

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ
РЕКОНСТРУКЦИИ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕСЧАНИКОВ
ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ ВАСЮГАНСКОГО ГОРИЗОНТА
(ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

Л.Г. Вакуленко*, Е.А. Предтеченская, Л.С. Чернова****

* *Институт геологии нефти и газа СО РАН*

630090, г. Новосибирск, пр. Коптюга, 3

E-mail: lgvak@uiggm.nsc.ru

** *Сибирский научно-исследовательский институт геологии,*

геофизики и минерального сырья

630090, г. Новосибирск, пр. Коптюга, 3 Крайний этаж.

E-mail: gvp@sniiggims.ru

Поступила в редакцию 4 января 2003 г.

В статье приведены примеры использования методов генетической гранулометрии при реконструкции обстановок формирования верхнеюрского нефтегазоносного алеврито-песчаного горизонта U_1 на юго-востоке Западно-Сибирской плиты. Рассмотрены гранулометрические характеристики пород горизонта, сформированного в условиях проградирующего дельтового комплекса, регрессивного вдольберегового бара, унаследованного палеоруслу и поймы. Применены, кроме традиционно используемых параметров, таких показателей, как асимметрия, эксцесс, форма дифференциальных кривых, положение точек на генетических диаграммах, дополняет результаты макрофациального анализа керн и геофизического исследования скважин и способствует более обоснованному и детальному выделению палеообстановок седиментации.

Ключевые слова: *гранулометрия, генетические диаграммы, палеогеографические реконструкции.*

**THE EXPERIENCE OF GRANULOMETRIC ANALYSIS APPLICATION FOR THE
RECONSTRUCTION OF DEPOSITIONAL PALEOENVIRONMENT OF THE
PRODUCTIVE BEDS SANDSTONES OF THE VASUGAN HORIZON
(WEST SIBERIAN PLATE)**

L.G. Vakulenko*, E.A. Predtechenskaja, L.S. Chernova****

* *Institute of Petroleum Geology, Siberian Branch,*

** *Siberian Scientific and Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources,*

The examples of usage the methods of genetic granulometry while reconstructing the environment-forming of upper Jurassic oil-and-gas silt-sandstone horizon U_1 in South-East part of Western Siberia are given in this article. The granulometric characteristics of rocks of horizon, which were formed in the conditions of prograding delta complex, regressive alongshore bar, inherited old channel, and flood plain, have been studied. Employment of such showings as skewness, excess, form of derived curves, position of points on genetic diagrams, together with traditionally used parameters, complements the results of macro facies analysis of core and geophysical examination of borehole and contributes more cogent and detailed marking of depositional paleoenvironment.

Key words: *granulometry, genetic diagrams, paleogeographic reconstruction.*

Важной частью всех палеогеографических реконструкций для терригенных отложений является анализ гранулометрического состава пород, так как особенности распределения частиц по размерам являются индикаторами динамики среды седиментации. Отсюда С.И. Романовским сформулирована основная задача гранулометрии в седиментологии: «по набору эмпирических характеристик (в частности, оценок параметров распределения гранулометрического состава) восстановить обстановку или условия осадконакопления» [Романовский, 1988, с. 158]. Поиски универсальных характеристик фракционного состава, с помощью которых можно было разделять осадки различных фаций, привели к построению целого ряда генетических и динамогенетических диаграмм Л.Б. Рухина [1947], Р. Пассега [Passega, 1957, 1969], Г. Фрийдмана [Friedman, 1962], Г.Ф. Рожкова [1978] и др. Однако, как отмечал еще Л.Б. Рухин [1947], а позже С.И. Романовский [1977, 1988], Н.Е. Верзилин [1979], Г.Э. Рейнек, И.Б. Сингх [1981] и другие исследователи, одинаковые динамические условия и, соответственно, сходные гранулометрические распределения частиц, могут возникать во многих средах. Анализируя практику применения различных диаграмм, С.И. Романовский отмечает, что «все рецепты построения генетических диаграмм имеют только региональный смысл, т.е. они работают на материале, который лег в их основу, и не годятся для диагностики тех же видов обстановок или гидродинамических режимов, но на материале других выборок» [Романовский, 1988, с. 189].

Необходимо отметить, что многие седиментологи дают пессимистические оценки возможностям применения генетических диаграмм и вообще разочарованы в отношении возможности решения основной задачи гранулометрии [Петтиджон и др., 1976; Селли, 1981 и др.]. Романовский отмечает, что исследователи обычно имеют дело с конечной фазой «гранулометрической истории» осадка, в то время как на характер распределения частиц оказывают влияние как интенсивность обработки кластического материала в процессе его транспортировки, так и длительность пребывания осадка в зоне активного воздействия гидродинамических факторов среды седиментации. «Достоверность фациального анализа по данным гранулометрии является прежде всего функцией от достоверности наших знаний о значимости воздействия отмеченных факторов, точнее их сочетаний, на ко-

нечное распределение частиц по фракциям» [Романовский, 1988, с. 193]. Выход из тупикового состояния проблемы генетических диаграмм С.И. Романовский призывает искать посредством физического осмысливания последней, с учетом уже известных связей гидродинамики среды с фракционным составом осадка. Реализация такого пути – дело будущего, а в настоящее время даже наиболее скептически настроенные исследователи считают, что генетическая интерпретация гранулометрических данных, в сочетании с другими характеристиками и параметрами, способствует получению более детальных и достоверных реконструкций конкретных палеообстановок осадконакопления. Подчеркивается, что особое внимание нужно обращать на динамику изменения структурных признаков в пространстве и во времени [Македонов, 1985].

