan National Academy of Sciences Institute Oil and Gas (9 F, Amirov st., Baku, AZ 1001, Republic of Azerbaijan)

²Azerbaijan State Oil and Industry University (20 Azadlyg av., Baku, AZ1010, Republic of Azerbaijan)

Получена / Received: 26.02.2020. Принята / Accepted: 15.06.2020. Опубликовано / Published: 17.08.2020

Ключевые слова:

петрофизика, плотность, распространение ультразвуковых волн, пористость, скважина, породы, глубина, нефть, газ, залежь, критерии, карбонатность, прогиб, бурение, геофизика, нефтегазоаккумуляция.

Изложены результаты аналитического обобщения данных лабораторных исследований комплекса петрофизических параметров пород-коллекторов – потенциальных резервуаров углеводородов. Объектом исследований являлись хорошо известные горизонты продуктивной толщи мезокайнозойского седиментационного бассейна. В исследуемую территорию вошли активно и длительно разрабатываемые нефтегазовые сухопутные, а также морские глубоководные месторождения Азербайджана. Более чем вековая история разработки этих природных скоплений углеводородов показала, что основные залежи нефти и газа связаны с Южно-Каспийской и Куринской впадинами, которые подвергались интенсивному погружению в течение мезокайнозойского времени. Несмотря на то что многие месторождения указанных впадин длительное время эксплуатировались, промышленная перспективность достаточно высока, особенно в глубокозалегающих частях. В то же время проблемы, связанные с извлечением из них нефти и газа, еще не разрешены окончательно. В настоящее время в регионе интенсивно проводится освоение недр на глубинах свыше 4–4,5 км, так как на малых и умеренных глубинах большинство залежей нефти и газа уже разведаны (даже в труднодоступных районах). Как известно, в нефтедобывающей промышленности скважины глубиной более 4 км называют глубокими, а более 6 км – сверхглубокими. При этом, помимо чисто технических сложностей, проходка таких скважин сопряжена с серьезными экономическими проблемами. Так, стоимость разработки глубоких, а тем более сверхглубоких скважин достаточно высока и варьируется от 2–3 до 9–12 млн долларов. Этот факт обуславливает необходимость повышения эффективности работ, что требует высокой степени геологического обоснования перспективности месторождения и выбора места заложения скважины.

Keywords:

petrophysics, density, propagation of ultrasonic waves, porosity, well, rocks, depth, oil, gas, reservoir, criteria, carbonate, deflection, drilling, geophysics, oil and gas accumulation.

The results of an analytical generalization of laboratory research data of a petrophysical parameters complex of reservoir rocks – potential hydrocarbon reservoirs are presented. The object of research was the well-known horizons of the Meso-Cenozoic sedimentary basin productive strata. The studied territory includes actively and long-developed oil and gas onshore and deep-sea fields of Azerbaijan. More than a century-old history of these natural hydrocarbon accumulations development has shown that the main oil and gas deposits are associated with the South Caspian and Kurinsky depressions, which were subjected to intensive immersion during the Meso-Cenozoic time. Despite the fact that many fields of these depressions have been exploited for a long time, industrial prospects are quite high, especially in deep-seated parts. At the same time, the problems associated with the oil and gas extraction from them have not yet been completely resolved. Currently, the region is intensively developing subsoil resources at depths of more than 4–4.5 km, since at small and moderate depths most of the oil and gas deposits have already been explored (even in hard-to-reach areas). As it is known, in the oil industry, wells with a depth of more than 4 km are called deep, and more than 6 km are called super-deep. Moreover, in addition to purely technical difficulties, the drilling of such wells is fraught with serious economic problems. So, the cost of developing deep, and even more super-deep wells is quite high and varies from 2-3 to 9-12 million dollars. This fact necessitates an increase in work efficiency, which requires a high degree of geological justification of the field prospects and the well location choice.

Гурбанов Вагиф Шыхы оглы – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заместитель директора по научным вопросам (тел.: +994 502 140 969, e-mail: vagifqurbanov@mail.ru).

Султанов Латиф Агамирза оглы – научный сотрудник лаборатории физических свойств горных пород месторождений полезных ископаемых (тел.: +994 503 279 701, e-mail: latif.sultan@mail.ru). Контактное лицо для переписки.

Гулуева Нурлана Исах гызы – старший лаборант, магистр (тел.: +994 775 502 036, e-mail: quluyevanurlana@gmail.com).

Vagif Sh. Gurbanov (Author ID in Scopus: 57193747031) – Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Deputy Director for Science (tel.: +994 502 140 969, e-mail: vagifqurbanov@mail.ru).

Latif A. Sultanov (Author ID in Scopus: 57209321385) – Researcher of the Laboratory Physical characteristics of rocks of mineral fields (tel.: +994 503 279 701, e-mail: latif.sultan@mail.ru). The contact person for correspondence.

Nurlana I. Guluyeva – Senior Laboratory Assistant, Master (tel.: +994775502036, e-mail: quluyevanurlana@gmail.com).

Введение

Проведенные аналитические обобщения большого объема результатов исследований геолого-геофизических характеристик пород, определяющих коллекторский потенциал отложений и содержание в них нефтяных, газовых и газоконденсатных скоплений мезокайнозойского возраста, свидетельствуют об актуальности полученных данных. При этом важнейшими признаками степени продуктивности нефтегазовых коллекторов и месторождения в целом является информация о таких петрофизических характеристиках, как карбонатность, пористость, проницаемость, плотность, гранулометрический состав, экранирующие и упругие свойства (скорости распространения продольных волн в среде) пород. В процессе исследований также были определены средние значения физических характеристик, зависимость коллекторских свойств от глубины залегания и взаимосвязи физических параметров.

Итоги исследований по соответствующим площадям представлены в табличной форме и отражают вариацию физических свойств различных типов пород-коллекторов во времени и пространстве, в том числе закономерности их изменения по разрезу продуктивной толщи (ПТ). Предварительные оценки показали, что физические свойства одновозрастных и одноименных пород значительно изменяются в результате геолого-физических процессов.

Материалы и методы исследования

В последние годы в связи с изучением нефтегазоносности глубокозалегающих толщ осадочного чехла на многих известных нефтегазовых месторождениях Азербайджана проводились геологоразведочные и геофизические работы в значительном объеме. Итоги этих работ показали, что основные залежи нефти и газа в регионе связаны с глубинными резервуарами Южно-Каспийской (ЮКВ) и Куринской впадин. Соответственно, нами был проанализирован большой материал по результатам исследований геолого-геофизических характеристик пород, определяющих коллекторский потенциал отложений и содержание в них нефтяных, газовых и газоконденсатных скоплений мезокайнозойского возраста. Исследованиями были охвачены крупнейшие месторождения на суше Азербайджана (Куринская впадина), такие как площади Мурадханлы, Зардоб, Тарсдалляр, Кюрсянтя, Джафарлы и др., а что касается известных морских месторождений ЮКВ,

привлечены материалы по таким месторождениям, как Нефт Дашлары, Сангачалы-Дуванный-Хара-Зире, Гюнешли, Грязевая Сопка, Гюрган-Дениз и др.

