

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КОЛЛЕКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮКБ

А.А.Самедзаде

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

Ключевые слова: *фильтрационно-емкостные свойства, качество коллекторов, кластерный анализ, Индекс Качества Пластов (ИКП), Индикатор Зоны Потока (ИЗП)*

Аннотация

В настоящее время одной из актуальных задач нефтегазовой геологии является оценка качества пород-коллекторов природных резервуаров нефти и газа. В статье проведен анализ петрофизических параметров образцов пород месторождений Южно-Каспийского осадочного бассейна с целью обоснования количественной интерпретации данных скважиной геофизики для оценки параметров RQI, FZI. Для этого были вычислены значения параметров RQI, FZI и построены корреляционные зависимости этих параметров от относительной амплитуды естественных потенциалов регистрируемых в скважинах.

На примере месторождений Бахар и Сангачалы-Дуванный-Хара-Зирия и Булла дениз проведена интерпретация скважинных каротажных данных с оценкой параметров RQI, FZI с учетом коэффициента остаточной водонасыщенности коллекторов.

Для выделения классов пород с различными значениями параметров RQI, FZI проведен многомерный кластер-анализ и выделены группы пород, различающиеся по фильтрационно-емкостным свойствам и вещественным составам.

Введение

Одной из сложных и актуальных задач в нефтегазовой геологии является оценка качества коллекторов месторождений нефти и газа. Качество коллекторов нефти и газа определяется параметрами фильтрационно-емкостных свойств пород, на которые влияют множество факторов, такие как структура порового пространства, взаимосвязь поровых каналов, размер зерен, минералогический состав скелета пород, содержание глинистой и карбонатной компоненты и др. Разработка методов учета всех этих параметров гео-

логических объектов на качество пород и оценка параметров, характеризующих свойства пластов-коллекторов в скважинах является актуальной задачей для повышения эффективности разработки месторождений нефти и газа.

При решении задач такого типа в каждом нефтегазоносном регионе широко используются методы, основанные на установлении петрофизических корреляционных связей между физическими параметрами пород, полученные по результатам экспериментальных исследований образцов кернов, и эти петрофизические связи не носят универсальный характер. Разработка способов и подходов универсальных петрофизических моделей будет способствовать повышению извлечения полезных данных о свойствах пластов при интерпретации геофизических данных.

Используемые методы

Для оценки проницаемости горных пород коллекторов в нефтегазовых месторождениях широко применяется модель Козени-Кармана [3,5], которая описывает связь между коэффициентом проницаемости (k) и параметрами пористости (ϕ), гидравлической извилистостью (τ), удельной поверхностью пород (S_{gv}), а также геометрическим параметром (F_s), значения которого зависят от формы поровых каналов и для капилляров цилиндрической формы принимаются равными 2. Формула Козени-Кармана имеет следующий вид:

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

Поскольку сравнение результатов расчетов проницаемости на основе уравнения Козени-Кармана и экспериментальных исследований керновых образцов пород в некото-

рых случаях показали расхождения связанные, как мы считаем с учетом некоторых геологических факторов, таких как например, наличие на поверхности капилляров пленки связанной воды. Для уменьшения этих погрешностей рядом исследователей проводились попытки совершенствования модели Козени-Кармана [3,5]. Одной из наиболее распространенных методик, является модель, предложенная Jude O. Amaefule, Mehmet Altunbay и др. [4].

Недостатком модели Jude O. Amaefule и др. является то, что средний гидравлический радиус пор был предложен без учета остаточной водонасыщенности, которая в зависимости от ее количества снижает проницаемость пород-коллекторов.

