



SOCAR Proceedings

Oil and gas fields exploration, geology and geophysics

journal home page: <http://proceedings.socar.az>



ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОЛЛЕКТОРОВ ПО НЕКОТОРЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЯМ БАКИНСКОГО АРХИПЕЛАГА

А. А. Самедзаде

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан

Assessment of the quality reservoirs for some deposits of the Baku Archipelago

A. A. Samadzadeh

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

ABSTRACT

The article discusses methods for assessing the quality of reservoirs using core data and geophysical methods of well surveys. Identifying the presence (or absence) of relationships between the analyzed parameters, a comparison between the parameters characterizing the filtration capacity of reservoir rocks was made with their lithological composition, water saturation coefficient, porosity, and content of carbonate material. On the example of data from some fields in the northern part of the Baku archipelago, an improved method for assessing permeability was applied and the quality of reservoirs was assessed based on data from borehole geophysics.

Keywords: reservoir; core; porosity; permeability; logging; quality of reservoir rocks.

© 2023 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Введение

Одной из важных задач в геологии и геофизике является количественная оценка качества пород коллекторов. Эта задача особенно актуальна для пород-коллекторов, имеющих слоистое и неоднородное строение, что характерно для месторождений Азербайджана. Другой особенностью месторождений Азербайджана является то, что, в большинстве своем, они находятся в длительной стадии разработки и для оптимизации отбора углеводородов очень важно иметь представление о фильтрационной модели природного резервуара углеводородов, выделить наиболее проницаемые интервалы коллекторов, по которым происходит преимущественное движение флюидов в процессе разработки и которые потенциально опасны, с точки зрения, прорыва вод как законтурных, так и закачиваемых в пласт. Очень важно выделить и количественно оценить пласты с плохими фильтрационными свойствами, в которых могут формироваться застойные зоны с высоким содержанием остаточного нефтенасыщения, которые требуют выбора стратегии их оптимальной до разработки.

В качестве объекта исследования нами были выбраны месторождения Сангачал-Дуванный-Хара-Зиря адаасы, расположенные в северной части Бакинского архипелага, на расстоянии 45 км к юго-западу от г. Баку в полосе мелководья Каспийского моря, и Булла-дениз – в 55 км к югу от г. Баку и в 10 км к юго-востоку от вышеуказанного

месторождения [1]. Основанием выбора указанных месторождений послужило то, что данный район наиболее хорошо изучен геолого-геофизическими методами и охарактеризован бурением скважин. Для проведения исследований имеются данные, как геофизических исследований скважин, так и кернового материала. Исследуемыми объектами являются коллектора терригенных отложений ПТ (Продуктивной толщи) V, VII и VIII горизонтов. Разрез ПТ здесь литологически представлен чередованием песчано-алевритовых и глинистых пород. Для пород в этой части месторождений характерно довольно высокое содержание глинистой и алевритовой фракций. В поровом пространстве содержится как глинистый, так и глинисто-карбонатный цемент. Все это сказывается на фильтрационных способностях пластов и ставит вопрос об актуальности их рассмотрения с точки зрения качества резервуаров.

Методика проведения исследования

С целью изучения качественных характеристик пород-коллекторов исследуемого разреза была использована методика, предложенная Jude O. Amaefule и Mehmet Altunbay опубликованная в статье «Enhanced Reservoir Description: Using Core and Log Data to Identify Hydraulic (Flow) Units and Predict Permeability in Uncored Intervals/Wells» [2]. В основе этой методики используется усовершенствованная модель уравнения Козени-Кармана (1), описывающая связь между пористостью, проницаемостью с параметрами, характеризующими поровое пространство пород-коллекторов. В данной

E-mail: s.afet@mail.ru

<http://dx.doi.org/10.5510/OGP20230100799>

модели применяются такие параметры, как «Reservoir Quality Index» (RQI) – индекс качества коллектора, «Flow Zone Indicator» (FZI) – индикатор зоны потока и «Normalized Porosity Index» (ϕ_z) – нормализованная пористость. Преобразовав известное уравнение Козени-Кармана для оценки проницаемости

$$k = \frac{\phi_e^3}{(1-\phi_e)^2} \cdot \left[\frac{1}{F_s \tau^2 S_{gv}^2} \right] \quad (1)$$

