

DOI: 10.17353/2070-5379/15_2023

УДК 622.276.3[552.578.061.4:551.311.8](262.81)

Фейзуллаев А.А.

Институт геологии и геофизики Министерства науки и образования Азербайджанской республики; Институт нефти и газа Министерства науки и образования Азербайджанской республики, Баку, Азербайджан

Лунина В.Н., Исмаилова Г.Г.

Институт геологии и геофизики Министерства науки и образования Азербайджанской республики, Баку, Азербайджан, gulkhar@yahoo.com

Маммедова И.М.

НИПИ «Нефтегаз» Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской республики (SOCAR), Баку, Азербайджан

ОСОБЕННОСТИ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СТРУКТУРЫ, ПОРАЖЕННОЙ АКТИВНЫМ ГРЯЗЕВЫМ ВУЛКАНОМ (ЮЖНО-КАСПИЙСКИЙ БАССЕЙН)

Рассмотрены особенности изменения в пространстве литологического состава и коллекторских свойств пород продуктивной толщи (нижний плиоцен) газонефтяного месторождения Локбатан Южно-Каспийского бассейна, пораженного самым активным одноименным грязевым вулканом. На примере свиты «Перерыва» продуктивной толщи (VIa и VII горизонты) показаны зависимости между литолого-коллекторскими свойствами пород и начальными дебитами нефти скважин. Выявлена положительная связь между продуктивностью скважин от песчаности и пористости пород. Установлено, что вблизи развития грязевого вулкана отмечаются менее благоприятные литофациальные условия и фильтрационно-емкостные свойства пород, проявляющиеся относительно низкой продуктивностью скважин. Наиболее высокой продуктивностью характеризуются скважины, расположенные вблизи нарушений. В связи с низкой газоносностью месторождения и отсутствием влияния многочисленных извержений грязевого вулкана на продуктивность скважин сделан вывод о несущественной роли ее канала в миграции углеводородов и формировании месторождения.

Ключевые слова: продуктивная толща, литологический состав, коллекторские свойства, дебит нефти, грязевой вулкан, газонефтяное месторождение Локбатан, Южно-Каспийский бассейн.

Введение

Южно-Каспийский бассейн (ЮКБ) представляет собой уникальный объект с точки зрения разнообразия геолого-геофизических условий залегания нефти и газа. Одной из характерных особенностей геологического строения бассейна является широкое развитие здесь грязевых вулканов (ГВ), которые являются своеобразными индикаторами геотектонических, геохимических и термобарических условий в недрах Земли и протекающих в них процессах, в том числе и процессов формирования залежей нефти и газа.

С этой точки зрения, многопластовое газонефтяное месторождение Локбатан в ЮКБ привлекает особое внимание исследователей. Уникальность его заключается в том, что это единственная промышленно нефтегазоносная структура, пораженная наиболее активным (по

количеству извержений) ГВ Азербайджана [Алиев и др., 2009, 2019] (а возможно мира).

В связи с этим объектом исследований в данной статье является этот уникальный объект, а целью этих исследований - изучение влияния этого ГВ на свойства окружающей геологической среды, а также на формирование и разработку месторождения.

Краткая характеристика исследуемого месторождения

Месторождение Локбатан приурочено к асимметричной брахиантиклинальной складке, осложненной одноименным ГВ. Асимметрия характеризуется различными углами падения крыльев. На северном крыле площади Локбатан углы падения пластов равны 30-35⁰, уменьшаясь в направлении их погружения; на восточной переклинали складки они не превышают 10-15⁰. Брахиантиклиналь осложнена осевыми нарушениями с амплитудой до 500 м и более, что определяет ее блоковое строение [Агабеков, 1963] (рис. 1).

Значительная часть площади Локбатан покрыта продуктами извержения одноименного ГВ, отличающегося высокой эксплозивной деятельностью. В восточной периклинали части структуры пласты продуктивной толщи (ПТ) выходят на поверхность. На западе площадь Локбатан отделяется от соседних площадей Пута и Гушхана небольшим синклинальным прогибом, который прослеживается только по верхним горизонтам ПТ.

Первая разведочная скв. 62 пробурена на структуре Локбатан в 1932 г., которая дала фонтан нефти (плотностью 0,862 г/см³) из II горизонта ПТ (нижний плиоцен). Эта дата считается датой открытия и введения в разработку данного месторождения.