Анализ петрофизических исследований глубокозалегающих нефтяных коллекторов

Разрезы сухопутных месторождений сложены отложениями от верхнемелового до четвертичного возраста [1]. В частности, обзор физических свойств пород, участвующих в геологическом строении площади Мурадханлы, показывает, что глубокозалегающие нефтяные пласты площади могут быть связаны с верхнемеловыми породами (пористость 11 %), эоценовыми карбонатами (мергели и известняки (пористость 9,6–10,9 %), а также пористыми терригенными породами эоцен – майкопа (алевролиты, песчаники 15–19,5 %) [2]. Породы, вскрывшиеся в разрезе поисково-разведочных скважин на площади Зардоб, относятся к мезокайнозою. Детально были изучены вулканогенные и осадочные породы (известняки, карбонатные глины, аргиллиты и алевролиты) верхнего мела. В геологическом строении Джарлы-Саатлинского нефтегазоносного района Среднекуринской впадины принимают участие отложения четвертичной системы, апшерона, акчагыла, продуктивной толщи (верхний плиоцен ПТ), сармата, чокрака, майкопской серии, а также меловые и вулканогенные образования мелового возраста. Как показали данные бурения на площадях Сор-сор и Караджалы, расположенных на северо-западном продолжении Кюрдамирского выступа, геологическое строение разреза здесь идентично по всей этой тектонической зоне. Однако при этом геологическое строение структурной зоны Джарлы – Сор-сор – Караджала существенно отличается от таковой Мурадханлинского поднятия (выступа), а вулканогенные образования на площадях Джарлы и Сор-сор не имеют непосредственного контакта с нефтегазо-производящими свитами палеоген-неогеновой системы [3–9].

Таким образом, эксперименты показали, что в центральной части Куринской впадины на глубине 8–10 км приподнятый блок земной коры по вещественному составу может быть представлен андезитами, не подвергшимися изменениям.

В основном изучена центральная часть Куринской впадины на примере Саатлинской и других сверхглубоких скважин; результаты приводятся на основании комплексного изучения керновых материалов, отобранных в процессе бурения до глубины 8267 м.

Таблица 1

Изменение физических свойств пород со стратиграфической глубиной
Джарлы-Саатлинского района

Стратиграфическое подразделение	Интервал глубины, м	Литология	Карбонатность, %	Пористость, %	Проницаемость, 10^{-15} м^2	Плотность σ , г/см ³	Скорость распрост. упругих волн V_p , м/с
Древний Каспий	2100–2585	Песчан.-глин. алевролит	–	$\frac{15,0-30,0}{22,5(2)}$	Н/п	$\frac{2,2-2,3}{2,25(2)}$	$\frac{2000-2300}{2100}$
Апшерон	2590–2595	Глин. алевролит	–	11,0	–	2,40	2800
Акчагыл	2700–2720	Глин.-песчан. алевролит	–	20,0	Н/п	2,30	2200
Продуктивная толща	2710–2874	Алевритовый песчаник	$\frac{8,6-24,6}{15,8(8)}$	$\frac{11,2-24,6}{17,9(8)}$	$\frac{0,6-444,1}{150,0(4)}$	$\frac{2,01-2,28}{2,19}$	$\frac{1900-2050}{1950(4)}$
Миоцен	2879–2971	Аргиллитовый песчаник	$\frac{17,8-98,5}{77,2(6)}$	$\frac{5,7-29,8}{19,7(4)}$	Н/п	$\frac{2,08-2,30}{2,22}$	$\frac{2100-2300}{2100}$
Эоцен	2780–2925	Известковый песчаник	–	$\frac{4,0-14,0}{8,6(7)}$	Н/п	$\frac{2,2-2,7}{2,5(7)}$	$\frac{4000-5000}{4660(3)}$
Маастрихт	3033–3138	Песчанистый известняк, андезитовый порфирит	$\frac{87,6-99,0}{93,9(3)}$	$\frac{0,9-4,4}{2,65(2)}$	Н/п	$\frac{2,48-2,76}{2,68}$	$\frac{3200-3800}{3500}$
Коньяк	3174–3178	Андезитовый порфирит	96,9	5,3	Н/п	2,65	3300
Сеноман	3271–4609	Андезитовый порфирит	$\frac{1,2-75,2}{26,1(5)}$	$\frac{1,2-17,7}{6,3(10)}$	Н/п	2,68	3500
Верхний мел	2950–5965	Алеврит. известняк, андезит-базальт	–	$\frac{1,0-14,0}{4,9(39)}$	Н/п	$\frac{2,4-2,9}{2,7(38)}$	$\frac{3000-5000}{4300(26)}$

Примечание: в числителе обозначены экстремальные значения, в знаменателе – средние значения; н/п – непроницаемые.

Исследования физических свойств разреза земной коры вскрываемого сверхглубоким бурением и применением комплекса методов геофизических исследований скважин (ГИС) и петрофизики дали возможность выявить важные закономерности между вещественным составом осадочных и вулканогенных образований и их физическими свойствами.

Главный фон составляют кислые эффузивы с подчиненным количеством андезитов, среди которых залегают, по-видимому, согласные и секущие тела базальтов.

Приведенные в табл. 1 краткие петрофизические характеристики пород разреза земной коры Джарлы-Саатлинского нефтегазоносного района показывают, что все разновидности осадочных пород от эоцена до древнекаспийских представлены терригенными разностями, за исключением эоцена, содержащего также известняки. В свою очередь верхнемеловые породы сложены в основном эффузивами, андезитового, базальтового состава, чередующиеся с песчаниками, алевролитами и известняками.

Установлено, что все разновидности эффузивов относятся к средним и основным породам нормальной щелочности. Исследования показывают, что физические особенности разновозрастных и одноименных пород изменяются под влиянием геолого-физических процессов, приводя к разным результатам. Изучены коллекторские свойства пород ПТ. На основании данных, приведенных в табл. 1, построен петрофизический график, отражающий коллекторские свойства участка. В коллекторских

свойствах пород создается определенное напряжение с глубиной, то есть повышение плотности и скорости распространения ультразвуковых волн сопровождается понижением пористости. Это является следствием того, что коллекторские свойства пород в глубоких слоях, по сравнению с верхними, уменьшаются. Как следует из графиков (см. табл. 2), происходит возрастание плотности пород с глубиной. Этот процесс относительно интенсивен в апшерон-миоценовых отложениях, представленных терригенными разностями, и более интенсивен в альб-аптских породах, состоящих из песчаников и известняков. Далее с глубиной от баррема разрез представлен до верхней юры карбонатно-терригенными толщами, а юрский разрез – исключительно эффузивами, состоящими из андезитов и базальтов. Несмотря на такую разнотипность пород, их плотность относительно равномерно и весьма слабо возрастает с глубиной. С графиком изменения плотности коррелирует скорость распространения сейсмических волн с учетом стратиграфической глубины. В целом в обоих случаях происходит нарастание рассматриваемых параметров с глубиной почти с одинаковой геометрией их графиков. В свою очередь график изменения пористости с глубиной является зеркальным отражением вышерассмотренного, то есть наблюдается обратная зависимость между плотностью пород, скоростью сейсмических волн и пористостью независимо от типа породы и глубины залегания [10–18].