Путем учета остаточной водонасыщенности (S_{wi}) была получена усовершенствованная модель Козени-Кармана, которая имеет следующий вид [2]:

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

Jude O. Amaefule, Mehmet Altunbay, и др. [4] были предложены параметры для оценки качества коллекторов и выделения зон течения флюидов. Эти параметры представляются Индексом Качества Пластов (ИКП) и Индикатором Зоны Потoka (ИЗП). Вычисления данных параметров осуществляются в предложенных формулах:

$$RQI = 0.0314 * \sqrt{\frac{k}{\phi_e}} \quad (3)$$

$$FZI = \frac{RQI}{\phi_z} \quad (4)$$

$$\phi_z = \frac{\phi_e}{1 - \phi_e} \quad (5)$$

где, RQI (Reservoir Quality Index) – индекс качества коллектора, (μm); FZI (Flow Zone Indicator) – индикатор зоны потока; ϕ_z – (pore volume to grain volume ratio) – индекс нормализованной по-

ристости; k – проницаемость; ϕ_e – эффективная пористость.

С учетом модели, предложенной в работах, эти параметры будут иметь следующий вид:

$$FZI = \frac{1 - S_{wi}}{\sqrt{F_s} \tau S_{gv}} = \frac{RQI}{\phi_z} \quad (6)$$

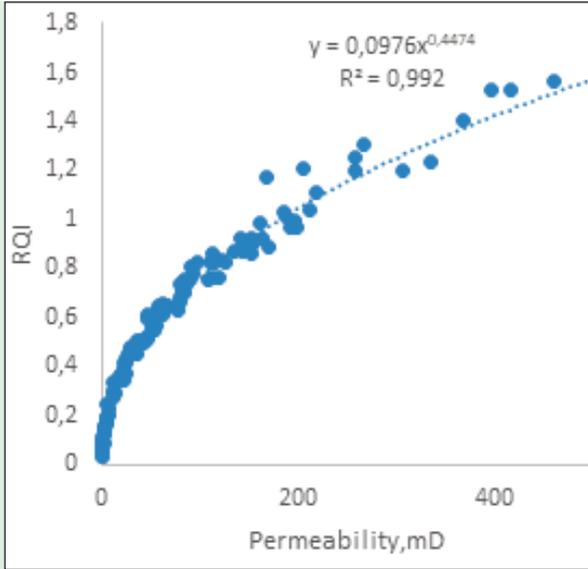
Методика оценки качества пород коллекторов была опробована на месторождениях Бахар Южно-Абшеронской акваториальной зоны и Сангачалы-Дуваный-Хара Зиря и Булла дениз, расположенный в основном в пределах северной части Бакинского архипелага [1]. Для данных месторождений вычислены значения параметров «Индекс качества пластов» (RQI) и «Индикатор зоны потока» (FZI), а также построены графики петрофизических зависимостей данных параметров от коэффициента проницаемости, пористости, остаточной водонасыщенности и $\alpha_{\text{пс}}$ (рис. 1).

Представляет интерес определение литологических типов пород-коллекторов, слагающих резервуары углеводородов изучаемых месторождений.

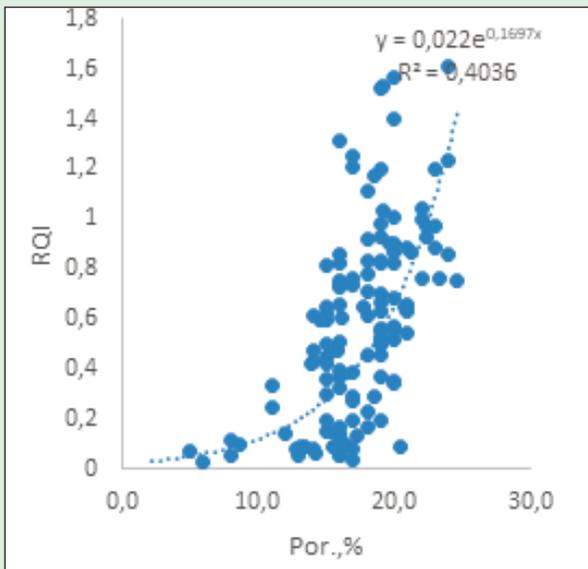
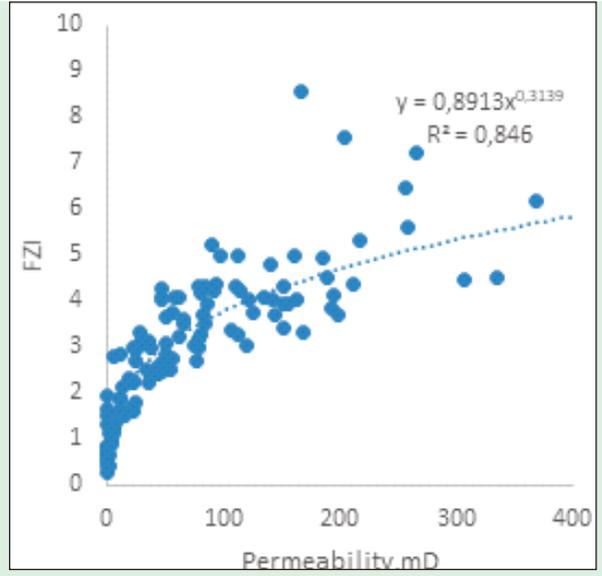
Для решения этой задачи были выбраны два способа: многомерный кластерный анализ и метод, предложенный в работе [4] на основе выделения гидравлических потоков. По результатам кластерного анализа и методике Jude O. Amaefule можно выделить 5 лито-фациальных групп, которые отличаются своими петрофизическими свойствами (рис. 2).

