

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЕСЧАНИКОВ ВИКУЛОВСКОЙ СВИТЫ (АПТ, НИЖНИЙ МЕЛ) КРАСНОЛЕНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

© 2012 г. Г. Р. Хуснуллина, Е. А. Биркле, А. И. Лебедев

Филиал ООО “ЛУКОЙЛ-Инжиниринг” “КогалымНИПИнефть” в г. Тюмени
625000, г. Тюмень, ул. Республики, 41

E-mails: KhusnullinaGR@tmn.lukoil.com, LebedevAI@tmn.lukoil.com

Поступила в редакцию 06.12.2011 г.

Наибольшее внимание уделено вопросам методики и практического применения гранулометрического анализа при реконструкции обстановок формирования отложений. Объектом исследований являются песчаники викуловской свиты (пласты ВК₁₋₃, верхний апт, нижний мел) Красноленинского месторождения в пределах Каменного участка (восточная часть). Гранулометрическая интерпретация проводилась на основе литолого-петрографического изучения образцов керна и гранулометрического анализа в шлифах. По данным гранулометрии построены классификационная диаграмма В.Д. Шутова и генетические диаграммы Р. Пассега и Г.Ф. Рожкова. Кроме того, использованы результаты литолого-фациального анализа и геофизического исследования скважин, что в дальнейшем позволило сделать более детальное выделение палеообстановок седиментации.

Ключевые слова: *гранулометрия, генетические диаграммы, литолого-фациальный анализ, палеогеографические реконструкции.*

В настоящее время постановка и решение проблем прогнозирования литолого-фациальных характеристик пластов-коллекторов в межскважинном пространстве является весьма актуальной задачей. Для надежного прогноза распространения коллекторов и сложно построенных ловушек существует необходимость достоверного картирования литологических замещений, изменений толщин коллекторов и стратиграфических комплексов в целом, а также восстановления детальной истории осадконакопления. В связи с этим как у нас в стране, так и за рубежом получили широкое развитие новые подходы к изучению истории осадконакопления, наряду со значительной модернизацией уже существующих методик. Во-первых, для разработки седиментационных моделей шире используются каротажные диаграммы. Во-вторых, при решении задач литолого-фациального анализа привлекаются данные сейсморазведки. В-третьих, при конструировании седиментационных моделей древних морских и переходных обстановок осадконакопления активно применяется метод актуализма. В-четвертых, для восстановления истории осадконакопления широко применяются результаты литологического гранулометрического анализа и изучения фациальных последовательностей осадочных толщ.

Методы генетической интерпретации, которые являются одними из основных в познании генезиса погребенных терригенных пород, получили широкое развитие, так как современные технологии по-

зволяют получать большой набор гранулометрических данных и анализировать значительно больше информации. Анализ гранулометрического состава пород является также основой палеогеографических реконструкций для терригенных отложений, так как особенности распределения частиц по размерам служат индикаторами динамики среды седиментации. Так, С.И. Романовским было предложено восстанавливать условия или обстановку осадконакопления по набору эмпирических характеристик, в частности, оценок параметров распределения гранулометрического состава пород [7]. В литологии велся поиск различных характеристик фракционного состава, позволяющих разделять осадки различных фаций – например, генетические и динамогенетические диаграммы Л.Б. Рухина, Р. Пассеги, Г. Фридмана, Г.Ф. Рожкова и других.

Было также замечено (Л.Б. Рухин, С.И. Романовский, Н.Е. Верзилин, Г.Э. Рейнек, И.Б. Сингх), что одинаковые динамические условия и, естественно, сходные гранулометрические распределения частиц, могут возникать во многих средах. С.И. Романовский, проанализировав практику применения различных диаграмм, отметил, 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” [7, стр.179].

Вместе с тем, имеются и возражения против идеи применения генетических диаграмм [9, 14]. Но даже наиболее скептически настроенные исследователи считали, что генетическая интерпретация гранулометрических данных, в сочетании с другими характеристиками и параметрами, способствует получению более детальных и достоверных реконструкций конкретных палеобстановок осадконакопления [3].

Вышесказанным определены цели выполненного нами исследования, результаты которого приведены в настоящей статье: 1) доказательство необходимости применения гранулометрического анализа при реконструкции обстановок формирования викуловских отложений в пределах Красноленинского месторождения; 2) рассмотрение процедуры оценки статических характеристик различными методами и достоверности разрабатываемых на их основе генетических диаграмм.

Объект исследований – песчаники викуловской свиты Красноленинского месторождения в пределах Каменного участка (восточная часть), первые сведения о которых относятся еще к 1960 г. Расположен участок на территории Октябрьского района ХМАО-Югры и в настоящее время находится на стадии интенсивного разбуривания. Основной промышленно-продуктивной толщей является викуловская свита (пласты ВК₁₋₃, верхний апт, нижний мел), представленная преимущественно песчано-алевритовыми породами, которые переслаиваются с пластами и прослоями алевроаргиллитов с величиной зерна менее 0.008 мм. Коллекторами нефти в пластах ВК₁₋₃ являются тонко- мелкозернистые песчаники и крупнозернистые алевролиты, как правило, слабосцементированные, часто с прослоями и линзами мелкозернистых алевролитов.

На исследуемой территории документация керн-а проведена по пяти скважинам (333, 1106, 3317, 30109/301 и 93123/931) Красноленинского месторождения, вскрывшим горизонт ВК₁₋₃. Керном с диаметром 100 мм охарактеризован интервал от 30 до 70 м, в среднем, 45 м. По методике литолого-фациального анализа впервые выполнено детальное текстурное описание с определением ведущих типов слоистости, ранее охарактеризованных Л.Н. Ботвинкиной и О.С. Черновой, а также определен генезис выделяемых слоев (фация) [1, 3, 5, 11].