в виде,

$$\sqrt{\frac{k}{\phi_e}} = \left[\frac{\phi_e}{1-\phi_e} \right] \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{F_s \tau S_{gv}}} \right] \quad (2)$$

и вводя параметры фильтрации (FZI) и качества коллектора (RQI), было получено следующее выражение:

$$FZI = \left[\frac{1}{\sqrt{F_s \tau S_{gv}}} \right] = \frac{RQI}{\phi_z} \quad (3)$$

где, k – проницаемость, μm^2 ; $F_s \tau^2$ – константа Козени; S_{gv} – площадь поверхности на единицу объема зерна; RQI (Reservoir Quality Index) – индекс качества коллектора, (μm); FZI (Flow Zone Indicator) – индикатор зоны потока.

Индикатор зоны потока (FZI) является уникальным и важным параметром для количественной оценки характера резервуара с точки зрения его фильтрационных характеристик, который предполагает взаимосвязь между петрофизическими свойствами на микро и макроуровнях, который можно определить, используя соответственно керновые и каротажные данные. Расчет параметра FZI на основе скважинных данных позволяет выделять интервалы коллекторов с хорошими фильтрационными свойствами, и определить их проницаемость.

В данной работе, используя результаты лабораторных исследований керна материала, были вычислены значения параметра FZI и проницаемости для нефтеносных и газоносных пластов-коллекторов. В результате сопоставления выявлено что, высокие значения FZI указывают на высокие значения проницаемости нефтегазонасыщенных пластов.

Рассмотрим более детально этапы проведения расчетов. Для оценки параметра FZI (Индикатор зоны потока) (5) необходимо определить значение RQI (Индекс качества пласта-коллектора) (4) и ϕ_z (Индекс нормализованной пористости) (6), который должен давать прямую линейную функцию с единичным углом наклона при построении зависимости RQI от ϕ_z . Отрезок единичного наклона линии с $\phi_z = 1$, обозначенный как «Индикатор Зоны Потoka» (FZI), представляет собой уникальный параметр для каждой гидравлической ячейки. Параметры RQI, ϕ_z и FZI определяются на основе данных пористости и проницаемости, полученных на образцах керна. Таким образом, «Индикатор зоны потока» (FZI) вычисляется по формуле [2]:

$$RQI = 0.0314 * \sqrt{\frac{k}{\phi_e}} \quad (4)$$

$$FZI = \frac{RQI}{\phi_z} \quad (5)$$

$$\phi_z = \frac{\phi_e}{1-\phi_e} \quad (6)$$

Как известно, на коллекторские свойства пород влияет содержание связанной воды в поровом пространстве. Количество связанной воды в породах-коллекторах может изменяться от нескольких процентов до 40% и больше. Проведенными исследованиями установлено существенное влияние связанной воды в поровом пространстве пород коллекторов на их фильтрационно-емкостные свойства, которое необходимо учитывать при оценке проницаемости пород [4]. Для оценки проницаемости модель Козени-Карман была несколько изменена введением параметра остаточной водонасыщенности. В результате, представленная модель, позволяет использовать в одной формуле два важных петрофизических параметра – пористость и остаточную водонасыщенность. Если использование эффективной пористости исключает поры, не участвующие в процессе фильтрации за счет содержания глинистой фракции, то в дополнение к этому остаточная насыщенность учитывает поры малого радиуса, заполненные смачивающей жидкостью и не участвующие в процессе движения флюидов вследствие капиллярных сил. Таким образом, модель Козени-Кармана, основанная на представлении порового пространства пучком отдельных невзаимосвязанных капилляров, с введением остаточной водонасыщенности приводится к условиям, близким к реальной породе, где поры взаимосвязаны между собой. В итоге, была получена модель, которая позволяет исключать недостатки модели Jude O. Amaefule, Mehmet Altunbay (7) и учитывает связанную воду, что дает более правильное определение коэффициента проницаемости. В результате, полученная модель принимает следующий вид:

