

К вопросу генетической интерпретации данных гранулометрического анализа песчаных пород батского яруса месторождения Западный Арал (Узбекская часть Северо-Устюртской впадины)

Л.П.ШАРАФУТДИНОВА (АО «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений» («ИГИРНИГМ»); 100059, г. Ташкент, ул. Шота Руставели, 114)

По материалам гранулометрического анализа песчаных пород скважин 1 и 2 месторождения Западный Арал определён генезис отложений батского яруса. На основе поэтапного применения различных методик интерпретаций гранулометрического состава и разнообразия аутигенных минералов обосновывается переходная обстановка седиментации. Ассоциация полученных гранулометрических признаков близка к дельтовому фациальному поясу.

Ключевые слова: Устюрт, батский ярус, гранулометрический состав, сортировка, медиана, коэффициент асимметрии, аутигенные минералы, дельтовый фациальный пояс.

Шарафутдинова Лейла Пулатовна



leylahon@rambler.ru

The issue of genetic interpretation of the granulometric analysis data of sandy rocks of the Bathonian Stage of the Western Aral field (the Uzbek part of the North Ustyurt depression)

L.P.SHARAFUTDINOVA («Institute of geology and prospecting for oil and gas deposits»)

The Bathonian layer genesis was determined on the basis of granulometric analysis of sandy rocks of 1 and 2 wells of the Western Aral field. The transitional sedimentation conditions are validated on the basis of phased application of various interpretation methods for granulometric composition and the diversity of authigenic minerals. The association of the obtained granulometric features is similar to the delta facies belt.

Key words: Ustyurt, Bathonian stage, granulometric composition, sorting, median, coefficient of asymmetry, authigenic minerals, delta facial belt.

Гранулометрический состав, определяющий основные петрофизические характеристики терригенных пород, является их важнейшей структурной характеристикой. На основании гранулометрического состава идентифицируется тип терригенной породы, строятся классификационные схемы, реконструируются литолого-фациальные условия образования, интерпретируются фильтрационно-ёмкостные свойства пород и др. Следует отметить, что гранулометрический метод исследования отличается своей универсальностью и полностью применим при изучении керн буровых скважин. В связи с этим он является одним из основных при исследовании песчано-алевритовых коллекторов [4, 6, 8].

Методика генетической интерпретации данных гранулометрического анализа. Гранулометрический состав образцов керн определялся методом ситового отсева (до фракций 0,05 мм) и отмучивания (более мелкие фракции). Для повышения точности гранулометрического анализа полученные результаты

сопоставлялись с данными описания шлифов под микроскопом ПОЛАМ при увеличении $\times 45$ [1, 4].

В целях удобства обработки громоздких числовых значений, результатов гранулометрического анализа и их генетической интерпретации были составлены кривые распределения и кумулятивные кривые. Методом построения кумулятивных кривых по известным формулам Траска были вычислены следующие важные статистические параметры: медиана (M_d), коэффициент сортировки (S_o), коэффициент асимметрии (A).

Распределения дают информацию о модальной величине размерности зёрен, о соотношении различных фракций и породообразующей доле, о глинистости. Эти параметры позволяют однозначно идентифицировать породу.

На протяжении многих лет литологи разных стран пытаются по гранулометрическому составу песчаного осадка воссоздать условия его образования. Эта проблема привлекает большое число специалистов во всём мире. Наиболее известный метод генетической