При изучении и описании отложений их гранулометрический состав определялся по шкале ϕ (“фи”) Крамбейна. Так, метрическая или десятичная шкала неудобна из-за дробного и неравномерного шага. Например, границы 0.25; 0.1; 0.05; 0.1 относятся друг к другу как 2.5:2:5, и введение других значений ничего не меняет. Конкурирующая и довольно популярная γ -шкала В.П. Батурина с шагом (10)^{1/10} (0.04; 0.05; 0.063; 0.08; 0.1; 0.125; 0.16; 0.20; 0.25; 0.315; 0.40; 0.50; 0.63; 0.80; 1.0; 1.25; 1.60; 2.0 мм) слишком механистична. Более простой в примене-

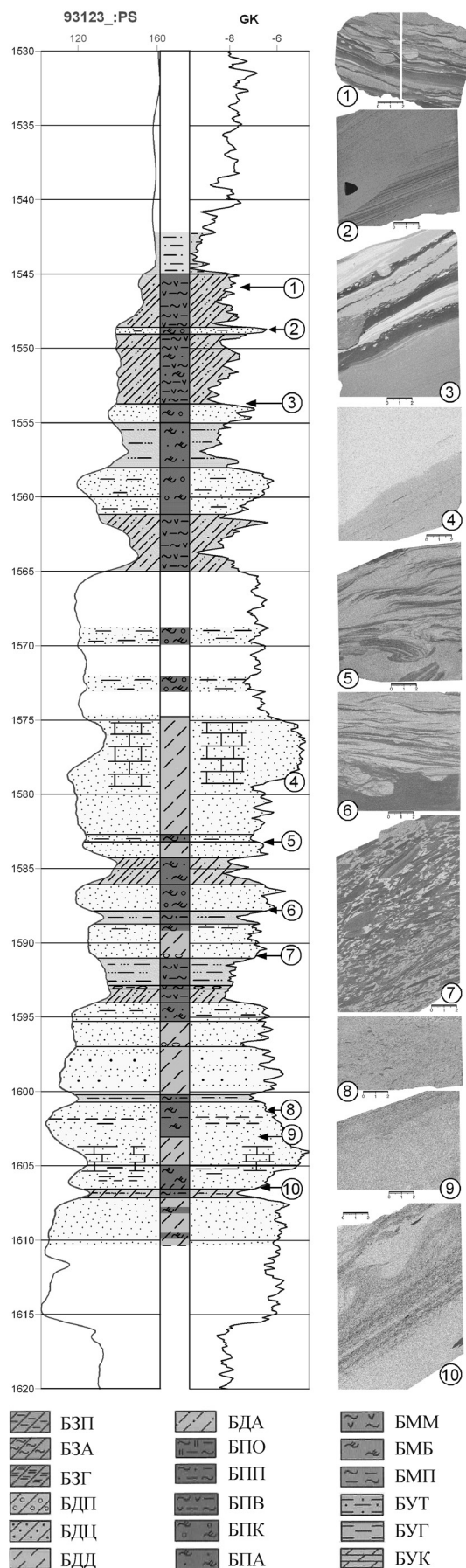
нии является ϕ -шкала с размерностью, определяемой по соотношению $\phi = -\log_2 (x/x_0)$, где $x_0 = 1$ мм. Важно, что результаты гранулометрических анализов можно представить в долях ϕ : 0.5 ϕ и 0.25 ϕ , что обеспечивает высокую детальность результатов при возникновении такой необходимости. Кроме того, из трех возможных границ раздела пород на песок (песчаник)/алеврит (алевролит): 0.1, 0.063 и 0.05 мм, полностью исключается первая, и из двух, мало различающихся оставшихся, выбирается (0.063), входящая в состав “естественной” ϕ шкалы [3, 7, 10, 12].

Проведенные нами гранулометрические исследования позволили выявить следующие крупные палеоландшафты:

1. Побережье с терригенной, преимущественно тиховойдной седиментацией. Обстановки осадконакопления: приливно-отливная отмель (мелководный ватт), частично осушаемый во время отлива воды. Глубина воды от 3 м до 10 м. Керном охарактеризована основная часть ваттового побережья – дистальная зона, находящаяся под уровнем моря, лишь периодически переходящая в проксимальную. В зоне ее развития наблюдаются ритмиты приливно-отливного происхождения. Локальные русловые промоины, сформированные во время отливных течений, накапливались в зоне сублиторали. Отдельные прослои представляют типичные штормовые отложения.

2. Побережье с терригенной, преимущественно активной динамикой среды осадконакопления. При документации керна по всем скважинам установлены интервалы, дающие общую картину обстановки активного, преимущественно волнового морского (бассейнового) побережья. В целом, обстановка осадконакопления представляет собой побережье с активной седиментацией, обусловленной непосредственной поставкой терригенного материала дельтовой системой и его последующей интенсивной волновой вдольбереговой переработкой. Активно-волновая и потоковая обстановки осадконакопления удачно описываются моделью распределения фаций в прибрежно-морских и прибрежно-континентальных обстановках седиментации при стационарном положении береговой линии [2, 3, 13].

Кроме того, по результатам документации керна построены колонки скважин в масштабе 1 : 200, в соответствии с их расположением в направлении с севера на юг. Форма кривых каротажных графиков косвенно отражает изменения в разрезе размера частиц осадка. На всех колонках гранулометрический состав в ϕ -шкале показан в “поле” ГИС-кривых PS (спонтанных потенциалов) и GK (гамма-каротаж). Посередине в колонке, ограниченной параллельными линиями, знаками отображен фациальный состав отложений. Справа от колонок приведены сканированные изображения образцов керна (рис. 1). Помещенными изображениями образцов отобража-



ются общие представления о фациальном составе толщи. Будучи охарактеризованными на конкретных образцах, они показывают общую эволюцию основных типов палеоландшафтов.