В публикациях последних лет результаты генетической интерпретации гранулометрических исследований, в основном, приводятся для современных осадков [Рябчук, 1999; Michels, 2000; Коломиец, 2000; Куприн, Половчак, 2001 и др.]. Специфика литологических исследований нефтегазоносных отложений, включающая массовые анализы гранулометрического состава пород коллекторов, постоянно способствовала попыткам интерпретации этих данных при выяснении генезиса отложений [Саркисян и др., 1968; Гольберт, Девятов, 1983; Гурова и др., 1988 и др.]. При этом, в одних случаях анализировалось лишь изменение по разрезу основных структурных характеристик (соотношения различных фракций в породе, медианы, моды, среднего размера, коэффициента сортировки), в других случаях – дополнительно определялись разновидности форм кумулятивных и дифференциальных кривых, использовались генетические диаграммы (преимущественно Р. Пассега или Г.Ф. Рожкова). В настоящее время интерес к генетической интерпретации гранулометрических данных вновь возрос, так как компьютерные методы обработки информации позволяют получать больший набор параметров и анализировать большие массивы гранулометрических данных. Это тем более актуально для закрытых территорий, где при работе с кернавым материалом более затруднен, по сравнению с работой в обнажениях, анализ ископаемой фауны, текстур и разного рода контактов напластования.

В предлагаемой работе методы генетической гранулометрии использованы нами со-

вместно с данными геофизического исследования скважин и результатами макрофациальных (закономерности строения разрезов, текстуры, минеральные включения, органические остатки, геохимические данные) исследований для реконструкции обстановок формирования васюганского (келловей-оксфорд) нефтегазоносного горизонта Ю₁ ряда районов юго-востока Западно-Сибирской плиты. Интерес к этому уровню объясняется тем, что Ю₁ является основным продуктивным горизонтом на юго-востоке Западной Сибири, он хорошо разбурен и охарактеризован керном. Среди регулярно появляющихся публикаций, касающихся геологии и нефтегазоносности горизонта, есть и работы по литолого-фациальному анализу отложений, иногда содержащие генетическую интерпретацию гранулометрических данных [Перозио, Рязанова, 1999; Бурлева, 2001].

Горизонт Ю₁ на юго-востоке Западно-Сибирской плиты залегает на глубинах 2400–3000 м. Алесвито-песчаные породы, слагающие его, представлены крепко-, редко среднесцементированными разновидностями. Подсчет их гранулометрического состава производится в шлифах. Линии, вдоль которых выполняются замеры, перпендикулярны слоистости пород. Замеряется максимальный короткий диаметр зерен в случайных сечениях.

Для обработки данных гранулометрического анализа в шлифах применяется компьютерная программа “Shlif”, разработанная В.Р. Лифшицем. В программе реализована методика пересчета видимого распределения размеров зерен в шлифе в их истинное распределение с учетом, кроме эффекта срезания, также эффекта неравновероятности регистрации зерен различного размера и конечной точности измерений, определяемой ценой деления микроскопа при заданном увеличении [Лифшиц, Перозио, 1992]. С ее помощью, помимо соотношения различных гранулометрических фракций в породе, аналитическим способом вычислялся набор статистических параметров: максимальный размер зерен (С), медиана (Md), асимметрия (А, Ац), эксцесс (Е), коэффициенты сортировки (S₀ – по Траску, Qdц), дисперсия (D), вариация (V) и др. Кроме того, для каждого образца строились кривые кумулятивного и дифференциального распределения.

Рассмотрим гранулометрические характеристики пород горизонта Ю₁, сформированного в различных фациальных обстановках.

Пласт Ю₁³⁻⁴ Герасимовского месторождения (Пудинский мегавал) мощностью 31 м представлен полифациальными отложениями дельтового комплекса. Его нижняя часть сложена пойменными, а основная часть – фациями русел, прирусловых отмелей и боковых протоков, чередующимися с междурусловыми фациями зарастающих озер и болот. Фациальные переходы отражены изменением конфигурации дифференциальных кривых – от одно-бимодальных к полимодальным. Озерно-пойменные мелкозернистые песчаники (С – 0,35–0,8 мм, Md – 0,08–0,22 мм, S₀ – 1,28–1,41) характеризуются хорошей сортировкой, имеют одновершинные дифференциальные кривые с отрицательной асимметрией (А – (-1,42)–(-0,38)), с положительным эксцессом (Е – 0,66–7,81) крутовершинной и очень крутовершинной формы (рис. 1 А). Отрицательная асимметрия указывает на моду, сдвинутую в сторону мелких частиц, и, таким образом, позволяет предполагать преобладание относительно низкоэнергетических условий седиментации. Высокие положительные значения эксцесса свидетельствуют о стабильной динамике среды седиментации, скорости переработки обломочного материала, превышающей интенсивность его привноса и, в итоге, – относительно спокойном тектоническом режиме.

Средне-мелкозернистые и мелкозернистые песчаники средней части разреза (С – 0,6–0,93 мм, Md – 0,24–0,37 мм, S₀ – 1,3–1,42) характеризуются бимодальными кривыми с отрицательными значениями асимметрии (А – (-0,99)–(-0,39)) и незначительными вариациями эксцесса (Е – (-0,05)–1,36)) (рис. 1 Б).