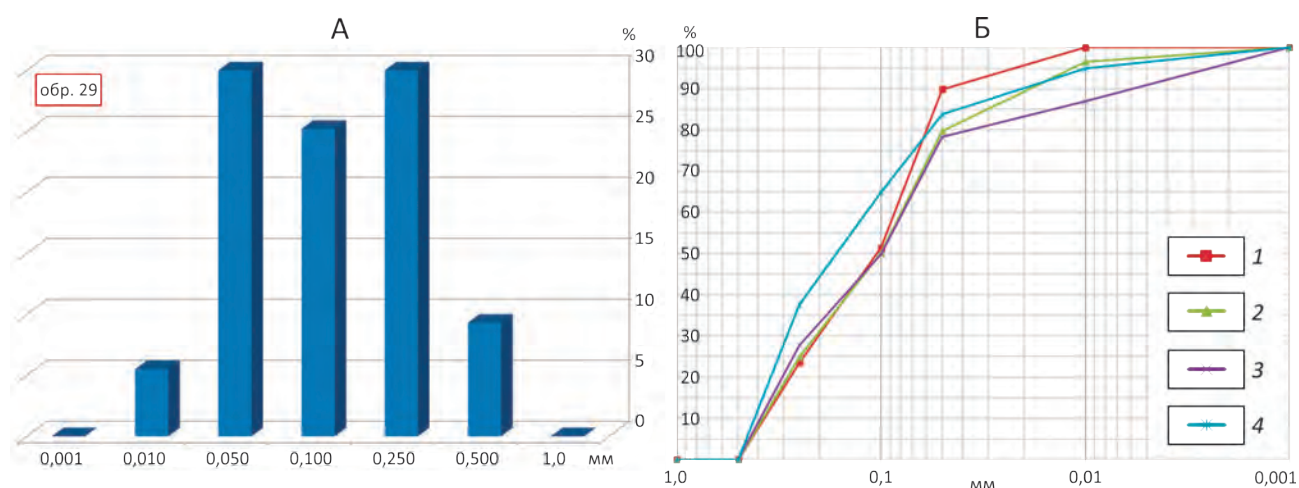


Рис. 1. Гистограмма (А) и кумулятивные кривые (Б) гранулометрического состава образцов песчаников батского яруса месторождения Западный Арал, скв. 1:

образцы: 1 – 19, 2 – 20, 3 – 21, 4 – 22

Основные гранулометрические характеристики песчаников батского яруса месторождения Западный Арал

№ обр.	Глубина, м	Md	S ₀	A	E	Литология
Скважина 1						
19	2452,75	0,11	1,92	0,016	-0,06	Песчаник с-м/з алевритовый
20	2452,87	0,1	2,14	0,015	-0,07	Песчаник с-м/з алевритовый
21	2453,33	0,1	2,24	0,015	-0,08	Песчаник м-с/з глинисто-алевритовый
22	2453,85	0,17	2,14	0,022	-0,05	Песчаник м-с/з алевритовый
25	2456,05	0,12	2,16	0,017	-0,06	Песчаник м-с/з глинисто-алевритовый
29	2458,09	0,17	2,09	0,028	-0,15	Песчаник р/з алевритовый
37	2463,37	0,11	2,30	0,016	-0,08	Песчаник м-с/з алевритовый
39	2464,90	0,13	2,28	0,016	-0,07	Песчаник м-с/з глинисто-алевритовый
44	2640,25	0,12	2,38	0,016	-0,07	Песчаник м-с/з глинисто-алевритовый
47	2641,07	0,095	2,03	0,011	-0,06	Песчаник с-м/з глинисто-алевритовый
51	2642,88	0,15	1,97	0,022	-0,05	Песчаник м-с/з алевритовый
55	2644,60	0,13	2,60	0,014	-0,06	Песчаник м-с/з алевритовый
66	2648,75	0,113	2,04	0,015	-0,06	Песчаник с-м/з глинисто-алевритовый
68	2715,20	0,14	1,92	0,016	-0,04	Песчаник с-м/з алевритовый
70	2715,60	0,15	2,04	0,020	-0,05	Песчаник м-с/з алевритовый
75	2717,15	0,13	2,32	0,014	-0,05	Песчаник с-м/з глинисто-алевритовый
Скважина 2						
56	2615,2	0,08	2,27	0,005	-0,03	Песчаник м/з алевритовый
58	2616,05	0,096	1,71	0,010	-0,02	Песчаник м/з алевритовый
61	2618	0,15	2,37	0,017	-0,05	Песчаник м/з алевритовый
67	2750	0,14	1,85	0,017	-0,05	Песчаник м-с/з алевритовый
90	2810	0,18	1,70	0,029	-0,04	Песчаник м/з алевритовый

Примечание. Песчаник: с-м/з – средне-мелкозернистый, м-с/з – мелко-среднезернистый, м/з – мелкозернистый, р/з – разнозернистый.

