



УДК 622.276:552.578.2.061.4

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2019

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ КОЛЛЕКТОРОВ АПШЕРОНСКОГО И БАКИНСКОГО АРХИПЕЛАГОВ

В.Ш. Гурбанов, Л.А. Султанов¹

Национальная академия наук Азербайджана. Институт нефти и газа (AZ1001, Азербайджан, г. Баку, ул. Ф. Амирова, 9)

¹ Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (AZ1010, Азербайджан, г. Баку, пр. Азадлыг, 20)

PETROPHYSICAL PROPERTIES OF DEEP RESERVOIRS OF ABSHERON AND BAKU ARCHIPELAGOS

Vaqif Sh. Gurbanov, Latif A. Sultanov¹

Azerbaijan National Academy of Sciences Institute Oil and Gas (9 F. Amirova st., Baku, AZ1001, Republic of Azerbaijan)

¹ Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan (20 Azadlyg av., Baku, AZ1010, Republic of Azerbaijan)

Получена / Received: 07.05.2019. Принята / Accepted: 01.08.2019. Опубликовано / Published: 27.09.2019

Ключевые слова:

породы, свита, пористость, глубина, скважина, плотность, петрофизика, мезокайнозой, горизонт, бурение, геофизика, нефтегазонакопления, коллектор, карбонатность, скорость продольных волн.

Недавно на основе сведений о перспективах добычи нефти и газа в Азербайджане была проведена геологическая и геофизическая оценка глубоких слоев. Были подготовлены научные критерии, которые могут быть основанием для будущих исследований. Отмечено, что основные месторождения нефти и газа связаны с Южным Каспием и Курским бассейном, которые подвергались интенсивному углублению во время мезозойской эры. Высокая перспективность центральной части и глубоких слоев не была количественно и численно выражена должным образом.

Известно, что разведка, добыча и оценка потенциала нефтяных и газовых месторождений сильно зависят от собранной информации о петрофизических характеристиках слоев. Исследования должны проводиться в нефтяных и газовых регионах Апшеронского и Бакинского архипелагов, где отложения мезозоя и кайнозоя широко распространены.

Исследованы различные геолого-геофизические и физические аспекты, которые влияли на коллекторный потенциал нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений в данном районе. Проведенные исследования показывают, что в палео-профилях, образованных вдоль Курдакхан-Шах-Дениз шельфового месторождения Шах-Дениз на северо-западе, были залежи плиоцен-антропогенных скоплений тонким слоем – от 100 до 200 м. Толщина увеличивается к Кум адасы до 3600 м и в Шах-Денизе до 6000 м. По краям синклиналиных складок толщина упомянутых скоплений достигает 3000 м на северо-западе и около 10 000 м в Шах-Дениз. Таким образом, не имея достаточно знаний относительно коллекторных характеристик страты, невозможно оценить залежи углеводородов и объемы производства, а также поменять направление обследования. Помимо геолого-геофизических исследований, проведенных в этой области, были изучены литологическо-петрографические и коллекторные характеристики для определения изменений соответствия вдоль области содержания углерода, пористости, проницаемости, плотности, гранулярного состава и скорости звуковых волн вышеупомянутой страты. Соответственно, была составлена таблица, отражающая коллекторские характеристики месторождения, в которой были указаны верхние, средние и нижние границы физических характеристик; проанализированы зависимости коллекторских характеристик друг от друга, определены глубина залежей и другие физические аспекты.

Исследования показывают, что физические особенности одновозрастных и одноименных пород изменяются в результате геолого-физических процессов, приводя к разным результатам. Были изучены коллекторские свойства пород продуктивной толщи. Создана таблица, отражающая физические свойства данной площади во времени и пространстве, а также различные типы геологических особенностей пород-коллекторов и закономерность их распространения.

Key words:

deposits, suit, porosity, mesokaynozoic, deep, well, density, petrophysics, gorizont, drilling, geophysics, oil and gas accumulatio. ., collector, carbonate content, the velocity of longitudinal waves.

Many Geological exploration and Geophysical assessments have been conducted recently in Azerbaijan which based on Oil and gas perspective of deeper layers, scientific criterion have been prepared that can be basement for the future exploration. It was noted that main oil and gas deposits are related with South Caspian and Kura basin which exposed to intensive depression during the Mesozoic period. The quantity and numerical expression has not been reflected properly yet, despite the high perceptivity of the central part and deeper layers doesn't create suspicion in explorers.

It is known that exploration, production and assessment of potential of Oil and gas deposits highly depends on the information gathered about the petro-physical characterization of strata encountered in geological profile.

In this point of view the process mentioned above should be carried out in the oil and gas regions of Absheron and Baku Archipelago the Mesozoic-Cenozoic deposits are spread widely.

In the article different geological-geochemical and physical aspects which affect the gas and collector potentials of oil and gas-condensate deposits encountered in area have been researched. Carried investigations show that, in the Paleo-profiles created along the Kurdakhany-Shahdeniz anticline in the north-west side of the field the Pliocene -Anthropogenic deposits were accumulated in small thickness from 100m to 200 m. The thickness increases in Qum island structure to 3600 m, in Shahdeniz to 6000 m. In the edges of synclines the thickness of named deposits have higher numbers which is in north-west is 3000 m and in Shah deniz around 10000 m.

So, without enough knowledge about the collector characteristics of the strata of the field the estimation of hydrocarbon reservoirs and the determination of concrete of production as well as change in exploration direction is impossible.

Beside the geological-geophysical investigations carried in the field, the Lithological-petrographic and collector characteristics, for the determination of change in conformity along the field, the carbon contest, porosity, permeability, density, granular content and the velocity of the sonic waves of the above mentioned strata, specially lower parts of it have been investigated. Correspondingly the table has been prepared which reflects the collector characteristics of the field. Also the upper, middle and lower limits of physical characteristics of the field has been identified in the table. At the same time, the dependence of collector characteristics on each-other, on depth and on different physical aspects have been assessed.

The research showed that the same named and the same age rocks physical property change at the result of geological- physical process and getting different prices. The collector properties of rocks of productive unit have been learned. The physical properties of rocks of productive unit have been shown in the table. The table and the graphs have been compiled, which showed the petrophysical parameters in the area in time and place and the regularity their spreading in the column of productive unit.

Гурбанов Вагиф Шыхы оглы – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заместитель директора по научным вопросам (тел.: +994 502 14 09 69, e-mail: vagifqurbanov@mail.ru). Контактное лицо для переписки.

Султанов Латиф Агамирза оглы – научный сотрудник лаборатории физических свойств горных пород месторождений полезных ископаемых (тел.:+994 50 327 97 01, e-mail: latif.sultan@mail.ru).

Vaqif Sh. Gurbanov (Author ID in Scopus: 26028826000) – Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Deputy Director for Scientific Affairs of the Institute of Oil and Gas (tel.: +994 502 14 09 69, e-mail: vagifqurbanov@mail.ru). The contact person for correspondence.