На основе анализа форм кривых PS и GK и построенных седиментологических колонок разработаны методики изучения фаций резервуаров [6, 9, 14]. Так как каротаж естественных потенциалов регистрирует разность между потенциалом электрода, перемещаемого по скважине, и постоянным потенциалом электрода, расположенного на поверхности, его величина зависит от кумулятивного эффекта электрофильтрации в толщах, вскрытых скважиной. Этот параметр непосредственно связан с проницаемостью пород. Помимо того, что аргиллиты не проницаемы, а песчаники обычно проницаемы, известно, что проницаемость последних, как правило, понижается с уменьшением размера зерен. Это обусловлено тем, что с уменьшением размера частиц увеличивается содержание глинистого матрикса, который закупоривает все поровые каналы. С помощью каротажа PS появляется возможность прямой калибровки размерности зерен, наблюдаемых в керне, и значений естественных потенциалов. Даже при отсутствии керна по двум экстремальным значениям кривой потенциалов можно построить “линию песков” и “опорную линию глин”. Хотя каротаж по естественным потенциалам применяется весьма широко, он имеет ряд ограничений. Так, соотношение проницаемости и размера зерен справедливо лишь для осадочных пород с первичной межзерновой открытой пористостью. Кривая PS не может отражать размер

Рис. 1. Детальная колонка по скважине 93123.

Фации: БЗП – глинисто-алевритовых осадков полуизолированных частей побережья заливов и лагун; БЗА – песчано-алевритовых осадков прибрежных частей заливов; БЗГ – алеврито-глинистых и карбонатных осадков центральных частей заливов и лагун; БДП – гравийно-песчаных (пуддинговых) осадков оснований конусов выноса рек; БДЦ – гравийно-песчаных осадков центральных частей конусов выноса рек; БДД – песчаных осадков конусов выноса рек; БДА – алеврито-песчаных осадков передовой части дельты; БПО – глинисто-алевритовых осадков приморских озер; БПП – алеврито-глинистых и карбонатных осадков малоподвижного мелководья; БПВ – глинисто-алевритовых осадков приливно-отливной зоны (ватты); БПК – алеврито-песчаных осадков малых аккумулятивных форм (косы, пересыпи); БПА – песчано-алевритовых осадков малоподвижного мелководья; БММ – переслаивание глинисто-алеврито-песчаных осадков подвижного прибрегового мелководья (малые аккумулятивные формы); БМБ – песчаных осадков сильноподвижного мелководья (аккумулятивные формы: бары, косы, пересыпи); БМП – алеврито-песчаных осадков подвижного мелководья; БУТ – песчано-алевритовых осадков открытой части бассейна; БУГ – алеврито-глинистых осадков открытой части бассейна; БУК – глинисто-карбонатных осадков открытой части бассейна.

частиц в песчаниках со значительным содержанием первичного глинистого и вторичного карбонатного цемента. Кроме того, она показывает хорошо выраженные амплитуды лишь при наличии существенного различия степени солености бурового раствора и пластовых вод.

Гамма-каротаж предусматривает регистрацию естественной радиоактивности в скважине с помощью опускаемого зонда. Радиоактивность связана в основном с глинистой фракцией, т.е. гамма-излучение будет увеличиваться пропорционально глинистому компоненту в осадочной породе. Ее величина обычно возрастает с уменьшением размера частиц. Значения линий песков и опорной линии глин могут быть аналогичным образом калиброваны в отношении размера частиц. Как и в случае каротажа PS, гамма-каротаж имеет некоторые ограничения. Его результативность зависит от диаметра скважины. Слишком низкие его значения могут быть обусловлены интенсивным заполнением скважины обрушенными с ее стенок обломками пород. В этом случае одновременно с GK каротажем проводится кавернометрия и вводится соответствующая поправка. Вторая трудность связана с присутствием радиоактивных минералов, отличных от тех, которые содержатся в глинах. В частности, наличие значительного количества слюд, глауконита, фосфоритов, циркона, калиевых полевых шпатов и т.д. может привести к аномально высокой радиоактивности песчаника. В этом случае на диаграммах GK он будет выглядеть, как глинистый разрез [6].

В лабораторных условиях нами с помощью литолого-петрографических методов изучались: состав пород и включений, степень окатанности обломков, гранулометрический состав, коэффициент сортировки пород. В табл. 1 приведены гранулометрические характеристики после обработки данных: средний размер частиц (x_{cp}), стандартное отклонение (коэффициент сортировки S_0), параметр

асимметрии (A), мера эксцесса (E), медиана (Md) и мода (M_0).

Микроскопическое изучение песчаной обломочной породы в шлифах проводилось по скважине 93123/931 Краснотенинского месторождения в соответствии с общепринятой схемой описания породы с помощью поляризационного микроскопа, путем непосредственного массового измерения поперечников зерен или площадей, занимаемых ими в поле зрения микроскопа и посредством статистической обработки результатов измерений. Количество измеряемых зерен в одном шлифе не менее 300–500 (рис. 2).

Пласт ВК₁ Краснотенинского месторождения мощностью 20.7 м представлен отложениями бассейновой группы, мелководно-бассейновой подгруппы: полуизолированного малоподвижного бассейнового мелководья, открытого подвижного бассейнового мелководья и отложениями наиболее удаленной от побережья части бассейна. Тонко-мелкозернистые песчаники ($Md = 0.041–0.071$ мм, $S_0 = 2–3$) характеризуются плохой сортировкой, с отрицательной асимметрией (A – от -0.651 до -0.042) и достаточно большим разбросом значений эксцесса (E – от -0.286 до -1.175). Отрицательная асимметрия указывает на моду, сдвинутую в сторону мелких частиц, и, таким образом, позволяет предполагать преобладание относительно низкоэнергетических условий седиментации. Полученные значения свидетельствуют о значительных вариациях гидродинамических условий среды седиментации, а отрицательные значения эксцесса указывают на то, что привнос обломочного материала значительно превышает интенсивность его динамической переработки.

