

МИОЦЕНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АБШЕРОНСКОГО АРХИПЕЛАГА: ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ, ГЕОХИМИЧЕСКОЕ, ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ И МИКРОФАУНИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Л. Ф. Шихова¹, Э. Н. Эфендиева²

¹*Институт Нефти и Газа Национальной Академии Наук Азербайджана, г. Баку*

²*Институт Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана, г. Баку*

Поступила в редакцию 2 июля 2019 г.

Аннотация: в статье приводятся результаты комплексного исследования миоценовых отложений западной части Абшеронского архипелага, полученные при определении литологического, минералогического и элементного составов пород посредством микроскопического и лабораторного анализов образцов, микрофаунистическом изучении, интерпретации геохимических данных, сопоставлении каротажных материалов, а также данные количественного анализа морфологических параметров минеральных частиц и порового пространства пород. Анализ и обобщение имеющихся данных позволили выявить фациальные особенности и палеоусловия седиментации мелководного шельфа. В отложениях сармата при петрографическом исследовании определены как оксидные минералы железа, так и сингенетичный пирит, что свидетельствует об обстановке переходного типа, характерной для шельфовых областей, но с преобладанием слабо восстановительного режима. По характеру значений геохимических отношений, а также по наличию в породах ангидрида, гипса, натрия и хлора, бассейн седиментации сарматских и майкопских отложений характеризуется сменой пресноводных и солоноватоводных отложений, с преобладанием в разрезе последних. По результатам количественного анализа морфологических показателей минеральных частиц и порового пространства на основе растровых электронных изображений определены коллекторские свойства пород. Наличие песчано-алевритистых, доломитовых, а также известково-глинистых пород позволяет считать их перспективными в качестве коллекторов в разрезе миоценовых отложений, особенно для газонасыщенности.

Ключевые слова: Абшеронский архипелаг, миоценовые отложения, условия осадконакопления, геохимические отношения, количественный анализ, морфологические параметры.

MIocene DEPOSITS OF THE WESTERN PART OF THE ABSHERON ARCHIPELAGO: LITHOLOGIC-MINERALOGICAL, GEOCHEMICAL, GEOPHYSICAL AND MICROFAUNISTIC INVESTIGATIONS

L. F. Shikhova¹, E. N. Efendiyeva²

¹*Institute of Oil and Gas of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku*

²*Institute of Geology and Geophysics of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku*

Received 2 July 2019

Abstract: the article presents the results of a comprehensive investigation of the Miocene deposits of the Absheron archipelago's western part obtained at determining the lithological, mineralogical and elemental composition of rocks by microscopic and laboratory analysis of samples, microfaunistic study, interpretation of geochemical data, comparison of well-logging materials, as well as data of quantitative analysis of morphological parameters of mineral particles and pore space of rocks. Analysis and generalization of the available data made it possible to identify the facial peculiarities and depositional paleoenvironment of the shallow marine shelf. During petrographic investigations, both iron oxide minerals and

© Shikhova L. F., Efendiyeva E. N., 2019



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

syngenetic pyrite were identified in the Sarmatian deposits, which indicates a transitional setting typical for shelf areas, but with a predominance of weakly reductive regime. By the nature of geochemical relations' values, as well as by the presence of anhydride, gypsum, sodium and chlorine in the rocks, the sedimentation basin of Sarmatian and Maykop deposits is characterized by a change of freshwater and brackish-water deposits, with a predominance of the latter in the section. According to the results of a quantitative analysis of the morphological parameters of mineral particles and pore space on the basis of scanning electronic images, the reservoir properties of rocks are determined and a predictive assessment of the prospect of Miocene deposits is given. The presence of sandy-silty, dolomitic and also calcareous-clayey rocks with sufficient reservoir properties, allow us to consider them promising as reservoirs in the section of Miocene deposits, especially for gas saturation.

Key words: *Absheron archipelago, Miocene deposits, depositional environment, geochemical relations, quantitative analysis, morphological parameters.*

Введение

В общей схеме тектоники Большого Кавказа Абшеронский архипелаг занимает наиболее юго-восточное положение и подразделяется на две части – северная и южная. Северная часть включает северное и восточное побережья Абшеронского полуострова и представляет собой юго-восточное продолжение самой возвышенной зоны Главного Кавказского антиклинория, а южная – является погружением складчатости Абшеронского полуострова [1].

В геологическом строении месторождений Абшеронского архипелага принимают участие постплиоценовые, плиоценовые и миоценовые отложения. Последние представлены толщей глин, с тонкими прослоями песков. На исследуемой территории миоцен перекрывается нижнеплиоценовыми и подстилается верхнеолигоценными отложениями.

В течение длительного времени объектами поисков, разведки и разработки преимущественно являлись нижнеплиоценовые отложения (Продуктивная толща) площадей Дарвин кюпеси, Пираллахи, Гюрганы-дениз, Чилов, Палчыг пильпиляси, Нефть Дашлары и др. [2–4]. Нефтегазонасыщенные отложения на месторождениях Абшеронского архипелага, в основном, приурочены к нижележащим свитам продуктивной толщи (ПТ) (нижний плиоцен). Вместе с тем, основной поисково-разведочный интерес в настоящее время представляют и подстилающие их отложения миоцена. С этой точки зрения понимание условий формирования, зон накопления песчаных пачек, анализ коллекторских свойств по отдельным объектам является приоритетной задачей. Решение этой задачи позволит в дальнейшем не только выявить наличие резервуаров и определить их эффективность для разработки, но и оценить перспективность нефтегазоносности площадей исследуемого района.

С этой целью было произведено комплексное изучение условий осадконакопления миоценовых отложений, включающее литолого-минералогическое, геохимическое, геофизическое и микрофаунистическое исследования, а также количественную оценку их коллекторских свойств с применением растрового электронного микроскопа.

Материал и методика исследований

Главным объектом исследований является нефтяное месторождение Пираллахи, расположенное в западной части Абшеронского архипелага на одноименном острове, отделенном от северо-восточного побережья Абшеронского полуострова сравнительно узким проливом северо-запад – юго-восточного простираия [1].