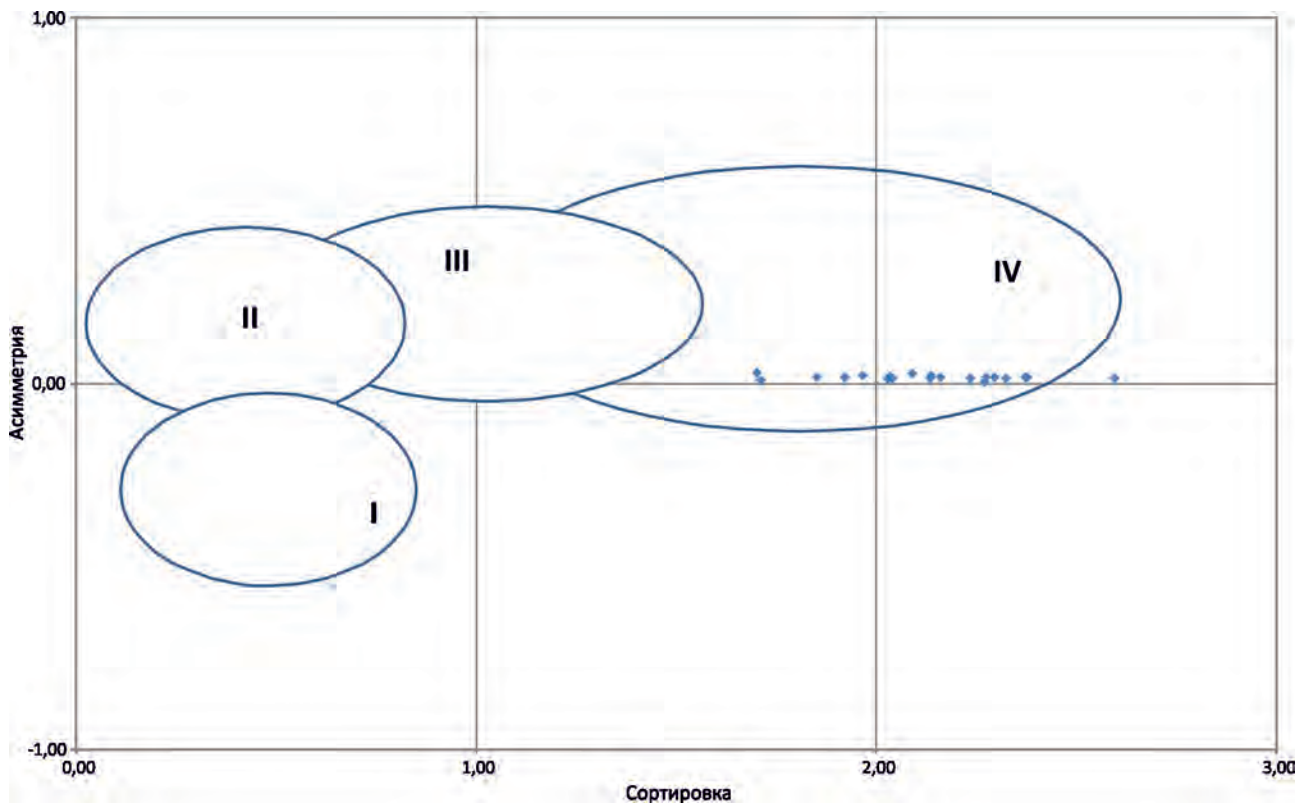


Рис. 2. Соотношение отсортированности и асимметрии в песчаных отложениях батского яруса различных обстановок для месторождения Западный Арал (скважины 1 и 2). По К.Бьёрликке:

отложения: I – пляжевые, II – эоловые, III – речные, IV – турбидиты

интерпретации фракционного состава – построение генетических диаграмм, из которых широко применяются являются диаграммы Р.Пассеги, Л.Б.Рухина, Г.Ф.Рожкова, К.Бьёрликке и других [3, 7–9].

Содержательной основой всех генетических диаграмм является положение о том, что гранулометрический состав осадков формируется под действием динамики среды осадконакопления, а каждой обстановке гранулоседиментогенеза присущи свойственные только ей особенности динамического режима. Таким образом, имея в своём распоряжении конечный продукт седиментации – гранулометрические анализы осадков, – можно восстановить и динамику среды, и саму обстановку восстановления осадков.