Ниже приводится таблица средних значений фильтрационно-емкостных параметров по данным месторождениям (Таблица 1,2). Как видно из таблицы, породы имеющие высокие значения по параметрам RQI и FZI являются наиболее благоприятными породами для преобразования и скопления углеводородов.

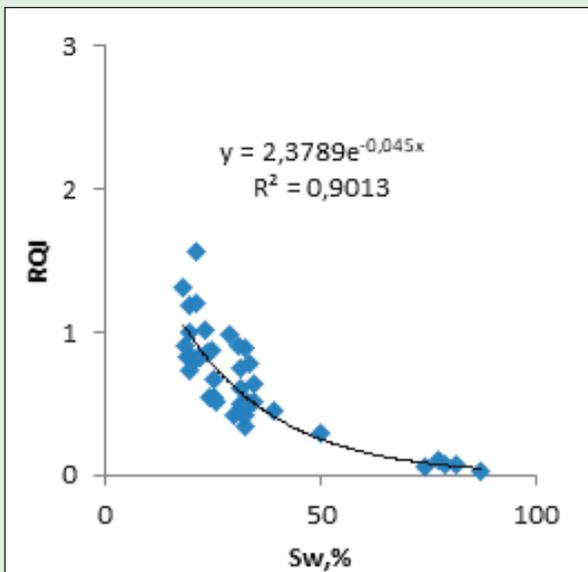
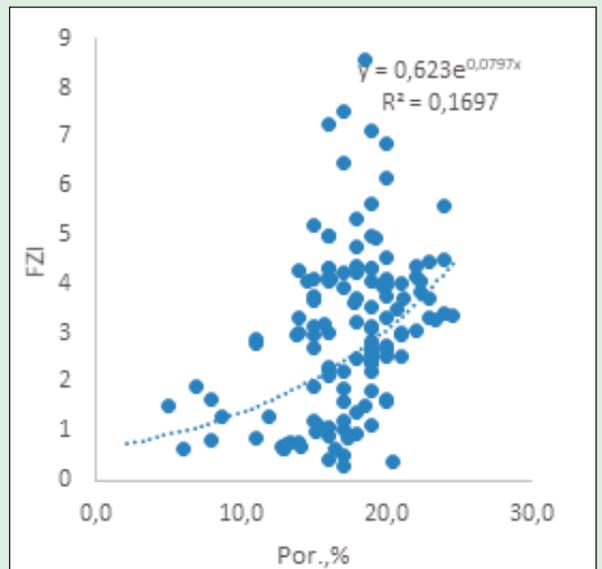
Использование многомерного кластерного анализа позволяет количественно охарактеризовать процедуру выделения классов с точки зрения их литологических типов и, следовательно, учитывать генезис этих групп.