С целью изучения условий осадконакопления миоценовых отложений изучены различные геохимические отношения, произведен анализ изменения литологических, петрофизических характеристик и минерального состава. При этом использованы результаты анализов 54 керновых образцов, отобранных из скважин, пробуренных на северо- и юго-восточной частях месторождения. Комплексно изучены минеральный, химический и элементный составы пород миоцена. Проведено детальное микроскопическое и макроскопическое описание отобранных пород по всему разрезу скважины. Минеральный состав определен с помощью рентгеновского дифрактометра Rigaku Mini Flex 600, химический анализ (состав макрокомпонентов) с помощью рентген-спектрометра S8 Tiger в лаборатории Института Геологии и Геофизики (ИГГ) Национальной Академии Наук Азербайджана. Определено процентное содержание Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , SO_3 , K_2O , CaO , TiO_2 , MnO , Fe_2O_3 и других окислов и химических элементов [5].

Выполнено петрографическое описание 47 образцов, отобранных из скважин №1200 и 1201 северной складки месторождения Пираллахи. Микроскопический анализ проведен с помощью поляризационного микроскопа МИН-8. Также, в лаборатории ИГГ произведено микроскопическое исследование образцов с помощью растрового электронного микроскопа JEOL-JSM 6610LV. Образцы пород предварительно подверглись шлифовке, сушке, а также напылению поверхностей платиной. Применение РЭМ позволило наблюдать изображения образцов с большим разрешением и получить более подробную информацию о морфологической структуре минералов в исследуемых породах, а использование энергодисперсионного спектрометра (ЭДС) позволило на микронном уровне качественно и количественно изучить элементный состав минеральных частиц.

С целью изучения морфологических параметров микроскопических изображений проведен количественный анализ образцов с применением программного обеспечения «STIMAN 3D», разработанного В. Н. Соколовым, Д. И. Юрковцом и О. В. Разгулиной [6, 7].

Литолого-минералогическая и геофизическая характеристика пород

Макро- и микроскопическое изучение образцов показало, что сарматские отложения представлены чередованием светло и темно-серых тонкослоистых, тонкоплитчатых алевритистых, кремнисто-известковистых глин, глинистых известняков и доломитов. Суммарная мощность доломитовых пластов достигает, примерно, 5–6 м. Основная масса большинства пород сложена глинистым, кремнистым и карбонатным веществами, усыпанными глобулями и агрегатами (0,01–0,1 мм) рудных (пирит) и нерудных непрозрачных минералов. В глинистой составляющей преобладает монтмориллонит (табл. 1). Присутствуют редкие, алевритистой размерности, угловатые зерна кварца и полевого шпата (~0,01 мм), глауконита, единичные листочки биотита и зерна базальтической роговой обманки. Текстура пород, в основном, пятнистая, а структура – пелитоморфная. Общая мощность сарматских отложений, вскрытых в скважине №1201, составляет 285 м. [5].

Майкопская свита представлена чередованием серых тонкослоистых, тонкоплитчатых кремнисто-глинистых пород с алевритовой примесью, которая состоит из редких мелких (~0,01–0,02мм) зерен кварца и пелитизированных полевых шпатов. В большинстве пород присутствуют мелкие агрегаты и глобулы рудных (пирит и др.) и нерудных непрозрачных минералов. Текстура – пятнистая, сланцеватая, структура – пелитовая. Основная масса почти всех образцов пород сильно пропитана органическим веществом. Мощность майкопских отложений, вскрытых в скважине №1200 месторождения Пираллахи, составляет 160 м.

В результате петрографического изучения построена литологическая колонка исследуемых отложений месторождения Пираллахи (рис. 1).

В легкой фракции алевритовой части исследуемых отложений (понтический и сарматский ярусы) отмечается повышенное количество обломков различных пород. Для отложений понта их количество достигает до 99,5 % (в среднем 79 %). В гранулометрическом составе пород преобладает глинистая фракция, в среднем 57 %, алевритистая – 38 % и песчаная – 5 %. Сарматские отложения также характеризуются повышенным содержанием обломков различных пород (до 94 %), в среднем 78 %. Глинистая фракция в среднем составляет 46 %, алевритистая – 48 %, а песчаная – 6 %.

В тяжелой фракции миоценовых пород содержание рудных минералов колеблется от 57,5 до 100 %. В среднем количество пирита составляет 34 %, магнетита – 33 %, лимонита – 11,6 % и лейкоксена – 23 %. Среднее содержание устойчивых минералов незначи-

тельно и составляет: для эпидота – 2,3 %, граната – 0,8 %, циркона – 1,2 % и турмалина – 0,8 %. Содержание слюд (мусковита, биотита) в тяжелой фракции верхнего миоцена доходит до 15 %.

В отложениях сармата при петрографическом исследовании определены как оксидные минералы железа (магнетит, лимонит и др.), так и сингенетичный пирит, что свидетельствует об обстановке переходного типа, характерной для шельфовых областей, но с преобладанием слабо восстановительного режима. О мелководном характере бассейна свидетельствуют и повышенные содержания в тяжелой фракции магнетита (33 %) и лейкоксена (23 %).