В этом же году введены в разработку IV и V горизонты ПТ, а в 1933 г. – нижележащие VI-VIa и VII-VIIa горизонты, отличавшиеся высокой нефтеотдачей. В 1934 г. установлена нефтеносность горизонтов I и VIII. В 1935 г. при опробовании скв. 65 на северном крыле складки получен приток нефти дебитом 20 т/сут. В 1951 г. на далеком южном крыле складки обнаружена газоносная песчаная пачка в Подкирмакинской свите (ПК). Начальные дебиты отдельных скважин достигали более 300 т/сут, по данным отчета ИПГНГМ АН Азербайджана (Подсчет запасов нефти и газа месторождения Локбатан – Пута – Кушхана, 1977 г.).

За первые 20 лет разработки залежи в свите «Перерыва» (горизонты VII и VIIa) ПТ пластовое давление снизилось с 11,0 до 3,5-4,0 МПа.

Фактический материал

В качестве объекта исследования выбраны отложения свиты «Перерыва» ПТ (горизонты VII, VIIa) площади Локбатан, имеющие повсеместное распространение. Мощность свиты, как правило, изменяется в пределах 100-110 м. К югу и юго-востоку наблюдается увеличение мощности свиты до 120 м.

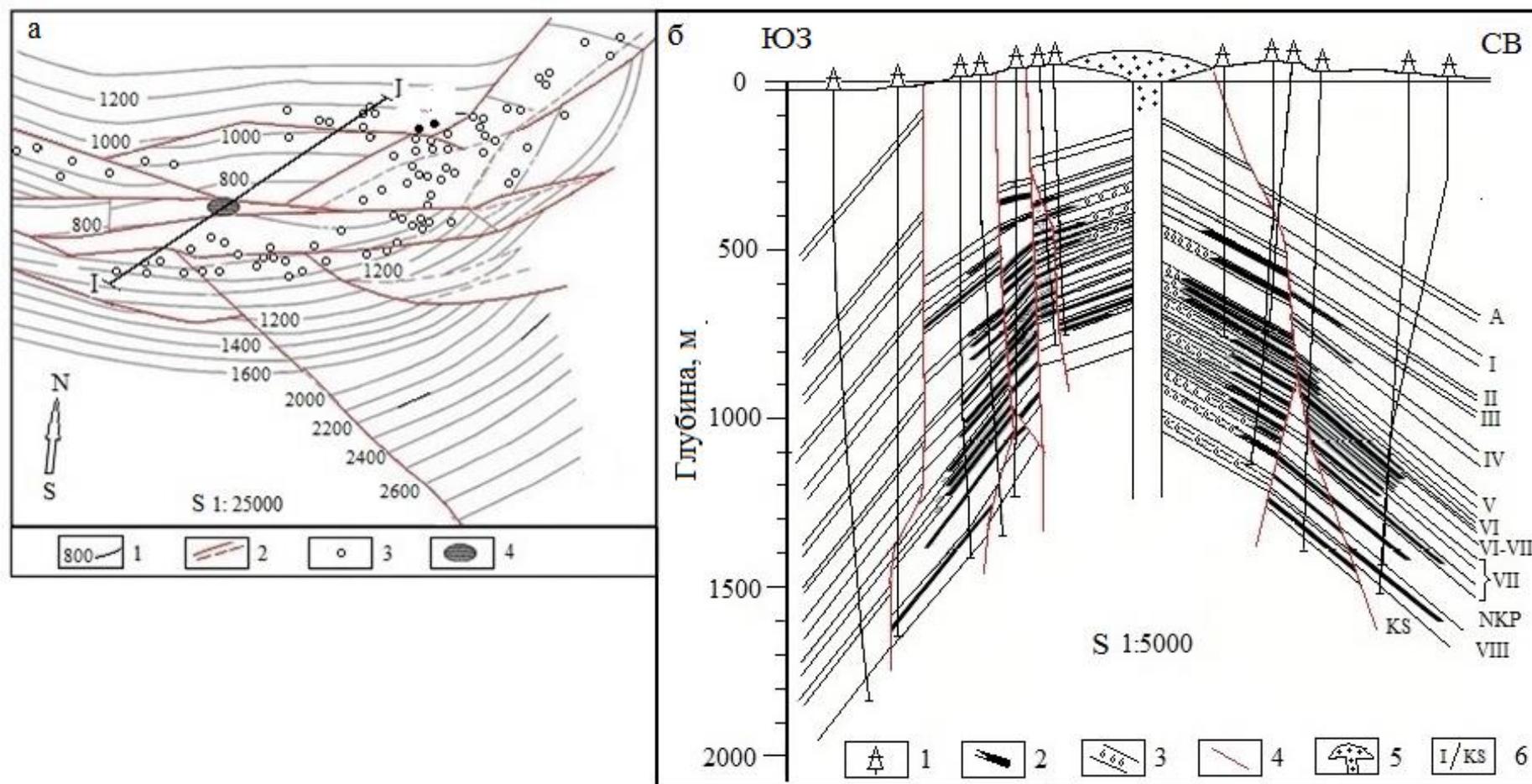


Рис. 1. Структурная карта по VII горизонту продуктивной толщи (а) и геологический профиль (б) месторождения Локбатан
а: 1 - изолинии; 2 - нарушение; 3 - эксплуатационные скважины; 4 - грязевой вулкан.
б: 1 - эксплуатационные скважины; 2 - залежь нефти; 3 - залежь газа; 4 - нарушение; 5 - грязевой вулкан; 6 - горизонт/свита.

Свита характеризуется чередованием песчаных и глинистых прослоев. Песчаные прослои представлены крупно- и среднезернистыми песками с включениями черной угловатой гальки.

Использованная для решения поставленной в данном исследовании задачи база данных включала: замеры дебитов нефти и сопутствующей ей флюидов (газ и вода) в около 210 скважинах; около 110 определений гранулометрического состава и 44 определений коллекторских свойств пород по 56 скважинам; определение плотности нефтей по 11 скважинам.

Обработка данных и соответствующие графические построения выполнены с использованием стандартных компьютерных программ.

