

## СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ И ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД

В.А. Шмырина<sup>1</sup>, В.П. Морозов<sup>2</sup>, Я.Х. Саегалеев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени, Тюмень, [shmyrina@nipi.ws.lukoil.com](mailto:shmyrina@nipi.ws.lukoil.com)

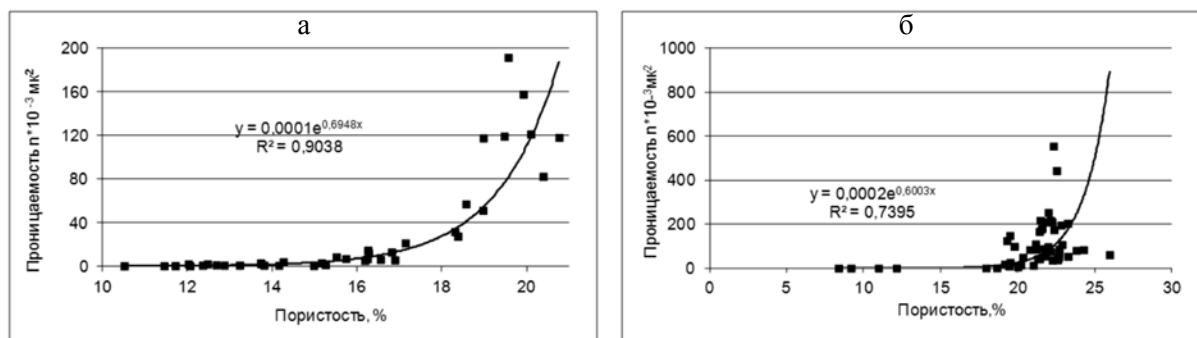
<sup>2</sup>Казанский федеральный университет, Казань, [Vladimir.Morozov@ksu.ru](mailto:Vladimir.Morozov@ksu.ru)

Формирование коллекторских свойств породы происходит на различных стадиях литогенеза, которым соответствуют различные факторы, определяющие пористость и проницаемость осадочных толщ. Следовательно, и влиять они будут по-разному: одни будут способствовать ухудшению, другие — улучшению коллекторских свойств.

Объектами исследования являются нефтяные продуктивные пласты нижнемелового (пласт БС<sub>11</sub><sup>1</sup>) и верхнеюрского (пласт ЮС<sub>1</sub><sup>1</sup>) возрастов, отложения которых представлены близкими по составу терригенными породами, различающиеся по коллекторским свойствам.

В работе проводится статистическая обработка данных гранулометрического анализа обломочных пород, их пористости и проницаемости, а также содержания глинистых минералов.

В первую очередь была проанализирована связь между проницаемостью и пористостью отложений основных продуктивных пластов ЮС<sub>1</sub><sup>1</sup> и БС<sub>11</sub><sup>1</sup> при помощи различных функций. Наиболее тесные связи между этими параметрами установлены при аппроксимациях в виде экспоненциальной функции. Однако, как видно на рисунке, значения этих параметров не строго ложатся на экспоненциальную кривую. При больших значениях пористости и проницаемости наблюдаются наибольшие их разбросы, что хорошо видно на правой части приведенных графиков. Это указывает на многофакторность связей, которые могут определяться как седиментогенно-катагенетическими процессами, так и вторичными изменениями наложенного характера. Для определения влияния названных факторов на коллекторские свойства пород построены другие графики, позволяющие оценить роль каждого из них. Однако привести в работе большое число построенных графиков не представляется возможным, поэтому их данные сведены в таблицу 1.



Графики зависимости проницаемости от пористости: а – для пласта ЮС<sub>1</sub><sup>1</sup>, б – для пласта БС<sub>11</sub><sup>1</sup>

Анализ таблицы показывает, что между коррелируемыми данными имеются как положительные, так и отрицательные связи. Интерпретация данных таблицы 1 может быть выполнена на основе определяющих их факторов (табл. 2). К числу таких факторов относятся, с одной стороны, седиментогенез, диагенез и катагенез (в работе используется термин «седиментогенез-катагенез»), а с другой, вторичные изменения наложенного характера.

Так, например, седиментогенез и последующие стадии (диагенез и катагенез) определяют положительные связи между пористостью и проницаемостью, с одной стороны, и медианным размером зерен, с другой. Положительная связь свидетельствует о том, что с увеличением медианного размера зерен наблюдается увеличение пористости и проницаемости. Это соответствует положениям механогенного седиментогенеза. При процессах диагенеза и катагенеза такая закономерность в целом измениться не может.