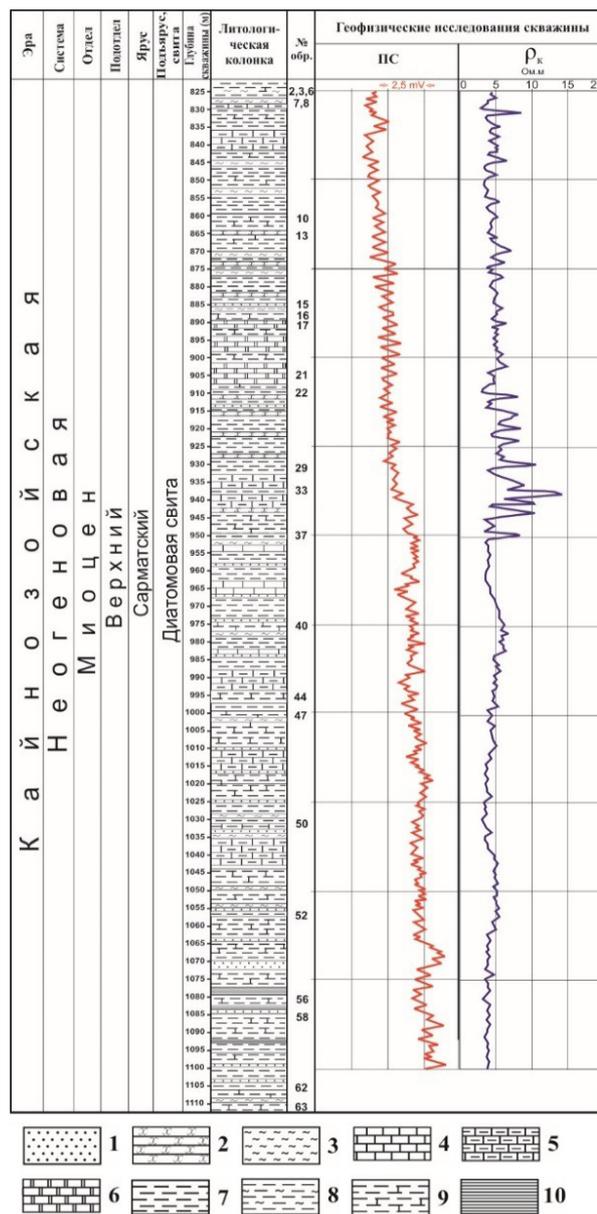


Рис. 1. Литологическая колонка отложений сармата с указанием данных геофизических исследований (ПС и ρ_k). Условные обозначения: 1 – песок; 2 – песчаник; 3 – алевролит; 4 – известняк; 5 – глинистый известняк; 6 – доломит; 7 – глина и глинистый сланец; 8 – алевритистая глина; 9 – известковистая глина; 10 – аргиллит.

Таблица 1

Результаты минерального анализа миоценовых пород скважин 1200-1201 месторождения Пираллахи (в %)

№ образца	Глубина, (м)	Порода	α-кварц	Полевой шпат	Кальцит	Монтмориллонит	Иллит	Каолинит	Галит	Гипс	Доломит	Органические соединения
№2	825	Изв. алев. глина	22,4	10,2	12,5	14,4	12,2	11,4	0,3	7,2	9,4	-
№3	826	Изв. алев. глина	18,2	12,5	14,4	18,1	16,3	13,5	0,3	6,7	-	-
№6	827	Изв. алев. глина	17,9	9,3	10,7	18,3	16,8	13,9	0,3	7,2	5,6	-
№7	829	Глин. известняк	15,9	6,4	26,6	15,2	6,5	8,1	0,3	2,7	10,8	7,5
№8	830	Глина	19,5	10,7	9,3	20,5	14,7	12,6	0,3	7,1	5,3	-
№10	861	Изв. глина	18	10,3	13,2	14,8	11,5	9,4	0,3	3	14,5	5
№13	866	Изв. глина	15,4	9,1	15	17,1	14	14,5	-	4,8	10,1	-
№15	885	Изв. алев. глина	20,5	9,9	14,2	17,2	14,1	14,5	-	7,1	2,5	-
№16	887	Изв. алев. глина	22	10	14,3	17,5	15	14,8	0,6	5,8	-	-
№17	890	Доломит	9,6	6,1	13,8	10,1	8,4	5,2	0,3	3	35,5	8
№21	905	Доломит	10,1	10,3	10,2	10,6	9	6,5	0,3	4,2	32,2	6,6
№22	910	Глина	21,9	15,8	8,9	15,6	16	13,7	0,2	7,9	-	-
№29	933	Глина	15,2	12,5	-	18,8	14,9	12,4	-	9,4	-	16,8
№33	937	Изв. глина	17,5	13,7	-	18,7	15,2	12,2	-	12,4	6,3	4
№37	950	Глина	23,8	14,5	5,4	17,4	14,6	13,8	-	10,5	-	-
№40	975	Изв. глина	18,3	10,8	14,3	17,7	10,5	12,5	-	5,8	10,1	-
№44	995	Дол. глина	13,8	9,7	10	14,3	10,5	9,2	0,2	6	21,1	5,2
№47	1000	Изв. глина	18,5	9,7	12,5	15,5	10,1	10,7	-	6,5	13,5	3
№50	1032	Глина	19,7	10,5	8,9	22,2	15,8	12,6	-	7,3	3	-
№52	1056	Глина	17,7	9,4	5,5	15,8	11,6	10,8	0,3	8,7	15,7	-
№56	1080	Изв. глина	16,2	11	27,7	14,1	10,5	9,7	-	6	4,8	-
№58	1085	Изв. глина	17,2	11,2	25	14	10,2	9	-	7,4	6	-
№62	1105	Глина	18,1	11,5	3	16,8	13,4	12,2	-	10,9	4,1	10
№63	1110	Дол. глина	16,2	8,3	9,9	10,3	8	7,1	0,6	6,4	24,2	9
№65	1532	Глин. сланец	16,1	10	-	30,7	19,5	15,1	0,5	0,6	-	-
№66	1567	Глин. сланец	15	10,1	-	30,8	20,5	15,4	0,7	1	-	-
№70	1673	Глин. сланец	21	10,7	-	33,5	21	6,8	-	-	-	-

Для определения изменения карбонатности с глубиной использованы данные лабораторных исследований kernового материала из скважины №1200. Наибольшей карбонатностью (38–46 %) отличаются породы в интервале глубин 890–905 м, что хорошо фиксируется и по результатам рентген-дифрактометрических исследований. С глубиной происходит уменьшение содержания карбонатности до 12 % (рис. 2).

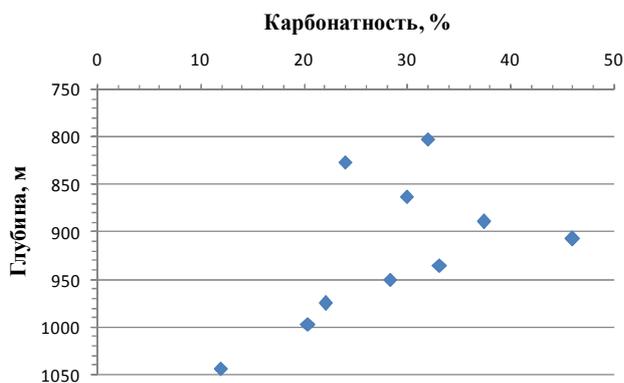


Рис. 2. Распределение содержания карбонатности с глубиной в отложениях сармата.