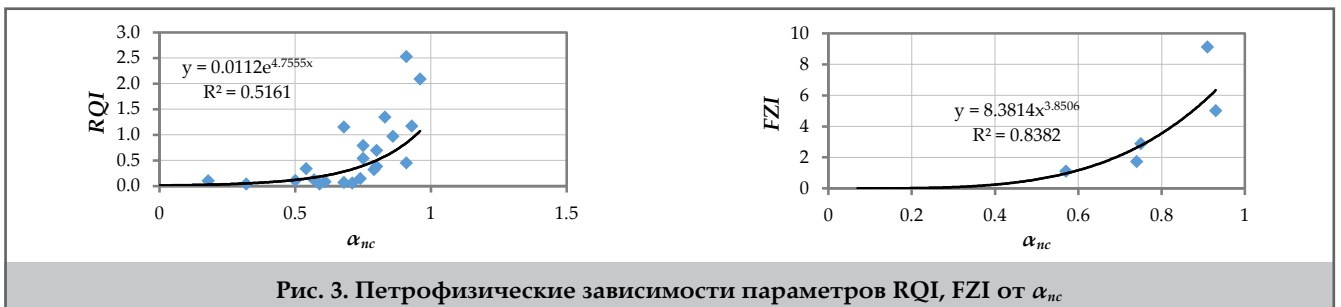
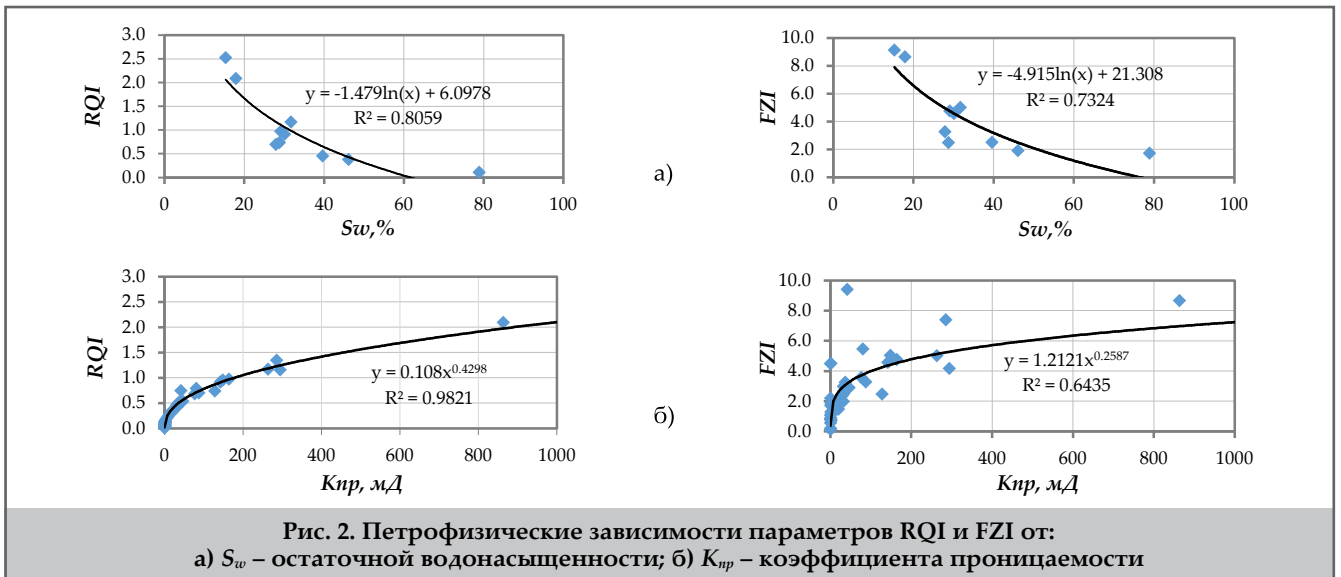