Верхняя часть пласта представлена среднезернистыми, средне-мелкозернистыми русловыми песчаниками (С – 0,6–1,76 мм, Md – 0,27–0,4 мм, S₀ – 1,31–2,18), отложившимися из активных потоков. Осадки невысокой зрелости, плохой, средней и хорошей отсортированности, имеют полимодальные дифференциальные кривые с отрицательной, редко положительной, асимметрией (А – (-1,36)–0,93) и достаточно большим разбросом значений эксцесса (Е – (-0,25)–2,82), что свидетельствует о значительных вариациях гидродинамических условий среды седиментации (рис. 1 В).

Рассмотрим положение фигуративных точек изученных песчаников на различных генетических диаграммах. На фациальной диаграмме Р. Пассега [Passega, 1957], построенной в координатах С-Md, фигуративные точки всех

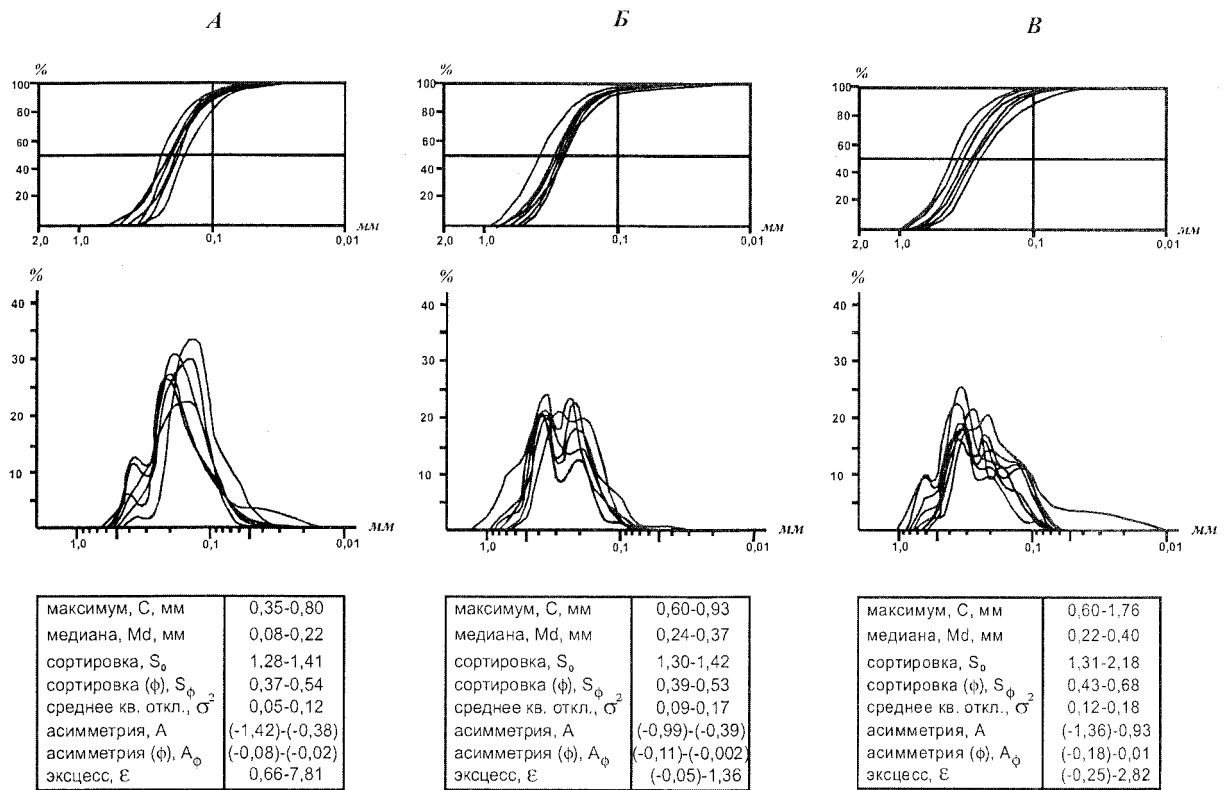


Рис. 1. Кривые кумулятивного и дифференциального распределения размеров зерен песчаников пласта Ю₁³⁻⁴ Герасимовского месторождения (скв. 17).

А – Пойменно-озерные отложения верхней части дельтовой равнины со спокойной гидродинамикой. Б – Отложения меандрирующих русел, боковых проток верхней части дельтовой равнины с умеренно активной гидродинамикой. В – Отложения нижней части дельтовой равнины с активной гидродинамикой (стрезневая часть русла, прирусловые валы, малые устьевые бары, песчаные отмели).

образцов в основном концентрируются в полях фаций “пляж”, “шельф” и “рек и направленных течений”. При этом точки образцов нижней части пласта в целом располагаются параллельно крутонаклонной ветви поля “рек и направленных течений”, средней части пласта – вблизи верхней части крутонаклонной и в нижней части вертикальной ветви, а верхней части пласта – параллельно и в вертикальной ветви указанного поля (рис. 2 А).

На динамогенетической диаграмме Г.Ф. Рожкова с линиями координат эксцесс-асимметрия точки образцов нижней и средней частей пласта, в основном, располагаются в поле II (рис. 2 Б). Это свидетельствует о формировании отложений в спокойной и умеренно активной гидродинамических обстановках верхней части дельтовой равнины и отложении осадков из низкоплотностных потоков с низкой скоростью течения. Часть материала накапливалась путем

размыва и золотого переотложения русловых осадков (поле VII). Расположение точек образцов верхней части пласта указывает на более разнообразные условия формирования осадков, накопившихся из потоков с низкой и высокой скоростью. Это были как направленные течения (меандрирующие русла, боковые протоки при проградации дельтового комплекса), так и волноприбойные процессы на границе река – море (прибрежно-морские условия при изменяющемся положении береговой линии). В целом пласт Ю₁³⁻⁴ представляет собой субаэральные и субаквальные накопления проградировавшей дельты, в пределах которой четко обособляются микрофации поймы, основных русел, боковых проток, отмелей и прирусловых валов.