Известно, что горные породы в естественных условиях на больших глубинах подвергаются действию сил, вызванных различными физическими и химическими явлениями. Основными из них являются: геостатическое давление, возникающее в поровом пространстве; температура, возрастающая с глубиной.

На основании обобщения полученных экспериментальных данных, полученных по ГИС и петрофизике, вулканогенную толщу до глубины 8000 м можно расчленить на несколько интервалов в соответствии с вещественным составом пород.

В Прикаспийско-Губинском нефтегазоносном районе были исследованы коллекторские свойства образцов пород, взятых из глубокозалегающих пластов и эксплуатируемых залежей. Плотность глинистых песчаников ПТ, располагающихся в относительно верхних частях, была изучена в сухом и влажном виде, и подтверждено, что эти породы изменяются в широком диапазоне (1,94–2,36 г/см³). Пористость их варьируется в пределах 7–30 %, скорость распространения ультразвуковых волн – 2500–3000 м/с. Плотность песчано-аргиллитовых пород колеблется в пределах 1,78–2,29 г/см³ (сухая), 2,68–2,98 г/см³ (влажная), пористость – 6,15–30,0 %, а скорость распространения ультразвуковых волн – 1800–2200 м/с. Однако коллекторские свойства пород разнообразны, по глубинам резко отличаются.

В связи с изучением перспектив нефтегазоносности глубокозалегающих отложений в последние годы в Азербайджане в значительном объеме проводились геолого-поисковые и геофизические работы. На основании этого выработаны критерии, являющиеся основой для будущих работ. Отмечено, что залежи нефти и газа в основном относятся к мезокайнозойской эпохе. Хотя исследователи не сомневаются, что эти отложения высокоперспективны в центральной части исследуемой территории и на больших глубинах, но количественное решение проблемы осуществлено не было.

Буровые работы выявили перспективность междуречья Куры и Габырры, кроме того, они показали, что имеются трудности и проблемы в изучении структурных особенностей локальных поднятий, а также в прогнозировании их нефтегазоносности.

В связи с этим изучены свойства палеогеновых и эоценовых отложений, участвующих в геологическом строении структуры Тарсдаллар. Палеоген представлен алевролитами, мергелями, известняками и туфоалевролитами. Плотность мергелей

составляет 2,16 г/см³, пористость – 2,5 %, магнитная восприимчивость очень низкая, а скорость распространения ультразвуковых волн – 3500 м/мин. Палеогеновые известняки почти диамагнитные, их плотность составляют 2,56 г/см³, пористость – 5,1 %, а скорость распространения ультразвуковых волн – до 3000 м/мин. Плотность эоценовых алевролитов – 2,45 г/см³, пористость – 50 %, а скорость распространения ультразвуковых волн – 1300 м/мин, плотность известняков – 2,65 г/см³, пористость – 5,74 %, скорость распространения ультразвуковых волн – 2950 м/мин, а магнитная восприимчивость отсутствует. Плотность аргиллитов – 2,25 г/см³, пористость – 15,5 %, магнитная восприимчивость очень слабая, а скорость распространения ультразвуковых волн – 2700 м/мин.

Для установления связей между глубинным геологическим строением междуречья Куры и Габырры и физическими параметрами пород осадочного чехла проведен анализ данных об изменении плотности и скоростей упругих волн по площади и глубине. Изучением охвачены песчано-глинистые породы миоцен-палеоценовых отложений междуречья Куры и Габырры. Отмечено значительное изменение значений физических параметров пород верхнемиоценовых отложений с северо-запада (Армудлинское поднятие) на юго-восток (Гырахкесаман – Хатунлинское поднятие). Значения физических свойств песчано-глинистых пород эоценовых отложений также значительно уменьшаются с северо-запада на юго-восток и снова увеличиваются в Гянджинской области.

В междуречье Куры и Габырры майкопские глины на поверхности имеют низкий объемный вес по сравнению с сарматскими. Объемные веса для различных комплексов пород междуречья Куры и Габырры с глубиной изменяются одинаково, отличаясь лишь в начальных значениях. Изменение скорости продольных волн с глубиной в сарматских глинах и песчаниках нетождественно майкопским породам [19–28].

Из обзора данных морских месторождений Азербайджана следует, что месторождение Нефть Дашлары находится в пределах Апшеронского архипелага, расположено в приосевой зоне Апшероно-Прибалханского структурного мегаседла и ориентировано в общекавказском направлении. Структура месторождения осложнена двумя продольными и большим числом поперечных разломов (рисунки, а).

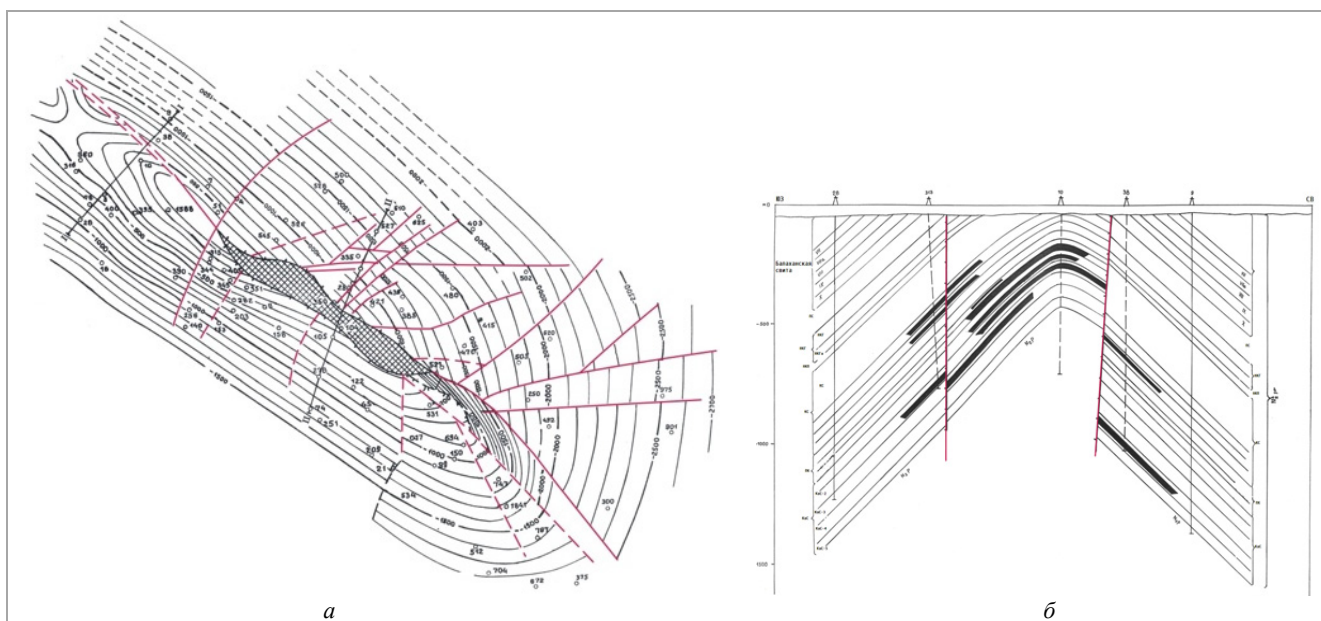


Рис. Месторождение Нефт Дашлары. Структурная карта по кровле кирмакинской свиты ПТ (а) и геологический профиль (б)

Продольные разломы образуют здесь широкую зону дизъюнктивных дислокаций, сложенную сильно перемятыми брекчиевидными отложениями олигоцен-миоценового возраста. В юго-восточной части структуры на пересечении продольных и поперечных разрывных нарушений расположен грязевой вулкан. Здесь на дне моря имеются многочисленные грифоны, непрерывно выделяющие нефть и газ. Месторождение Нефт Дашлары характеризуется пластовым, литологическим и тектоническим типами нефтеносных ловушек (рисунок, б). Плотность глинистых пород здесь составляет 2,20–2,48 г/см³, пористость – 8,3–17,0 % (в некоторых случаях достигает 25 %), распространение ультразвуковых волн – 2150–2200 м/с.