Результаты исследований

Пределы изменения и средние значения литологической характеристики и коллекторских свойств пород VII и VIIa горизонтов ПТ по скважинам приведены в табл. 1.

Таблица 1

Литологическая характеристика и коллекторские свойства пород свиты «Перерыва» (VII+VIIa гор.) месторождения Локбатан по данным анализов керн скважин

Горизонт	Открытая пористость, %	Проницаемость, мД	Карбонатность, %	Гранулометрический состав (%), фракции (мм)				$\Phi_{\text{пес.}}/\Phi_{\text{глин.}}$
				> 0,25	0,25-0,1	<0,1-0,01	< 0,01	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
VII	$\frac{7-30}{19,3(29)}$	$\frac{10-705}{227,5(16)}$	$\frac{6-40}{17,0(29)}$	$\frac{0,1-60,9}{12,4(57)}$	$\frac{0,6-88,1}{40,8(57)}$	$\frac{4,2-53,8}{29,0(57)}$	$\frac{1,2-54,2}{18,1(57)}$	$\frac{0-76,1}{12,0(57)}$
VIIa	$\frac{9-34}{16,5(15)}$	$\frac{14-145}{44,3(6)}$	$\frac{2-32}{14,3(16)}$	$\frac{0-75,1}{27,7(55)}$	$\frac{0,5-68,2}{33,7(55)}$	$\frac{1,4-76,8}{26,4(55)}$	$\frac{0,1-49,8}{12,6(55)}$	$\frac{0-918}{35,9(55)}$
VII+VIIa	$\frac{7-34}{18,4(44)}$	$\frac{10-705}{177,5(22)}$	$\frac{2-40}{16,7(45)}$	$\frac{0-75,1}{19,9(112)}$	$\frac{0,5-88,1}{37,3(112)}$	$\frac{1,4-76,8}{27,7(112)}$	$\frac{0,1-54,2}{15,4(112)}$	$\frac{0,02-918}{24,3(112)}$

В числителе - пределы изменения параметра; в знаменателе - среднее; (в скобках) - число определений.

Согласно гистограмме распределения значений литофациального состава пород свиты «Перерыва» (VII+VIIa гор.) ПТ, в ее разрезе преобладают песчаные породы (рис. 2).

Свита в целом характеризуется благоприятными фильтрационно-емкостными свойствами. При этом породы VII горизонта имеют лучшие фильтрационно-емкостные свойства, в сравнении с породами VIIa горизонта.

Как и следовало ожидать, литолого-коллекторские свойства пород контролируют продуктивность скважин. Установлена позитивная зависимость между начальными дебитами

нефти скважин и содержанием в породе песчаной фракции (рис. 3), а также открытой пористостью пород (рис. 4).

