



УДК 550.38

**ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД ОТЛОЖЕНИЙ  
ПЛИОЦЕНОВОЙ ТОЛЩИ НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РАЙОНА  
БАКИНСКОГО АРХИПЕЛАГА**



**PETROPHYSICAL FEATURES OF BREEDS OF DEPOSITS  
PLIOCENE THICKNESS OF THE OIL-AND-GAS AREA  
BAKU ARCHIPELAGO**

**Султанов Латиф Агамирза оглы**

научный сотрудник лаборатории  
физических свойств горных пород  
месторождений полезных ископаемых,  
Азербайджанский Государственный Университет  
Нефти и Промышленности  
latif.sultan@mail.ru

**Бабаев Маис Саркар оглы**

кандидат геолого-минералогических наук, доцент,  
заведующий кафедрой геологии нефти и газа,  
Азербайджанский Государственный Университет  
Нефти и Промышленности  
m.s.babayev@mail.ru

**Аннотация.** В статье анализированы результаты комплексных петрофизических исследований образцов пород, нижнего плиоцена из скважин нефтяных месторождений Бакинского архипелага. По всему разрезу продуктивной толщи (ПТ-N<sup>1</sup><sub>2</sub>) скоррелированы средние значения гранулометрического состава, коллекторских свойств и других петрофизических характеристик пород. Исследования показывают, что физические свойства одновозрастных и одноименных пород значительно изменяются в результате геолого-физических процессов. Преимущественно изучались коллекторские свойства пород Продуктивной Толщи (ПТ). Итоги исследований по соответствующим площадям представлены в табличной форме и отражают вариацию физических свойств различных типов пород-коллекторов во времени и пространстве и закономерности их изменения по разрезу ПТ.

**Ключевые слова:** горные породы, свита, пористость, глубина, скважина, плотность, петрофизика, горизонт, бурение скважин, геофизика, нефтегазонакопление.

**Sultanov Latif Agamirza**

Research Associate of laboratory  
physical properties of rocks  
fields mineral resources,  
Azerbaijani State University  
Oil and Industry  
latif.sultan@mail.ru

**Babayev Mais Sarkar**

Candidate of geological  
and mineralogical sciences,  
Associate Professor,  
Manager of Department  
of geology of oil and gas,  
Azerbaijani State University  
Oil and Industry  
m.s.babayev@mail.ru

**Annotation.** The results of comprehensive petrophysical studies of the Lower Pliocene rock samples from wells of the Baku Archipelago oilfields have been analyzed in the article. Average values of the granulometric composition, reservoir properties and other petrophysical characteristics of the rocks have been correlated across the entire Productive Series (PS-N<sup>1</sup><sub>2</sub>). Studies reveal that the physical properties of rocks of the same age and name vary significantly as a result of geological and physical processes. Reservoir properties of mainly Productive Series (PS) rocks have been studied. Study results for respective areas have been presented in tabular form and reflect variation of physical properties of various types of reservoir rocks in time and space and patterns of their change throughout PS.

**Keywords:** rocks, series, porosity, depth, well, density, petrophysics, horizon, well drilling, geophysics, oil and gas accumulation.

**В** пределах Бакинского архипелага нами были рассмотрены петрофизические характеристики пород слагающих его северные структуры Сангачал-дениз, Дуваны-дениз, Булла-дениз и Гарасу где достаточно хорошо развиты отложения ПТ.

Здесь полная мощность ПТ (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 брахи-складку отделенную длинной, но неглубокой седловиной от расположенного северо-западнее Кянизадагского поднятия. По отложениям ПТ на юге-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 отложений, до мезозоя включительно. ПТ обнажается в северной части поднятия, в приосевой части она размыта на глубину до 750–800 м. Литологический разрез пород представлен в основ-



ном 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 ПТ, акагильского, апшеронского ярусов и четвертичные образования. ПТ здесь вскрыта до верхов кирмакинской свиты. ПТ в основном представлена глинами, песчаниками и алевролитами. Плотность глинистых пород составляет 1,95–2,20 г/см<sup>3</sup>, пористость 7,5–25,5 %, а скорость ультразвуковых волн колеблется между 1950–2300 м/сек. В отличие от глин, плотность песчаников составляет 2,15–2,50 г/см<sup>3</sup>, а распространение ультразвуковых волн в них определяется скоростью 1200–3000 м/сек. Плотность алевролитов составляет 2,06–2,56 г/см<sup>3</sup>, пористость 5,5–30 %, а скорость ультразвуковых волн колеблется между 1950–2800 м/сек.