Плотность алевролитов изменяется в пределах 2,13–2,60 г/см³, пористость варьируется между 15 и 28 %, скорость ультразвуковых волн – 1300–2200 м/с. Плотность песчаников – от 2,00 до 2,50 г/см³, пористость – 7,2–22,0 %. Во всех породах распространение ультразвуковых волн, в зависимости от литологического состава, изменяется в пределах 850–2800 м/с. У карбонатных глин ПТ плотность составляет 2,02–2,59 г/см³, пористость – 8,5–30 %, скорость ультразвуковых волн – 2100–3500 м/с [29–31].

Гранулометрический состав отложений ПТ площади Нефт Дашлары в основном представлен алевроитовой фацией, т.е. размерами частиц от 0,1 до 0,01 мм. Это свидетельствует о превалянии в разрезе алевроитов над другими фациями. Чтобы выяснить характер изменения коллекторских свойств отложений ПТ

с глубиной, были обозначены пределы изменений физических параметров. В частности, карбонатность пород изменяется от 5,27 до 24,6 %, а проницаемость от 1,3 до 214,9·10¹⁵ м² при значениях пористости 9,02–21,4 %. Согласно обобщенным данным (табл. 2), можно предположить, что изменения физических характеристик пород ПТ площади Нефт Дашлары связаны с количественной выраженностью литологических разностей, разнообразием пород, их минералогическим составом и тектоническими условиями формирования.

Полученные закономерности в вариациях петрофизических характеристик коллекторов по глубине можно опробовать и на соседних площадях при наличии их палеогеографической общности и структурно-тектонических условий формирования.

В пределах Бакинского архипелага проанализированы петрофизические характеристики пород, слагающих его северные структуры – Сангачалы-дениз, Дуваны-дениз и Булла-дениз, где достаточно хорошо развиты отложения ПТ [3]. Здесь полная мощность ПТ (3950–4000 м) вскрыта на площади Сангачалы-дениз и на северо-восточной части других площадей. На своде и в присводовых частях локальных поднятий Сангачалы-дениз и Дуваны-дениз мощность ПТ составляет 2960–3600 м. Поднятие Сангачалы-дениз в тектоническом отношении представляет собой асимметричную брахи-складку, отделенную длинной, но неглубокой седловиной от расположенного северо-западнее Кянизадагского поднятия. По отложениям ПТ на юго-востоке

Таблица 2

Пределы изменения, средние значения физических свойств и степень проницаемости осадочных пород ПТ месторождения Нефть Дашлары

Интервал глубины, м	Литология	Карбонатность, %	Плотность, σ , г/см ³	Скорость распрот. упругих волн V , м/с	Пористость, %	Проницаемость, 10^{-15} мкм ²	Степень проницаемости
430–480	Песчано-глинистые алевролиты	$\frac{8,3-12,8}{9,7}$	$\frac{2,42-2,50}{2,45}$	$\frac{2200-2600}{2400}$	$\frac{11,6-20,1}{16,3}$	$\frac{28,5-79,4}{59,7}$	Хорошая
480–600	Алевритовые глины	$\frac{4,9-26,8}{19,14}$	$\frac{2,36-2,56}{2,50}$	$\frac{2000-3100}{2650}$	$\frac{12,4-17,0}{11,0}$	$\frac{2,6-8,1}{5,35}$	Очень слабая
640–690	Глинисто-песчаные алевролиты	$\frac{5,8-12,4}{7,53}$	$\frac{1,6-2,34}{2,20}$	$\frac{1700-2400}{1980}$	$\frac{11,0-33,6}{16,92}$	$\frac{0,1-95,7}{40,68}$	Хорошая
690–930	Глинисто-песчаные алевролиты	$\frac{8,9-9,9}{9,37}$	$\frac{2,01-1,10}{2,05}$	$\frac{2400-2600}{2500}$	$\frac{19,5-22,9}{21,4}$	$\frac{0,1-95,7}{2,20}$	Очень слабая
930–940	Песчано-глинистые алевролиты	$\frac{8,2-9,4}{8,8}$	$\frac{2,01-2,47}{2,37}$	$\frac{2300-3200}{3000}$	$\frac{9,9-25,7}{15,5}$	$\frac{1-3,5}{2,3}$	Очень слабая
940–1130	Глинистые алевролиты	$\frac{4,5-6,0}{5,27}$	$\frac{2,37-2,67}{2,56}$	$\frac{2500-3000}{2800}$	$\frac{6,0-16,0}{9,57}$	214,9	Высокая
1130–1400	Глинисто-песчаные алевролиты	$\frac{23,4-25,8}{24,60}$	$\frac{2,38-2,53}{2,44}$	$\frac{2100-3200}{2580}$	$\frac{9,7-11,1}{10,40}$	$\frac{2,25-6,23}{4,24}$	Очень слабая
1500–1550	Глинистые алевролиты	$\frac{3,0-11,0}{7,0}$	$\frac{2,40-2,47}{2,44}$	$\frac{2300-2400}{2350}$	$\frac{12,6-14,9}{13,75}$	$\frac{0,6-2,0}{1,3}$	Отсутствует
1600–2050	Глинистые алевролиты	$\frac{3,8-15,7}{11,8}$	$\frac{2,47-2,56}{2,51}$	$\frac{3500-3600}{3550}$	$\frac{7,6-10,8}{9,02}$	56,9	Хорошая
2050–2200	Песчано-глинистые алевролиты	$\frac{4,1-14,6}{9,79}$	$\frac{2,36-2,43}{2,40}$	3150	$\frac{13,6-17,9}{14,8}$	12,5	Средняя
2200–2500	Глинистые алевролиты	$\frac{3,8-15,7}{11,8}$	$\frac{2,47-2,56}{2,51}$	$\frac{3500-3600}{3550}$	$\frac{7,6-10,8}{9,02}$	56,9	Хорошая
2550–3550	Глинистые алевролит	$\frac{7,8-8,7}{8,1}$	$\frac{2,43-2,60}{2,56}$	3600	$\frac{8,5-10,0}{9,9}$	66,9	Хорошая
3550–4600	Глинисто-песчаные алевролиты	$\frac{2,8-10,8}{6,8}$	$\frac{2,58-2,64}{2,61}$	4000	$\frac{5,3-14,2}{9,57}$	60,5	Хорошая

Примечание: в числителе обозначены минимальные и максимальные значения, в знаменателе – средние значения.

периклиналь складки выражена в рельефе неглубокой и короткой седловиной, отделяющей ее от поднятия Дуваны.