В качестве примера баровой постройки приведем пласт Ю₁³⁻⁴ Междуреченского месторождения (Каймысовский свод). В скв. № 11 он имеет мощность 9 м и четкое регрессивное

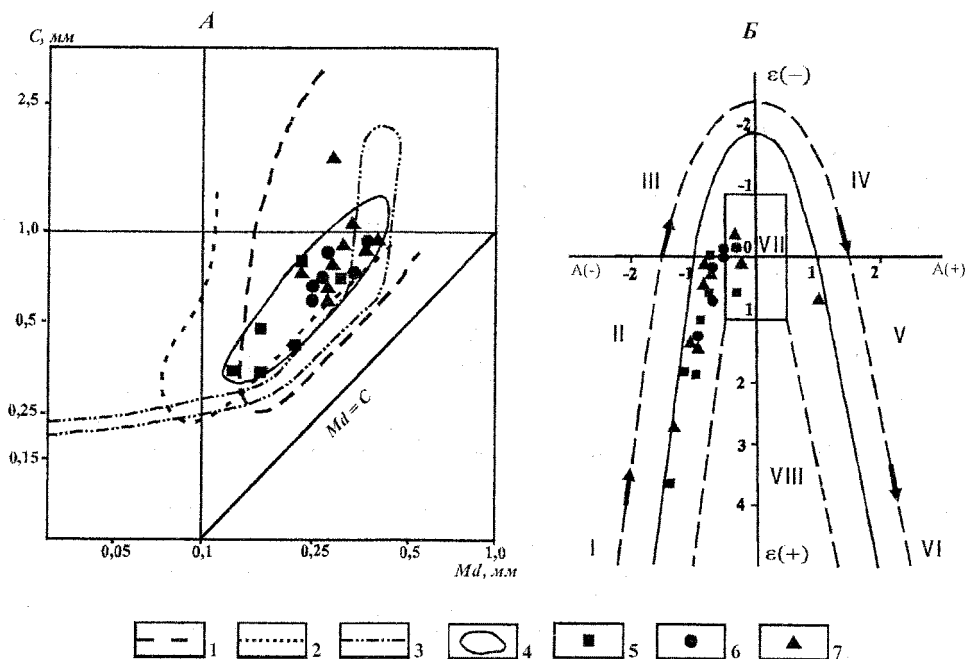


Рис. 2. Расположение фигуративных точек песчаных пород пласта Ю₁³⁻⁴ Герасимовского месторождения (скв. 17) на генетической диаграмме Р. Пассега (А) и динамогенетической диаграмме Г.Ф. Рожкова (Б).

1-3 – фации: 1 – пляжа, 2 – шельфа, 3 – рек и направленных течений, 4 – поле расположения фигуративных точек пород пласта Ю₁³⁻⁴, 5-7 – фигуративные точки: 5 – нижняя часть пласта, 6 – средняя часть пласта, 7 – верхняя часть пласта.

Поля: I – застойные условия седиментации на дне акваторий различных глубин; II – донные течения или мутьевые потоки; III – слабые, преимущественно речные, течения; континентальные речные фации; IV – сильные речные или вдольбереговые течения; 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 или береговые дюны (нижняя половина участка); фации побережья акваторий вблизи береговой черты; VII – эоловая обработка речных осадков, континентальные дюны (верхняя половина прямоугольника). Волновые процессы на мелководье, нейтральная полоса побережья, прибрежно-морские фации (нижняя правая четверть прямоугольника); VIII – выход волн на мелководье, мощный накат-прибой; прибрежная фация огромных открытых акваторий.

строение (вверх по разрезу Md увеличивается от 0,05–0,07 до 0,14–0,16 мм, C – от 0,11–0,15 до 0,36–0,38 мм) (рис. 3). Характер кривой ПС аналогичен таковому для регрессивных вдольбереговых баров – с наклонной зубчатой подошвенной, слабо наклонной кровельной линией и отсутствием боковой линии. Гранулометрические параметры и типы дифференциального распределения для алевроито-песчаных пород заметно изменяются снизу вверх по разрезу.

Породы нижней части пласта характеризуются бимодальными и одномодальными дифференциальными кривыми с отрицательной, реже положительной, асимметрией ((-1,23)–0,73) и положительным эксцессом (0,2–2,37), прису-

щим среднепологовершинным и крутовершинным дифференциальным кривым (рис. 3 А). Породы средней части характеризуются преимущественно одномодальными кривыми, зачастую с плечом в сторону крупных фракций. Асимметрия отрицательная ((-0,3602)–(-1,15)), в единичном случае положительная (2,25); эксцесс положительный (0,03–11,64), в единичном случае отрицательный (-0,12), свойственный пологовершинным, реже среднепологовершинным, иногда крутовершинным кривым (рис. 3 Б). Для пород верхней части пласта характерны одномодальные и бимодальные дифференциальные кривые с отрицательной, реже положительной, асимметрией ((-1,28)–0,58) и положительным эксцес-