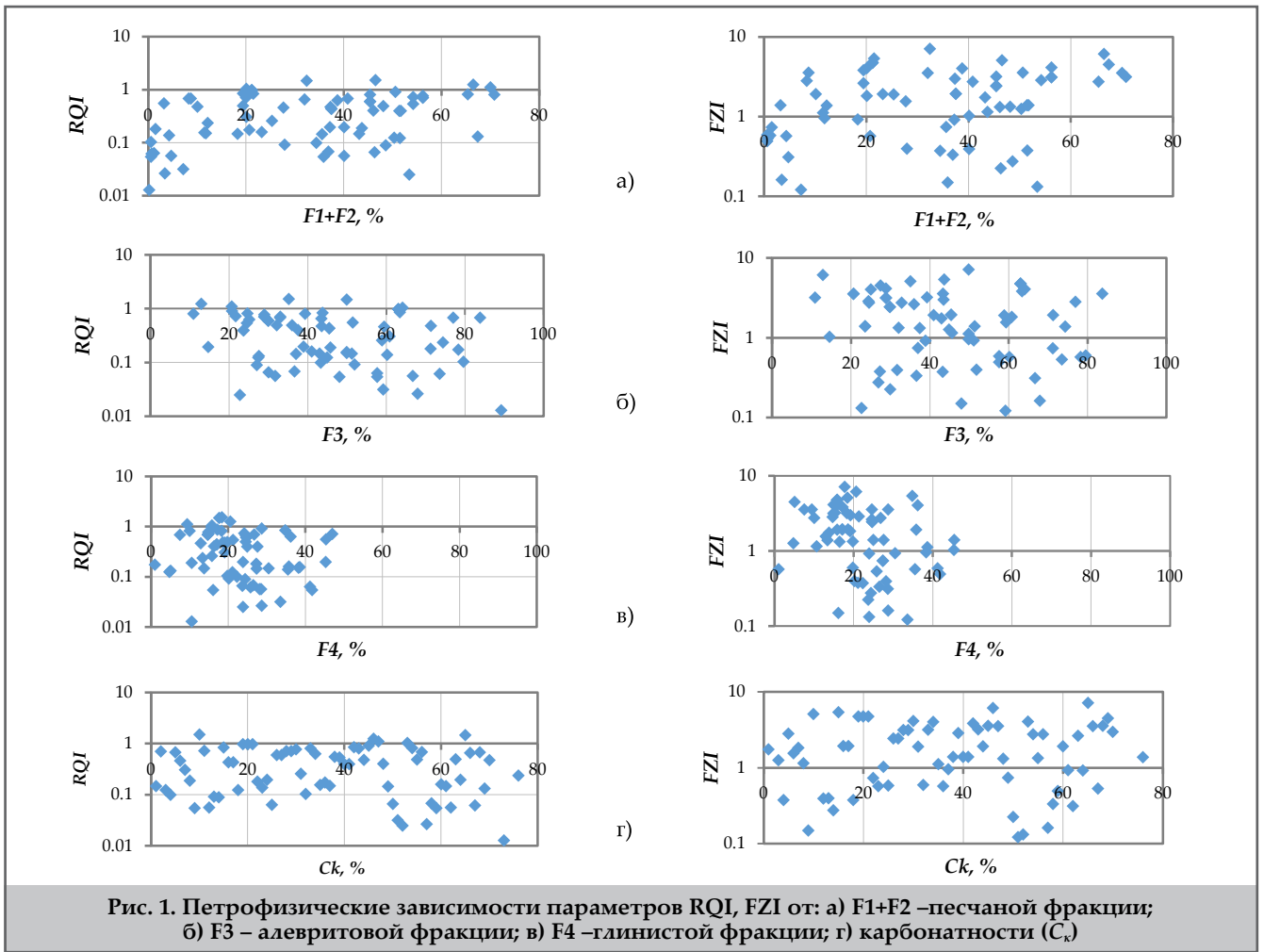
$$k = \frac{\phi^3}{(1-\phi)^2} * \frac{1-S_{wi}}{F \tau^2 S_{gv}} \quad (7)$$