Проведенные исследования дают возможность предположить, что изменения петрофизических и коллекторских характеристик пород исследуемого объекта связаны с карбонатностью, литологической неоднородностью, разнообразием плотности основного комплекса и с тектоническими условиями формирования пород. В результате установлена корреляционная взаимосвязь между карбонатностью пористостью и проницаемостью (табл. 1).

**Таблица 1** – Петрофизическая характеристика пород ПТ с глубиной по площадям Бакинского архипелага

Интервал, m	Гранулометрический состав, % Фракции, мм				Карбонатность, %	Пористость, %	Проницаемость, 10–15 м <sup>2</sup>	Плотность, σ, г/см <sup>3</sup>	Распрост. ултр. звуковых волн, V м/сек
	0,25	0,25–0,1	0,1–0,01	0,01					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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	–	$\frac{41,2-43,9}{42,55(2)}$	$\frac{33,3-47,1}{40,2(2)}$	$\frac{11,7-22,8}{17,25(2)}$	$\frac{11,9-15,0}{13,45(2)}$	$\frac{12,6-14,7}{13,65(2)}$	$\frac{156-190}{173(2)}$	–	–

**Примечание:** в числителе минимальные и максимальные значения;  
в знаменателе – средние значения.

В обобщенном виде результаты исследований петрофизических и коллекторских характеристик пород, участвующих в геологическом строении Сангачал-дениз, Дуваны-дениз и Булла-дениз приведены ниже, отражают также зависимость коллекторских свойств пород от их литофизических особенностей по площади и в разрезе.



Согласно детализации показателей исследованных петрофизических параметров пород-коллекторов по отдельным площадям Бакинского архипелага, можно отметить [1–4].

Нефтегазоконденсатные месторождения Сангачалы-дениз – Дуванны-дениз – о. Хара-Зира расположены на севере Бакинского архипелага и входят в единую антиклинальную зону. Обычно эти три месторождения рассматриваются комплексно, хотя имеют некоторые структурные отличия. 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/см<sup>3</sup>, 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/см<sup>3</sup>, пористость – 15–30 %, скорость распространения ультразвуковых волн изменяется в пределах 1500–2500 м/с. Плотность песчаников изменяется в пределах 2,07–2,55 г/см<sup>3</sup>, 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. Вследствие этого, она изменяется в пределах 1950–4000 м/с. Физические свойства карбонатных глин ПТ характеризуются следующими величинами плотности 2,05–2,65 г/см<sup>3</sup>, пористости 8,5–30 % и скорости распространения ультразвуковых волн 2100–4000 м/с. Результаты обработки и интерпретации петрофизических и промыслово-геофизических данных позволяют сказать, что отдельные горизонты ПТ являются достаточно перспективными, т.е. нефтегазоносность некоторых из них более перспективна, чем предполагалось ранее. Пробуренные на всех площадях скважины, вскрыли полную мощность ПТ (3950–4000 м) на месторождениях Сангачалы-дениз и о. Хара-Зира. На гипсометрически высоко расположенных локальных структурах Сангачалы-дениз и Дуванны-дениз мощность ПТ составляет 2960–3600 м.

Нефтегазовое месторождение Алят-дениз расположено на северо-западе Бакинского архипелага. На этой площади вскрыты все свиты ПТ, за исключением калинской. Отложения ПТ состоят, в основном из глин, песчаников и алевролитов. Плотность глинистых пород составляет 1,90–2,20 г/см<sup>3</sup>, пористость – 7,5–27,0 %, скорость распространения ультразвуковых волн – 1250–2200 м/с. Плотность песчаников варьирует в пределах 2,14–2,48 г/см<sup>3</sup>, пористость – 6,5–20,5 %, а скорость распространения ультразвуковых волн – 1800–3000 м/с. Плотность алевролитов изменяется в пределах 2,06–2,45 г/см<sup>3</sup>, 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 оценена корреляционная взаимозависимость. Однако эта зависимость имеет несколько условный характер. Известно, что любая проницаемая порода обладает пористостью, однако далеко не каждая порода, обладающая пористостью, может быть проницаемой.

Сравнение графиков изменения рассматриваемых петрофизических параметров по глубине позволило установить следующие зависимости пористости и проницаемости от фракционного состава и карбонатности пород (рис. 1).