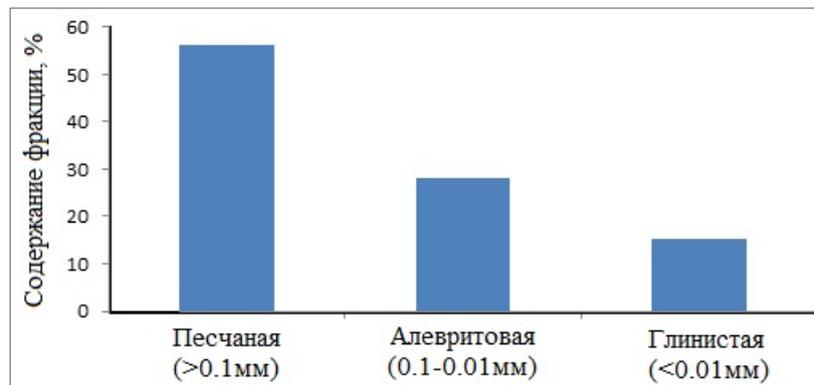


Рис. 2. Гистограмма распределения средних значений песчаной (> 0,1 мм), алевритовой (0,1-0,01 мм) и глинистой (< 0,01 мм) фракций в свите «Перерыва» месторождения Локбатан

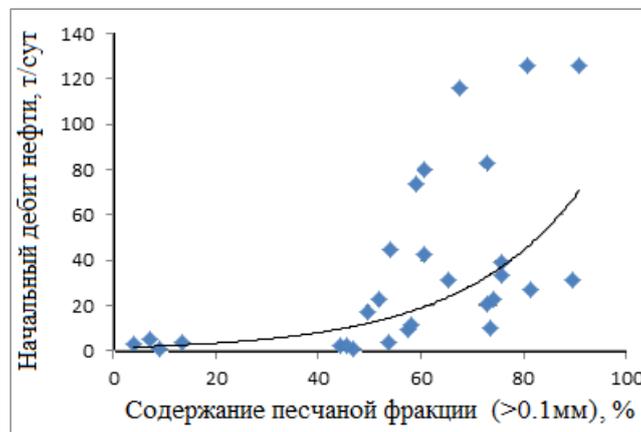


Рис. 3. График зависимости между начальным дебитом нефти скважин и содержанием песчаной фракции (> 0,1 мм) в породах свиты «Перерыва» месторождения Локбатан

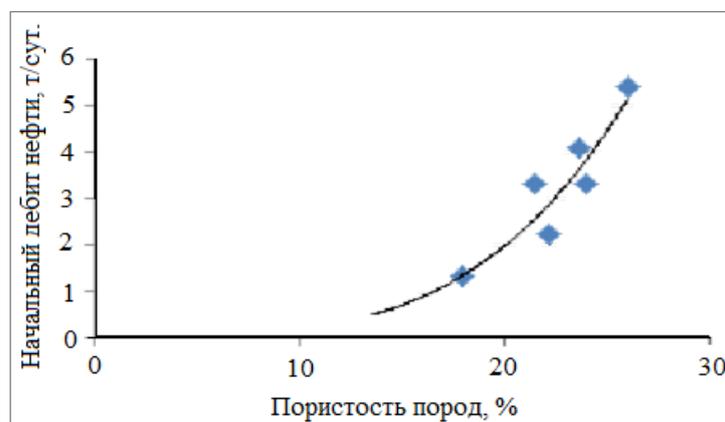


Рис. 4. График зависимости начального дебита нефти скважин от открытой пористости пород (K_p) свиты «Перерыва» месторождения Локбатан

Отрицательно влияет на производительность скважин карбонатность пород,

изменяющаяся в широких пределах - от 2 до 40% (средняя 16,7%), а также глинистость пород, которая колеблется в интервале от 0,1 до 54,2%, (средняя 15,4%).

Обсуждение результатов

Рассмотрены особенности изменения рассмотренных параметров в пространстве в связи с оценкой ореола и характера влияния поражающего структуру ГВ.

Наибольшими значениями коэффициента песчаности пород ($K_{\text{пес.}}$) характеризуются присводовые части структуры, в то время как зона развития ГВ отмечается низкими значениями этого параметра (рис. 5).