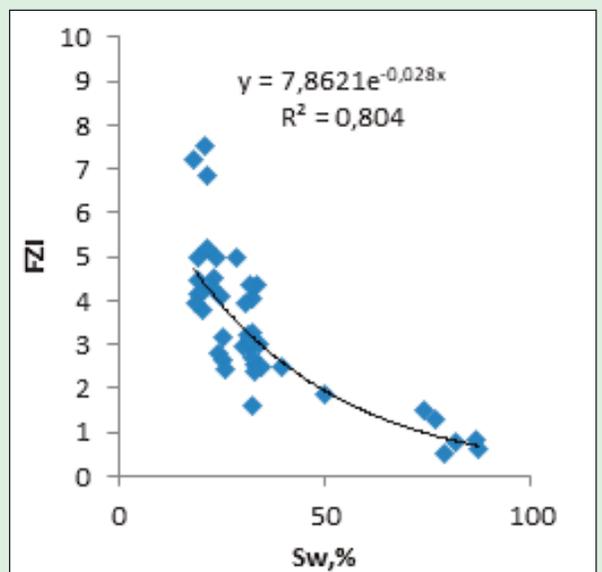
a)



b)



b)



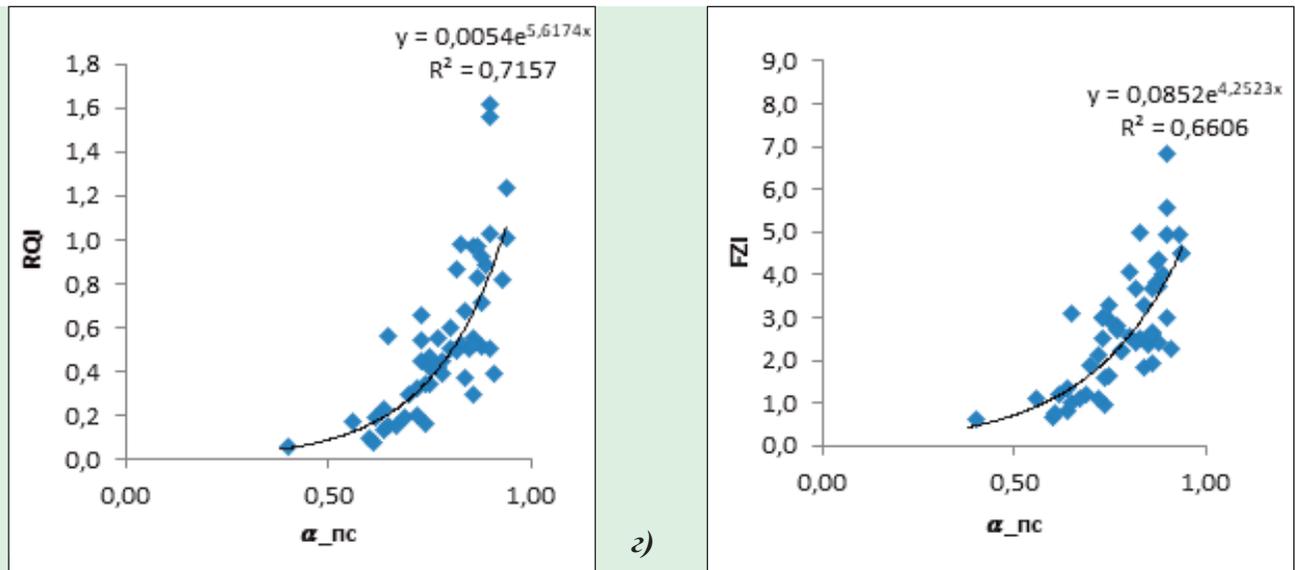


Рис.1 Петрофизические зависимости параметров RQI и FZI от:

а) $K_{пр}$ – коэффициента проницаемости; б) $Kп$ - коэффициента пористости;

в) S_w – остаточной водонасыщенности; $\alpha_{пс}$ - потенциала самополяризации (месторождение Бахар)

Параметр	Фациальные типы пород				
	I	II	III	IV	V
Пористость, %	20,40	19,80	19,66	18,20	16,30
Проницаемость, мД	380,75	168,60	109,50	42,40	5,5
S_w	24,61	25,16	26,70	31,00	64,10
RQI	1,43	0,94	0,75	0,48	0,17
FZI	5,58	3,82	3,02	2,11	0,82