Пласт ВК₂ мощностью 20.8 м представлен отложениями подводной части дельты переходной группы и полуизолированного малоподвижного мелководья бассейновой группы. Мел-

Таблица 1. Основные гранулометрические характеристики

Пласт	Лабор. номер шлифа	Глубина, м	Литология	x_{cp}	S_0	A	E	Песчаная фракция, мм	Алевритовая фракция, мм	Md, мм	M_0	Max, мм	Min, мм
ВК ₁	3	1548.47	песчаник т-м/з	0.078	2	-0.219	-0.260	0.84	0.163	0.076	0.064	0.432	0.025
ВК ₁	7	1550.05	песчаник т-м/з	0.083	3	-0.651	1.175	0.83	0.163	0.071	0.071	0.955	0.020
ВК ₁	11	1551.25	песчаник т-м/з	0.073	2	0.083	-0.286	0.77	0.230	0.071	0.041	0.244	0.020
ВК ₁	13	1553.70	песчаник т-м/з	0.079	2	-0.053	-0.258	0.84	0.157	0.071	0.051	0.325	0.020
ВК ₁	26	1560.48	песчаник т-м/з	0.077	2	-0.042	-0.181	0.80	0.200	0.071	0.041	0.325	0.020
ВК ₂	31	1578.58	песчаник м/з	0.116	2	0.241	-0.429	0.97	0.033	0.117	0.139	0.320	0.041
ВК ₂	32	1579.09	песчаник т-м/з	0.101	2	-0.092	-0.298	0.97	0.027	0.091	0.089	0.381	0.025
ВК ₂	39	1580.87	песчаник м/з	0.118	2	0.616	0.011	0.96	0.040	0.127	0.127	0.305	0.025
ВК ₂	52	1584.31	песчаник м-т/з	0.100	2	0.116	-0.340	0.94	0.063	0.102	0.064	0.356	0.025
ВК ₃	78	1594.44	песчаник м/з	0.111	2	0.399	0.127	0.95	0.047	0.102	0.102	0.343	0.025
ВК ₃	88	1597.15	песчаник м/з	0.145	2	0.024	1.478	0.98	0.020	0.149	0.128	1.077	0.043
ВК ₄	110	1605.58	песчаник м/з	0.128	2	0.072	-0.358	0.99	0.010	0.128	0.128	0.341	0.043
ВК ₄	114	1606.22	песчаник м/з	0.136	2	1.054	2.082	0.95	0.047	0.139	0.107	0.384	0.011
ВК ₄	130	1610.12	песчаник м/з	0.131	2	0.257	-0.320	0.97	0.030	0.128	0.160	0.445	0.032

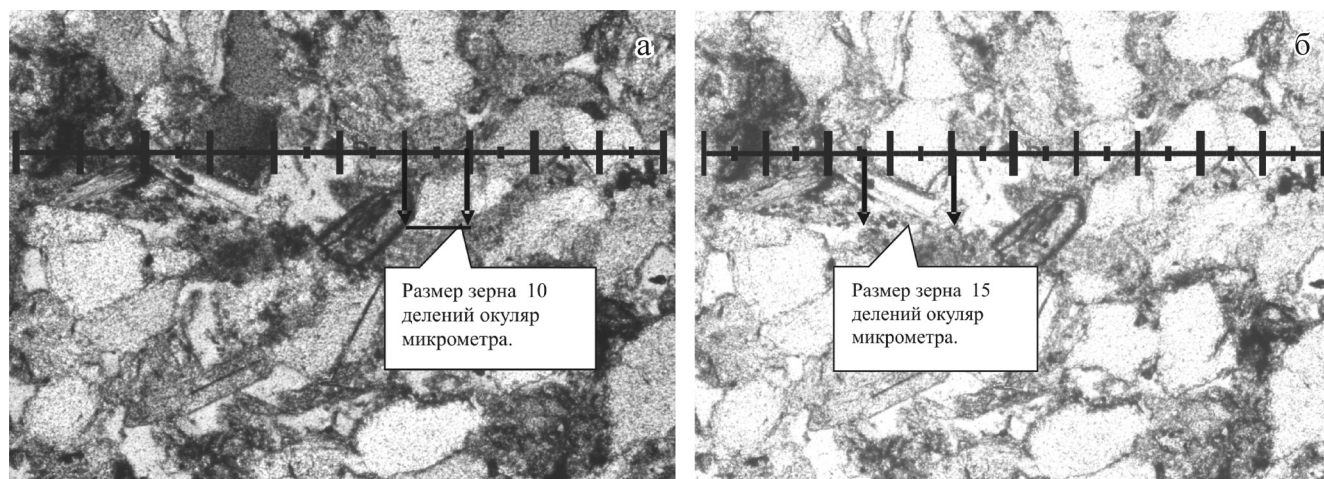


Рис. 2. Песчаник мелко-тонкозернистый с включением зерен циркона.

Вид а – при скрещенных николях; вид б – в проходящем свете; увеличение $\times 10$. Красноленинское месторождение (Каменный участок, восточная часть) скв.93123, обр.93123-52, инт. 1584,31 м. Пласт ВК₃

козернистые и тонко- мелкозернистые песчаники ($Md = 0.064\text{--}0.139$ мм, $S_0 = 2$), отлагались из песчаных осадков конусов выноса рек, с положительной, редко отрицательной асимметрией ($A = (-0.092)\text{--}0.62$) и со значениями эксцесса ($E = (-0.429)\text{--}0.011$). Повышенное абсолютное значение величины положительной асимметрии, указывает, насколько хорошо отсортирован крупнозернистый материал.

Пласт ВК₃ мощностью 18.2 м представлен отложениями подводной части дельты переходной группы, полуизолированного малоподвижного бассейнового мелководья и отложениями открытого подвижного бассейнового мелководья бассейновой группы. Мелкозернистый песчаник ($Md = 0.102\text{--}0.128$ мм, $S_0 = 2$), отложившийся из песчаных осадков малоподвижного мелководья, с положительной асимметрией ($A = 0.024\text{--}0.399$) и со значениями эксцесса ($E = 0.127\text{--}1.478$).

Пласт ВК₄ мощностью 15 м представлен отложениями подводной части дельты, отложениями полуизолированного малоподвижного бассейнового мелководья, а также отложениями открытого подвижного бассейнового мелководья. Мелкозернистый песчаник ($Md = 0.107\text{--}0.160$ мм, $S_0 = 2$), отлагался из песчаных осадков малоподвижного мелководья, с положительной асимметрией ($A = 0.072\text{--}1.054$) и со значениями эксцесса ($E = (-0.358)\text{--}2.082$), что свидетельствует о значительных вариациях гидродинамических условий среды седиментации. Отрицательные значения эксцесса указывают на то, что привнос обломочного материала значительно превышает интенсивность его динамической переработки.