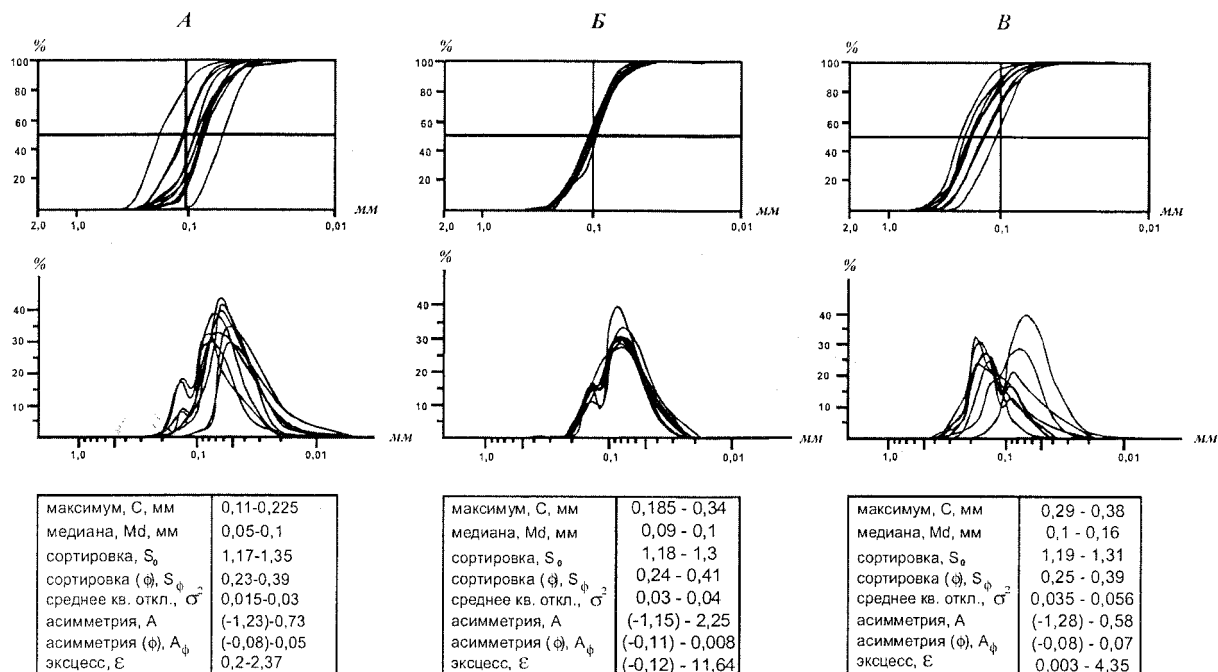


Рис. 3. Кривые кумулятивного и дифференциального распределения размеров зерен алевро-песчаных пород пласта Ю₁³⁻⁴ Двуреченского месторождения (скв. 11).

А – Нижняя часть пласта. Б – Средняя часть пласта. В – Верхняя часть пласта.

сом с большим разбросом величин (0,003–4,35) (рис. 3 В). По значениям эксцесса дифференциальные кривые относятся к крутовершинным и очень крутовершинным, в меньшей степени к пологовершинным.

На динамогенетической диаграмме Р. Пассега [Passega, 1969] фигуративные точки изученных пород попадают в поле осадков, переносимых в однородной суспензии и градационной суспензии (для верхней части пласта) (рис. 4 А). На фациальной диаграмме этого же автора точки группируются в полях приподнятых частей шельфа, шельфа и направленных течений в лагуне (рис. 4 Б), а на диаграмме Г.Ф. Рожкова – в поле донных течений и волновых процессов на мелководье (рис. 4 В). Таким образом, гранулометрические данные отражают условия формирования пласта в предфронтальной зоне пляжа и в условиях нижнего пляжа, при усилении гидродинамической активности среды седиментации в период проградации береговой линии бассейна.

В качестве типового разреза, сформированного в условиях унаследованного палеорула, приведем разрез группы пластов Ю₁ Карасевской площади Каймысовского свода (скв. № 66)

(рис. 5). Он представляет собой единое однородное тело мощностью около 30 м. Для пласта характерна резкая эрозионная подошва и постепенное уменьшение зернистости пород снизу вверх по разрезу (С – от 0,9 до 0,5 мм и Md – от 0,5 до 0,1 мм) при увеличении в этом же направлении алевроитовой составляющей (от 5 до 30 %). Крупнозернистая и среднезернистая фракции (>50 %) сосредоточены в нижней половине пласта и полностью исчезают в верхней. Сортировка пород в том же направлении меняется от средней до хорошей. Характер изменения гранулометрии пород четко фиксируется на каротажной кривой ПС уменьшением ее амплитуды вверх по разрезу. Кумулятивные кривые (рис. 5-Б) крутой формы свойственны песчаникам нижней половины пласта, а более выположенные – верхней. На фациальной диаграмме Р. Пассега точки изученных песчаников располагаются в поле, вытянутом вдоль оси С=Md, и интерпретируются как потоковые отложения (рис. 5-А). Слабо выраженная гранулометрическая ритмичность и градационные текстуры, отсутствие слоистости свидетельствуют о формировании осадков в условиях стрежневой части палеорула.