где, K_{np} – проницаемость; ϕ – пористость; S_{wi} – остаточная водонасыщенность; τ – гидродинамическая извилистость; S_{gv} – удельная площадь поверхности.

На примере месторождений Сангачал-Дуванний-Хара-Зиря адасы и Булла-дениз были вычислены значения «Индекса качества пластов» (RQI) и «Индикатора зоны потока» (FZI). Для оценки этих параметров по результатам ГИС были получены петрофизические зависимости RQI, FZI от литологического состава, а также от ряда других параметров (коэффициента водонасыщения, проницаемости и карбонатности) (рис. 1, 2).

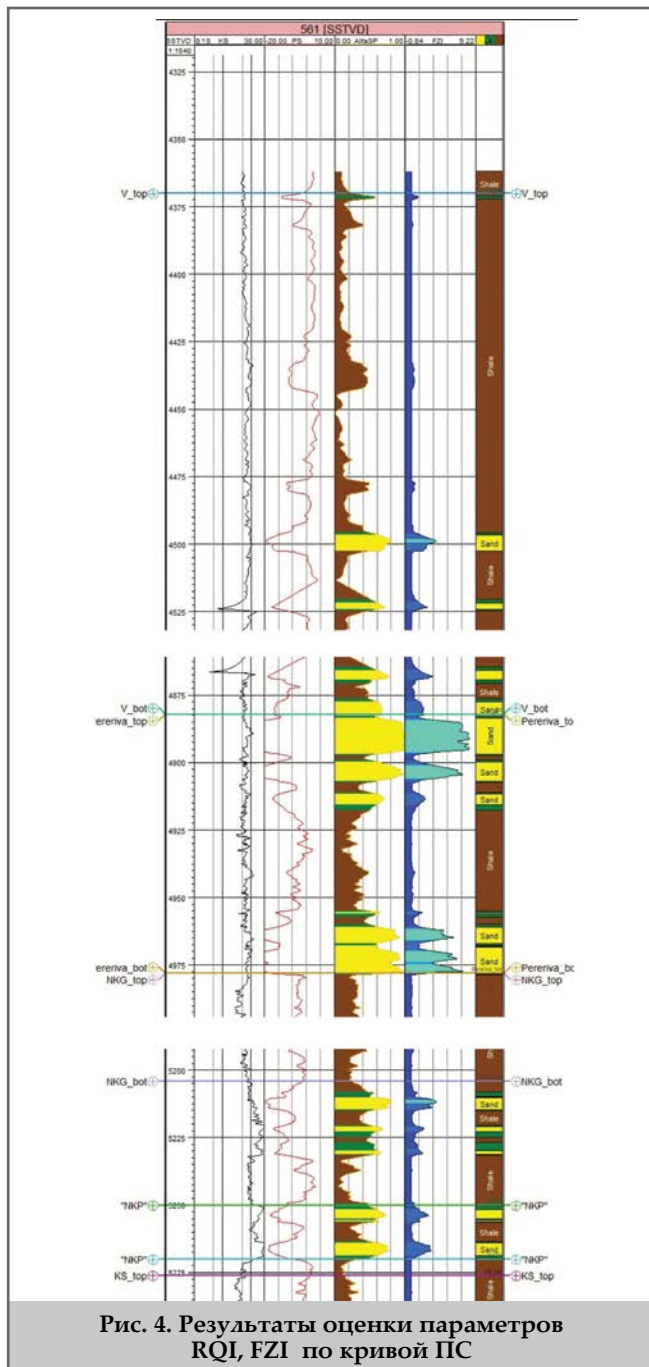
Как видно из построенных графиков корреляционная связь между этими параметрами и коэффициентами литологического состава не наблюдается, вследствие чего были построены графики зависимости «Индекса качества пластов» (RQI) и «Индикатора зоны потока» (FZI) от коэффициента водонасыщенности и проницаемости (рис. 2). Исходя их построенных корреляционных связей, отмечается довольно тесная связь между параметрами RQI (и FZI) с коэффициентом водонасыщенности S_w и проницаемостью K_{np} , которая подтверждается высокой степенью достоверностью ($R^2 > 0.64$). Для образцов с низкими значениями остаточной водонасыщенности характерны высокие значения RQI (и FZI). В тоже время, с увеличением коэффициента проницаемости наблюдается тенденция увеличения этих параметров.