Диаграмма К.Бьёрликке основана на разных соотношениях отсортированности и характере асимметрии распределения фракций песчаных пород [2]. Динамическая диаграмма С–М, разработанная Р.Пассеги, учитывает способ транспортировки кластического материала качением, сальтацией, переносом частиц в виде градационной или однородной суспензии. Транспортировка крупно- и тонкозернистых фракций происходит независимо. Динамогенетическая диаграмма

Г.Ф.Рожкова основана на принципе различной по интенсивности механической дифференциации песчано-алевритовых частиц в различных фациях, что в основном определяется энергетическими уровнями динамических сил среды переноса и седиментации [5].

Также немаловажную роль в генетической интерпретации обломочных пород играют аутигенные минералы, являющиеся индикаторами определённых сред осадконакопления.

Изучение современных методов седиментационной трактовки данных гранулометрического анализа в совокупности с минералогической нагрузкой позволяет сделать вывод о том, что различные обстановки осадконакопления могут иметь близкие характеристики и наоборот, а сочетание нескольких имеющихся методов интерпретации позволит принять объективное, однозначное решение о фациальной принадлежности пород [3].

Гранулометрический и минералогический составы отложений батского яруса. Для выявления особенностей гранулометрического состава песчаных отложений батского возраста, вскрытых скважинами месторождения Западный Арал, были исследованы данные 21 образца из поисковых скважин 1 и 2.

При реконструкции среды осадконакопления использовались показатели распределения обломков по размерам (рис. 1). Анализ построенных гистограмм показал, что песчаные породы бата по количеству имеющих максимумов подразделяются преимущественно на одно- и двухвершинные.

По кумулятивным кривым сняты данные и рассчитаны основные гранулометрические характеристики образцов – медиана (Md), коэффициент сортировки (S_0), параметр асимметрии (A), мера эксцесса (E) – по следующим формулам [5].

Коэффициент сортировки:

$$S_0 = \sqrt{Q_3/Q_1} \quad (1).$$

Асимметрия:

$$A = \frac{Q_{16}+Q_{84}-2\cdot Q_{50}}{2\cdot(Q_{84}-Q_{16})} + \frac{Q_5+Q_{95}-2\cdot Q_{50}}{2\cdot(Q_{95}-Q_5)} \quad (2).$$

Эксцесс:

$$E = \frac{Q_{95}-Q_5}{2,44\cdot(Q_{75}-Q_{25})} \quad (3).$$

Данные, полученные по образцам батских отложений скважин 1 и 2 месторождения Западный Арал, представлены в таблице.

Предварительные выводы о генетической принадлежности исследуемых осадков устанавливались по обобщённым параметрам Фюхтбауэра и Мюллера, указывающим на речную обстановку осадконакопления – русло и прирусловые отмели (сортировка в основном $>1,2$, асимметрия <1) или условия морского мелководья – приливно-отливные зоны (сортировка плохая, асимметрия <1).

По палетке К.Бьёрликке, характеризующей соотношение сортировки к асимметрии, изучаемые породы могут быть отнесены к турбидитам (рис. 2), в данном случае, вероятно, являющимся результатом осаждения осадков из мутьевых потоков у подножия континентального склона [7].

На диаграмме Ф.Рожкова (рис. 3) все точки, свидетельствующие об эоловой переработке речных осадков, расположились в верхней половине прямоугольника поля VII.

Фигуративные точки на диаграмме Р.Пассеги сосредоточены в области турбидитов и речных отложений (осадки взвеси с некоторым количеством осадков перекатывания) (рис. 4, А). Большая часть точек на генетической диаграмме Л.Б.Рухина расположена в поле песчаников, отложенных при поступательном движении вод или в зоне течений (см. рис. 4, Б) [8].

По результатам рентген-дифрактометрического анализа выявленная ассоциация аутигенных минералов хлорит+гидрослюда+каолинит свидетельствует в пользу переходных условий осадконакопления (рис. 5). Преобладание в глинистой составляющей каолинита указывает на кислую среду, характерную для континентальной обстановки в условиях тёплого гумидного климата. Однако в образцах также отмечаются значительные содержания гидрослюды, хлорита и