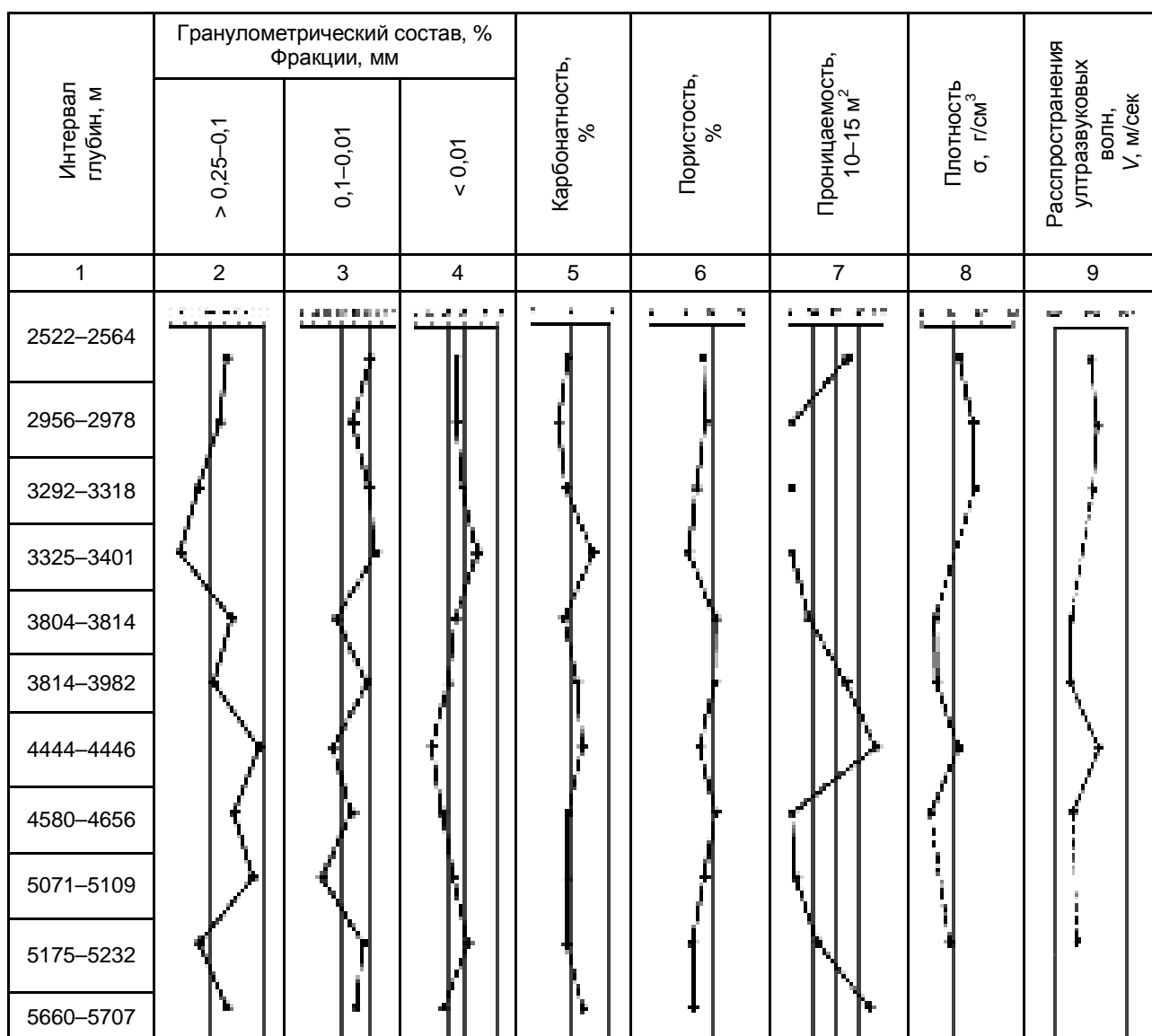
Как следует из графиков рисунка 1, до глубины 4580 м в гранулометрическом составе пород в целом происходит существенное нарастание псаммитовой фации с одновременным убыванием алевритовой и пелитовой фракций с незначительными колебаниями значений карбонатности. В результате на фоне незначительного увеличения пористости произошло относительно резкое возрастание проницаемости (до  $122,0\text{--}185,5 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ ), 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 ( $0,9\text{--}2,3 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ ).

Далее в интервале глубин 3401–4580 м резкое возрастание псаммитовой фации до 66,2 % уменьшение алеврито-пелитовой также способствовало относительно резкому возрастанию проницаемости пород ( $32,2\text{--}188,5 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ ). С глубины 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  $2,23 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ , что можно считать закономерным для гранулярных резервуаров.

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  $9,5 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ .

В интервале глубин 5175–5232 м происходит резкое уменьшение содержания псаммитов до 22,16 %, трехкратное возрастание алевритовой и почти на 10 % увеличение пелитовой фаций при их относительно низкой карбонатности, привело к возрастанию проницаемости до  $59,33 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ .

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 также карбонатность. В результате при пористости 13,65 %, проницаемость пород возрастает до  $173,0 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ .



**Рисунок 1** – График изменение гранулометрических и коллекторских свойств отложений ПТ северных площадей Бакинского архипелага с глубин

Из вышеприведенного анализа следует, что в рассмотренных гранулярных резервуарах исследуемой территории пористость и в особенности проницаемость пород контролируются в основном количественным содержанием псаммито-алевритовой и, в особенности, 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 их низкие коллекторские свойства [5–9].

В связи с прямой зависимостью между изменением плотности пород и скоростью прохождения ультразвуковых волн, как видно из графиков (рис. 1) они хорошо коррелируются между собой. Однако, между литофациальными, коллекторскими и исследованными 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.

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



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;

– устойчивая корреляционная связь, между пористостью и проницаемостью связана с 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 подобных глубокопогруженных 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 коррелируемость и отсутствие таковой между ними и коллекторскими свойствами пород, что главным образом свидетельствует об отсутствии в породах-коллекторах вторичной пористости.

### Литература:

1. Ахмедов А.М. О геологической характеристике и перспективах нефтегазоносности площади Умид // Азербайджанское Нефтяное Хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 19–22.
2. Абасов М.Т., Кондрушкин Ю.М., Алиyarов Р.Ю., Крутых Л.Г. Изучение и прогнозирование параметров сложных природных резервуаров нефти и газа Южно-Каспийской впадины. – Баку : Nafta-Press, 2007. – 217 с.
3. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых / под ред. Н.Б. Дортман. – М. : Недра, 1976. – 527 с.
4. 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.
5. Гурбанов В.Ш., Султанов Л.А., Валиев С.А., и др. Литолого-петрографические и коллекторские характеристики мезокайнозойских отложений северо-западной части Южно-Каспийской впадины // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015. – № 17. – С. 5–15.
6. 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.
7. Соколов Б.А. Эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов. – М. : Наука, 1980, 243 с.
8. Успенская Н.Ю., Таусон Н.Н. Нефтегазоносные провинции и области зарубежных стран. – М., Недра, 1972. – 283 с.
9. Бабаев М.С. Коллекторские параметры пород выбросов грязевых вулканов Бакинского архипелага (на примере о. Дуванны и о. Булла) / Тематический сборник научных трудов. – Баку : Изд. Азерб. ИУ, 1991. – С. 82–84.

### References:

1. Akhmedov A.M. About geological characteristic and prospects of oil-and-gas content of Umid Square // Azerbaijani Oil Farms. – 2008. – № 3. – P. 19–22.
2. Abasov M.T., Kondrushkin Yu.M., Aliyarov R.Yu., Cool L.G. Studying and forecasting of parameters of difficult natural tanks of oil and gas of the Southern Caspian hollow. – Baku : Nafta-Press, 2007. – 217 p.
3. Physical properties of rocks and minerals / under the editorship of N.B. Dortman. – M. : Nedra, 1976. – 527 p.
4. Drawing up catalog of collection properties of mesocainozoic deposits of fields of oil-gas and perspective structures of Azerbaijan : the report of Research institute of Geophysics is 105-2009. Funds of Management of Geophysics and Geology. – Baku, 2010.
5. Gurbanov V.Sh., Sultanov L.A., Valiyev S.A., etc. Litologo-petrograficheskyy and collection characteristics of mesocainozoic deposits of a northwest part of the Southern Caspian hollow // Bulletin of the Perm national research polytechnical university. Geology. Oil and gas and mining. – 2015. – № 17. – P. 5–15.
6. Gurbanov V.Sh., Sultanov L.A. About oil-and-gas content of mesozoic deposits of Azerbaijan // the Bulletin of the Perm national research polytechnical university. Geology. Oil and gas and mining. – 2015. – № 16. – P. 7–13.
7. Sokolov B.A. Evolution and oil-and-gas content of decantation basins. – M. : Nauka, 1980, 243 p.
8. Uspenskaya N.Yu., Tauson N.N. Oil-and-gas provinces and areas of foreign countries. – M., Nedra, 1972. – 283 p.
9. Babayev M.S. Collection parameters of breeds of emissions of mud volcanoes of the Baku archipelago (on the example of the island of Duvanna and the island. Bull) / Thematic collection of scientific works. – Baku : Prod. Azerb. IU, 1991. – P. 82–84.