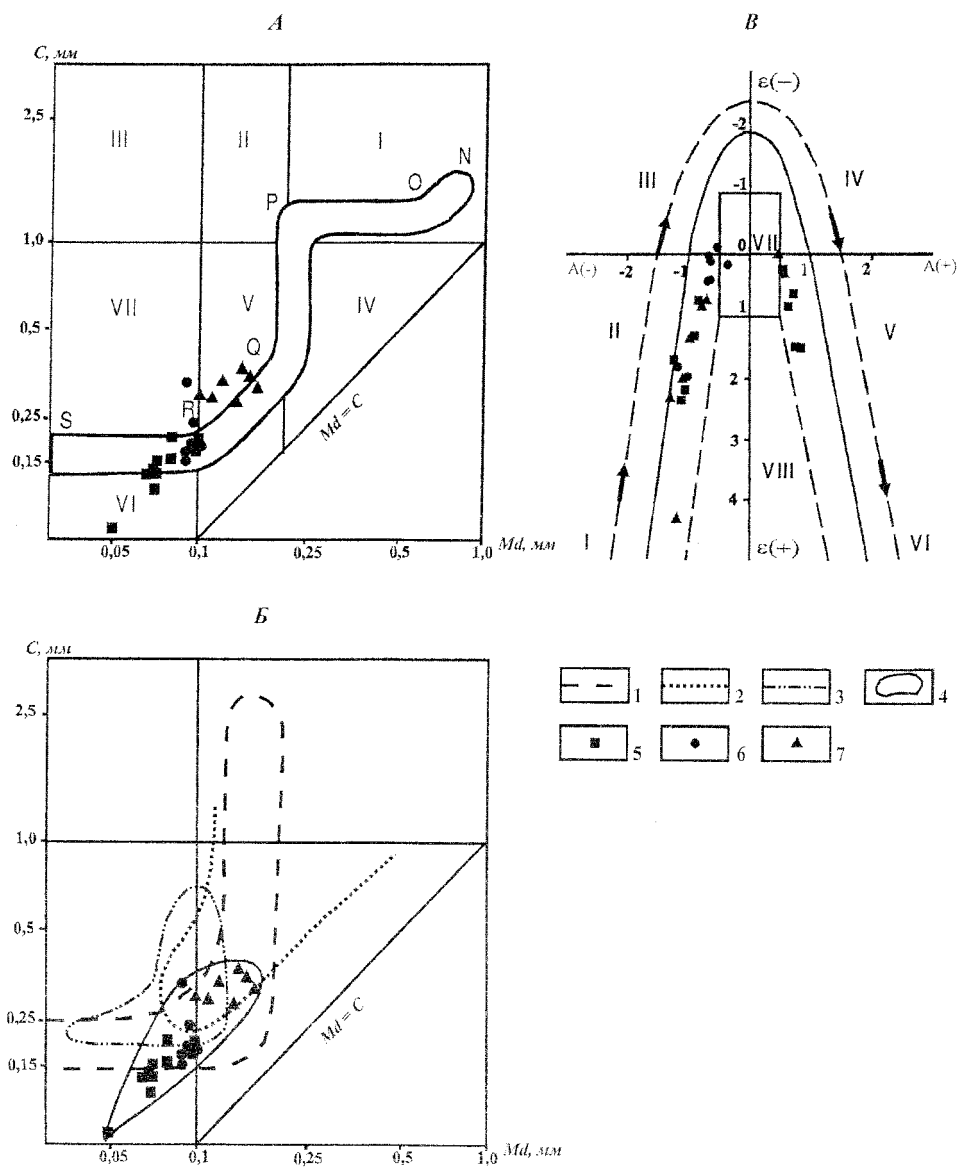


Рис. 4. Расположение фигуративных точек алевроито-песчаных пород пласта Ю₁³⁻⁴ Двуреченского месторождения на динамической (А), генетической (Б) диаграммах Р. Пассега и динамогенетической диаграмме Г.Ф.Рожкова (В).

Условные обозначения: 1-3 – фации: 1 – приподнятых частей шельфа, 2 – шельфа, 3 – направленных течений в лагуне; 4 – поле расположения фигуративных точек изученных отложений; 5-7 – точки пород различных частей пласта: 5 – нижней, 6 – средней, 7 – верхней.

Поля (А): I, II, III – осадки, перемещенные путем качения; IV, V – осадки градационной суспензии; VI, VII – осадки однородной суспензии. Поля (В) см. на рис. 2.

В соседних скважинах этому уровню соответствует комплекс пойменных отложений: переслаивание алевролитов, аргиллитов, в том числе углистых, с редкими прослоями мелкозернистых песчаников. В отличие от вышеописанных, пойменные отложения характеризуются меньшей мощностью (10 м), преобладанием алевроитовых разностей и маломощными прослоями мелкозернистых песчаников

(рис. 6). Контакты с ниже- и вышележащими породами постепенные. На генетической диаграмме Р. Пассега фигуративные точки пойменных отложений сосредоточены в поле пониженных значений максимальных и медианных диаметров зерен (рис. 6-А), а кумулятивные кривые более выположенные и располагаются на оси абсцисс в зоне уменьшенных размеров фракций (рис. 6-Б).