В интервале глубин 890–905 м среди карбонатного материала появляется доломитовая составляющая.

В составе глинистой фракции преобладает монтмориллонит (до 55 %), содержание иллита не превышает 35 %, а каолинита – 32 %.

Повышенные значения кажущегося удельного электрического сопротивления (до 15 Ом м) в верхнем интервале сарматских отложений (825–950 м), вероятно, связаны с увеличением карбонатной составляющей и, возможно, с частичной газонасыщенностью этих отложений (рис. 1).

С целью сопоставления миоценовых отложений на

различных площадях западной части Абшеронского архипелага проведена корреляция геофизических характеристик разрезов скважин месторождений Гарби Абшерон, Абшерон кюпеси и Пираллахи. В различных интервалах (1424–1426 м – до 17 Ом м, 1507–1510 м – до 28 Ом м, 1520–1522 м – до 22 Ом м) разреза средне-верхнемиоценовых отложений в скважине месторождения Гарби Абшерон отмечается резкая дифференциация кривой ПС и повышенные значения ρ_k , что, с точки зрения нефтегазонасыщения, позволяет положительно оценить данный разрез.

Микрофаунистическое исследование миоценовых пород

В Центральной Инженерно-Геологической лаборатории Комплексного Инженерно-Поискового Производственного подразделения ГНКАР Ш. Мамедовой проведено микрофаунистическое исследование девяти образцов (интервалы 905–910 м, 995–1000 м, 1080–1085 м), отобранных из скважины №1201 месторождения Пираллахи (табл. 2).

По результатам проведенных исследований установлено присутствие во всех образцах большого количества рыбных остатков. Для образцов, отобранных из интервалов 905–910 м и 1080–1085 м, определено также наличие *Otolithus sp.* В образцах из интервала 995–1000 м помимо рыбных остатков и различных видов отолитов, также установлено в большом количестве *Ovulites sarmaticus*, *Ovulites sp.* и в единичном – *Elphidium sp.*, что указывает на среднесарматский возраст отложений. Также, согласно результатам микрофаунистических исследований годового отчета ГНКАР по поисковой скважине №1201, в интервале 861–866 м обнаружено большое количество рыбных остатков, *Otolithus sp.* и *Pelecypoda*. Согласно Л. Д. Кривцовой [8] пелециподы населяют мелководные зоны морей, реже – пресноводные бассейны.

Таблица 2

Результаты микрофаунистического исследования образцов пород, отобранных из скв. №1201 северной складки месторождения Пираллахи

№ образца	Интервал, м	Наименование микрофауны	Возраст
23, 24, 28	905–910	Otolites sp.	Миоцен-диатомовая свита
		Рыбные остатки	
44, 46, 47	995–1000	Рыбные зубы (в большом количестве)	Миоцен-диатомовая свита (средний сармат)
		Рыбные остатки (в большом количестве)	
		Различные виды отолитов (в большом количестве)	
		Ovulites sarmaticus (в большом количестве)	
		Ovulites sp. (в большом количестве)	
		Elphidium sp. (единичные)	
54, 55, 58	1080–1085	Рыбные остатки	Миоцен-диатомовая свита
		Рыбные зубы (3 штуки)	
		Otolites sp.	

Геохимические особенности миоценовых пород и условия их образования

Для изучения условий осадконакопления (кли-

мат, соленость воды, глубина бассейна, биологическая активность и др.) сарматских и майкопских отложений, был использован ряд отношений химиче-

ских элементов, таких как Ti/Mn, Sr/Ba, Na/K, Na/Ca, Fe/Mn.

Некоторое увеличение значения отношения Ti/Mn говорит о возможном накоплении осадков при повышенной солености [9]. Оно также является показателем мелководности отложений, уменьшается при удалении от области сноса. На континенте величина отношения составляет 110–150. Ввиду устойчивости минералов титана к химическому выветриванию они накапливаются в аллювиальных и прибрежно-морских условиях. В нормально-соленом морском бассейне содержание Ti снижено, что объясняется отсутствием его истинных растворов [10]. В исследуемых образцах сармата и майкопа значения отношения варьируют в пределах 7,1–12,6, что говорит об изменении солености и прибрежно-морских (мелководных) условиях осадконакопления.

Отношение Sr/Ba используется для разделения морских и пресноводных отложений. Как правило, пресноводные отложения имеют значения индекса

менее 1, а морские – больше 1 [11]. Генетическая сущность отношения заключается в том, что барий при выветривании и седиментации легко адсорбируется коллоидными частицами. В случае смешения пресных вод с морскими, богатыми сульфатами, основная масса бария осаждается в виде BaSO₄. Повышенные содержания бария фиксируются в прибрежно-морских осадках, а в открытом море его концентрация уменьшается. Стронций в отличие от бария, мигрирует вместе с кальцием, причем в морской воде он не осаждается химическим путем до достижения определенного уровня солености воды [10]. Отношение Sr/Ba во всех типах пород изученных образцов колеблется в пределах 0,09–1,57. Значения, превышающие индекс 1, в основном, зафиксированы в верхнем интервале (826–865 м) отложений сармата, что свидетельствует о повышении солености моря, (возможно связанное с образованием лагуна) по сравнению с нижележащими интервалами, где происходит некоторое опреснение вод (табл. 3).