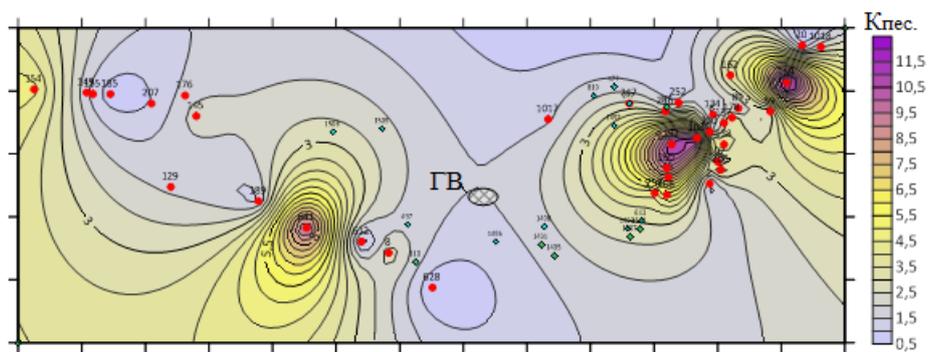


Рис. 5. Схема изменения по площади песчаности пород ($K_{\text{пес.}}$) свиты «Перерыва» (VII+VIIa гор.) месторождения Локбатан

Скважины, наиболее близко расположенные к ГВ характеризуются относительно невысокими начальными дебитами скважин, эксплуатирующих как VII (рис. 6), так и VIIa (рис. 7) горизонты.

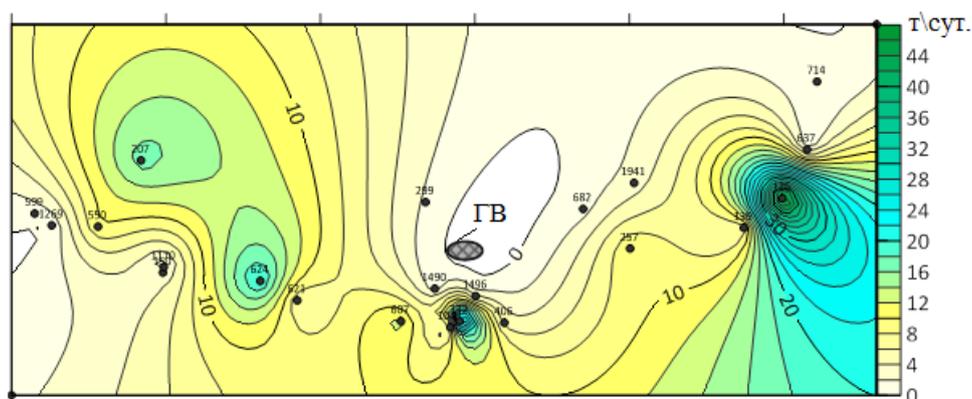


Рис. 6. Схема изменения по площади начальных дебитов нефти (т/сут) по VII горизонту продуктивной толщи месторождения Локбатан

Для месторождения Локбатан характерно отсутствие чисто газовых пластов и данных о скоплении газа в районе ГВ.

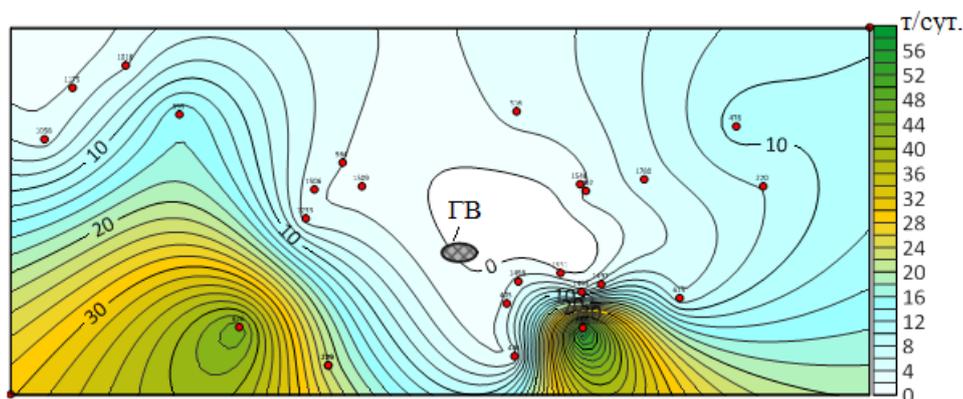


Рис. 7. Схема изменения по площади начальных дебитов нефти (т/сут) по VIIa горизонту продуктивной толщи месторождения Локбатан

Нефть в пачке горизонтов VII и VIIa - маслянистая. На рис. 8 приводится карта распределения по площади Локбатан плотности нефти (при температуре 20⁰С) в начале разработки месторождения. Нефти скважин, расположенных вблизи ГВ, характеризуются относительно высокой плотностью.