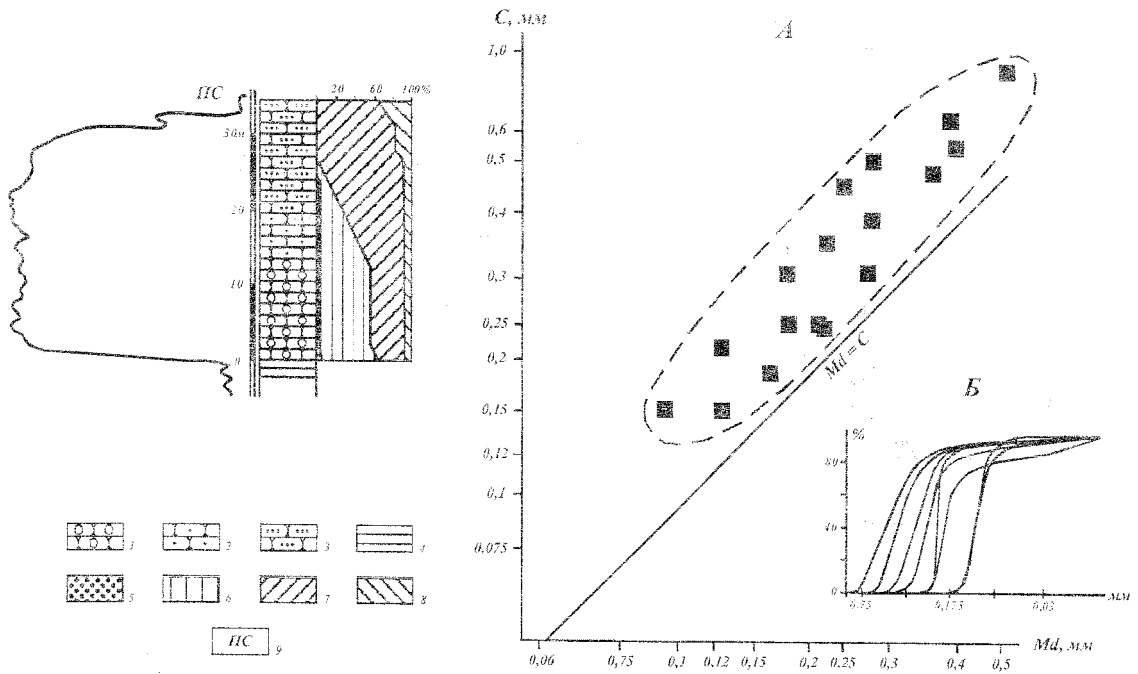


Рис. 5. Седиментационно-геофизическая модель унаследованного палеоруся (Карасевская площадь, скв. 66). Расположение фигуративных точек алеврито-песчаных пород на генетической диаграмме С-Md (А), типы кумулятивных кривых (Б).

1-3 – песчанники: 1 – мелко-среднезернистый, 2 – средне-мелкозернистый, 3 – мелкозернистый, 4 – аргиллит, 5-8 – гранулометрический состав: 5 – 1,0–0,5 мм, 6 – 0,5–0,25 мм, 7 – 0,25–0,1 мм, 8 – 0,1–0,01 мм; 9 – каротажная кривая самопроизвольной поляризации.

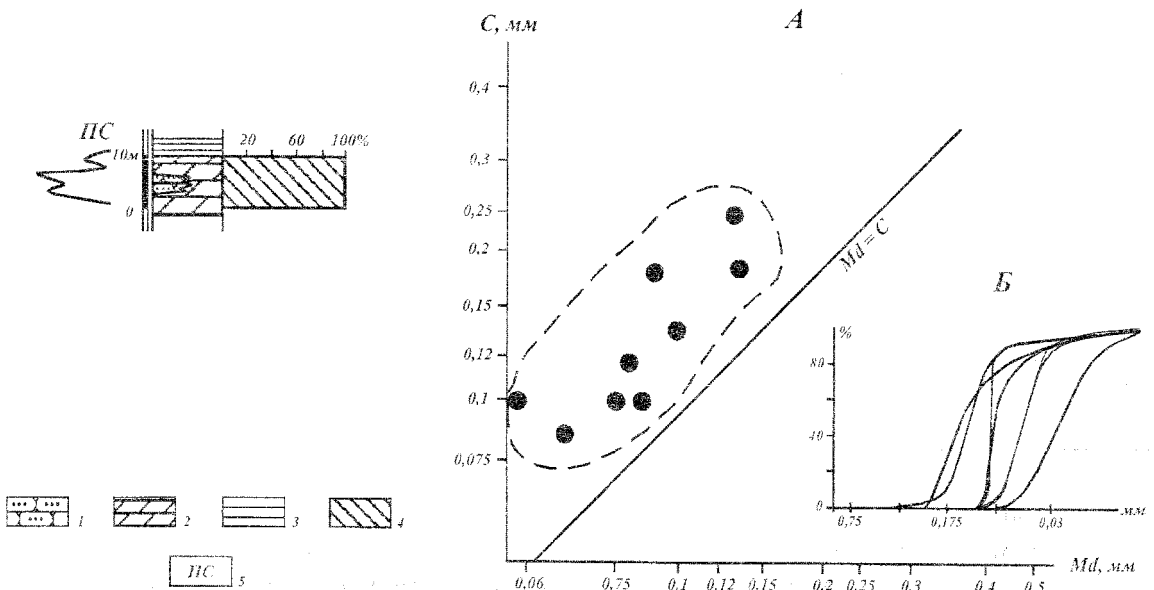


Рис. 6. Седиментационно-геофизическая модель поймы (Карасевская площадь, скв. 67). Расположение фигуративных точек песчано-алевритовых пород на генетической диаграмме С-Md (А), типы кумулятивных кривых (Б).

1-3 – породы: 1 – песчанник мелкозернистый, 2 – алевролит, 3 – аргиллит; 4 – фракция 0,1–0,01мм; 5 – каротажная кривая самопроизвольной поляризации.

Полученные результаты подтверждают мнение В.Т. Биккенина, Г.Ф. Рожкова [1982], В.А. Гроссгейма и др. [1984], А.В. Македонова [1985] и других о том, что при реконструкции палеообстановок осадконакопления с помощью методов генетической гранулометрии помимо традиционно используемых параметров также информативными являются показатели асимметрии и эксцесса, форма дифференциальных кривых, положение точек на динамогенетических и фациальных диаграммах Р. Пассега и Г.Ф. Рожкова, взаимодополняющих друг друга.