По данным литолого-петрографических исследований, песчаники в скважине 93123 состоят из зерен кварца, полевых шпатов, обломков горных по-

род, цемента; в качестве второстепенных минералов присутствуют хлорит, слюда. Из аксессуарных минералов – циркон, апатит, сфен и другие титанистые минералы (турмалин, гранат, ильменит), которые встречаются в шлифах в виде единичных зерен и часто концентрируются в слабо выраженных слоях, сложенных зернами мелкоалевритовой размерности. Из аутигенных минералов встречены кальцит, лейкоксен, кварц, хлорит. Все кластические компоненты изменены в различной степени. Кварц составляет большую часть обломочной компоненты песчаников, встречаются как хорошо окатанные, так и остроугольные зерна. Кварц чистый, прозрачный, с нормальным или волнистым погасанием, слабо регенерирован (4–5%) с образованием каемок толщиной до 0.05 мм. Встречаются обломки зерен, растворенные с краев, т.е. регенерация кварца выражена в виде частичного восстановления кристаллографических граней, прерывистых каемок и шипиков.

Полевые шпаты представлены плагиоклазами, ортоклазами, реже микроклином. Это окатанные, угловатые, реже вовсе не окатанные зерна, порой, с выраженными гранями. Также наблюдается стрессовая деформация с нарушением двойниковой структуры. Полевые шпаты пелитизированы в различной степени, в средней степени серицитизированы, регенерированы (1–2%), выщелочены (4–5%). Отмечается слабая хлоритизация и карбонатизация.

В одном шлифе наблюдаются как сильно вторично измененные зерна, так и свежие. Обломки пород: кремнистые, слюдистые, кварцево-слюдистые, кварц-хлоритовые, хлоритовые, кварц-турмалиновые. Обломки эффузивов хлоритизированы, каолинизированы, выщелочены (до 5%).

Цемент порово-пленочный, пленочно-поровый, кварцево-регенерационный, участками поровый до базального. Отмечаются частые конформные



Рис. 3. Классификационная диаграмма В.Д. Шутова.

контакты. Реже встречается пойкилитовый карбонатный цемент. Карбонатный цемент распределен неравномерно, участками послойно, представлен кристаллически-зернистым кальцитом с размером зерен 0.20–0.60 мм. Каолинистый поровый цемент распределен неравномерно; отмечаются обособленные каолинита неправильной формы.

По составу цемент глинисто-карбонатный, глинистый. Глинистая составляющая цемента представлена каолинитом (1%), гидрослюдой (1–2%) и хлоритом (ед.), карбонатная – кальцитом (2–3%) и сидеритом (ед.). Пленки прерывистые, редко сплошные гидрослюдистые, участками единично лейкоксеновые и хлоритовые.

Слюды мелкие, представлены интенсивно гидратированным, сидеритизированным, лейкоксенизированным, редко хлоритизированным пластически деформированным биотитом, реже, – мусковитом. Мусковит, чистый, неизмененный. Хлоритизация слабая (хлорит развивается по обломкам, реже по биотиту и образует единичные пленки).

По наслоению породы отмечаются многочисленные слои, обогащенные обрывками растительного детрита, прожилки темно-коричневого органического материала толщиной до 0.02 мм и отдельные кусочки гелефицированных растительных остатков размером до 0.2 мм.

По петрографо-минералогическому составу обломочной части изученные в шлифах песчаники – тонко-мелкозернистые коллектора 4–5 классов. Содержание кварца составляет 60–79%, полевых шпатов – 9–21% (КПШ, плагиоклазов), обломков горных пород и слюд – 9–25%.

Структуры в основном алевропсаммитовые. Текстуры однородные, беспорядочные, ориентированные, благодаря однонаправленному расположению слюд, минеральных прожилковых включений органического материала. Свободные поры составляют до 7% от площади шлифа, изолированные, прямоугольной, реже треугольной, полигональной или неправильной формы, размером 0.02–0.05 мм. Обломочная часть составляет 70–95%.

По классификационной диаграмме В.Д. Шутова определялся вещественный состав осадочной породы. Песчаники отнесены к полевошпатово-кварцевым (шл. № 26), кремнекластито-кварцевым (шл. № 3, 11), мезомиктово-кварцевым (шл. № 13, 32, 52, 78, 110, 114, 130). Несколько образцов отнесено к полевошпато-кварцевым грауваккам (шл. № 7, 31, 88), поскольку значения попали на границу между мезомиктово-кварцевыми песчаниками и полевошпато-кварцевыми граувакками (рис. 3).

Для наиболее наглядного представления результатов гранулометрического анализа были построены гистограммы (графики) распределения массовых долей в процентах по фракциям, где по оси абсцисс откладывались средние значения размерности каждой фракции в миллиметрах (в логарифмической шкале), по оси ординат – процентное содержание каждой фракции. Затем строились кумулятивные кривые, которые представляют собой накопленные проценты по фракциям (рис. 4).