Latif A. Sultanov (Author ID in Scopus: 57209321385) – Research fellow, Laboratory of Physical Properties of Mineral Deposits Rocks (tel.:+994 50 327 97 01, e-mail: latif.sultan@mail.ru).

Введение

Изучение коллекторских свойств пород является одной из важнейших задач при определении перспективности структур по сеодержанию нефти и газа и подсчете запасов на разведанных месторождениях. Кроме того, нынешний период развития нефтегазодобывающей промышленности требует повышения эффективности и совершенствования технологических процессов разработки нефтегазовых месторождений.

С этой целью были исследованы геолого-геофизические характеристики пород, которые влияли на коллекторский потенциал отложений, содержащих нефтяные, газовые и газоконденсатные скопления мезокайнозойского возраста.

Глубокозалегающие коллекторы Апшеронского архипелага

На Апшеронском архипелаге складка Нефт Дашлары находится в приосевой зоне Апшероно-Прибалханского структурного мегаседла и простирается в общекавказском направлении. Складка осложнена двумя продольными и большим числом поперечных разрывов.

Продольные разрывы составляют широкую зону дизъюнктивных дислокаций, сложенную сильно перемятыми брекчиевидными отложениями олигоцен-миоценового возраста. В юго-восточной части складки, на пересечении продольных и поперечных разрывных нарушений, расположен грязевой вулкан. Здесь на дне моря имеются многочисленные грифоны, непрерывно выделяющие нефть и газ.

Известно, что потенциал нефтегазоносности пород зависит от их петрофизических характеристик. Для определения последних в глубокозалегающих слоях были изучены карбонатность, пористость, проницаемость, плотность, гранулометрический состав и скорости распространения продольных волн по образцам пород, взятых из пробуренных поисково-разведочных скважин площади Нефт Дашлары. Также были определены средние значения их физических характеристик, зависимость коллекторских свойств от глубины залегания и физических параметров пород. Соответственно, была составлена таблица петрофизических и коллекторских свойств пород (табл. 1) [1–12].

Месторождение Нефт Дашлары характеризуется пластовым, литологическим и тектоническим типами нефтеносных ловушек.

Плотность глинистых пород здесь составляет 2,20–2,48 г/см³, пористость – 8,3–17 % (в некоторых

случаях достигает 25 %), распространение ультразвуковых волн – 2150–2200 м/с. Плотность алевролитов изменяется в пределах 2,13–2,60 г/см³, пористость – 15–28 %, скорость ультразвуковых волн колеблется между 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 продуктивной толщи плотность составляет 2,02–2,59 г/см³, пористость – 8,5–30 %, скорость ультразвуковых волн – 2100–3500 м/с.

Гранулометрические отложения продуктивной толщи площади Нефт Дашлары в основном представлены алевритовой фацией, т.е. размеры частиц от 0,1 до 0,01 мм. Это свидетельствует о превалировании в разрезе алевритов над другими фациями.

Чтобы выяснить характер изменения коллекторских свойств отложений продуктивной толщи с глубиной, были корреляционно исследованы пределы изменений физических параметров. В результате, как следует из табл. 1, карбонатность пород изменяется от 5,27 до 24,6 %, а проницаемость от 1,3 до 214,9·10¹⁵ м² мкм² при значениях пористости 9,02–21,4 %.

Согласно данным табл. 1, можно предположить, что изменения физических характеристик пород продуктивной толщи площади Нефт Дашлары связаны с количественной выраженностью литологических разностей, разнообразием пород, их минералогическим составом и тектоническими условиями.

Месторождение о. Чиллов представляет собой брахиантиклинальную складку, вытянутую с северо-запада на юго-восток, протяженностью до 10 км при ширине до 4 км, с крутыми (до 55–80°) крыльями. Свод складки размыт до диатомовой свиты, и она осложнена надвигом, выход которого на дне моря прослеживается почти на 15 км. Вертикальная амплитуда смещения составляет 500 м. Складка осложнена также семью поперечными и двумя продольными разрывами с амплитудой вертикального смещения до 250 м. Она имеет сложное строение и разбита сетью продольных и поперечных нарушений на 10 блоков [13–23].

Отложения, принимающие участие в геологическом строении месторождения о. Чиллов, изучены от современных до диатомовой свиты включительно. Последняя представлена частым чередованием глин, мергелей и алевролитов. Ее вскрытая толщина составляет 290 м. Отложения понтического яруса в основном состоят из глин.

Таблица 1

Петрофизическая характеристика пород продуктивной толщи
с глубиной по площадям Апшеронского архипелага

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

Примечание: здесь и в табл. 2 в числителе указаны минимальные и максимальные значения, в знаменателе – средние значения.

Из данных табл. 1 следует, что проницаемость пород в пределах рассматриваемых глубин претерпевает существенные изменения при небольшой изменчивости их пористости. В некоторых случаях в связи с изменениями петрофизических характеристик пород нарушаются некоторые закономерности. Это видно из графиков изменения значений коллекторских характеристик пород (табл. 2).

Нами была изучена также связь между пористостью и карбонатностью пород по площадям Апшеронского архипелага. В результате была установлена четко выраженная обратимая связь между карбонатностью и пористостью пород.

Как видно из табл. 1, 2, изменение пористости происходит скачкообразно, так же, как и карбонатности. В некоторых случаях пористость

составляет более 20 %. Максимальный предел пористости на Гюргян-Дениз – 15,7 %, а на о. Чилор 18,0 % [23–28].

Таким образом, на трех площадях Апшеронского архипелага изучение петрофизических характеристик коллекторов продуктивной толщи позволило определить основные параметры и изменение их значений с глубиной.

Проведенный анализ петрофизических характеристик можно аппроксимировать на соседние площади на основе их палеогеографической общности и структурно-тектонических процессов формирования локальных поднятий.

Анализ литолого-петрографических свойств отложений рассмотренных площадей и коллекторских свойств образцов пород позволяет прогнозировать нефтегазоносность отложений.

Таблица 2

Изменение средних значений физических параметров осадочных пород продуктивной толщи месторождения Нефть Дашлары

Интервал глубины, м	Литология	Карбонатность, %	Пористость, %	Проницаемость, 10^{-15} м^2	Плотность, σ , г/см ³	Скорость распространения упругих волн, V , м/с
430–480	Песчано-глинистые алевролиты	9,7	16,3	59,7	2,3	1800
480–600	Алевритовые глины	7,53	16,92	40,68	2,6	3000
640–690	Глинисто-песчаные алевролиты	5,27	9,57	214,9	2,6	3000
690–930	Глинисто-песчаные алевролиты	11,8	9,02	56,9	2,9	4200
930–940	Песчано-глинистые алевролиты	11,8	9,02	56,9	2,9	4200
940–1130	Глинистые алевролиты	8,1	9,9	66,9	2,9	4200
1130–1400	Глинисто-песчаные алевролиты	6,8	9,57	60,5	2,9	4200
1500–1550	Глинистые алевролиты					
1600–2050	Глинистые алевролиты					
2050–2200	Песчано-глинистые алевролиты					
2200–2500	Глинистые алевролиты					
2550–3550	Глинистые алевролиты					
3550–4600	Глинисто-песчаные алевролиты					

Глубокозалегающие коллекторы Бакинского архипелага

В пределах Бакинского архипелага нами были рассмотрены петрофизические характеристики пород, слагающих его северные структуры (Сангачал-Дениз, Дуваны-Дениз и Булла-Дениз), где хорошо развиты отложения продуктивной толщи.