Таблица 3

Индикаторные отношения и геохимические значения в породах сармата (интервал 825–1110 м) и майкопа (интервал 1532–1673 м)

Глубина отбора керна (м)	Ti/Mn	Sr/Ba	Na+K	Ca+Mg	Na/K	Na/Ca	Fe/Mn
825	8,881	0,872	3,229	11,234	0,474	0,112	97,665
826	11,374	0,483	3,798	7,411	0,430	0,200	90,390
827	10,991	0,540	3,708	8,584	0,568	0,200	95,435
829	8,542	1,260	2,525	18,126	0,477	0,052	74,629
830	10,178	0,616	3,725	8,860	0,559	0,190	84,186
861	9,408	1,030	3,158	12,667	0,470	0,104	83,933
866	12,845	1,572	3,449	12,466	0,500	0,114	89,438
885	8,791	0,604	3,595	10,728	0,484	0,132	82,741
887	9,209	0,432	3,344	9,418	0,556	0,167	74,070
890	7,748	0,328	1,778	21,107	0,520	0,039	102,715
905	7,136	0,314	2,309	17,881	0,919	0,084	106,089
910	9,015	0,368	3,850	6,876	0,487	0,253	88,089
933	10,450	0,347	2,672	4,572	0,353	0,202	93,333
937	10,976	0,443	2,972	6,513	0,800	0,283	90,955
950	9,115	0,538	3,478	6,783	0,513	0,230	88,617
975	10,055	0,514	3,403	12,109	0,400	0,099	90,197
995	10,015	0,493	2,912	14,112	0,456	0,085	90,831
1000	8,609	0,591	3,170	13,092	0,447	0,095	88,783
1032	9,502	0,699	3,575	7,942	0,506	0,214	85,103
1056	8,816	0,463	3,557	9,071	0,520	0,186	86,805
1080	9,787	0,741	2,938	14,820	0,553	0,078	85,394
1085	8,670	0,664	2,810	14,261	0,685	0,090	81,566
1105	12,618	0,125	3,140	6,336	0,590	0,251	100,978
1110	10,043	0,312	2,064	16,254	0,615	0,067	90,055
1532	9,217	0,168	4,081	1,899	0,355	5,158	102,701
1567	9,861	0,099	3,890	2,116	0,412	3,116	102,880
1673	10,330	0,093	4,546	1,802	0,330	78,942	103,505

Таблица 4

Элементный состав одного из исследуемых образцов

Элемент	Весовой, %	Атомный, %	Соед, %	Формула
Na	1,46	1,38	1,96	Na ₂ O
Mg	4,70	4,23	7,80	MgO
Al	10,93	8,86	20,65	Al ₂ O ₃
Si	22,19	17,28	47,47	SiO ₂
S	0,26	0,18	0,65	SO ₃
Cl	0,22	0,13	0,00	
K	5,97	3,34	7,19	K ₂ O
Ca	2,50	1,37	3,50	CaO
Ti	1,36	0,62	2,28	TiO ₂
Fe	6,44	2,52	8,28	FeO
O	43,97	60,09		
Итого:	100,00			

Отношения Sr/Ba и Ti/Mn хорошо коррелируются в верхней части сарматского разреза, что подтверждает солоноватоводный характер этих отложений. Также, для изучения условий осадконакопления были использованы отношения элементов Na/K и Na/Ca. Для миоценовых отложений значения отношения Na/K низкие и колеблются в пределах 0,33–0,92. Для всех типов пород сарматского возраста содержание Ca преобладает над Na и значение отношения колеблется в пределах 0,04–0,28, указывая на солоноватоводный характер бассейна, тогда как для майкопских отложений значения резко повышаются до 79. Отношение Fe/Mn также может быть индикатором условий седиментации. Уменьшение этого отношения соответствует увеличению глубины, а также переходу от шельфовых фаций к пелагическим [12], что обусловлено поглощением осадочными отложениями марганца из морских вод, которое сильнее проявляется в глубоководных условиях. По значению отношения Fe/Mn осадочные породы можно классифицировать следующим образом: глубоководные (<40), мелководные (40–80) и мелководно-прибрежные с преимущественно терригенным источником сноса (80–160) [10]. Соединения железа, как самые ранние продукты химической дифференциации, полностью выпадают у берега моря, а осаждение Mn происходит дальше от береговой линии. Возрастание значения этого отношения свидетельствует об обмелении бассейна [13]. Для карбонатных и глинистых пород миоценового возраста значения отношения Fe/Mn колеблются в пределах 74–106, что свидетельствует о мелководно-прибрежных условиях седиментации с преимущественно терригенным источником сноса. Повышенные значения этого отношения в интервале 890–905 м отложений сармата хорошо коррелируются с повышенными значениями Ca+Mg (доломитовые породы), что говорит о некотором обмелении бассейна.

Повышенные значения доломита в интервалах 890–905 м (до 35,5 %) и 1110 м (до 24,2 %), указывают на потепление климата и на некоторое обмеление бассейна.

Согласно химическому составу в образце №2 основная масса породы состоит из SiO₂ и малых смесей различных элементов. Процентные содержания калия, магния и железа подтверждают наличие в породе зерен глауконита (нормированное значение K – 2–8 %, Mg – 1,77–6,22 %, Fe – 0,49–9,58 %) и магнезиально-железистого хлорита (нормированное значение MgO – 10–16 %, FeO – 20–25 %).

В таблице 4 представлены результаты анализа элементного состава одного образца миоценовых пород, полученные с помощью ЭДС.

Анализ керновых образцов с применением РЭМ

На рис. 3 представлены растровые электронные изображения образцов миоценовых пород, полученных из скважин №1200, 1201 месторождения Пираллахи, с указанием размера зерен (в мкм).

На изображении образца № 62 наблюдается сетка

из органического вещества, возможно растительного происхождения (рис. 3д). Минералогический анализ подтвердил содержание органического вещества (10 %) в данном образце.

Наиболее достоверными характеристиками, измеряемыми при количественном анализе РЭМ изображений, являются площади пор или частиц и их периметры. Общая пористость образца ρ оценивается как отношение общей площади пор S к размеру кадра при первом увеличении $S_{\text{ф}}$ [14].

При анализе порового пространства в программном комплексе «STIMAN 3D» использован простой тип бинаризации, который применяется для стационарных изображений. На каждом исследуемом РЭМ изображении оператор устанавливается интервал бинаризации и после получения бинарного изображения проводится его статистическая обработка с указанием общего количества определенных пор, а также количества больших, граничных и мелких пор (рис. 4).

По распределению градации серого цвета на изображениях анализируется поровое пространство изучаемых образцов пород. Согласно проведенному анализу, величина общей пористости для глинистых и карбонатных пород колеблется в пределах 7–14 %.