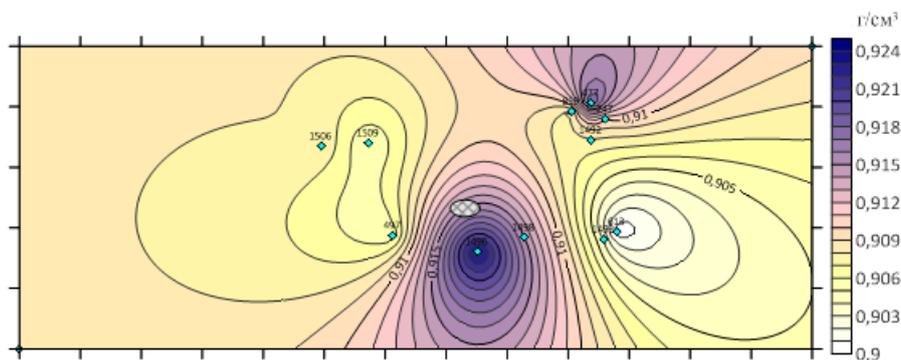


Рис. 8. Схема распределения по площади плотности нефти месторождения Локбатан

Важно отметить, что ранее выполненный анализ влияния трёх извержений вулкана Локбатан в период 1970-1981 гг. на динамику добычи нефти и попутного газа одноименного месторождения [Feyzullayev, Lerche, Gojayev, 2020] (рис. 9). В этот период отмечаются определенные тренды (выше и ниже среднего уровня) и локальные колебания в динамике продуктивности скважин (как нефти, так и газа). Однако однозначно констатировать обусловленность этих изменений произошедшими в этот период извержениями не представляется возможным.

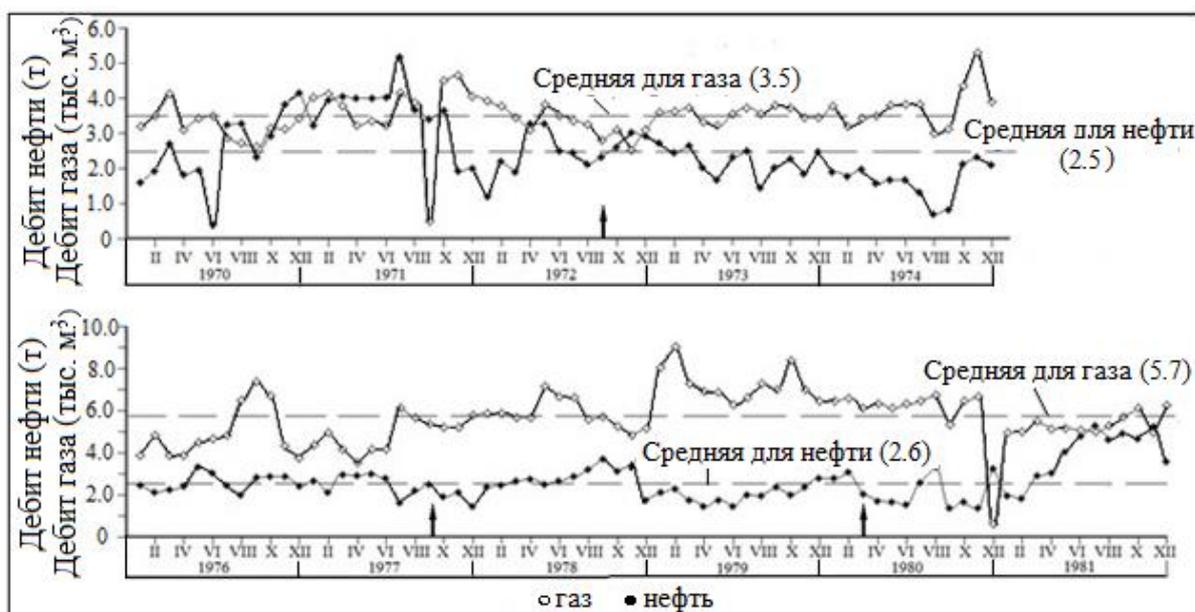


Рис. 9. Графики динамики добычи нефти и попутного газа на месторождении Локбатан в период 1970-1981 гг.

Стрелками указано время извержения ГВ.