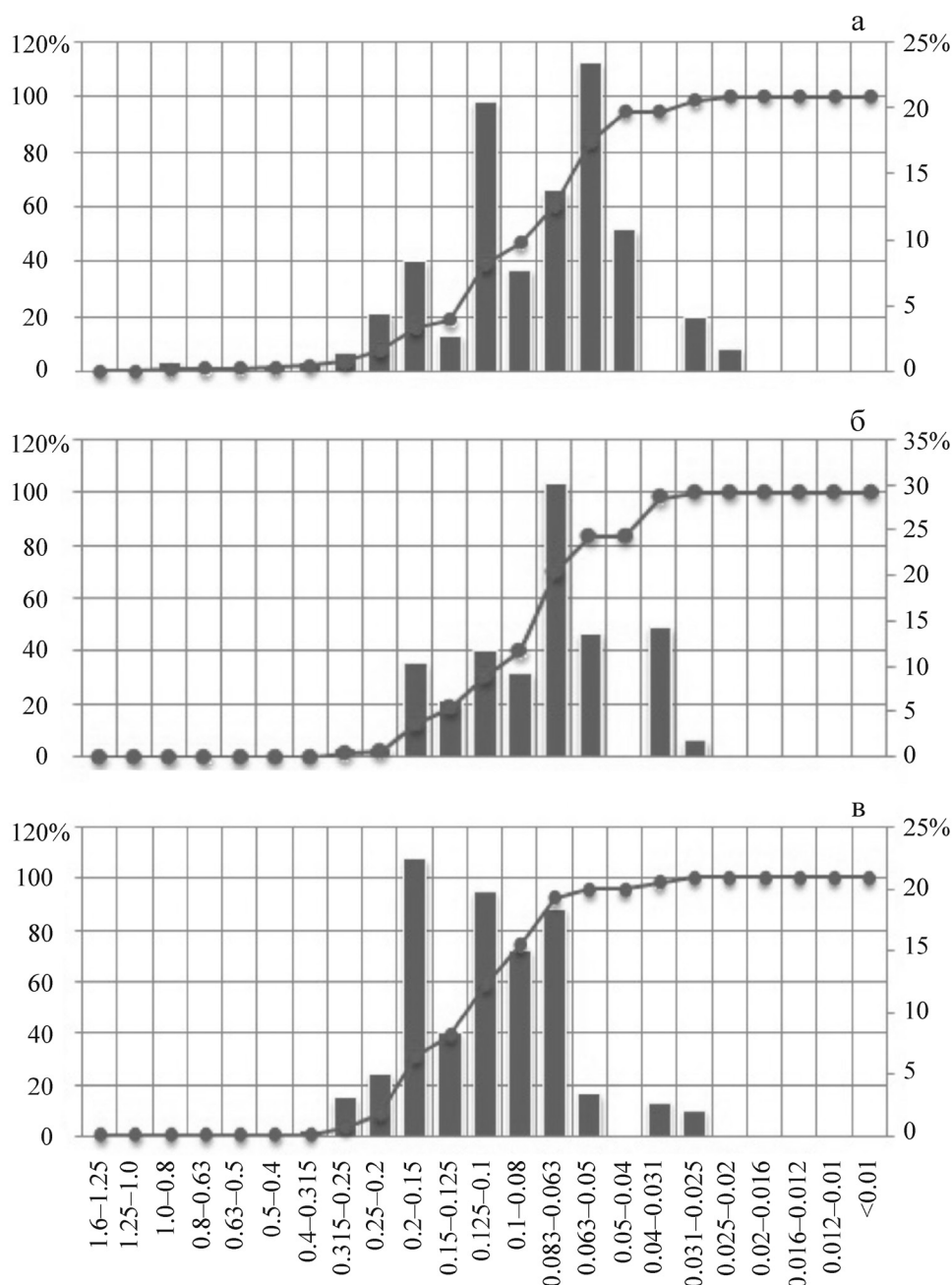


Рис. 4. Гистограмма распределения зерен по фракциям и кумулятивная кривая.

а – шлиф № 7, скв. 93123. Красноленинское месторождение; б – шлиф № 3, скв. 93123 Красноленинское месторождение. Эффект дефицита на границе алевролит-песчаник; в – шлиф № 78, скв. 0 93123 Красноленинское месторождение. Бимодальное сочетание мелкозернистого песчаника и мелкозернистого алевролита.

При анализе гистограмм было замечено, что на границе частиц песчаной и алевроитовой размерности отмечается локальный минимум в следующих шлифах: № 3, 7, 11, 13, 26, 39, 52, 78. Этот эффект был назван дефицитом частиц на рубеже “песок-алеврит”, т.е. в районе частиц 0.05 мм (рис. 4б). А положение этого дефицита смещалось у разных авторов от 0.03 до 0.063 мм [7].

По поводу природы дефицитов существует две гипотезы.

Первая гипотеза, первично-магматическая, предполагает, что дефицит закладывается на стадии разрушения магматических пород и связан с особенностями дезинтеграции обломочного материала (Ф. Петтиджон, В.Г. Чистяков). Эта особенность заключается в том, что на рубеже ~0.05 мм зерна (независимо от их состава и первичной природы материала дробления) обладают повышенной изометрией, увеличивающей устойчивость этих частиц к последующему изменению размеров. Дан-

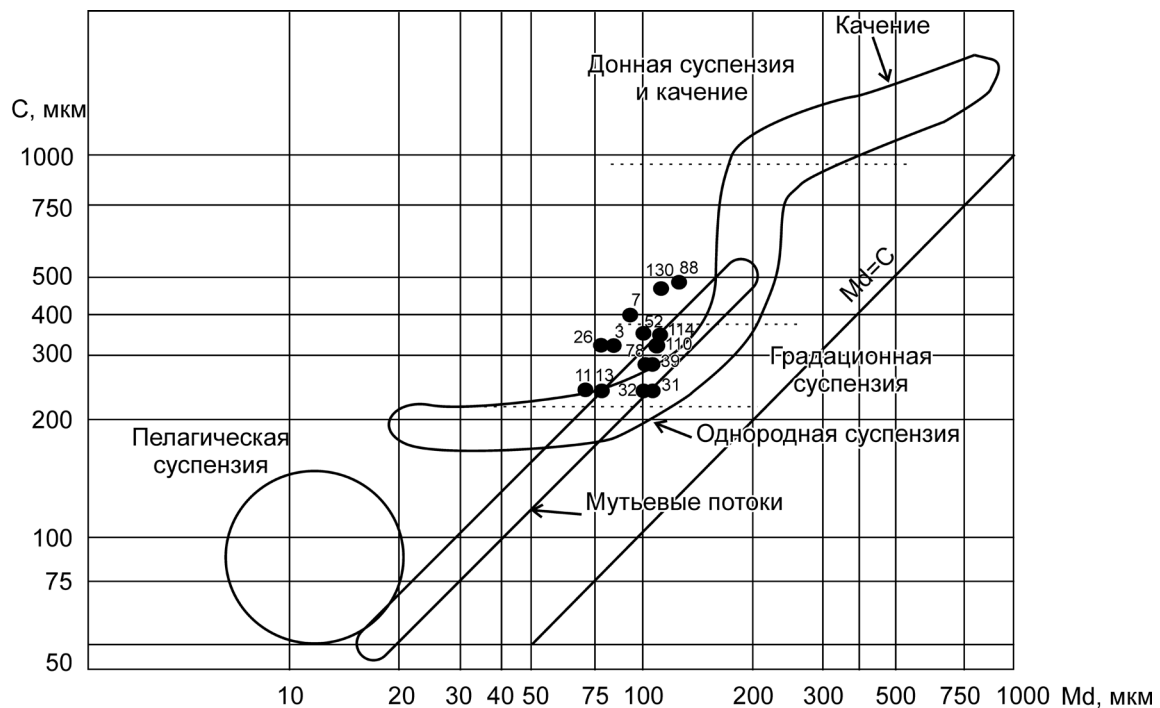


Рис. 5. Генетическая диаграмма Р. Пассега.