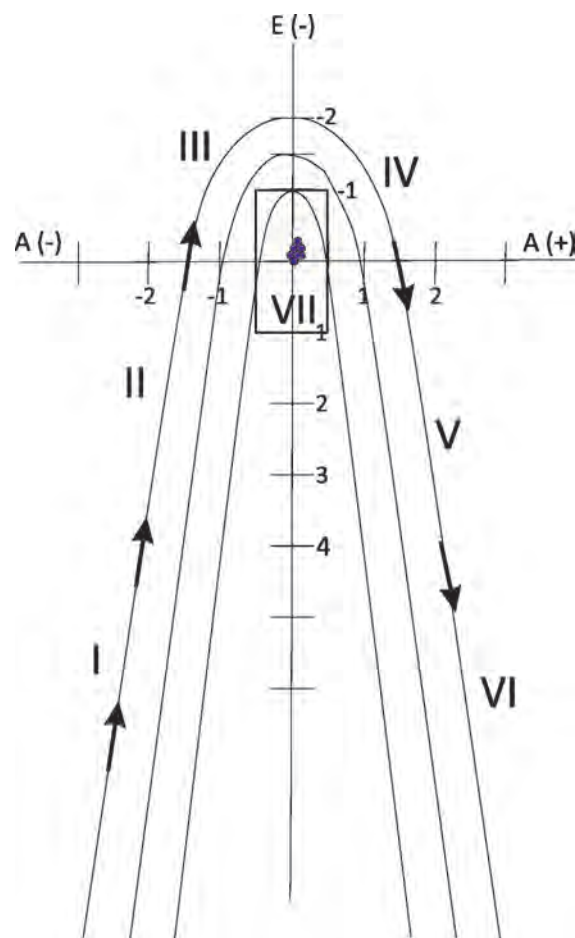


Рис. 3. Динамогенетическая диаграмма Г.Ф.Рожкова для батских отложений месторождения Западный Арал (скважины 1 и 2). По К.Бьёрликке:

поля: I – застойные условия седиментации на дне акваторий различных глубин – морские фации, II – донные течения или мутьевые потоки – морские фации; гидромеханическое или физическое разрушение магматических пород, эрозия горных пород морского происхождения – континентальные фации областей сноса, коры выветривания, III – слабые, преимущественно речные течения – континентальные речные фации, IV – сильные речные или вдольбереговые течения – континентальные речные или прибрежно-морские фации, V – выход волн на мелководье, сильные вдольбереговые течения, накат волн – прибрежно-морские фации, континентальная микрофация пляжей больших равнинных рек, VI – выход волн на мелководье, сильный накат волн – верхняя половина участка, эоловая обработка песков морских пляжей – нижняя половина участка (микрофация береговых дюн); в целом – фация побережья акваторий вблизи береговой черты, VII – эоловая переработка речных осадков – верхняя половина прямоугольника – континентальная фация пустынь (континентальные дюны); нижняя правая четверть прямоугольника – волновые процессы на мелководье, нейтральная полоса побережья – прибрежно-морская фация, VIII – выход волн на мелководье, мощный накат-прибой, скорость динамической пересортировки превышает скорость привноса обломочного материала – прибрежная фация огромных открытых акваторий