Полная мощность продуктивной толщи (3950–4000 м) была вскрыта на площади Сангачал-Дениз и на северо-восточной части других площадей. На своде и в присводовых частях локальных поднятий Сангачал-Дениз и Дуваны-Дениз мощность ПТ составляет 2960–3600 м.

Поднятие Сангачал-Дениз в тектоническом отношении представляет собой асимметричную брахискладку, отделенную длинной, но неглубокой седловиной от расположенного северо-западнее

Кянизадагского поднятия. По отложениям продуктивной толщи на юго-востоке периклиналь складки выражена в рельефе неглубокой и короткой седловиной, отделяющей ее от поднятия Дуваны.

Породы, слагающие месторождения Сангачал-Дениз и Дуваны-Дениз, изучены глубоким бурением от современных до мезозоя включительно. Продуктивная толща обнажается в северной части поднятия, в приосевой части она размыта на глубину до 750–800 м. Литологический разрез пород представлен в основном чередованием песков, песчаников и глин. Максимальная толщина отложений продуктивной толщи, выявленной пробуренными скважинами, составляет 3950–4000 м, а минимальная мощность – 3000 м.

В геологическом строении площади участвуют отложения продуктивной толщи, ачкагыльского, апшеронского ярусов и четвертичные образования. Продуктивная толща здесь вскрыта до верхов кирмакинской свиты. Она в основном представлена

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 1950–2300 м/с. Плотность песчаников равна 2,15–2,50 г/см³, а распространение ультразвуковых волн в них 1200–3000 м/с. Плотность алевролитов составляет 2,06–2,56 г/см³, пористость – 5,5–30 %, скорость ультразвуковых волн – 1950–2800 м/с.

Проведенные исследования дают возможность предположить, что изменения петрофизических и коллекторских характеристик пород основного комплекса исследуемого объекта связаны с карбонатностью, литологической неоднородностью, разнообразной плотностью и с тектоническими условиями. В результате установлены закономерности между карбонатностью, пористостью и проницаемостью (табл. 3).

Таким образом, на основании изучения пород, участвующих в геологическом строении Сангачал-дениз, Дуваны-дениз, и Булла-дениз была составлена таблица, отражающая петрофизические, в том числе и коллекторские, характеристики пород по площадям и в разрезе. Рассмотрена зависимость

коллекторских свойств пород от их литофизических особенностей.

Ниже приведены результаты исследований рассматриваемых петрофизических параметров пород по отдельным площадям Бакинского архипелага.

Нефтегазоконденсатные месторождения Сангачалы-дениз, Дуванны-дениз, о. Хара-Зира расположены на севере Бакинского архипелага и входят в единую антиклинальную зону, поэтому их можно рассматривать комплексно. Здесь наибольшая мощность отложений ПТ, вскрытая скважинами, составляет 3950–4000 м, а наименьшая – 3000 м. На севере Бакинского архипелага плотность глинистых отложений составляет 2,26–2,50 г/см³, пористость – 9,5–18 % (в некоторых случаях достигает 30 %), скорость распространения ультразвуковых волн – 2200–2300 м/с. Плотность алевролитов составляет 2,16–2,63 г/см³, пористость – 15–30 %, скорость распространения ультразвуковых волн изменяется в пределах от 1500 до 2500 м/с. Плотность песчаников – 2,07–2,55 г/см³, пористость – 8,2–22,5 %. Как и в других породах, скорость распространения ультразвуковых волн в песчаниках зависит от их минералогического состава, цементного материала, плотности и других факторов.

Таблица 3

Петрофизическая характеристика пород продуктивной толщи с глубиной по площадям Бакинского архипелага