Анализ минеральных частиц также выявил преобладание в глинистых породах частиц мелкого размера, что может оказывать негативное влияние на фильтрационно-емкостные свойства изученных пород.

Также, проведена количественная оценка коэффициента извилистости по РЭМ изображениям миоценовых пород с учетом микронных размеров поровых каналов. Коэффициент вертикальной извилистости в изученных образцах варьирует в пределах 0,47–0,66, а горизонтальной – 0,52–0,64. Наиболее различающиеся значения коэффициентов в вертикальном и горизонтальном направлении отмечены в образце №2, что является показателем более анизотропной структуры.

Для количественной оценки порового пространства также был применен коэффициент формы, который рассчитывается как отношение большей и малой осей эллипса, вписанного в контуры исследуемого структурного элемента. По результатам изучения образцов среднее значение данного коэффициента

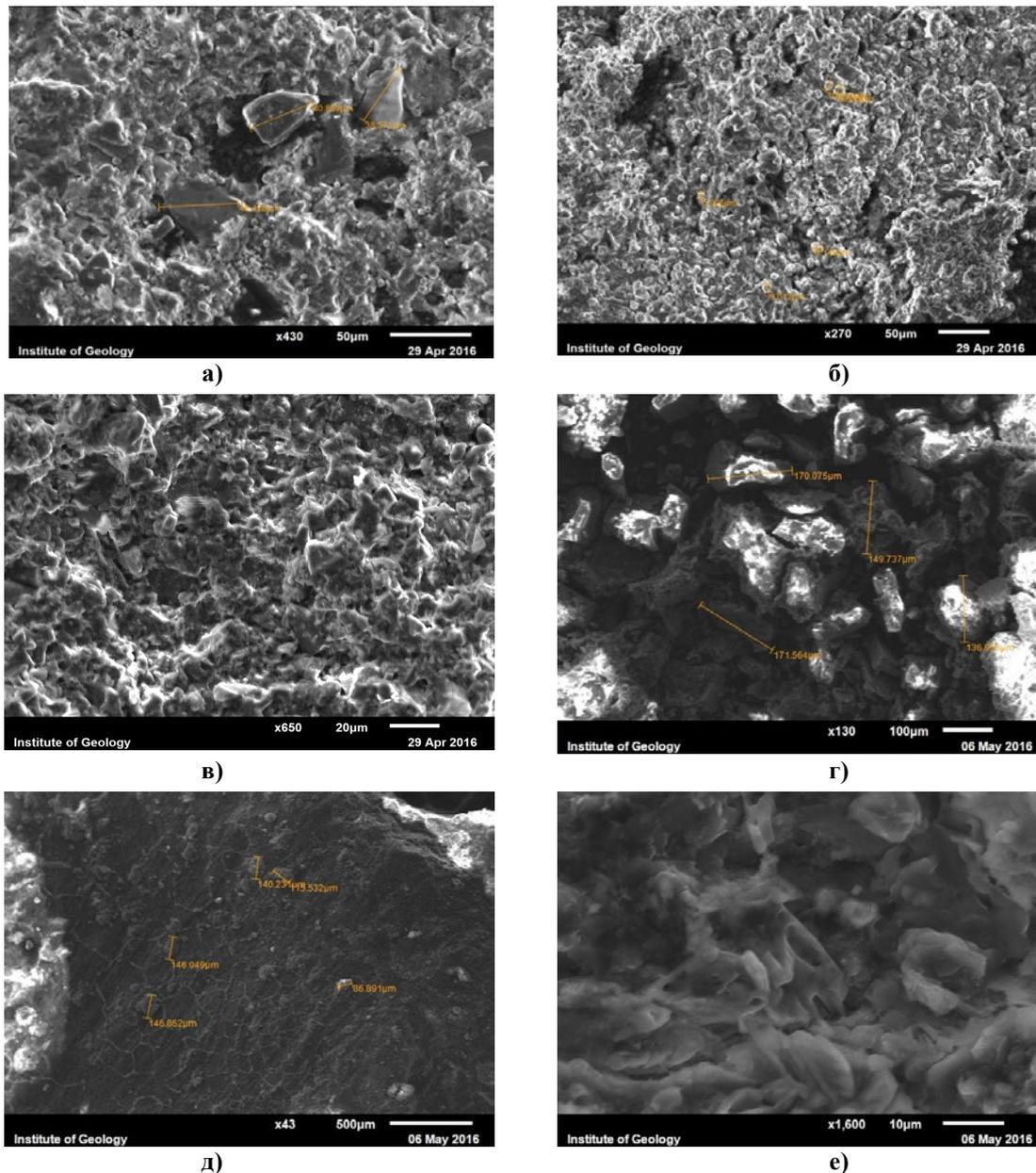


Рис. 3. РЭМ изображения миоценовых пород, отобранных из скв. №1201 и 1200: а) образец № 2 – известковистая алевролитовая глина; б) образец № 47 – известковистая глина; в) образец № 21 – доломит; г) образец № 55 – известковистая глина; д) образец № 62 – глина; е) образец № 68 – кремнисто-глинистый сланец.

варьирует в пределах 0,43–0,49, что соответствует преобладанию пор анизометричной формы.