Цифры на диаграммах 5 и 6 соответствуют номерам образцов (шлифов) в табл. 1.

ная гипотеза полностью отрицает влияние на распределение частиц по размерам всей последующей после разрушения материнских пород истории обломочного материала.

Согласно второй гипотезе, дефицит формируется на рубеже частиц, отграничивающих разные режимы перемещения кластического материала водными потоками: транспортировка во взвешенном состоянии и сальтация, сальтация и волочение и т.д. (Л.Б. Рухин, В.Н. Шванов, Л.С. Смирнов, О.В. Колобзаров, Г.Ф. Рожков, С.И. Романовский и др.). Природа дефицитов связывается с процессами седиментации осадка.

Как отмечает сам С.И. Романовский “применительно к рассматриваемому явлению можно полагать, что дефицит, по крайней мере, на рубеже “песок-алеврит” закладывается уже на стадии разрушения первичных магматических пород источника сноса и в дальнейшем сохраняется, если процессы седиментации не изменили начального распределения частиц, когда в осадок практически мгновенно выпадает весь первоначально взвешенный в потоке материал или когда осадок оказался погребенным под вышележащими слоями до того, как его фракционная структура пришла в окончательное соответствие с гидродинамическим режимом среды. Следует отметить, что дефициты могут отчетливо проявляться лишь на гистограммах, иллюстрирующих распределение частиц по фракциям, когда число последних достаточно велико” [7, стр.118].

Помимо описанного локального минимума, на графиках распределения гранулометрического состава в определенных интервалах глубин (1545–1564 м – пласт ВК₁, 1592–1595 м – пласт ВК₃) наблюдается еще и бимодальное переслаивание мелкозернистого песчаника и мелкозернистого алевролита (рис. 4в). Интересен факт, что в тех же интервалах глубин, по данным описания керна, наблюдается ритмичное бимодальное переслаивание мелко- и крупнозернистых алевролитов и тонкозернистых песчаников.

Следующим этапом генетической интерпретации гранулометрических исследований стало использование диаграмм – преимущественно генетической диаграммы Р. Пассега и динамогенетической диаграммы Г.Ф. Рожкова [4, 8, 9].

На фациальной диаграмме Р. Пассега, построенной в координатах $C-Md$, фигуративные точки всех образцов в основном сконцентрировались в полях “донная суспензия” и “качение” (рис. 5). В данной диаграмме привязка к обстановке отсутствует, рассматривается только механизм переноса частиц, на основе которого можно сделать предположения об обстановке осадконакопления.

На динамогенетической диаграмме Г.Ф. Рожкова с линиями координат эксцесс (Е)–асимметрия (А) точки образцов в основном, располагаются в поле VII, что свидетельствует о волновых процессах на мелководье и прибрежно-морских фациях. Несколько фигуративных точек попало в поля III и IV, что свидетельствует о слабых, преимущественно речных и соответственно сильных речных или вдоль-