Интервал, м	Фракция, мм				Карбонатность, %	Пористость, %	Проницаемость, 10 ⁻¹⁵ м ²	Плотность σ, г/см ³	Распространение ультразвуковых волн V, м/с
	0,25	0,25–0,10	0,1–0,01	0,01					
2522–2564	$\frac{0-10,6}{3,18}$	$\frac{1,5-37,7}{20,94}$	$\frac{25,2-71,2}{50,92}$	$\frac{15,8-36,5}{24,83}$	$\frac{7,5-14,4}{9,25}$	$\frac{10,0-21,1}{17,03}$	$\frac{6,6-16,7}{126,40}$	$\frac{2,08-2,50}{2,24}$	$\frac{2450-4000}{3000}$
2956–2978	$\frac{0,4-3,6}{2,0}$	$\frac{26,4-44,7}{35,5}$	$\frac{37,6-38,9}{38,2}$	$\frac{17,1-34,3}{25,7}$	$\frac{6,8-7}{6,9}$	$\frac{15,0-20,6}{17,8}$	0,9	$\frac{2,23-2,40}{2,332}$	$\frac{3000-3400}{3200}$
3292–3348	$\frac{0,1-0,8}{0,6(4)}$	$\frac{0,9-45,6}{20,8(4)}$	$\frac{30,0-66,6}{50,1(4)}$	$\frac{23,7-32,3}{28,8(4)}$	$\frac{8,2-9,4}{8,8(2)}$	$\frac{9,9-22,7}{14,5(14)}$	$\frac{1-3,5}{2,3(2)}$	$\frac{2,01-2,47}{2,35(15)}$	$\frac{2400-3400}{3060(18)}$
3804–3814	$\frac{1,9-9,3}{4,18}$	$\frac{41,3-48,8}{45,95}$	$\frac{23,6-32,6}{26,03}$	$\frac{21,3-27,6}{24,52}$	$\frac{6,9-10,1}{8,25}$	$\frac{20,1-22,2}{21,5}$	$\frac{35,6-46,4}{39,20}$	$\frac{2,03-2,12}{2,08}$	$\frac{2250-2600}{2450}$
3814–3982	$\frac{0-0,6}{0,3}$	$\frac{10,0-50,0}{31,8}$	$\frac{20,7-63,4}{48,68}$	$\frac{15,3-28,7}{19,95}$	$\frac{10,9-13,5}{11,70}$	$\frac{20,0-22,1}{20,68}$	$\frac{46,8-172,0}{122,20}$	$\frac{2,04-2,12}{2,09}$	$\frac{2550-2600}{2430}$
4444–4446	$\frac{11,8-17,6}{15,63}$	$\frac{46,2-57,2}{50,57}$	$\frac{14,9-30,4}{23,27}$	$\frac{9,7-11,6}{10,53}$	$\frac{11,8-15,1}{13,07}$	$\frac{14-17}{16,0}$	$\frac{17,6-20,1}{18,85}$	$\frac{2,23-2,35}{2,24}$	$\frac{3000-3450}{3250}$
4580–4656	$\frac{0,5-7,5}{3,23}$	$\frac{19,6-57,9}{43,07}$	$\frac{22,7-69,1}{37,3}$	$\frac{10,0-23,9}{16,6}$	$\frac{8,9-9,9}{9,37}$	$\frac{20,4-22,9}{21,4}$	$\frac{0,1-95,7}{2,20}$	$\frac{2,01-2,10}{2,05}$	$\frac{2400-2600}{2500}$
5071–5409	$\frac{1,0-4,4}{2,70(2)}$	$\frac{57,4-60,0}{58,70(2)}$	$\frac{11,8-19,1}{15,45(2)}$	$\frac{19,9-26,4}{23,15(2)}$	$\frac{5,8-12,3}{9,05(2)}$	$\frac{15,8-19,0}{17,40(2)}$	$\frac{0-19,0}{9,5(2)}$	–	–
5175–5232	$\frac{0,0-2,20}{1,40}$	$\frac{7,2-31,9}{20,76}$	$\frac{32,7-76,2}{45,8}$	$\frac{15,3-38,4}{32,32}$	$\frac{4,3-18,4}{9,0}$	$\frac{5,0-20,9}{12,26}$	$\frac{42,0-94,0}{59,33}$	$\frac{2,08-2,28}{2,18}$	$\frac{2400-2800}{2600}$
5325–5401	$\frac{0,04-1,3}{0,46(3)}$	$\frac{1,9-18,6}{7,31(6)}$	$\frac{37,5-65,8}{54,62(6)}$	$\frac{26,3-43,9}{37,78(6)}$	$\frac{8,2-20,7}{15,80(6)}$	$\frac{7,2-20,0}{11,90(5)}$	$\frac{0,98-2,4}{1,55(5)}$	–	–
5660–5707	–	$\frac{41,2-43,9}{42,55(2)}$	$\frac{33,3-47,1}{40,2(2)}$	$\frac{11,7-22,8}{17,25(2)}$	$\frac{11,9-15,0}{13,45(2)}$	$\frac{12,6-14,7}{13,65(2)}$	$\frac{156-190}{173(2)}$	–	–

Вследствие этого она изменяется в пределах 1950–4000 м/с. Физические свойства карбонатных глин продуктивной толщи характеризуются следующими величинами: плотность – 2,05–2,65 г/см³, пористость – 8,5–30 % и скорость распространения ультразвуковых волн – 2100–4000 м/с. Результаты обработки и интерпретации петрофизических и промыслово-геофизических данных позволяют сказать, что отдельные горизонты продуктивной толщи являются достаточно перспективными, т.е. нефтегазоносность некоторых из них более перспективна, чем предполагалось. Пробуренные на всех площадях скважины вскрыли полную мощность продуктивной толщи (3950–4000 м) на месторождениях Сангачалы-дениз и о. Хара-Зиря. На гипсометрически высоко расположенных локальных структурах Сангачалы-дениз и Дуванны-дениз мощность продуктивной толщи составляет 2960–3600 м.

Нефтегазовое месторождение Алят-дениз расположено на северо-западе Бакинского архипелага. На этой площади вскрыты все свиты продуктивной толщи, за исключением калинской. Отложения продуктивной толщи состоят в основном из глин, песчаников и алевролитов. Плотность глинистых пород составляет 1,90–2,20 г/см³, пористость – 7,5–27,0 %, скорость распространения ультразвуковых волн – 1250–2200 м/с. Плотность песчаников варьируется в пределах 2,14–2,48 г/см³, пористость – 6,5–20,5 %, скорость распространения ультразвуковых волн – 1800–3000 м/с. Плотность алевролитов изменяется в пределах 2,06–2,45 г/см³, пористость – 9,1–23,9 %, скорость распространения ультразвуковых волн составляет 1900–2100 м/с.

Установленное по керновым материалам значение проницаемости относительно невелико. Для определения изменения зависимости этого параметра от пористости была построена корреляционная схема. Однако эта связь носит несколько условный характер. Известно, что любая проницаемая порода обладает пористостью, однако не каждая порода, обладающая пористостью, может быть проницаемой.

Корреляция графиков изменения рассматриваемых петрофизических параметров с глубиной позволила установить следующие зависимости пористости и проницаемости от фракционного состава и карбонатности пород (рис. 4).

Как следует из табл. 4, до глубины 4580 м в гранулометрическом составе пород в целом происходит существенное нарастание псаммитовой фации с одновременным убыванием алевритовой и пелитовой фракций с незначительными колебаниями значений карбонатности. В результате на

фоне незначительного увеличения пористости произошло относительно резкое возрастание проницаемости (до (122,0–185,5) 10⁻¹⁵ м²), что, очевидно, связано с вышеотмеченным изменением гранулометрического состава пород. При этом в интервале глубин 2564–3401 м породы характеризуются низкими значениями содержания псаммитовой и повышенным содержанием алеврито-пелитовой фаций. Очевидно, такой фракционный состав и является причиной почти полного отсутствия в них проницаемости ((0,9–2,3) 10⁻¹⁵ м²).

Далее в интервале глубин 3401–4580 м резкое возрастание псаммитовой фации до 66,2 % и уменьшение алеврито-пелитовой также способствовало относительно резкому возрастанию проницаемости пород ((32,2–188,5) 10⁻¹⁵ м²). С глубины от 4580 до 4656 м содержание псаммитовой фации в породах уменьшается до 47,3 % с одновременным нарастанием алеврито-пелитовой фракций и карбонатности. Такое изменение фракционного состава привело к резкому падению проницаемости до 2,23·10⁻¹⁵ м², что можно считать закономерным для гранулярных резервуаров [29–34].

В интервале глубин 4656–5109 м вновь происходит возрастание псаммитовой фации до 61,4 % с относительно резким падением содержания алевритов до 15,43 % и с незначительным возрастанием пелитовой фракции до 15,43 %. Такое сочетание рассматриваемых фракций привело к незначительному уменьшению пористости и возрастанию проницаемости всего до 9,5·10⁻¹⁵ м².

В интервале глубин 5175–5232 м наблюдается резкое уменьшение содержания псаммитов до 22,16 %, трехкратное возрастание алевритовой и почти на 10 % увеличение пелитовой фаций при их относительно низкой карбонатности, что привело к возрастанию проницаемости до 59,33·10⁻¹⁵ м².