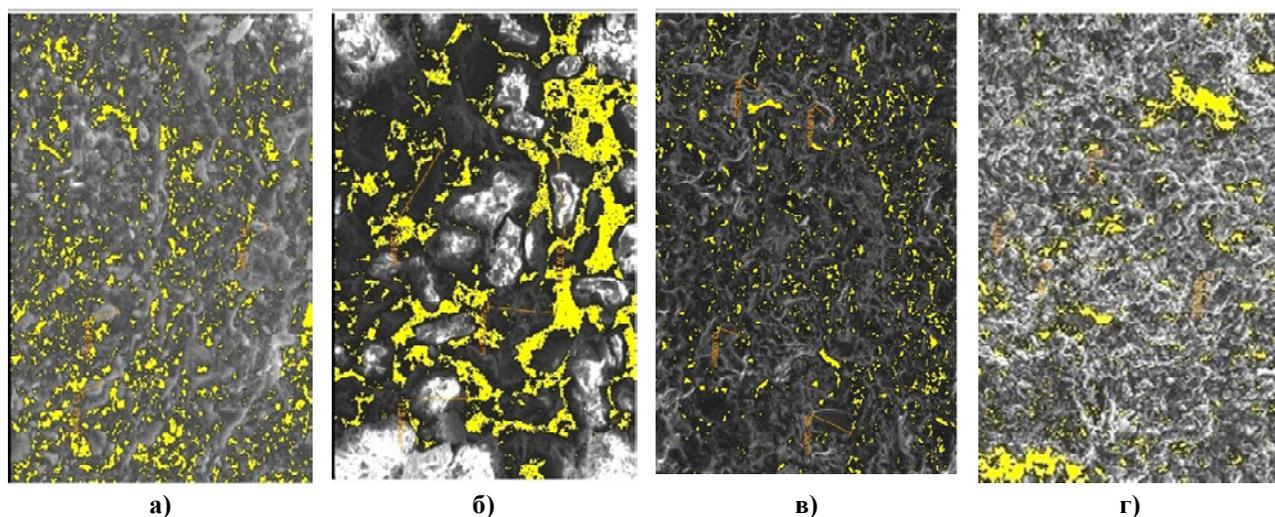
Морфологические параметры минеральных частиц количественно оценены, применяя следующие коэффициенты: округлости Коха, окатанности Уоделла, сферичности Рилея. Коэффициент округлости Коха в изученных образцах колеблется в среднем от 0,31 до 0,4, что свидетельствует о преобладании частиц неправильной формы. Средние значения коэффициента окатанности Уоделла в исследуемых образцах варьируют в пределах 0,47–0,54, что указывает на преобладание окатанных зерен. Коэффициент сферичности Рилея изменяется в пределах от 0,01 (для не сферичных) до 1 (для идеально сферичных структурных элементов). Коэффициент сферичности в миоценовых образцах

изменяется в пределах 0,46–0,53, что свидетельствует о превалировании зерен средней сферичности (табл. 5).

Полученные результаты исследований образцов указывают на преобладание преимущественно мелких пор удлиненной анизометричной формы со средней пористостью, составляющей, примерно, 12 % для известково-глинистых и 14 % – доломитовых пород [15].

Обсуждение результатов

Интерпретация отношений Fe/Mn, Ti/Mn и суммы щелочных элементов Ca+Mg, Na+K, наличие характерной микрофауны, широкое распространение карбонатно-глинистой и кремнисто-глинистой фаций с прослоями тонкозернистого песчаника и алевролита указывают на мелководность сарматского и верхне-



а) б) в) г)

Рис. 4. РЭМ изображения миоценовых пород, полученные в результате анализа порового пространства: а) образец № 68 – кремнисто-глинистый сланец (увеличение x300); б) образец № 55 – известковистая глина (x130); в) образец № 21 – доломит (x 430); г) образец № 47 – известковистая глина (x 270). Желтым цветом выделено поровое пространство.

Таблица 5

Показатели количественного анализа пор и частиц по РЭМ изображениям в керновых образцах, отобранных из скважин №1201 и 1200

№ обр.	Интервал, (м)	Наименование породы	Поровое пространство				Минеральные частицы		
			Коэф. верт. извилистости	Коэф. гориз. извилистости	Общая пористость %	Коэф. формы (сред.)	Коэф. сферичности (сред.)	Коэф. округлости (сред.)	Коэф. окатанности (сред.)
2	825–830	Извест. глина	0,47	0,61	7,1	0,47	0,49	0,33	0,48
16	885–890	Извест. глина	0,6	0,52	13,5	0,45	0,48	0,33	0,49
21	905–910	Доломит	0,48	0,57	14,1	0,46	0,53	0,4	0,54
47	995–1000	Извест. глина	0,53	0,6	13,8	0,47	0,5	0,37	0,54
55	1080–1085	Извест. глина	0,65	0,62	13,7	0,46	0,48	0,33	0,48
62	1100–1105	Извест. глина	0,66	0,59	11,8	0,43	-	-	-
68	1565–1570	Кремн.-глин. сланец	0,6	0,64	8,1	0,49	0,46	0,31	0,47

майкопского бассейнов.

По характеру значений Sr/Ba и Ti/Mn отношений, а также по наличию в породах ангидрида, гипса, натрия и хлора, бассейн седиментации сарматских и майкопских отложений характеризуется сменой пресноводных и солоноватоводных отложений, с преобладанием в разрезе последних. Некоторое опреснение вод бассейна связано с притоком рек, впадавших в бассейн. Повышенные значения отношения Sr/Ba и содержание карбонатных и доломитовых пород в сарматских отложениях указывают на солоноватоводный характер бассейна. В изученных майкопских отложениях отмечаются пониженные значения Sr/Ba отношения, отсутствие карбонатной и преобладание глинистой составляющей. Возможно, воды бассейна в определенных его частях в момент отложения осадков были сильно разбавлены речными водами и впоследствии довольно быстро захоронялись, что в свою очередь обусловило низкие значения Sr/Ba. Но, учитывая данные макро-описания кернового материала, по всему разрезу майкопских отложений района исследований и по опубликованным материалам, можно судить

о морском режиме с солоноватоводными условиями накопления осадков. В результате анализа содержания Ca и Mg можно говорить о преобладании, в целом, гумидного климата в период сарматского и майкопского времени, хотя, по-видимому, временами происходило резкое потепление, о чем свидетельствует наличие гипса и доломитовых пластов.

Структурно-текстурные особенности пород указывают на спокойные условия осадконакопления (преобладание тонкослоистых пород). В интервале 890–905 м, по-видимому, происходит смена режима седиментации, наблюдается повышение содержания карбонатных (доломитовых) пород, что соответствует лагунной обстановке, и позволяет предположить регрессию моря.

Известно, что монтмориллонит формируется в щелочной среде, богатой Ca и Mg и, учитывая, что в глинистой фракции майкопских отложений преобладают минералы смектитовой группы (содержание монтмориллонита до 33,5 %), можно говорить о щелочных условиях седиментации этих пород.

Значительное содержание пирита и органического

вещества в изученных под микроскопом образцах майкопских отложений свидетельствует о восстановительной среде.