Таблица 1. Средние значения фильтрационно-емкостных параметров для выделенных лито-фациальных типов пород по месторождению Бахар

Параметр	Фациальные типы пород				
	I	II	III	IV	V
Пористость, %	18,00	17,37	17,19	13,98	15,30
Проницаемость, мД	649,80	155,94	54,23	9,31	0,45
S_w	16,60	28,35	30,30	62,50	65,30
RQI	1,68	0,87	0,52	0,22	0,06
FZI	8,64	4,79	2,87	1,63	0,62

Таблица 2. Средние значения фильтрационно-емкостных параметров для выделенных лито-фациальных типов пород по месторождению Сангачалы-Дуванный-Хара Зиря и Булла дениз

На рис.2 показана графическая процедура выделения классов пород, предложенная в работе [6]. Как видно из графика наиболее хорошими фильтрационно-емкостными свойствами по данным FZI (>5.0) имеют породы первой лито-фациальной группы, а породы, обладающие низкими значениями FZI (<1.5) характеризуются меньшей проницаемостью.

фильтрационно-емкостными свойствами пород, т.е. учитывать неоднородность природных резервуаров.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А.А.Самедзаде "Трёхмерные петро-физические модели по качественным характеристикам и фильтрационным способностям пластов-коллекторов (на примере месторождения Сангачал-Дуванный-Хара-Зиря адасы)", Азербайджанское Нефтяное Хозяйство, Баку, 09.2022, стр.-23-27.

2. Р.Ю.Алиев, Р.А.Рамазанов, А.А.Самедзаде. "Совершенствование метода оценки проницаемости горных пород-коллекторов природных резервуаров нефти и газа", Нефтегазопромышленное дело, Москва, стр. 15-21. 05/2018.

3. J.Kozeny, "Ueber kapillare Leitung des Wassers im Boden." Sitzungsber Akad. Wiss., Wien, 136(2a): 271-306, 1927

4. J.O.Amaefule, M.Altunbay, D. Tiab, et al. Enhanced Reservoir Description: Using Core and Log Data to Identify Hydraulic (Flow) Units and Predict Permeability in Uncored Intervals/Wells. Presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, 3-6 October. SPE 26436.1993.

5. P.C.Carman, "Fluid flow through granular beds." Transactions, Institution of Chemical Engineers, London, 15: 150-166, 1937

6. Wanida Sritongthae, "Petrophysical Rock Typing: Enhanced Permeability Prediction and Reservoir Descriptions", Search and Discovery Article #51265, Characterization of Asian Hydrocarbon Reservoirs, Bangkok, Thailand, March 31-April 1, 2016