Далее, в интервале глубин 5660–5702 м, в очередной раз псаммитовая фация возрастает до 42,65 %, алевриты уменьшаются до 40,02 и почти в два раза убывает пелитовая фракция, составив всего 17,35 %, незначительно возрастает карбонатность. В результате при пористости 13,65 % проницаемость пород возросла до 173,0·10⁻¹⁵ м².

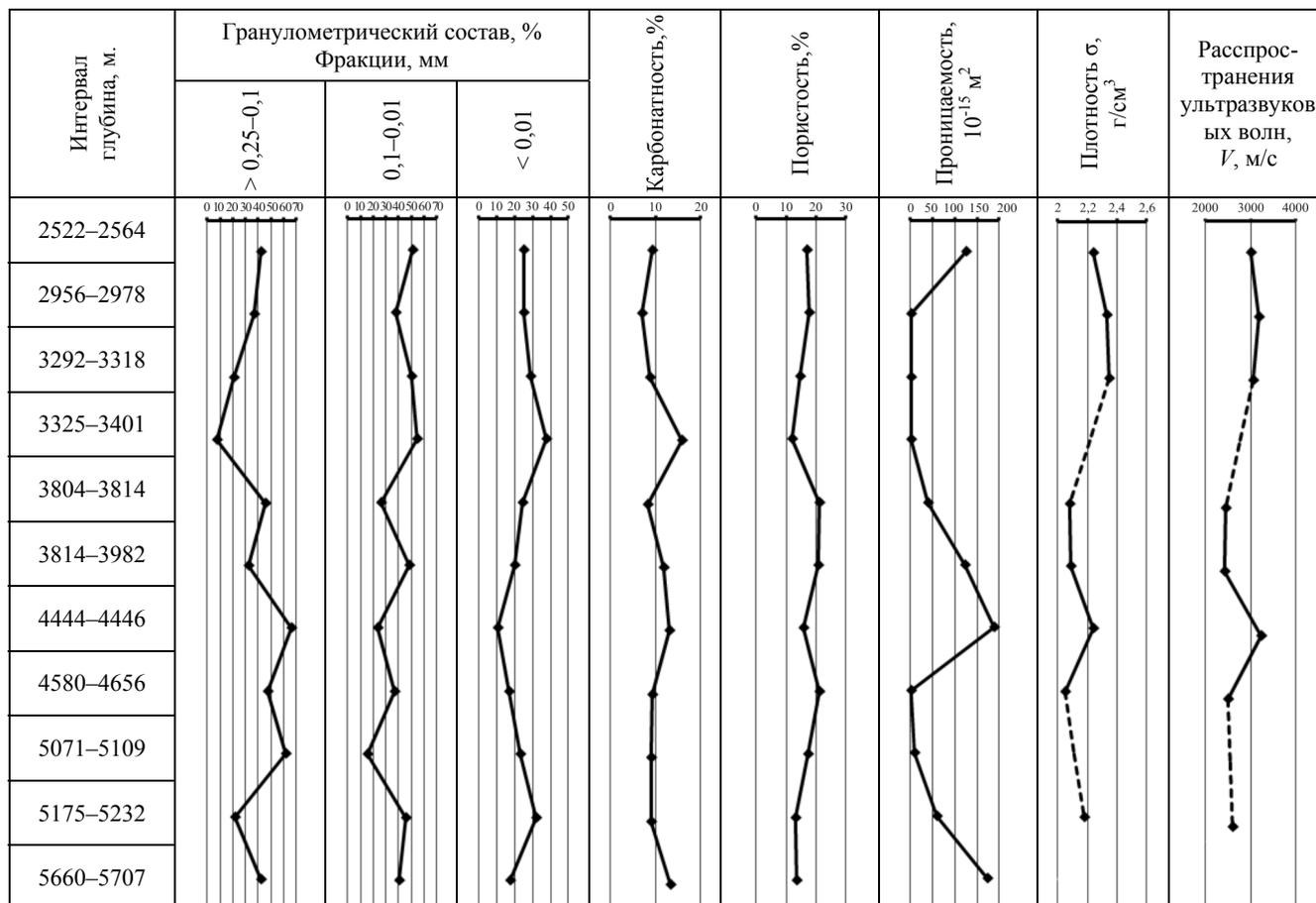
Из приведенного анализа следует, что в рассмотренных гранулярных резервуарах исследуемой территории пористость и в особенности проницаемость пород контролируется в основном количественным содержанием псаммито-алевиритовой и в особенности псаммитовой фациями. Такая зависимость коллекторских свойств пород свидетельствует о незначительном развитии или

полном отсутствии в них вторичной пористости, связанной в основном с трещиноватостью, кавернозностью и т.д. В свою очередь, низкая карбонатность исключает вероятности 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 и их низкие коллекторские свойства [35–45].

танию коллекторских характеристик в основном у карбонатных пород. Об отсутствии этого процесса в рассматриваемых породах свидетельствует не только их низкая карбонатность, но и их низкие коллекторские свойства [35–45].

Таблица 4

Изменение гранулометрических и коллекторских свойств отложений продуктивной толщи северных площадей Бакинского архипелага с глубиной



В связи с прямой зависимостью между изменением плотности пород и скоростью прохождения ультразвуковых волн, как видно из таблиц, они хорошо коррелируют между собой. Однако между литофациальными, коллекторскими и отмеченными физическими параметрами пород в рассматриваемом случае более или менее ясно выраженной зависимости не наблюдается.

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 с целью выявления новых скоплений нефти и газа.

Эти работы позволят более эффективно изучить коллекторские свойства глубокопогруженных нефтегазоводоносных толщ и структурно-тектоническое строение рассмотренных площадей.

Выводы

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

– в пределах исследуемых морских площадей изменение петрографических величин в широком диапазоне связано в основном с литологической неоднородностью комплексов, разной глубиной залегания пластов и структурно-тектоническими условиями;

– хорошая корреляционная связь между пористостью и проницаемостью обусловлена

терригенным составом, литофациальной идентичностью и близостью значений пористости пород-коллекторов, а относительно высокие значения проницаемости пород связаны с повышенным содержанием в них псаммит-алевритовых фракций;

– при прогнозировании нефтегазоносности глубоководно погруженных толщ подобных структур, наряду с оптимальными геофизическими методами разведки, необходимо учитывать и фильтрационно-емкостные характеристики пород;

– изменение плотности пород и скорости ультразвуковых волн с глубиной указывают на их хорошую корреляцию и отсутствие таковой между ними и коллекторскими свойствами пород, что свидетельствует в основном об отсутствии в породах-коллекторах вторичной пористости.