Породы, слагающие месторождения Сангачалы-дениз и Дуваны-дениз, изучены глубоким бурением от современных отложений до мезозоя включительно. ПТ обнажается в северной части поднятия, в приосевой части она размыта до глубины 750–800 м. Литологический разрез пород представлен в основном чередованием песков, песчаников и глин. Максимальная толщина отложений ПТ, вскрытой скважинами, составляет 3950–4000 м, а минимальная – 3000 м. В геологическом строении площади участвуют отложения ПТ, акчагыльского, апшеронского ярусов и четвертичные образования. ПТ здесь вскрыта до верхов Кирмакинской свиты. Разрез ПТ в основном представлен глинами, песчаниками и алевролитами. Плотность глинистых пород составляет 1,95–2,20 г/см³, пористость – 7,5–25,5 %, а скорость ультразвуковых волн колеблется между 1950 и 2300 м/с.

В отличие от глин, плотность песчаников составляет 2,15–2,50 г/см³, а распространение ультразвуковых волн в них определяется скоростью 1200–3000 м/с. Плотность алевролитов составляет 2,06–2,56 г/см³, пористость 5,5–30 %, а скорость ультразвуковых волн – 1950–2800 м/с.

Установленное по керновым материалам значение проницаемости относительно невелико. Для определения изменения зависимости этого параметра от пористости была оценена корреляция. Однако эта зависимость имеет несколько условный характер: как известно, любая проницаемая порода обладает пористостью, однако далеко не каждая порода, обладающая пористостью, может быть проницаемой.

Из вышеприведенного анализа следует, что в рассмотренных гранулярных резервуарах исследуемой территории пористость и, в особенности, проницаемость пород контролируются в основном количественным содержанием псаммито-алевролитовой и псаммитовой фациями. Такая зависимость коллекторских свойств

пород свидетельствует о незначительном развитии или полном отсутствии в них вторичной пористости, связанной с трещиноватостью, кавернозностью и т.д. В свою очередь, низкая карбонатность исключает вероятность процесса выщелачивания, который способствует возрастанию коллекторских характеристик в основном у карбонатных пород. Об отсутствии этого процесса в рассматриваемых породах свидетельствует не только их низкая карбонатность, но также и низкие коллекторские свойства.

В связи с прямой зависимостью между изменением плотности пород и скоростью прохождения ультразвуковых волн эти параметры хорошо коррелируют. Однако между литофациальными, коллекторскими и исследованными физическими параметрами пород в рассматриваемом случае более или менее ясно выраженной зависимости не наблюдается [32–45].

Из вышеизложенного следует, что с целью уточнения нефтегазоносности отдельных структур Бакинского архипелага необходимо проведение дополнительных геолого-геофизических работ (гравимагнитометрической, электрометрической, сейсмической разведки и петрофизических исследований) с последующим заложением глубоких поисково-разведочных скважин. Эти работы позволят повысить эффективность изучения коллекторских свойств глубокопогруженных нефтегазоводоносных толщ и структурно-тектонического строения рассмотренных площадей.

Заключение

На основе проведенных обобщений данных петрофизических и коллекторских исследований осуществлен сравнительный анализ глубокозалегающих пород в Южно-Каспийской и Куринской впадинах. Из полученных результатов следует, что изменение свойств исследуемых объектов в широком диапазоне в основном связано с литологической неоднородностью комплексов, разновидностью пород и тектоническими условиями. Кроме того, отмечается определенная закономерность между коэффициентами пористости и проницаемости. При разработке и интерпретации петрофизических и промыслово-геофизических данных установлено, что некоторые горизонты ПТ являются наиболее нефтегазоносными. В частности, следует отметить, что:

– во-первых, на сухопутных месторождениях изменение в широком диапазоне коллекторских

свойств пород по площади связано в основном с условиями литогенеза, с неоднородностью литологического состава осадочных комплексов, с глубинами залегания пород, а также с особенностью развития локальных поднятий;

– во-вторых, скорость распространения ультразвуковых волн возрастает в известняках и, реже, в породах с повышенной карбонатностью, также с учетом изменений сведений со стратиграфической глубиной;

– в-третьих, при прогнозировании нефтегазоносности в глубокозалегающих толщах рассматриваемых территорий наряду с разведочно-геофизическими методами целесообразно использовать также результаты изменения фильтрационно-емкостных характеристик пород, выявленных петрофизическими исследованиями, а также данные характера изменения скорости распространения ультразвуковых волн с глубиной.

Библиографический список

1. Геология нефтяных и газовых месторождений Азербайджана / А.А. Али-заде, Г.А. Ахмедов, А.М. Ахмедов, А.К. Алиев, М.М. Зейналов. – М.: Недра, 1966. – 390 с.
2. Ахмедов А.М., Гусейнов А.Н., Ханларова Ш.Г. Новые данные глубокого бурения на площади Джарлы // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 1973. – № 12. – С. 9–13.
3. Вариации пластового давления и фильтрационно-емкостные свойства коллекторов глубокозалегающих месторождений Южного Каспия / А.Б. Гасанов, Р.Р. Кязимов, Д.Н. Мамедова, О.М. Муталлимова // Геология, геодинамика и геоэкология Кавказа: прошлое, настоящее и будущее: материалы науч.-практ. конф. – Махачкала, 2016. – С. 242–247.
4. Геологическое строение и коллекторские свойства мезокайнозойских отложений Джарлы-Саатлинского нефтегазоносного района на больших глубинах / В.Ш. Гурбанов, Н.Р. Нариманов, Л.А. Султанов, М.С. Бабаев // Известия Уральского государственного горного университета. – 2016. – № 2 (42). – С. 25–27. DOI: 10.21440/2307-2091-2016-2-25-27
5. Керимов К.М., Рахманов Р.Р., Хеиров М.Б. Нефтегазоносность Южно-Каспийской мегавпадины. – Баку, 2001. – 317 с.
6. Гадиров В.Г. Магматический вулканизм Среднекуринской впадины Азербайджана и его роль в скоплении углеводородов [Электронный ресурс]. – URL: <http://sinp.com.ua/work/679254/Magmaticeskij-vulkanizm-Srednekurinskoj-vpadiny> (дата обращения: 12.01.2017).
7. Хаин В.Е. Тектоника нефтегазоносных областей Юго-Восточного погружения Большого Кавказа. – М.: Гостоптехиздат, 1958. – 224 с.
8. Hasanov A.B., Balakishibayli Sh.A. The influence of recent geodynamics on the physicommechanical state of the geological environment of the sedimentary cover // Evaluation of synthetic elastic parameters of reservoirs, fluid phase saturation and temperatures in the depths: materials of international workshop. – Baku, 2010. – P. 101–108.
9. Гурбанов В.Ш., Султанов Л.А. О нефтегазоносности мезозойских отложений Азербайджана // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015. – № 16. – С. 7–13. DOI: 10.15593/2224-9923/2015.16.1
10. Успенская Н.Ю., Таусон Н.Н. Нефтегазоносные провинции и области зарубежных стран. – М.: Недра, 1972. – 283 с.
11. Физические характеристики и ФЕС перспективных нефтегазоносных горизонтов в низах ПТ на сухопутных площадях Азербайджана (на примере месторождения