В настоящее время в результате целенаправленных исследований по микрофациальному анализу терригенных толщ разработано более 20 моделей палеообстановок седиментации континентальных, переходных и прибрежно-морских, которые апробированы на территории Восточной и Западной Сибири [Чернова, 1980, 1984; Литология и условия..., 1988]. Они успешно применяются при прогнозе и прослеживании алеврито-песчаных тел различного генезиса, являющихся коллекторами углеводородов. Обязательной составляющей комплекса исследований является, в том числе, и изучение по разрезу структурных характеристик пород с дальнейшей их генетической интерпретацией.

Список литературы

- Биккенин В.Т., Рожков Г.Ф.* Критический обзор генетических диаграмм в гранулометрии // Литология и полез. ископаемые. 1982. № 6. С. 3–14.
- Бурлева О.В.* Генетическая интерпретация гранулометрических данных песчано-алевритовых пород горизонта Ю₁ на юго-востоке Западно-Сибирской плиты // Геол., геофиз. и разработка нефтяных месторождений. 2001. № 10. С. 95–100.
- Гольберт А.В., Деятов В.П.* К методике обработки и генетической интерпретации массовых данных гранулометрического анализа // Геология и нефтегазоносность мезозойских седиментационных бассейнов Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. С. 77–83.
- Верзилин Н.Н.* Методы палеогеографических исследований. Л.: Недра, 1979. 248 с.
- Коломиец В.Л.* Литология, генезис и палеогеография плейстоцена Верхнеангарской впадины (Байкальская рифтовая зона) // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса. Т.1. М.: ГЕОС, 2000. С. 351–356.
- Куприн П.Н., Поповчак В.П.* Состав и условия накопления осадков в глубоких впадинах Южного и Среднего Каспия // Вестник Моск. Ун-та. Сер. 4. Геология. 2001. № 5. С. 54–66.
- Лившиц В.Р., Перозин Г.Н.* Оценка истинного гранулометрического состава породы при анализе в шлифах // Геология и геофизика. 1992. № 3. С. 92–96.
- Литология и условия формирования резервуаров нефти и газа Сибирской платформы / Гурова Т.И., Чернова Л.С., Потлова М.М. и др. М.: Недра, 1988. 254 с.*
- Македонов А.В.* Методы литофациального анализа и типизация осадков гумидных зон. Л.: Недра, 1985. 242 с.
- Методы палеогеографических реконструкций (при поисках залежей нефти и газа) / Гроссгейм В.А., Бескровная О.В., Герашенко И.Л. и др. Л.: Недра, 1984. 271 с.*
- Перозин Г.Н., Рязанова Т.А.* Гранулометрические исследования отложений васюганской свиты Каймысовского свода Западно-Сибирской плиты // Нефтегазовая геология на рубеже веков: Докл. Юбилейной конф. Т. 2. СПб, 1999. С. 329–337.
- Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р.* Пески и песчаники. М.: Мир, 1977. 535 с.
- Рейнек Г.Э., Сингх И.Б.* Обстановки терригенного осадконакопления. М.: Недра, 1981. 440 с.
- Рожков Г.Ф.* Дифференциация обломочного материала и гранулометрическая диаграмма б-ф по косвенному счету частиц // Механическая дифференциация твердого вещества на континенте и шельфе. М.: Наука, 1978. С. 97–117.
- Романовский С.И.* Седиментологические основы литологии. Л.: Недра, 1977. 408 с.
- Романовский С.И.* Физическая седиментология. Л.: Недра, 1988. 240 с.
- Рухин Л.Б.* Гранулометрический анализ песков. Л.: ЛГУ, 1947. 213 с.
- Рябчук Д.В.* Генетическая характеристика песчаных отложений северо-восточной части Финского залива по данным гранулометрического анализа // Литология и полез. ископаемые. 1999. № 5. С. 473–482.
- Саркисян С.Г., Розникова А.П., Хорошилова Т.В.* Некоторые методы графического изображения гранулометрического состава применительно к нефтегазоносным породам Западно-Сибирской низменности // Геология и нефтегазоносность центральной части Западно-Сибирской низменности. М.: Наука, 1968. С. 73–83.
- Сафронов А.Ф., Ивсенсен Г.В.* Породы-коллекторы Предверхоанского прогиба. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1996. 96 с.
- Седиментология / Градзинский Р., Костецкая А., Радомский А., Унруг Р. М.: Недра, 1980. 646 с.*
- Селли Р.К.* Введение в седиментологию. М.: Недра, 1981. 370 с.
- Чернова Л.С.* Генетические модели микрофаций континентальных и прибрежно-морских отложений

Сибирской платформы // Коллекторы и экраны нефти и газа в мезозойских и палеозойских отложениях Сибирской платформы. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1980. С. 5–27.

Чернова Л.С. Модели генетических типов терригенных коллекторов нефти и газа // Породы-коллекторы нефтегазоносных отложений Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1984. С. 13–26.

Friedman G.M. On sorting, sorting coefficients and the log-normality of the grain size distribution of clastic sandstones // Journ. Geol. 1962. V. 70. P. 737–753.

Michels Klaus H. Inferring maximum geostrophic current velocities in the Norwegian-Greenland Sea from settling-velocity measurements of sediment surface samples: methods, application and results // Journ. Sediment. Res. A. 2000. 70. №56. P. 1036–1050.

Passega R. Texture as characteristic of clastic deposition // Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. 1957. V. 41. №9. P. 1952–1984.

Passega R., Byramjee R. Grain-Size Image of Clastic Deposits // Sedimentology. 1969. № 13. P. 233–252.

Рецензент доктор геол.-мин. наук Г.А. Мизенс