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. Рахманов Р.Р. Закономерности формирования и размещения зон нефтегазоаккумуляции в мезозойских отложениях Азербайджана. – Баку: Элм, 1985. – 108 с.
3. Керимов К.М., Рахманов Р.Р., Хеиров М.Б. Нефтегазоносность Южно-Каспийской мегавпадины. – Баку, 2001. – 317 с.
4. Керимов К.М. Глубинное строение и нефтегазоносность депрессионных зон Азербайджана и Южного Каспия. – Баку, 2009. – 438 с.
5. Хаин В.Е. Тектоника нефтегазоносных областей юго-восточного погружения Большого Кавказа. – М.: Гостоптехиздат, 1958. – 224 с.
6. 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
7. Мехтиев У.Ш., Хеиров М.Б. Литолого-петрографические особенности и коллекторские свойства пород калинской и подкирмакинской свит Апшеронской нефтегазоносной области Азербайджана. – Баку, 2007. – Ч. 1. – 238 с.
8. Справочник по литологии / под ред. Н.Б. Вассоевича. – М., 1988. – 509 с.
9. Геологическое строение месторождения Нефть Дашлары и анализ закономерных изменений коллекторских свойств пород продуктивной толщи в зависимости от глубины / В.Ш. Гурбанов, Л.А. Султанов, А.А. Самед-заде [и др.] // Республика Казахстан. – 2016. – № 3–4 (47–48). – С. 23–30.
10. Составление каталога коллекторских свойств мезокайнозойских отложений месторождений нефти и газа и перспективных структур Азербайджана: отчет Научно-исследовательского института геофизики – 105-2009 / Фонды Управления геофизики и геологии. – Баку, 2010.
11. Кочарли Ш.С. Проблемы и вопросы нефтегазовой геологии Азербайджана. – Баку, 2015. – 278 с.
12. Литолого-петрографические и коллекторские характеристики мезокайнозойских отложений северо-западной части Южно-Каспийской впадины / В.Ш. Гурбанов, Л.А. Султанов, С.А. Валиев, М.Т. Бабаева // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015. – № 17. – С. 5–15. DOI: 10.15593/2224-9923/2015.17.1
13. Успенская Н.Ю., Таусон Н.Н. Нефтегазоносные провинции и области зарубежных стран. – М.: Недра, 1972. – 283 с.
14. 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
15. 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.
16. Hasanov A.B., Melikov Kh.F. 3D model of productive layers according to data geophysics and petrophysics // *The influence of recent geodynamics on the physic-mechanical state of the geological environment of the sedimentary cover: Materials of International Workshop.* – Baku, 2010. – P. 101–108.
17. Recognition of fluid flow zones in oil reservoirs by log methods / R.Y. Aliyarov, A.B. Hasanov, F.B. Aslanzade, A.A. Samedzade // *Azerbaijan Geologist.* – 2018. – № 22. – P. 121–128.
18. Али-Заде А.А., Салаев С.Г., Алиев А.И. Научная оценка перспектив нефтегазоносности Азербайджана и Южного Каспия и направление поисково-разведочных работ. – Баку: Элм, 1985. – 227 с.
19. Landolt-Bornstein tables. Physical properties of rocks / ed. G. Argenheisen. – New York, 1983. – Vol. V.

20. Theoretical and experimental investigations of physical properties of rocks and minerals under extreme p,T-conditions. – Berlin: Academie Verlag, 1979. – 232 p.
21. Afandiyeva M.A., Guliyev I.S. Maicop group-shale hydrocarbon complex in Azerbaijan // 75 EAGE Conference and Exhibition. – London, 2013. – P. 06–13. DOI: 10.3997/2214-4609.20130979
22. Салманов А.М., Сулейманов А.М., Магеррамов Б.И. Палеогеология нефтегазоносных районов Азербайджана. – Баку, 2015. – 470 с.
23. Керимов К.М. Глубинное строение и нефтегазоносность депрессионных зон Азербайджана и Южного Каспия. – Баку, 2009. – 438 с.
24. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых / под ред. Н.Б. Дортман. – М.: Недра, 1976. – 527 с.
25. Кожевников Д.А. Петрофизическая инвариантность гранулярных коллекторов // Геофизика. – 2001. – № 4. – С. 31–37.
26. Бабаев М.С. Коллекторские параметры пород и выбросы грязевых вулканов Бакинского архипелага (на примере о. Дуванны и о. Булла) // Тематический сб. науч. тр. – Баку: Изд-во Азербайджанского ИУ, 1991. – С. 82–84.
27. Справочник по геологии нефти и газа. – М.: Недра, 1988. – 480 с.
28. Gurbanov V.Sh., Hasanov A.B., Sultanov L.A. Physical characteristics and filtration capacitance properties (FCP) of prospective oil and gas bearing horizons in the lower levels of Productive thickness (PT) in the land area of Azerbaijan // Modern problems of innovative technologies in oil and gas production and applied mathematics: International conference dedicated to the 90th anniversary of academician AZAD MIRZAJANZADE. – Baku, 2018. – С. 418–419.
29. Султанов Л.А. Геологические и коллекторские свойства отложений продуктивной толщи площади Каламадин в пределах Прикуриинской нефтегазоносной межгорной впадины // Республика Казахстан. – 2018. – № 3 (55). – С. 25–31.
30. Sultanov L.A. The collector characteristics of mesozoic-cenozoic deposits of north-west part of south Caspian Basin // Modern problems of innovative technologies in oil and gas production and applied mathematics: International conference dedicated to the 90th anniversary of academician AZAD MIRZAJANZADE. – Baku, 2018. – P. 561–563.
31. Нариманов Н.Р. Геодинамические аспекты формирования осадочного чехла Южно-Каспийской впадины // Геология нефти и газа. – 2003. – № 6. – С. 26–31.
32. Рачинский М.З., Чилингар Дж. Результаты геолого-разведочных работ 1990–2005 гг., геологические аспекты перспектив и количественная оценка // Журнал АНХ. – 2007. – № 1. – С. 7–15.
33. Волярович М.П., Баяк Е.И., Еэфимова Г.А. Упругие свойства минералов при высоких давлениях. – М.: Наука, 1975. – 130 с.
34. 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: Physical Sciences and Engineering. – 2019. – № 1. – С. 55–62.
35. Султанов Л.А. Геолого-петрофизические особенности глубокозалегающих коллекторов нефтегазоносных площадей месторождения северо-западной части Южно-Каспийской впадины, Республика Казахстан // Горно-геологический журнал. – 2019. – № 1 (56). – С. 22–25.
36. Соколов Б.А. Эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов. – М.: Наука, 1980. – 243 с.
37. Гадиров В.Г. Магматический вулканизм среднекуриинской впадины Азербайджана и его роль в скоплении углеводородов // Educatio. – 2001. – III (10). – С. 64–69.
38. Гадиров В.Г. Прогнозирование вулканогенных образований мезозоя Среднекуриинской депрессии и их нефтегазоносности по комплексным геофизическим данным: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Баку, 1991. – 22 с.
39. Гурбанов В.Ш., Султанов Л.А., Шыхыев Н.Г. О нефтегазоносности мезозойских отложений Азербайджана // Новые идеи в науках о Земле: материалы XIV Междунар. конф. / Российский государственный геолого-разведочный университет имени Серго Орджоникидзе. – М., 2019. – Т. V. – С. 47–50.
40. Султанов Л.А. Геологическое строение и результаты петрофизических исследований нефтегазоносных площадей месторождения северо-западной части Южно-Каспийской впадины // Булатовские чтения: III Междунар. науч.-практ. конф. / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2019.
41. Гасанов А.Б., Султанов Л.А. Геолого-петрофизические особенности коллекторов месторождений Бакинского архипелага // Известия высших технических учебных заведений Азербайджана. – 2018. – № 3. – С. 7–16.
42. Physical properties of the mineral system of the Earth's interior: International monograph Project 3 CAPG. – Praha, 1985.