Заключение

Выполненные исследования позволяют сделать нижеследующие выводы:

- в нефтяном резервуаре площади Локбатан в целом преобладают песчаные породы, за исключением поля развития ГВ, где песчаность пород относительно более низкая;

- выявлена позитивная зависимость продуктивности скважин от песчаности и пористости пород; высокая карбонатность и глинистость пород отрицательно влияют на дебит нефтяных скважин;

- наибольшими начальными дебитами нефти выделяются скважины, расположенные вблизи нарушений, что хорошо согласуется с преобладающим мнением об эпигенетичной природе промышленных скоплений УВ в главном резервуаре ЮКБ - ПТ [Guliyev, Feyzullayev, 1996; Katz et al., 2000; Gurgey, 2003; Фейзуллаев, Исмаилова, 2013; Feyzullayev, Tagiyev, Lerche, 2015; Фейзуллаев, Гусейнов, Рашидов, 2022];

- вблизи развития ГВ отмечаются менее благоприятные литофациальные условия и фильтрационно-емкостные свойства пород, что проявляется относительно низкой продуктивностью скважин;

- несмотря на многочисленные извержения ГВ и периодические выбросы в атмосферу огромных объемов газа, месторождение Локбатан характеризуется очень низкой газонасыщенностью. Здесь практически отсутствуют чисто газовые скопления. Этот факт, вместе с ранее установленным отсутствием влияния извержений ГВ на продуктивность скважин на месторождении Локбатан, дает основание утверждать, что жерло ГВ не являлось

основным каналом для субвертикальной миграции при формировании этого месторождения.

Литература

Агабеков М.Г. Геологическое строение нефтяных месторождений и их формирование. - Баку: Азернешр, 1963. - 274 с.

Алиев А.А., Гулиев И.С., Рахманов Р.Р. Каталог извержений грязевых вулканов Азербайджана (1810-2007). Изд. 2-е. - Баку: Nafta-Press, 2009. - 101 с.

Алиев А.А., Гулиев И.С., Рахманов Р.Р. Каталог извержений грязевых вулканов Азербайджана (2008-2019). Изд. 3-е. - Баку: Элм, 2019. - 70 с.

Фейзуллаев А.А., Гусейнов Д.А., Рашидов Т.М. Изотопный состав продуктов деятельности грязевых вулканов Южно-Каспийского бассейна в связи с нефтегазоносностью глубоководных отложений // ANAS Transactions, Earth Sciences. - 2022. - №1. - P. 68-80. DOI: [10.33677/ggianas20220100073](https://doi.org/10.33677/ggianas20220100073)

Фейзуллаев А.А., Исмаилова Г.Г. Механизм формирования месторождений нефти и газа в Южно-Каспийском бассейне (на примере месторождения Гюнешли) // Геология нефти и газа. - 2013. - №1. - С.44-47.

Feyzullayev A.A., Lerche I., Gojayev A.A. About the Impact of Mud Volcano Eruptions and Earthquake on Petroleum Production Rates (South Caspian Basin) // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 2020, 9(8), 702-708.

Feyzullayev A.A., Tagiyev M.F., Lerche I. On the origin of hydrocarbons in the main Lower Pliocene reservoirs of the South Caspian Basin, Azerbaijan // Energy Exploration & Exploitation, 2015, 33(1), 1-14.

Guliyev I., Feyzullayev A. Geochemistry of hydrocarbon seepages in Azerbaijan in D. Shumacher and M. Abrams (eds) Hydrocarbon migration and its near-surface expression // AAPG Memoir, 1996, 66, p. 63-70.

Gurgey K. Correlation, alteration, and origin of hydrocarbons in the GCA, Bahar and Gum Adasi fields, western South Caspian Basin: geochemical and multivariate statistical assessments // Marine and Petroleum Geology, 2003, 20(10), 1119-1139.

Katz K.J., Richards D., Long D., Lawrence W. A new look at the components of the petroleum system of the South Caspian Basin // Journal of Petroleum Science and Engineering, 2000, 28, 161-182.

Feyzullaev A.A.

Institute of Geology and Geophysics of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan; Institute of Oil and Gas of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan

Lunina V.N., Ismaylova G.G.

Institute of Geology and Geophysics of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, gulkhar@yahoo.com

Mammedova I.M.