В результате анализа минеральных частиц установлено, что в гранулометрическом составе образцов преобладают зерна размером в среднем 5–12 мкм для известково-глинистых пород, а также в виде примеси присутствуют зерна алевритистой размерности, составляющие в среднем 20–50 мкм. При сравнении морфологических показателей со значениями пористости установлено, что, с некоторым увеличением окатанности, округлости и сферичности минеральных частиц, несколько повышаются и значения общей пористости породы. Для получения более точных и достоверных зависимостей необходимо проведение исследований с большим количеством образцов.

Заключение

В результате проведенных комплексных исследований, можно утверждать, что на протяжении сармата на территории Абшеронского района находился относительно мелководный солоноватоводный бассейн седиментации (шельф моря). Климат характеризуется как теплый и влажный. В сармате и майкопе наблюдается чередование солоноватоводных и пресноводных отложений. Литологически район исследования характеризуется чередованием глинистых, кремнисто-глинистых и карбонатных отложений с прослоями тонкозернистого песчаника и алеврита.

По растровым электронным изображениям, применяя программный комплекс «STIMAN 3D», произведен детальный количественный анализ морфологических показателей минеральных частиц и порового пространства и установлены значения общей пористости, что позволило с большей достоверностью оценить коллекторские свойства исследуемых пород. Наличие в разрезе миоценовых отложений песчано-алевритистых, доломитовых, а также известково-глинистых пород, обладающих достаточными коллекторскими свойствами, позволяет считать их перспективными в качестве возможных коллекторов, особенно газонасыщенных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология Азербайджана. Тектоника / Под ред. В. Е. Хаина, Ак. А. Ализаде. – Баку: Nafta-Press. – 2005. – Т. IV. – 506 с.
2. Алиханов, Э. Н. Нефтяные и газовые месторождения Каспийского моря / Э. Н. Алиханов. – Баку: Азерб. Гос. Изд.-во – 1964. – 382 с.
3. Багир-заде, Ф. М. Геохимия нефтей и газов Абшеронско-

Институт Нефти и Газа Национальной Академии Наук Азербайджана, г. Баку, Азербайджан
Шихова Лейла Фирудин, научный сотрудник
E-mail: shikhovalf@gmail.com; Тел.: (+99412) 493 67 51

Институт Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана, г. Баку, Азербайджан
Эфендиева Эльза Ниман, к. г.-м. н., доцент, ведущий научный сотрудник
E-mail: efendiyeva77@rambler.ru; Тел.: (+99412) 510 01 41

Прибалханского порога / Ф. М. Багир-заде, Л. А. Буряковский, Ф. Р. Бабаев. – М.: Недра. – 1974. – 288 с.

4. Джафаров, Р. Р. О распространении Калининской свиты в пределах северо-западной части Абшеронского архипелага и перспективы ее нефтегазоносности / Р. Р. Джафаров, С. С. Гаджиев, Ф. С. Ибрагимов // Научные труды ГНКАР. – 2011. – №1. – С. 19–26.

5. Шихова, Л. Ф. Условия осадконакопления и литолого-геохимические особенности миоценовых отложений месторождения Пираллахи Абшеронского архипелага / Л. Ф. Шихова, Э. Н. Эфендиева // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 2018. – №2. – С. 3–12.

6. Осипов, В. И. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств / В. И. Осипов, В. Н. Соколов. – М.: ГЕОС. – 2013. – 576 с.

7. Соколов, В. Н. Исследование микроструктуры грунтов с помощью компьютерного анализа РЭМ-изображений / В. Н. Соколов, Д. И. Юрковец, О. В. Разгулина // Геоэкология. – 2008. – №4. – С. 377–382.

8. Кривцова, Л. Д. Учебно-методическое пособие по геологии [Электронный ресурс] / Л. Д. Кривцова // Рязань: РГУ имени С. А. Есенина. – 2010. – Режим доступа: https://www.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/e-learning/Krivcova_L_D_Posobie_po_geologii/MOLLUSCA.htm (дата обращения: 15.04.2018).

9. Астрономо-климатические циклы в разрезе верхнемеловых отложений Саратовского Поволжья / Р. Р. Габдуллин [и др.] // Вестник Московского ун-та. Серия 4. – Геология. – 2014. – №5. – С. 55–71.

10. Енгальчев, С. Ю. Геохимия и генезис песчаников восточной части Главного девонского поля на северо-западе Русской плиты / С. Ю. Енгальчев, Е. Г. Панова // Литосфера. – 2011. – №5. – С. 16–29.

11. Бурков, Ю. К. Геохимические исследования осадочных пород для решения геологических задач / Ю. К. Бурков, В. С. Певзнер. – Л.: Тр. ВСЕГЕИ. – 1978. – Т. 295. – 133 с.

12. Резников, А. Н. Железо-марганцевый коэффициент как показатель обстановки осадконакопления / А. Н. Резников // Изв. вузов. Нефть и газ. – 1961. – №1. – С. 19–22.

13. Распространение и условия образования опок и диатомитов эоцен-миоценовых отложений Абшеронского и Кобыстанского районов Азербайджана : Отчет о НИР (заключ.) : / Ин-т Геологии и Геофизики НАНА ; рук-ли: Гадиева Т. М., Сеидов А. Г.; исполн. Зохранова В. Р. [и др.]. – Б., 1993–1996. – 80 с.

14. Руководство пользователя программного обеспечения для количественного морфологического анализа структур по их изображениям «STIMAN 3D» Версия 1.1. М.: Геологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова. – 2005. – 158 с.

15. Shikhova, L. F. Study of reservoir properties of Miocene deposits with the application of scanning electron microscope / L. F. Shikhova // VII International Scientific Conference of young scientists and students on "Information technologies in solving modern problems of geology and geophysics". Abstract book. Baku. – 2018. – P. 56–57.

Institute of Oil and Gas of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku
Shikhova L. F., scientific researcher
Email: shikhovalf@gmail.com; Тел.: (+99412) 493 67 51

Institute of Geology and Geophysics of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku
Efendiyeva E. N., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, associate professor, leading scientific researcher
E-mail: efendiyeva77@rambler.ru; Тел.: (+99412) 510 01 41