43. Ахмедов А.М. О геологической характеристике и перспективах нефтегазоносности площади Умид // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 19–22.

44. Бабазаде Б.Х., Путкарадзе 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.

45. 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

References

1. Ali-Zade A.A., Akhmedov G.A., Akhmedov A.M., Aliev A.K., Zeinalov M.M. Geologiya neftianykh i gazovykh mestorozhdenii azerbaidzhana [Geology of oil and gas fields of Azerbaijan]. Moscow, Nedra, 1966, 390 p.

2. Rakhmanov R.R. Zakonomernosti formirovaniia i razmeshcheniia zon neftegazonakopleniia v mezozoiskikh otlozheniiax Azerbaidzhana [Patterns of formation and placement of oil and gas accumulation zones in the Mesozoic deposits of Azerbaijan]. Baku, Elm, 1985, 108 p.

3. 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.

4. Kerimov K.M. Glubinnoe stroenie i neftegazonosnost depressionnykh zon Azerbaidzhana i Iuzhnogo Kaspiia [The deep structure and oil and gas potential of the depressed zones of Azerbaijan and the South Caspian]. Baku, 2009, 438 p.

5. Khain V.E. Tektonika neftegazonosnykh oblastei iugo-vostochnogo pogruzeniia Bolshogo Kavkaza [Tectonics of the oil and gas bearing areas of the southeast submergence of the Greater Caucasus]. Moscow, Gostoptekhizdat, 1958, 224 p.

6. 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

7. Mekhtiev U.Sh., Kheirov M.B. Litologo-petrograficheskie osobennosti i kollektorskie svoistva porod kalinskoi i podkirmakinskoi svit Apsheronskoi neftegazonosnoi oblasti Azerbaidzhana [Lithological

and 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.

8. Spravochnik po litologii [Lithology Handbook]. Ed. N.B. Vassoevich. Moscow, 1988, 509 p.

9. Gurbanov V.Sh., Sultanov L.A., Samed-Zade A.A. et al. Geologicheskoe stroenie mestorozhdeniia Neft Dashchlary i analiz zakonomernykh izmenenii kollektorskikh svoistv porod produktivnoi tolshchi zavisimosti ot glubiny [Geological structure of the Neft Dashchlary field and analysis of regular changes in the reservoir properties of rocks of the productive strata depending on depth]. Республика Казахстан, 2016, no.3-4 (47-48), pp.23-30.

10. Sostavlenie kataloga kollektorskikh svoistv mezokainozoiskikh otlozhenii mestorozhdenii nefti i gaza i perspektivnykh struktur Azerbaidzhana: otchet Nauchno-issledovatel'skogo instituta geofiziki – 105-2009 [Compilation of the catalog of the reservoir properties of the Mesozoic Cenozoic deposits of oil and gas fields and prospective structures of Azerbaijan: report of the Research Institute of Geophysics – 105-2009]. Fondy upravleniia geofiziki i geologii. Baku, 2010.

11. Kocharli Sh.S. problemy voprosy neftegazovoi geologii Azerbaidzhana [Problems issues of oil and gas geology of Azerbaijan]. Baku, 2015, 278 p.

12. Gurbanov V.Sh., Sultanov L.A., Valiyev S.A., Babaeva M.T. The lithophysical and collector characteristics of mesozoic-cenozoic deposits of north-western part of the Caspian depression. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2015, no.17, pp. 5-15. DOI: 10.15593/2224-9923/2015.17.1

13. 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.

14. Gurbanov V.Sh., Sultanov L.A. On oil-and-gas content of Mesozoic deposits in Azerbaijan. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2015, no.16, pp.7-13. DOI: 10.15593/2224-9923/2015.16.1

15. Hasanov A.B., Balakishibayli Sh.A. The influence of recent geodynamics on the physicomachanical 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.

16. Hasanov A.B., Melikov Kh.F. 3D model of productive layers according to data geophysics and petrophysics. *The influence of recent geodynamics on the physico-mechanical state of the geological environment of the sedimentary cover*. Materials of International Workshop. Baku, 2010, pp.101-108.