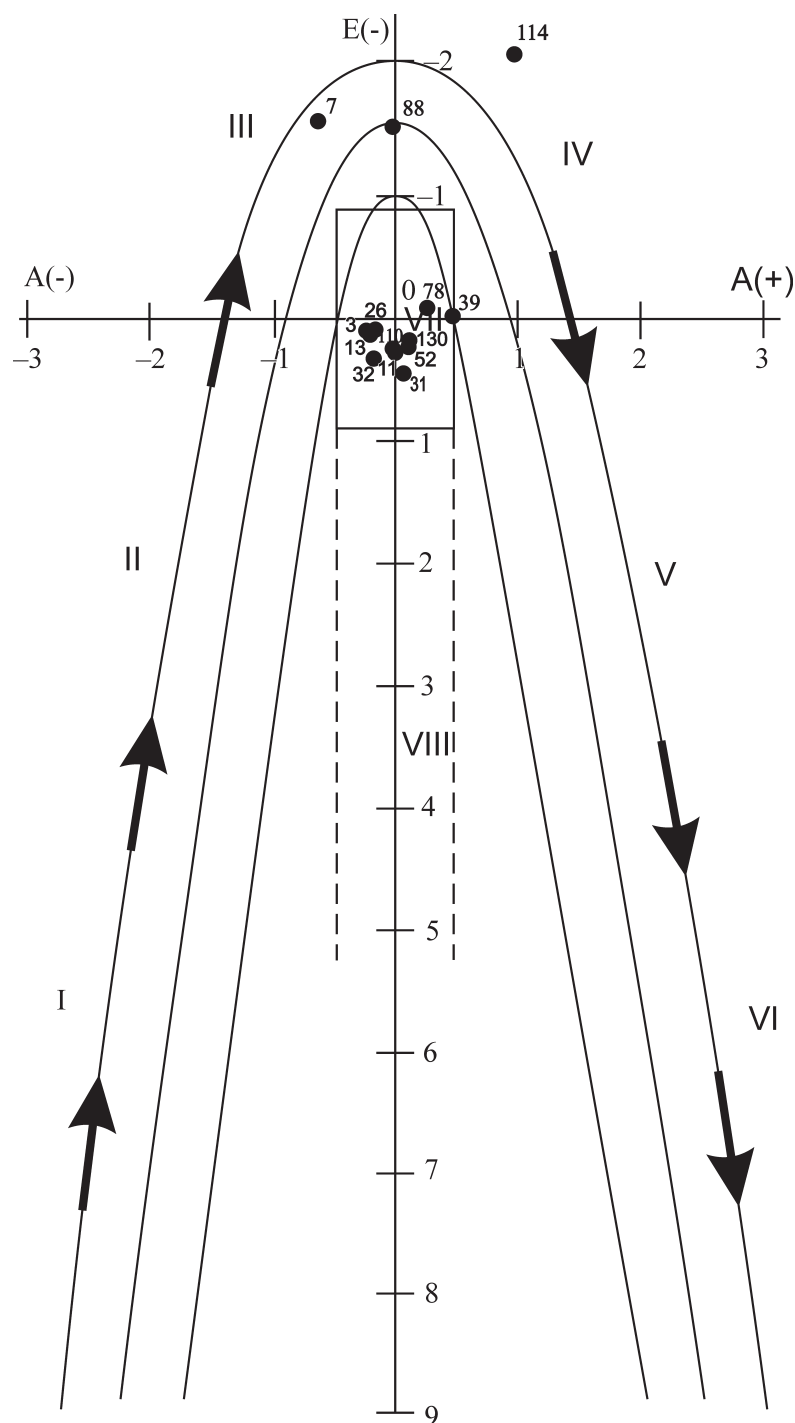


Рис. 6. Динамогенетическая диаграмма Г.Ф. Рожкова.

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.

береговых течениях (рис. 6). Априори такое распределение точек образцов можно считать характерным для дельтовой обстановки, где обычно существует как застойный режим (падение скоростей течений), так и речные течения в основных руслах и протоках, а также эоловая переработка речных песков.

Таким образом, проведение гранулометрического анализа совместно с литолого-фациальным анализом и геофизическими исследованиями скважин позволило внести новые представления об условиях формирования песчаников викуловской свиты. По данным литолого-петрографических исследований установлено, что песчаники викуловской свиты в основном относятся к кварцевой группе и только несколько образцов относится к группе полевошпато-кварцевых граувакков. Результаты генетических диаграмм Р. Пассега и Г.Ф. Рожкова, а также набор установленных фаций свидетельствует, что осадконакопление происходило в диапазоне переходных и бассейновых макрофаций, с преобладанием полуизолированного малоподвижного мелководья. Реже прослеживаются обстановки открытого подвижного мелководья и конусов выноса подводной части дельты.

Сравнивая полученные результаты гранулометрического анализа и данные других исследований по условиям осадконакопления, следует признать, что наиболее эффективная и более подробная фациальная диагностика может быть достигнута только при совместном использовании гранулометрического анализа и детальных литолого-фациальных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.П.* Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). Екатеринбург: УГГУ, 2007. 209 с.
2. *Алексеев В.П.* Подводно-дельтовые песчаники юрских отложений Северной Евразии (распространение, значимость и критерии установления) // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры: мат-лы Двенадцатой научно-практ. конф. Т. 1. Ханты-Мансийск, 2009. С. 144–156.
3. *Вакуленко Л.Г., Предтеченская Е.А., Чернова Л.С.* Опыт применения гранулометрического анализа для реконструкции условий формирования песчаников продуктивных пластов васюганского горизонта (Западная Сибирь) // Литосфера. 2003. № 3. С. 99–108.
4. *Гроссгейм В.А., Бескровная О.В., Геращенко И.Л. и др.* Методы палеогеографических реконструкций (при поисках залежей нефти и газа). Л.: Недра, 1984. 271 с.
5. *Жемчужников Ю.А., Яблоков В.С., Боголюбова Л.И. и др.* Строение и условия накопления основных угленосных свит и угольных пластов среднего карбона Донецкого бассейна М.: Изд-во АН СССР. Ч. 1. 1959. 331 с. Ч. 2. 1960. 346 с.
6. *Кропачев Н.М.* Реконструкции литолого-фациальных моделей горизонта Ю₁, васюганской свиты по данным сейсморазведки и бурения Новосибирск: СО РАН, 2008. 187 с.
7. *Романовский С.И.* Седиментологические основы литологии. Л.: Недра, 1977. 408 с.
8. Седиментология. М.: Недра, 1980. 646 с.
9. *Селли Р.К.* Введение в седиментологию. М.: Недра, 1981. 363 с.
10. Состав, строение и условия формирования коллекторов группы ВК восточной части Краснотенского нефтяного месторождения (Западная Сибирь) / В.П. Алексеев, Э.О. Амон, Ю.Н. Федоров и др. Екатеринбург: УГГУ, 2011. 325 с.
11. *Чернова О.С.* Седиментология резервуара. Томск: ЦППС НД, 2008. 250 с.
12. *Шванов В.Н., Фролов В.Т., Сергеева Э.И. и др.* Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. СПб.: Недра, 1998. 352 с.
13. *Einsele G.* Sedimentary basins: Evolution, facies and sediment budget. Springer, 2000. 792 p.
14. *Selley R.C.* Applied Sedimentology. Second Edition. Academic press, 2000. 523 p.

Рецензент Э.О. Амон

Grain-size analysis for reconstruction of depositional environment of the Vikulov Formation (Aptian, Lower Cretaceous) within Krasnoleninsk oil field (Western Siberia)

G. R. Khusnullina, E. A. Birkle, A. I. Lebedev

KogalymNIPIneft Branch Office of LUKOIL-Engineering in Tyumen

The application of grain-size analysis for reconstruction of depositional environments is focused on the article. Sandstones of the Vikulov Formation (VK₁₋₃ pay zones of Upper Aptian, Lower Cretaceous) within Kamennyi area (eastern part) have been studied. Data interpretation was based on lithologic and petrographic study of core samples and thin-section grain-size analyses. Shutov's classification diagram and Passega and Rozhkov's genetic diagrams have been plotted. Besides, lithofacies analysis data and log data have been used. This allowed making more detailed disengagement of paleo-depositional environments.

Key words: grain-size analysis, genetic diagrams, lithofacies analysis, paleogeographic reconstructions.