- Каламаддин) / В.Ш. Гурбанов, А.Б. Гасанов, Н.Р. Нариманов, Л.А. Султанов, Ш.А. Ганбарова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – № 3. – С. 204–214. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.3.1
12. Салманов А.М., Сулейманов А.М., Магеррамов Б.И. Палеогеология нефтегазоносных районов Азербайджана. – Баку, 2015. – 470 с.
13. Кожевников Д.А. Петрофизическая инвариантность гранулярных коллекторов // Геофизика. – 2001. – № 4. – С. 31–37.
14. Рахманов Р.Р. Закономерности формирования и размещения зон нефтегазоаккумуляции в мезозойских отложениях Азербайджана. – Баку: Элм, 1985. – 108 с.
15. Керимов К.М. Глубинное строение и нефтегазоносность депрессионных зон Азербайджана и Южного Каспия. – Баку, 2009. – 440 с.
16. Гурбанов В.Ш., Султанов Л.А. Петрофизические особенности глубокозалегающих коллекторов Апшеронского и Бакинского архипелагов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2019. – № 3. – С. 204–219. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.3.1
17. Sultanov L.A., Narimanov N.R., Samadzadeh A.A. The geological structure of the Neft Dashlari deposit and the analysis of the regularity of the change in the reservoir properties of the productive floor rocks, depending on the depth of their occurrence // EUREKA: From international journal (Tallinn, Estonia). – 2019. – № 1. – С. 55–62.
18. Влияние геодинамического режима на формирование геологического строения и петрофизические характеристики плиюновых отложений месторождения Хамамдаг-Дениз Бакинского архипелага / В.Ш. Гурбанов, А.Б. Гасанов, Л.А. Султанов, М.С. Бабаев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2019. – № 2. – С. 128–137. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.2.3
19. Литолого-петрографические и коллекторские характеристики мезокайнозойских отложений северо-западной части Южно-Каспийской впадины / В.Ш. Гурбанов, Л.А. Султанов, С.А. Валиев [и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015. – № 17. – С. 5–15. DOI: 10.15593/2224-9923/2015.17.1
20. Кочарли Ш.С. Проблемы и вопросы нефтегазовой геологии Азербайджана. – Баку, 2015. – С. 278.
21. Мехтиев У.Ш., Хейров М.Б. Литолого-петрографические особенности и коллекторские свойства пород калинской и подкирмакинской свит Апшеронской нефтегазоносной области Азербайджана. – Баку, 2007. – Ч. 1. – 238 с.
22. Составление каталога коллекторских свойств Мезокайнозойских отложений месторождений нефти-газа и перспективных структур Азербайджана: отчет Научно-исследовательского института геофизики – № 105-2009 // Фонды Управления геофизики и геологии. – Баку, 2010.
23. Afandiyeva M.A., Guliyev I.S. Maicop Group-shale hydrocarbon complex in Azerbaijan // 75 EAGE Conference @ Exhibition. – London, 2013. – P. 6–13. DOI: 10.3997/2214-4609.20130979
24. Landolt-Bornstein Tables. Physical properties of rocks / ed. G. Argenheisen. – N.Y., 1983. – Vol. V. – 245 p. DOI: 10.1007/b20009
25. Physical properties of the mineral system of the Earth's interior. – International monograph Project 3 CAPG. – Praha, 1985. – 176 p.
26. Rachinskiy M.Z., Chilingar D.J. Results of geological explorations years of 1990–2005. Geological aspects of perceptivity and numerical assessment // Journal ANX. – 2007. – № 1. – P. 7–15.
27. Salmanov A.M., Suleymanov A.M., Maharramov B.I. Paleogeology of oil and gas bearing region in Azerbaijan. – Mars Print, 2015. – 471 p.
28. Theoretical and Experimental Investigations of Physical Properties of Rocks and Minerals under Extreme p,T-conditions. – Berlin: Akademie Verlag, 1979. – 210 p.
29. Ахмедов А.М. О геологической характеристике и перспективах нефтегазоносности площади Умид // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 19–22.
30. Соколов Б.А. Эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов. – М.: Наука, 1980. – 243 с.
31. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых / под ред. Н.Б. Дортман. – М.: Недра, 1976. – С. 527.
32. Волярович М.П., Баюк Е.И., Ефимова Г.А. Упругие свойства минералов при высоких давлениях. – М.: Наука, 1975. – С. 130.
33. Hasanov A.B., Melikov Kh.F. 3D model of productive layers according to data geophysics and petrophysics // Materials of international workshop – The influence of recent geodynamics on the physical-mechanical state of the geological environment of the sedimentary cover. – Baku, 2010. – P. 101–108.
34. Lebedev T.S. Model studies of physical properties of mineral matter in high pressure – temperature experiments // Phys. Earth and Planet. Inter. – 1980. – Vol. 25. – P. 292–303. DOI: 10.1016/0031-9201(80)90126-0
35. Справочник по литологии / под ред. Н.Б. Вассоевича. – М., 1988. – 509 с.
36. Бабаев М.С. Коллекторские параметры пород выбросов грязевых вулканов Бакинского архипелага (на примере о. Дуванны и о. Булла) // Тематический сборник научных трудов. – Баку: Изд-во Азерб. ИУ, 1991. – С. 82–84.
37. Справочник по геологии нефти и газа. – М.: Недра, 1988. – 480 с.
38. Хижняк Г.П. Использование материалов геофизических исследований скважин для оценки проницаемости терригенных пород // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 6. – С. 86–88.
39. Гадиров В.Г. Прогнозирование вулканогенных образований мезозоя Среднекуринской депрессии и их нефтегазоносности по комплексным геофизическим данным: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Баку, 1991. – 22 с.
40. Бабазаде Б.Х., Путкардазе Л.А. О поисках залежей газа и нефти в прибрежной морской зоне Апшеронского полуострова и Бакинского архипелага // Геология нефти и газа. – 1961. – № 10. – С. 7–11.
41. Ali-Zadeh A.A., Salayev S.Q., Aliyev A.I. Scientific evaluation of perceptivity of oil and gas in Azerbaijan, South Caspian and direction of search-exploration operation. – Baku: Elm, 1985. – 227 p.
42. Юсифзаде Х.Б. Применение современных технологий в области разведки и добычи нефтегазовых месторождений в Азербайджане // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 2013. – № 7–8. – С. 3–13.
43. Гудок Н.С., Богданович Н.Н., Мартынов В.Г. Определение физических свойств нефтеводосодержащих пород. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2007. – 592 с.
44. Белозеров Б.В. Роль петрофизических исследований при оценке насыщения сложнопостроенных коллекторов // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317, № 1. – С. 110–116.
45. Гадиров В.Г. Магматический вулканизм Среднекуринской впадины Азербайджана и его роль в скоплении углеводородов // Международный научный институт Educatio. – 2001. – Т. III (10). – С. 64–69.