17. Aliyarov R.Y., Hasanov A.B., Aslanzade F.B., Samedzade A.A. Recognition of fluid flow zones in oil reservoirs by log methods. *Azerbaijan Geologist*, 2018, no.22, pp.121-128.
18. Ali-Zade A.A., Salaev S.G., Aliev A.I. Nauchnaia otsenka perspektiv neftegazonosnosti Azerbaidzhana i Iuzhnogo Kaspiia i napravlenie poiskovo-razvedochnykh rabot [Scientific assessment of the oil and gas prospects of Azerbaijan and the South Caspian and the direction of exploration]. Baku, Elm, 1985, 227 p.
19. Landolt-Bornstein tables. Physical properties of rocks. Ed. G. Argenheisen. New York, 1983, vol.V.
20. Theoretical and experimental investigations of physical properties of rocks and minerals under extreme p,T-conditions. Berlin, Akademie Verlag, 1979, 232 p.
21. Afandiyeva M.A., Guliyev I.S. Maicop Group-shale hydrocarbon complex in Azerbaijan. *75 EAGE Conference and Exhibition*. London, 2013, pp.06-13. DOI: 10.3997/2214-4609.20130979
22. 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.
23. Kerimov K.M. Glubinnoe stroenie i neftegazonosnost depressionnykh zon Azerbaidzhana i Iuzhnogo Kaspiia [The deep structure and oil and gas potential of the depressed zones of Azerbaijan and the South Caspian]. Baku, 2009, 438 p.
24. Fizicheskie svoystva gornykh porod i poleznykh iskopaemykh [Physical properties of rocks and minerals]. Ed. N.B.Dortman. Moscow, Nedra, 1976, 527 p.
25. Kozhevnikov D.A. Petrofizicheskaia invariantnost granuliarnykh kollektorov [Petrophysical Invariance of Granular Reservoirs]. *The Russian Geophysics Journal*, 2001, no.4, pp.31-37.
26. Babaev M.S. Kollektorskie parametry porod vybrosov griazevykh vulkanov Bakinskogo arkhipelaga (na primere o. Duvanny i o. Bulla) [Mud volcanoes emission rock reservoir parameters Baku archipelago (for example, island Duvanny and island Bull)]. *Tematicheskii sbornik nauchnykh trudov*. Baku, Izdatelstvo Azerbaidzhanskogo IU, 1991, pp.82-84.
27. Spravochnik po geologii nefiti i gaza [Handbook of geology of oil and gas]. Moscow, Nedra, 1988, 480 p.
28. Gurbanov V.Sh., Hasanov A.B., Sultanov L.A. Physical characteristics and filtration capacitance properties (FCP) of prospective oil and gas bearing horizons in the lower levels of Productive thickness (PT) in the land area of Azerbaijan. *Modern problems of innovative technologies in oil and gas production and applied mathematics: International conference dedicated to the 90th anniversary of academician AZAD MIRZAJANZADE*. Baku, 2018, pp.418-419.
29. Sultanov L.A. Geologicheskie i kollektorskie svoystva otlozhenii produktivnoi tolshchi ploshchadi Kalamaddin v predelakh Prikurinskoj neftegazonosnoi mezhgornoj vpadiny [Geological and reservoir properties of sediments in the productive strata of the Kalamaddin area within the Prikurinsky oil and gas bearing intermountain basin]. *Respublika Kazakhstan*, 2018, no.3 (55), pp.25-31.
30. Sultanov L.A. The collector characteristics of mesozoic-cenozoic deposits of north-west part of south Caspian Basin. *Modern problems of innovative technologies in oil and gas production and applied mathematics: International conference dedicated to the 90th anniversary of academician AZAD MIRZAJANZADE*. Baku, 2018, pp.561-563.
31. Narimanov N.R. geodinamicheskie aspekty formirovaniia osadochnogo chekhla Iuzhno-Kaspiiskoi vpadiny [Geodynamic aspects of the formation of sedimentary cover of the South Caspian basin]. *Geologiya nefiti i gaza*, 2003, no.6, pp.26-31.
32. Rachinskii M.Z., Chilingar Dzh. Rezultaty geologo-razvedochnykh rabot 1990-2005 gg., geologicheskie aspekty perspektiv i kolichestvennaia otsenka [Results of geological exploration 1990–2005, geological aspects of prospects and quantitative assessment]. *Zhurnal ANKh*, 2007, no.1, pp.7-15.
33. Volarovich M.P., Baiuk E.I., Eefimova G.A. Uprugie svoystva mineralov pri vysokikh davleniiakh [Elastic properties of minerals at high pressures]. Moscow, Nauka, 1975, 130 p.
34. 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: Physical Sciences and Engineering*, 2019, no.1, pp.55-62.
35. Sultanov L.A. Geologo-petrofizicheskie osobennosti glubokozalegaiushchikh kollektorov neftegazonosnykh ploshchadei mestorozhdeniia severo-zapadnoi chasti Iuzhno-Kaspiiskoi vpadiny [Geological and petrophysical features of deep-seated reservoirs of oil and gas bearing deposits in the northwestern part of the South Caspian depression]. *Respublika Kazakhstan*, 2019, no.1(56), pp.22-25.
36. Sokolov B.A. Evoliutsiia i neftegazonosnost osadochnykh basseinov [Evolution and oil and gas

potential of sedimentary basins]. Moscow, Nauka, 1980, 243 p.

37. Gadirov V.G. Magmaticeskii vulkanizm srednekurinskoj vpadiny Azerbaidzhana i ego rol v skoplenii uglevodorodov [Magmatic volcanism of the central Kura basin of Azerbaijan and its role in the accumulation of hydrocarbons]. *Educatio*, 2001, III (10), pp.64-69.

38. Gadirov V.G. Prognozirovaniye vulkanogennykh obrazovaniy mezozoya Srednekurinskoj 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.

39. Gurbanov V.Sh., Sultanov L.A., Shykhiev N.G. O neftegazonosnosti mezozoiskikh otlozheniy Azerbaidzhana [On the oil and gas potential of the Mesozoic deposits of Azerbaijan]. *Novye idei v naukach o zemle: Materialy XIV Mezhdunarodnoi konferentsii*. Rossiiskii gosudarstvennyi geologo-razvedochnyi universitet imeni Sergo Ordzhonikidze. Moscow, 2019, vol.V, pp.47-50.

40. Sultanov L.A. Geologicheskoe stroenie i rezultaty petrofizicheskikh issledovaniy neftegazonosnykh ploshchadei mestorozhdeniya severozapadnoi chasti Iuzhno-Kaspiiskoi vpadiny [Geological structure and results of petrophysical studies of oil and gas bearing fields in the northwestern part of the South Caspian basin]. *Bulatovskie chteniya. III Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. Krasnodar, 2019.

41. Gasanov A.B., Sultanov L.A. Geologo-petrofizicheskie osobennosti kollektorov mestorozhdeniy Bakinskogo arhipelaga [Geological and petrophysical features of reservoirs in the Baku archipelago]. *Izvestiya vysshikh tekhnicheskikh uchebnykh zavedeniy Azerbaidzhana*, 2018, no.3, pp.7-16.

42. Physical properties of the mineral system of the Earth's interior: International monograph Project 3 CAPG. Praha, 1985.

43. Akhmedov A.M. O geologicheskoi kharakteristike i perspektivakh neftegazonosnosti ploshchadi Umid [About the geological characteristics and prospects of oil and gas potential of the Umid area]. *Azerbaidzhanskoe neftianoe khoziaistvo*, 2008, no.3, pp.19–22.

44. Babazade B.Kh., Putkaradze L.A. O poiskakh zalezhei gaza i nefti v pribrezhnoi morskoi zone Apsheronского полуострова i Bakinskogo arhipelaga [On the search for gas and oil deposits in the coastal marine zone of the Absheron peninsula and the Baku archipelago]. *Oil and Gas Geology*, 1961, no.10, pp.7-11.

45. Gurbanov V.Sh., Narimanov N.R., Sultanov L.A., Babaev M.S. Geologicheskoe stroenie i kollektorskie svoystva mezokainozoiskikh otlozheniy Dzharly-Saatlinskogo neftegazonosnogo raiona na bolshikh glubinakh [Geological structure and reservoir properties of the Mesozoic Cenozoic sediments of the Jarly-Saatli oil and gas region at great depths]. *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*, 2016, no.2 (42), pp.25-27. DOI: 10.21440/2307-2091-2016-2-25-27

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Гурбанов В.Ш., Султанов Л.А. Петрофизические особенности глубоководных коллекторов Апшеронского и Бакинского архипелагов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2019. – Т.19, №3. – С.204–215. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.3.1

Please cite this article in English as:

Gurbanov V.Sh., Sultanov L.A. Petrophysical properties of deep reservoirs of Absheron and Baku archipelagos. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2019, vol.19, no.3, pp.204-215. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.3.1