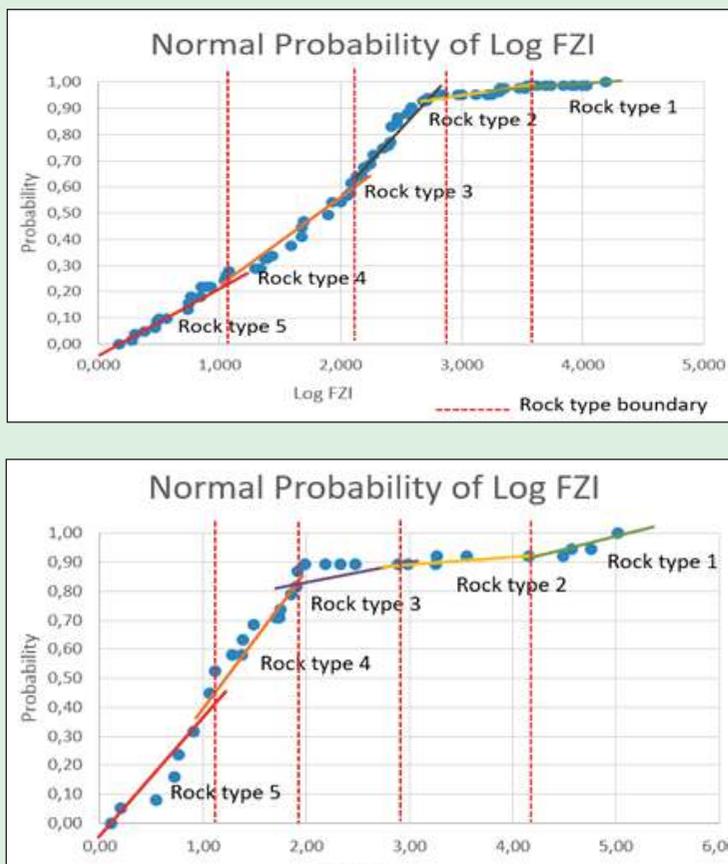


Рис.2 График распределения нормальной вероятности логарифма FZI (а) месторождение Бахар; б) Сангачалы-Дуванный-Хара Зиря и Булла дениз

Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- использование усовершенствованной модели Козени-Кармана с учетом остаточной водонасыщенности позволит более точно определить качественные характеристики нефтегазоносных пластов;

- для построения гидродинамической модели природного резервуара нефти и газа, выделение лито-фациальных групп имеет важное значение, поскольку позволяет выделять в разрезе скважин участки с различными петрофизическими и

A.A.Səmədzadə

CƏNUBİ XƏZƏR HÖVZƏSİ YATAQLARININ TİMSALINDA KOLLEKTORLARIN KƏMİYYƏTCƏ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNİN PETROFİZİKİ ƏSASLARI

XÜLASƏ

Hazırda neft və qaz geologiyasının təxirəsalınmaz vəzifələrindən biri neft və qazın təbii laylarındakı lay süxurlarının keyfiyyətinin qiymətləndirilməsidir. Məqalədə RQI, FZI parametrlərinin qiymətləndirilməsi üçün quyuların geofiziki məlumatlarının kəmiyyət şərhini əsaslandırmaq məqsədilə Cənubi Xəzər çöküntü hövzəsinin yataqlarından süxur nümunələrinin petrofiziki parametrləri təhlil edilir. Bunun üçün RQI, FZI parametrlərinin qiymətləri hesablanmış və bu parametrlərin quyularda qeydə alınan təbii potensialların nisbi amplitudasından korrelyasiya asılılıqları qrafiki qurulmuşdur.

Bahar və Səngəçal - Duvannı - Xərə-Zirə - Bulla dəniz yataqlarının timsalında quyuların elektrometrik məlumatlarının şərhli layların qalıq su ilə doyma əmsalı nəzərə alınmaqla RQI, FZI parametrlərinin qiymətləndirilməsi ilə aparılmışdır.

RQI, FZI parametrlərinin müxtəlif qiymətlərinə malik süxurların siniflərini müəyyən etmək üçün çoxölçülü klaster analizi aparılıb və filtrasiya-tutum xüsusiyyətlərinə və material tərkibinə görə fərqlənən süxur qrupları müəyyən edilib.

A.A.Samadzada

PETROPHYSICAL BASIS OF QUANTITATIVE RESERVOIR EVALUATION IN CASE OF THE SOUTH CASPIAN BASIN

ABSTRACT

Currently, one of the urgent tasks of oil and gas geology is to assess the quality of reservoir rocks in oil and gas reservoirs. The quality of reservoirs in oil and gas fields can be determined by the parameters of reservoir properties of rocks. In this article, studies were carried out to solve this problem and were discussed the research methods for a particular field. For further research, there were plotted the graphs of petrophysical dependences of qualitative parameters RQI, FZI on the permeability coefficient and residual water saturation.

In case of Bahar and Sangachal - Duvanny - Khara-Zirya - Bulla deniz fields the interpretation of well logging data was carried out with the estimation of RQI, FZI parameters, taking into account the coefficient of residual water saturation of reservoirs.

To identify classes of rocks with different values of RQI, FZI parameters, a multidimensional cluster analysis was carried out and groups of rocks that differ in reservoir properties and material composition were identified.