References

1. Ali-zade A.A., Akhmedov G.A., Akhmedov A.M., Aliev A.K., Zeinalov M.M. Geologia neftianikh i gazovykh mestorozhdenii Azerbaidzhana [Geology of oil and gas fields of Azerbaijan]. Moscow: Nedra, 1966, 390 p.
2. Akhmedov A.M., Guseinov A.N., Khanlarova Sh.G. Novye dannye glubokogo bureniia na ploshchadi Dzharly [New deep drilling data in Jarly area]. *Azerbaidzhanskoe neftianoe khoziaistvo*, 1973, no. 12, pp. 9-13.
3. Gasanov A.B., Kiazimov R.R., Mamedova D.N., Mutallimova O.M. Variatsii plastovogo davleniia i fil'tratsionno-emkostnye svoistva kollektorov glubokozalegaiushchikh mestorozhdenii Iuzhnogo-Kaspiia [Variations in reservoir pressure and reservoir properties of deep-seated deposits in the South Caspian]. *Geologiya, geodinamika i geoekologiya Kavkaza: proshloe, nastoiashchee i budushchee. Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Makhachkala, 2016, pp. 242-247.

4. Gurbanov V.Sh., Narimanov N.R., Sultanov L.A., Babaev M.S. Geologicheskoe stroenie i kollektorskie svoystva mezokainozoiskikh otlozhenii Dzharly-Saatlinskogo neftegazonosnogo raiona na bol'shikh glubinakh [Geological structure and reservoir properties of mesozoic deposits of Dzharly-Saatli oil and gas region at great depths]. *Izvestiia Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*, 2016, no. 2 (42), pp. 25-27. DOI: 10.21440/2307-2091-2016-2-25-27
5. Kerimov K.M., Rakhmanov R.R., Kheirov M.B. Neftegazonosnost' Iuzhno-Kaspiiskoi megavpadiny [Oil and gas potential of the South Caspian megawall]. Baku, 2001, 317 p.
6. Gadirov V.G. Magmaticheskii vulkanizm srednekurinskoi vpadiny Azerbaidzhana i ego rol' vskoplenii uglevodorodov [Magmatic volcanism of the Middle Kura depression of Azerbaijan and its role in hydrocarbon accumulation], available at: <http://sinp.com.ua/work/679254/Magmaticheskij-vulkanizm-Srednekurinskoy-vpadiny> (accessed 12 January 2017).
7. Khain V.E. Tektonika neftegazonosnykh oblastei Iugo-Vostochnogo pogruzeniia Bol'shogo Kavkaza [Tectonics of oil and gas areas of the South-East immersion of the Greater Caucasus]. Moscow: Gostoptekhizdat, 1958, 224 p.
8. Hasanov A.B., Balakishibayli Sh.A. The influence of recent geodynamics on the physicomaterial state of the geological environment of the sedimentary cover. *Evaluation of synthetic elastic parameters of reservoirs, fluid phase saturation and temperatures in the depths. Materials of international workshop*. Baku, 2010, pp. 101-108.
9. Gurbanov V.Sh., Sultanov L.A. O neftegazonosnosti mezozoiskikh otlozhenii Azerbaidzhana [On oil-and-gas content of Mesozoic deposits in Azerbaijan]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2015, no. 16, pp. 7-13. DOI: 10.15593/2224-9923/2015.16.1
10. Uspenskaia N.Iu., Tauson N.N. Neftegazonosnye provintsii i oblasti zarubezhnykh stran [Oil and gas provinces and regions of foreign countries]. Moscow: Nedra, 1972, 283 p.
11. Gurbanov V.Sh., Gasanov A.B., Narimanov N.R., Sultanov L.A., Ganbarova Sh.A. Fizicheskie kharakteristiki i FES perspektivnykh neftegazonosnykh gorizontov v nizakh PT na sukhoputnykh ploshchadiakh Azerbaidzhana (na primere mestorozhdeniia Kalamaddin) [Physical and reservoir properties of potential oil and gas bearing intervals at the bottom of productive thickness onshore in Azerbaijan (at the example of Kalamaddin field)]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2017, no. 3, pp. 204-214. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.3.1
12. Salmanov A.M., Suleimanov A.M., Magerramov B.I. Paleogeologiya neftegazonosnykh raionov Azerbaidzhana [Paleogeology of oil and gas regions of Azerbaijan]. Baku, 2015, 470 p.
13. Kozhevnikov D.A. Petrofizicheskaia invariantnost' granuliarnykh kollektorov [Petrophysical Invariance of Granular Reservoirs]. *Geofizika*, 2001, no. 4, pp. 31-37.
14. Rakhmanov R.R. Zakonomernosti formirovaniia i razmeshcheniia zon neftegezonakopleniia v mezozoiskikh otlozheniiax Azerbaidzhana [Patterns of formation and distribution of oil and gas accumulation zones in the Mesozoic deposits of Azerbaijan]. Baku, Elm, 1985, 108 p.
15. Kerimov K.M. Glubinnoe stroenie i neftegazonosnost' depressionnykh zon Azerbaidzhana i Iuzhnogo Kaspiia [Deep structure and oil and gas potential of the depressed zones of Azerbaijan and the South Caspian]. Baku, 2009, 440 p.
16. Gurbanov V.Sh., Sultanov L.A. Petrofizicheskie osobennosti glubokozalegaiushchikh kollektorov Apsheron'skogo i Bakinskogo arhipelagov [Petrophysical aspects of deep reservoirs in the Absheron and Baku Archipelagos]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2019, no. 3, pp. 204-219. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.3.1
17. Sultanov L.A., Narimanov N.R., Samadzadeh A.A. The geological structure of the Neft Dashlari deposit and the analysis of the regularity of the change in the reservoir properties of the productive floor rocks. depending on the depth of their occurrence. *EUREKA: From international journal (Tallinn, Estonia)*, 2019, no. 1, pp. 55-62.
18. Gurbanov V.Sh., Gasanov A.B., Sultanov L.A., Babaev M.S. Vliianie geodinamicheskogo rezhima na formirovanie geologicheskogo stroeniia i petrofizicheskie kharakteristiki pliotsenovykh otlozhenii mestorozhdeniia Khamamdag-Deniz Bakinskogo arhipelaga [Influence of geodynamical regime on formation of geological structure and petrophysical characteristics of pliocene sediments in Khamamdag-Deniz field in Baku archipelago]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2019, no. 2, pp. 128-137. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.2.3
19. Gurbanov V.Sh., Sultanov L.A., Valiev S.A. et al. Litologo-petrograficheskie i kollektorskie kharakteristiki mezokainozoiskikh otlozhenii severo-zapadnoi chasti Iuzhno-Kaspiiskoi vpadiny [The lithological and collector characteristics of mesozoic-cenozoic deposits of north-western part of the Caspian depression]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2015, no. 17, pp. 5-15. DOI: 10.15593/2224-9923/2015.17.1
20. Kocharli Sh.S. Problemy voprosy neftegazovoi geologii Azerbaidzhana [Problems issues of oil and gas geology of Azerbaijan]. Baku, 2015, 278 p.
21. Mekhtiev U.Sh., Kheirov M.B. Litologo-petrograficheskie osobennosti i kollektorskie svoystva porod kalinskoi i podkirmakinskoi svit Apsheron'skoi neftegazonosnoi oblasti Azerbaidzhana [Lithological-petrographic features and reservoir properties of rocks of the Kalinsky and Podkirmakinsky suites of the Absheron oil and gas region of Azerbaijan]. Baku, 2007, part 1, 238 p.
22. Sostavlenie kataloga kollektorskikh svoystv Mezokainozoiskikh otlozhenii mestorozhdenii nef'ti-gaza i perspektivnykh struktur Azerbaidzhana: otchet Nauchno-issledovatel'skogo instituta geofiziki, no. 105-2009 [Compilation of the catalog of reservoir properties of the Meso-Cenozoic deposits of oil and gas fields and prospective structures of Azerbaijan: report of the Research Institute of Geophysics, no. 105-2009]. Baku: Fondy Upravleniia geofiziki i geologii, 2010.
23. Afandiyeva M.A., Guliyev I.S. Maicop Group-shale hydrocarbon complex in Azerbaijan. *75 EAGE Conference @ Exhibition*. London, 2013, pp. 6-13. DOI: 10.3997/2214-4609.20130979
24. Landolt-Bornstein Tables. Physical properties of rocks. Ed. G. Argenheisen. N.Y., 1983, vol. V, 245 p. DOI: 10.1007/b20009
25. Physical properties of the mineral system of the Earth's interior. International monograph Project 3 CAPG. Praha, 1985, 176 p.
26. Rachinskiy M.Z., Chilingar D.J. Results of geological explorations years of 1990–2005. Geological aspects of perceptivity and numerical assessment. *Journal ANX*, 2007, no. 1, pp. 7-15.
27. Salmanov A.M., Suleymanov A.M., Maharramov B.I. Paleogeology of oil and gas bearing region in Azerbaijan. Mars Print, 2015, 471 p.
28. Theoretical and Experimental Investigations of Physical Properties of Rocks and Minerals under Extreme p,T-conditions. Berlin: Akademie Verlag, 1979, 210 p.
29. Akhmedov A.M. O geologicheskoi kharakteristiki i perspektivakh neftegazonosnosti ploshchadi Umid [On the geological characteristics and prospects of oil and gas potential Umid area]. *Azerbaidzhanskoe nef'tianoe khoziaistvo*, 2008, no. 3, pp. 19-22.
30. Sokolov B.A. Evoliutsiia i neftegazonosnost' osadochnykh basseinov [Evolution and oil an]. Moscow: Nauka, 1980, 243 p.
31. Fizicheskie svoystva gornykh porod i poleznykh iskopaemykh [Physical properties of rocks and minerals]. Ed. N.B. Dortman. Moscow: Nedra, 1976, 527 p.
32. Volarovich M.P., Baiuk E.I., Efimova G.A. Uprugie svoystva mineralov pri vysokikh davleniiax [Elastic properties of minerals at high pressures]. Moscow: Nauka, 1975, 130 p.
33. Hasanov A.B., Melikov Kh.F. 3D model of productive layers according to data geophysics and petrophysics. *Materials of international workshop – The influence of recent geodynamics on the physico-mechanical state of the geological environment of the sedimentary cover*. Baku, Azerbaijan, 2010, pp. 101-108.