В таблице приведены средние значения коллекторских свойств данного месторождения, где основным про-



Средние значения коллекторских свойств месторождений Сангачал-Дуванный-Хара-Зиря адасы и Булла дениз							Таблица
Горизонт	Количество скважин	Количество опред-й	K_{pr} , %	K_{np} , мД	$C_{га}$, %	RQI	FZI
V	27	59	$\frac{2.3-25.1}{12.6}$	$\frac{0.16-148}{20.12}$	$\frac{9.2-88.1}{34.01}$	$\frac{0.04-0.96}{0.31}$	$\frac{0.35-13.28}{3.02}$
VII	25	76	$\frac{3-22.5}{18.3}$	$\frac{0.01-382}{63.12}$	$\frac{5.1-79.9}{23.8}$	$\frac{0.01-1.48}{0.45}$	$\frac{0.16-7.12}{2.52}$
VIII	6	30	$\frac{7-25}{15.5}$	$\frac{0.1-863}{15.4}$	$\frac{7.3-94.3}{44.7}$	$\frac{0.03-2.09}{0.67}$	$\frac{0.2-8.65}{3.48}$

Примечание: в числителе диапазон изменения параметра, в знаменателе средние значения



дуктивным горизонтом является VII горизонт. По исследуемым параметрам они хорошо разделяются, и эти параметры могут быть предложены в качестве критериев для характеристики продуктивных горизонтов. Для оценки этих параметров по результатам ГИС нами были получены петрофизические зависимости RQI, FZI от α_{nc} – относительного параметра потенциала самопроизвольной поляризации (рис. 3). Как видно, из построенных графиков повышенным значениям α_{nc} (>0.5) характерно заметное увеличение параметров RQI и FZI, что свойственно пластам-коллекторам с высокими фильтрационно-емкостными свойствами.

Полученные зависимости были использованы для интерпретации исходной каротажной кривой ПС. На рисунке 4 приведен пример оценки параметров RQI, FZI по кривой ПС. Предварительно кривая каротажа была пересчитана в кривую относительного параметра α_{nc} . Как видно из построенного планшета, в исследуемом разрезе скважины хорошо выделяются зоны потоков, что определяет их фильтрационные способности входящих в продуктивный слой.

Выводы

1. На основе керновых данных рассчитаны параметры (FZI, RQI), характеризующие качество коллекторов;
2. Предложена модель проницаемости с учетом связанной воды, которая дает более правильное определение проницаемости;
3. На примере данных месторождения Сангачал-Дуванный-Хара-Зиря-адасы и анализа полученных петрофизических зависимостей RQI, FZI от литологического состава, карбонатности (C_K), S_w , K_{np} и α_{nc} выявлено наличие (или отсутствие) связей между этими параметрами;
4. Используя построенные зависимости $FZI = f(\alpha_{nc})$, $RQI = f(\alpha_{nc})$ проведена интерпретация данных ГИС и рассчитан параметр FZI по разрезу скважин исследуемой площади;
5. Оценка параметров RQI, FZI позволило более точно определить качественные характеристики пород-коллекторов и фильтрационные способности пластов.