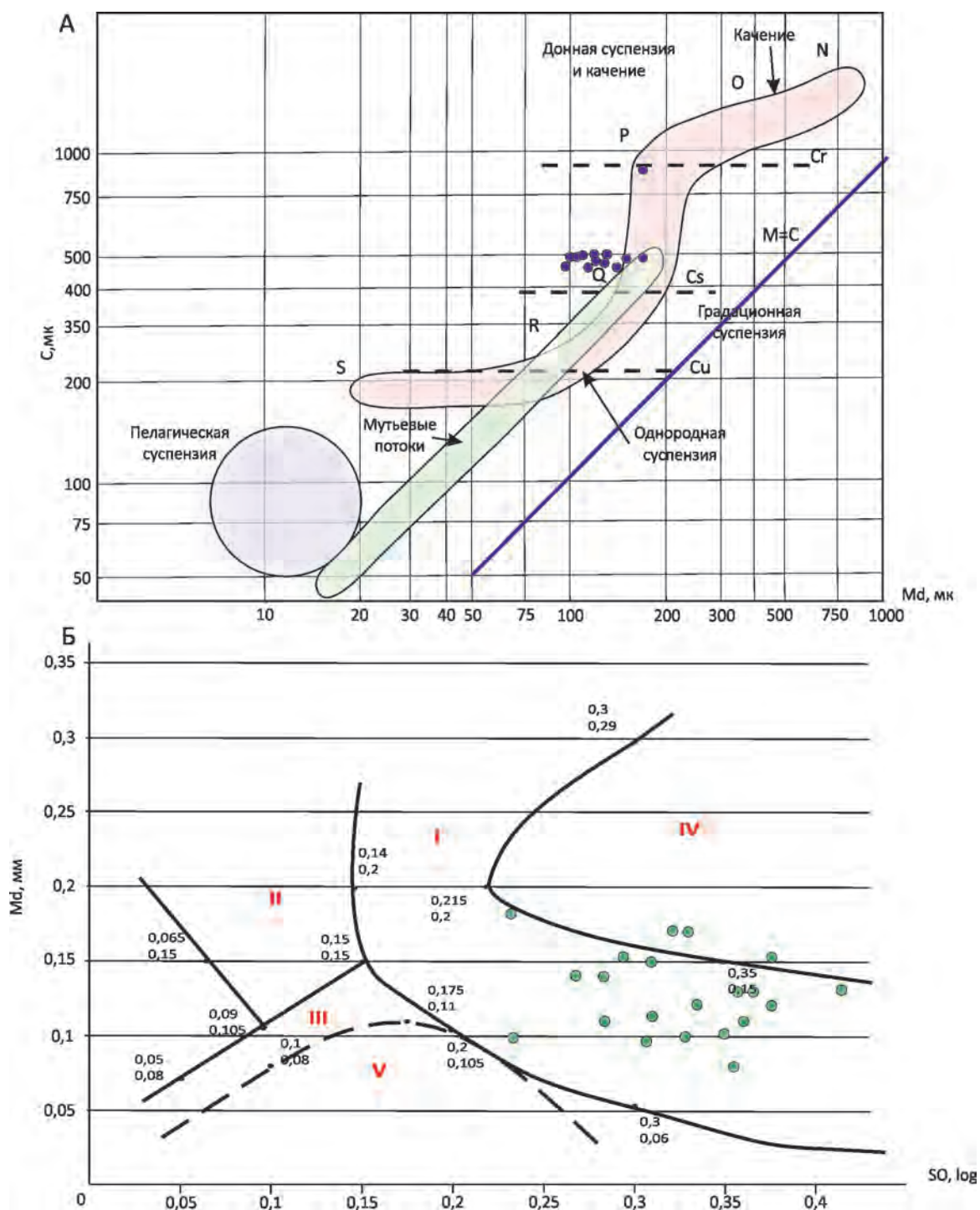


Рис. 4. Генетические диаграммы определения способа переноса обломочных частиц в водной среде (для батских отложений месторождения Западный Арал (скважины 1 и 2). По данным Р.Пассеги (А) и Л.Б.Рухина (Б):

А: N/O – осадки перекачивания, O/P – осадки перекачивания с незначительным количеством осадков взвеси, P/Q – осадки взвеси с некоторым количеством осадков перекачивания (отложения течений с высокими скоростями), Q/R – отложения течений со средними скоростями, R/S – однородные осадки взвеси (отложения течений с низкими скоростями); Б: поле: I – песчаник речного происхождения, характер течения однонаправленный, размеры зёрен меняются в больших интервалах, отмечается недостаточная сортировка обломочных частиц, II – песчаник мелководно-морского происхождения (побережье, пляжи), имеет хорошую сортировку и средний размер частиц, III – накопление песчаного осадка происходило в спокойной гидродинамической обстановке (центр озера, мелководное море и тихая речка), размер частиц мелкий и отмечается хорошая сортировка, IV – возможно формирование песчаного осадка под воздействием воздушных потоков, V – неопределённый динамический режим

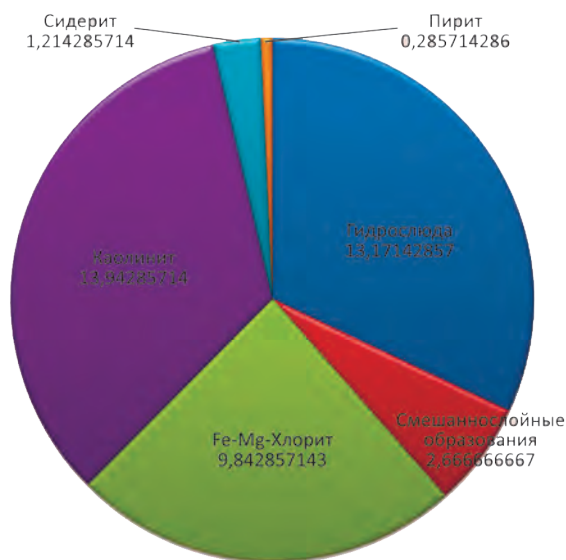


Рис. 5. Средние содержания (в %) аутигенных минералов для образцов песчаных пород батского яруса месторождения Западный Арал (скважины 1 и 2)

смешаннослойных образований, которые могут указывать на щелочную и слабощелочную среду морских обстановок седиментации [7, 8].