34. Lebedev T.S. Model studies of physical properties of mineral matter in high pressure - temperature experiments. *Phys. Earth and Planet. Inter*, 1980, vol. 25, pp. 292-303. DOI: 10.1016/0031-9201(80)90126-0
35. Spravochnik po litologii [Lithology Handbook]. Ed. N.B. Vassoevicha. Moscow, 1988, 509 p.
36. Babaev M.S. Kollektorskie parametry porod vybrosov griazevykh vulkanov Bakinskogo arhipelaga (na primere o. Duvanny i o. Bulla) [Collector parameters of rocks of emissions of mud volcanoes of the Baku archipelago (on the example of Duvanny Island and Bulla Island)]. *Tematicheskii sbornik nauchnykh trudov*. Baku: Azerbaidzhanskii IY, 1991, pp. 82-84.
37. Spravochnik po geologii nefiti i gaza [Handbook of Oil and Gas Geology]. Moscow: Nedra, 1988, 480 p.
38. Khizhniak G.P. Ispol'zovanie materialov geofizicheskikh issledovaniy skvazhin dlia otsenki pronitsaemosti terrigennykh porod [Data usage of geophysical investigations of wells for permeability estimation in terrigenous rocks-reservoirs]. *Neftianoe khoziaistvo*, 2011, no. 6, pp. 86-88.
39. Gadirov V.G. Prognozirovaniye vulkanogennykh obrazovaniy mezozoya Srednekurinskoi depressii i ikh neftegazonosnosti po kompleksnym geofizicheskim dannym [Prediction of Mesozoic volcanogenic formations of the Srednekurinsky depression and their oil and gas potential according to complex geophysical data]. Abstract of Ph.D. thesis. Baku, 1991, 22 p.
40. Babazade B.Kh., Putkaradze L.A. O poiskakh zalezhei gaza i nefiti v pribrezhnoi morskoi zone Apsheronского полуostrova i Bakinskogo arhipelaga [On the search for gas and oil deposits in the coastal marine zone of the Absheron peninsula and the Baku archipelago]. *Geologiya nefiti i gaza*, 1961, no. 10, pp. 7-11.
41. Ali-Zadeh A.A., Salayev S.Q., Aliyev A.I. Scientific evaluation of perceptivity of oil and gas in Azerbaijan, South Caspian and direction of search-exploration operation. Baku: Elm, 1985, 227 p.
42. Iusifzade Kh.B. Primeneniye sovremennykh tekhnologii v oblasti razvedki i dobychi neftegazovykh mestorozhdenii v Azerbaidzhane [Application of modern technologies in the field of exploration and production of oil and gas fields in Azerbaijan]. *Azerbaidzhanskoe neftianoe khoziaistvo*, 2013, no. 7-8, pp. 3-13.
43. Gudok N.S., Bogdanovich N.N., Martynov V.G. Opredeleniye fizicheskikh svoystv neftevododosoderzhashchikh porod [Determination of physical properties of oil-containing rocks]. Moscow: Nedra-Biznestsentr, 2007, 592 p.
44. Belozеров B.V. Rol' petrofizicheskikh issledovaniy pri otsenke nasyscheniia slozhnopostroennykh kollektorov [The role of petrophysical studies in assessing the saturation of complex reservoirs]. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 2010, vol. 317, no. 1, pp. 110-116.
45. Gadirov V.G. Magmaticheskii vulkanizm srednekurinskoi vpadiny Azerbaidzhana i ego rol' v skoplenii uglevodorodov [Magmatic volcanism in the Middle Kur depression of Azerbaijan and its role in hydrocarbon accumulations]. *Mezhdunarodnyi nauchnyi institut Educatio*, 2001, vol. III (10), pp. 64-69.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Гурбанов В.Ш., Султанов Л.А., Гулуева Н.И. Анализ петрофизических исследований глубокозалегающих нефтегазовых коллекторов сухопутных и морских месторождений Азербайджана // Недропользование. – 2020. – Т.20, №3. – С.204–213
DOI: 10.15593/2712-8008/2020.3.1

Please cite this article in English as:

Gurbanov V.Sh., Sultanov L.A., Guluyeva N.I. Analysis of petrophysical studies of deep-lying oil and gas reservoirs of onshore and offshore fields in Azerbaijan. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2020, vol.20, no.3, pp.204-213.
DOI: 10.15593/2712-8008/2020.3.1