Литература

1. Salmanov, Ə. M., Eminov, Ə. Ş., Abdullayeva, L. Ə. (2015). Azərbaycan neft yataqlarının işlənməsinin cari vəziyyəti və geoloji mədəni göstəriciləri. *Baku: ADNSU*.
2. Amaefule, J. O., Altunbay, M., Tiab, D., et al. (1993, October). Enhanced reservoir description: Using core and log data to identify hydraulic (flow) units and predict permeability in uncored intervals/wells. SPE-26436-MS. In: *SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston. Society of Petroleum Engineers*
3. Samadzadeh, A. A. (2018, December). Improving the Kozeny-Karman model for estimation the quality of natural reservoirs of oil and gas. Proceedings of the International Conference dedicated to the 90th anniversary of academician A. Mirzajanzade. *Azerbaijan, Baku: ASOIU*.
4. Алияров, Р. Ю., Рамазанов, Р. А., Самедзаде, А. А. (2018). Совершенствование метода оценки проницаемости горных пород-коллекторов природных резервуаров нефти и газа. *Нефтегазопромислое дело*, 5, 15-21.

References

1. Salmanov, A. M., Eminov, A. Sh., Abdullayeva, L. A. (2015). Azerbaijan neft yataqlarının işlənilməsinin cari vəziyyəti və geoloji mədəni göstəriciləri. *Baku: ADNSU*.
2. Amaefule, J. O., Altunbay, M., Tiab, D., et al. (1993, October). Enhanced reservoir description: Using core and log data to identify hydraulic (flow) units and predict permeability in uncored intervals/wells. SPE-26436-MS. In: *SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston. Society of Petroleum Engineers*
3. Samadzadeh, A. A. (2018, December). Improving the Kozeny-Karman model for estimation the quality of natural reservoirs of oil and gas. Proceedings of the International Conference dedicated to the 90th anniversary of academician A. Mirzajanzade. *Azerbaijan, Baku: ASOIU*.
4. Aliyarov, R. Y., Ramazanov, R. A., Samedzade, A. A. (2018). Enhanced permeability estimation method of oil and gas reservoir rocks. *Oilfield Engineering*, 5, 15-21.

Оценка качества коллекторов по некоторым месторождениям Бакинского архипелага

A. A. Samadzade

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан

Реферат

В статье рассмотрены способы оценки качества коллекторов, используя данные кернового материала и геофизических методов исследований скважин. Для выявления наличия (или отсутствия) связей между анализируемыми параметрами, проведено сопоставление параметров характеризующих фильтрационные способности пород-коллекторов с их литологическим составом, коэффициентом водонасыщенности, пористостью и содержанием карбонатного материала. На примере данных некоторых месторождений северной части Бакинского архипелага применена усовершенствованная методика оценки проницаемости и проведена оценка качества коллекторов на основе данных скважинной геофизики.

Ключевые слова: порода-коллектор; керн; пористость; проницаемость; каротаж; качество пород-коллекторов.

Bakı arxipelaqının bəzi yataqları üzrə kollektorların keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi

A. A. Səmədzadə

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan

Xülasə

Məqalədə kern və quyu geofiziki tədqiqat üsullarının məlumatlarından istifadə etməklə kollektor-layların keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üsulları araşdırılıb baxılmışdır. Təhlil edilən parametrlər arasında əlaqələrin mövcudluğunu (və ya olmamasını) müəyyən etmək üçün, lay süxurlarının süzülmə qabiliyyətini xarakterizə edən parametrlərin onların litoloji tərkibi, su ilə doyma əmsalı, məsaməliliyi və karbonat materialının tərkibi ilə müqayisəsi aparılmışdır. Bakı arxipelaqının şimal hissəsindəki bəzi yataqlardan əldə edilən məlumatların nümunəsində keçiriciliyin qiymətləndirilməsi üçün təkmilləşdirilmiş üsul tətbiq edilmiş və quyuların geofiziki tədqiqat məlumatları əsasında kollektor-layların keyfiyyəti qiymətləndirilmişdir.

Açar sözlər: kollektor; kern; məsaməlilik; keçiricilik; karotaj; kollektor-layın keyfiyyəti.