Таблица 1. Таблица зависимостей между данными коллекторских свойств обломочных пород, их гранулометрическим составом и содержанием глинистых минералов

	Пористость, %	Проницаемость, $n \cdot 10^{-3}$ мкм <sup>2</sup>	Md, мкм	So	Содержание ПФ, %	Содержание каолинита в ПФ, %	Содержание хлорита в ПФ, %	Содержание ГССМ в ПФ, %
Пористость, %	–	+0,95 +0,83	+0,66 +0,05	–0,31 –0,11	–0,55 –0,36	+0,69 +0,17	–0,63 –0,26	–0,68 –0,26
Проницаемость, $n \cdot 10^{-3}$ мкм <sup>2</sup>	+0,95 +0,83	–	+0,77 +0,37	–0,29 –0,54	–0,60 –0,54	+0,82 +0,49	–0,77 –0,4	–0,77 –0,57
Md, мкм	+0,66 +0,04	+0,77 +0,37	–	–0,48 –0,11	–0,63 –0,36	+0,76 +0,31	–0,63 –0,32	–0,71 –0,45
So	–0,31 –0,11	–0,28 –0,53	–0,48 –0,11	–	+0,77 +0,44	–0,12 –0,29	+0,02 +0,14	+0,16 +0,40
Содержание ПФ, %	–0,55 –0,36	–0,55 –0,54	–0,63 –0,36	+0,77 +0,44	–	–0,41 –0,22	+0,41 +0,1	+0,36 +0,34
Содержание каолинита в ПФ, %	+0,69 +0,17	+0,82 +0,49	+0,76 +0,31	–0,12 –0,29	–0,41 –0,22	–	–0,88 –0,98	–0,97 –0,94
Содержание хлорита в ПФ, %	–0,63 –0,26	–0,77 –0,4	–0,63 –0,32	+0,02 +0,14	+0,42 +0,10	–0,88 –0,98	–	+0,72 +0,88
Содержание ГССМ в ПФ, %	–0,68 –0,26	–0,77 –0,57	–0,71 –0,45	+0,16 +0,40	+0,36 +0,34	–0,97 –0,94	+0,72 +0,88	–

*Примечание:* 1) Md — медианный размер зерен, So — коэффициент отсортированности, ПФ — пелитовая фракция, ГССМ — гидрослюдисто-смешанослойный минерал; 2) в верхней части ячеек данные для пласта ЮС<sub>1</sub><sup>1</sup>, в нижней для пласта БС<sub>11</sub><sup>1</sup>; количество данных для пласта ЮС<sub>1</sub><sup>1</sup> 42, для пласта БС<sub>11</sub><sup>1</sup> 53.

Обратные зависимости, т.е. отрицательные связи, установлены между пористостью и проницаемостью, с одной стороны, и коэффициентом отсортированности зерен, с другой, что также соответствует положениям механогенного седиментогенеза. Аналогичные рассуждения могут быть приведены и для других зависимостей, приведенных в левом столбце таблицы 2. Важным для всех пород отложений пластов БС<sub>11</sub><sup>1</sup> и ЮС<sub>1</sub><sup>1</sup> является то, что они могут быть интерпретированы с позиций механогенного седиментогенеза и последующих диагенеза и катагенеза.

Другой характер зависимостей, не обнаруживающих связей с седиментогенезом-катагенезом (т.е. процессами седиментогенеза и фонового литогенеза), получен при оценке связи содержания каолинита с коллекторскими свойствами пород, гранулометрическими коэффициентами, содержанием пелитовой фракции, а также хлоритом и гидрослюдисто-смешанослойными минералами (правый столбец таблицы 2).

Другой характер зависимостей, не обнаруживающих связей с седиментогенезом-катагенезом (т.е. процессами седиментогенеза и фонового литогенеза), получен при оценке связи содержания каолинита с коллекторскими свойствами пород, гранулометрическими коэффициентами, содержанием пелитовой фракции, а также хлоритом и гидрослюдисто-смешанослойными минералами (правый столбец таблицы 2).

Полученные данные указывают на то, что каолинит, в отличие от хлорита и гидрослюдисто-смешанослойных минералов, не является седиментогенно-катагенетическим, его следует относить ко вторичным, образованным в результате изменения полевых шпатов и прежде всего калиевого полевого шпата. На последнее обстоятельство указывают данные рентгенографического анализа. На дифрактограммах наблюдается зависимость: с уменьшением доли калиевого полевого шпата увеличивается содержание каолинита.

Наибольшее содержание каолинита, в отличие от других глинистых минералов, наблюдается в обломочных породах, обладающих большим медианным размером частиц и более высокой степенью их отсортированности, что объясняется изначально более высокой пористостью и проницаемостью таких отложений.

Таким образом, изложенный материал позволяет оценить роль двух основных факторов, контролирующих коллекторские свойства обломочных пород. К их числу относятся седиментогенно-катагенетический и вторичные изменения наложенного характера.

Таблица 2. Генетическая интерпретация зависимостей, приведенных в таблице 1

Факторы	
Седиментогенез-катагенез	Вторичные изменения
Пористость / проницаемость – медианный размер зерен (+)	
Пористость / проницаемость – коэффициент отсортированности зерен (-)	
Пористость / проницаемость – содержание пелитовой фракции / хлорита / ГССМ (-)	
Медианный размер зерен – коэффициент отсортированности (-)	
Медианный размер зерен – содержание пелитовой фракции / содержание хлорита / ГССМ (-)	
Коэффициент отсортированности зерен – содержание ПФ / содержание хлорита / ГССМ (+)	
Содержание пелитовой фракции – содержание хлорита / ГССМ (+)	
Содержание хлорита – содержание ГССМ (+)	
	Пористость / проницаемость – содержание каолинита (+)
	Медианный размер зерен – содержание каолинита (+)
	Коэффициент отсортированности зерен – содержание каолинита (-)
	Содержание пелитовой фракции / хлорита / ГССМ – содержание каолинита (-)

*Примечание:* в круглых скобках указан знак зависимости — положительный или отрицательный.