NIPI "Neftgaz" of the State Oil Company of the Republic of Azerbaijan (SOCAR), Baku, Azerbaijan

PETROPHYSICAL PROPERTIES OF PETROLEUM BEARING ROCKS AND THEIR OIL AND GAS PROSPECTS OF A STRUCTURE AFFECTED BY AN ACTIVE MUD VOLCANO PHENOMENON (SOUTH CASPIAN BASIN)

The features of spatial changes in the lithological composition and reservoir properties of rocks of the productive strata (Lower Pliocene) of the Lokbatan gas-oil field of the South Caspian basin, affected by the most active mud volcano of the same name, are considered. On the example of the "Discontinuity" unit of the productive strata (VIIa and VII levels), the dependences between the lithological-reservoir properties and the initial oil flow rates of wells are considered. A positive relationship was found between well productivity and rock porosity.

It has been established that less favorable lithofacies conditions and reservoir properties of rocks are noted near the development of a mud volcano, which are manifested by relatively low productivity of wells. Wells located near faults are characterized by the highest productivity. Due to the low gas content of the field and the absence of the influence of numerous mud volcano eruptions on the productivity of wells, it was concluded that the role of its channel in the migration of hydrocarbons and the formation of the field is not significant.

Keywords: *productive strata, lithological composition, reservoir properties, oil flow rate, mud volcano, Lokbatan gas-oil field, South Caspian basin.*

References

Agabekov M.G. *Geologicheskoe stroenie neftyanykh mestorozhdeniy i ikh formirovaniye* [Geological structure of oil fields and their formation]. Baku: Azerneshr, 1963, 274 p.

Aliiev A.A., Guliev I.S., Rakhmanov R.R. *Katalog izverzheniy gryazevykh vulkanov Azerbaydzhana (1810-2007)* [Catalog of eruptions of mud volcanoes in Azerbaijan (1810-2007)]. Izd. 2-e. Baku: Nafta-Press, 2009, 101 p.

Aliiev A.A., Guliev I.S., Rakhmanov R.R. *Katalog izverzheniy gryazevykh vulkanov Azerbaydzhana (2008-2019)* [Catalog of eruptions of mud volcanoes in Azerbaijan (2008-2019)]. Izd. 3-e. Baku: Elm, 2019, 70 p.

Feyzullaev A.A., Guseynov D.A., Rashidov T.M. *Izotopnyy sostav produktov deyatel'nosti gryazevykh vulkanov Yuzhno-Kaspiyskogo basseyna v svyazi s neftegazonosnost'yu glubokopogruzhennykh otlozheniy* [Isotopic composition of the products of the mud volcanoes activity in the South-Caspian basin in connection with petroleum potential of the deeply buried sediments]. ANAS Transactions, Earth Sciences, 2022, 1, pp. 68-80. DOI: [10.33677/ggianas20220100073](https://doi.org/10.33677/ggianas20220100073)

Feyzullaev A.A., Ismaylova G.G. *Mekhanizm formirovaniya mestorozhdeniy nefti i gaza v Yuzhno-Kaspiyskom basseyne (na primere mestorozhdeniya Gyuneshli)* [The mechanism of formation of oil and gas fields in the South Caspian Basin (on the example of the Gunashli field)]. *Geologiya nefti i gaza*, 2013, no. 1, pp. 44-47.

Feyzullayev A.A., Lerche I., Gojayev A.A. About the Impact of Mud Volcano Eruptions and Earthquake on Petroleum Production Rates (South Caspian Basin). *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2020, 9(8), pp. 702-708.

Feyzullayev A.A., Tagiyev M.F., Lerche I. On the origin of hydrocarbons in the main Lower

Pliocene reservoirs of the South Caspian Basin, Azerbaijan. Energy Exploration & Exploitation, 2015, 33(1), 1-14

Guliyev I., Feyzullayev A. Geochemistry of hydrocarbon seepages in Azerbaijan in D. Shumacher and M. Abrams, eds "Hydrocarbon migration and its near-surface expression. AAPG Memoir, 66, 1996, pp. 63-70.

Gurgey K. Correlation, alteration, and origin of hydrocarbons in the GCA, Bahar and Gum Adasi fields, western South Caspian Basin: geochemical and multivariate statistical assessments. Marine and Petroleum Geology, 2003, 20(10), pp. 1119-1139.

Katz K.J., Richards D., Long D., Lawrence W. A new look at the components of the petroleum system of the South Caspian Basin. Journal of Petroleum Science and Engineering 28, 2000, pp. 161-182.

© Фейзуллаев А.А., Лунина В.Н., Исмайлова Г.Г., Маммедова И.М., 2023