Значительное количество сидерита может свидетельствовать о континентальном или прибрежно-морском осадкообразовании. Необходимо также обратить внимание на наличие в осадке углефицированных фрагментов листьев, стеблей и корневой части растений, многочисленного мелкораздробленного детрита и линз углей, являющихся индикаторами континентального режима осадконакопления. Вместе с тем в породах отмечаются следы зарывания животных, наличие которых может быть связано с условиями морского побережья.

Сочетание континентальных и морских индикаторов обстановок осадконакопления в исследуемых батских отложениях месторождения Западный Арал подтверждает переходную обстановку седиментации, набор признаков которой близок к дельтовому фациальному поясу [7].

В заключение следует отметить, что в соответствии с полученными данными, условия осадконакопления изученных песчаников можно весьма достоверно сравнить с условиями приливно-отливных каналов и дельтовых протоков в пределах приливно-отливных равнин и эстуариев.

Важно, что дельтовые отложения относятся к переходной группе фаций и формируются на границе континентальной и морской обстановок седиментации. И морские, и континентальные осадки в генетическом отношении представляют собой единое целое.

Именно переходные дельтовые условия могут объединить столь неоднозначные результаты, характерные для различных фаций. Это подтверждается областью отложений течений с высокими скоростями на диаграмме Р.Пассеги и полем песчаных образований, сформировавшихся при поступательном движении воды на палетке Л.Б.Рухина, когда рукав дельты выносит обломочный материал в море. При этом присутствие в осадках остатков корней, листьев и стеблей растений, а также наличие большого количества тонкоперетёртого углефицированного детрита могут свидетельствовать об условиях приустьевых бара дельтового рукава, являющегося песчаной отмелью, которая сформировалась на границе дельты с морским побережьем. Вместе с тем в качестве подчинённых способов движения в баровых осадках в периоды регрессий моря могут участвовать эоловые процессы, на что указывает расположение точек в поле эоловой переработки на динамогенетической диаграмме Г.Ф.Рожкова.

Следовательно, неоднозначная генетическая интерпретация данных гранулометрического анализа, выявленных с помощью различных методик, связана со спецификой распределения обломочных фракций в дельтовой обстановке, условия осадконакопления которой, аналогичны обстановкам речных русел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваль С.А., Войцеховский Г.В. Компьютерная обработка результатов гранулометрического анализа и их генетическая интерпретация. – Воронеж: ВГУ, 2001.
2. Крашенинников Г.Ф., Волкова А.Н., Иванова Н.В. Учение о фациях с основами литологии // Руководство к лабораторным занятиям. – М.: Изд-во МГУ, 1988.
3. Кудряшова Л.К. Гранулометрический анализ как основной метод обоснования условий формирования пластов коллекторов ЮК₂₋₅ Емнеговской площади (Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326. № 10. С. 143–149.
4. Кузнецов В.Г. Литология. Осадочные горные породы и их изучение. – М.: ООО «Недра Бизнесцентр», 2007.
5. Методы палеогеографических реконструкций (при поисках залежей нефти и газа) // В.А.Гроссгейм, О.В.Бескровная, И.Л.Герашенко и др. – Л.: Недра, 1984.
6. Недоливко Н.М., Ежова А.В. Петрографические исследования терригенных и карбонатных пород-коллекторов. – Томск: ТПУ, 2011.
7. Попов В.И., Запроматов В.Ю. Генетическое учение о геологических формациях. – М.: Недра, 1985.
8. Рухин Л.Б. Гранулометрический анализ песков. – Л.: ЛГУ, 1947.
9. Справочник по литологии / Н.Б.Вассоевич, В.Л.Либрович, Н.В.Логвиненко, В.И.Марченко – М.: Недра, 1983.