



УДК 551.86; 551.763.12; 553.982.23.051(571.121)

## УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТАВДИНСКОГО МЕГАВЫСТУПА ИУССКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РАЙОНА

Е.О. ДЕРНОВА<sup>1, 2</sup>, Е.А. КАПРАНОВА<sup>2</sup>, Ю.В. ЩЕРБИНА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»  
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия  
e-mail: dernova.eo@gmail.com, e-mail: instata@yandex.ru

<sup>2</sup>ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт»  
36, Шоссе Энтузиастов, г. Москва 105118, Россия  
e-mail: kapranova@vnigni.ru

В представленной работе рассмотрены различия механизмов формирования нижнеготтеривских отложений по результатам литолого-петрофизических исследований образцов керна по 5 скважинам леушинской (ок. 150 образцов) и викуловской (ок. 150 образцов) свит. Территория, охваченная исследованиями, расположена на границе ХМАО и Свердловской области. Рассмотрены и сопоставлены различия механизмов формирования викуловской и леушинской свит с привлечением данных макроописания керна, биофациально-го, гранулометрического, петрографического и рентгеноструктурного анализов Нижнемеловые отложения изученного района представлены чередованием алевролитов, аргиллитов с редкими прослоями песчаников. Рассмотрены гранулометрические коэффициенты, наиболее часто используемые для интерпретации сред седиментации, — медианный размер зерен (Md), средний размер зерен (X<sub>ср</sub>), коэффициенты сортировки (S<sub>0</sub>) и асимметрии (As), эксцесс (Ex), отражающие основные особенности распределения зерен в изучаемом разрезе. По данным гранулометрического анализа построены и проанализированы гистограммы — графики распределения массовых долей в процентах по фракциям. Для генетической интерпретации была использована С-М диаграмма Пассега, построение которой основано на механизме переноса частиц и напрямую зависит от динамики потока. Сделаны выводы об условиях формирования отложений. На коллекторские свойства обломочных пород зачастую оказывают влияние многие факторы из рассмотренных выше: медианный размер зерен, отсортированность обломочной части, состав, количество и тип цемента, процессы уплотнения, перекристаллизация, выщелачивание, аутигенное минералообразование и др. На основании проведенных исследований проанализировано влияние различных факторов на коллекторские свойства.

Ключевые слова: нижний мел; викуловская свита; леушинская свита; структура порового пространства; рентгеноструктурный анализ; гранулометрический анализ; анализ гранулометрических коэффициентов; эксцесс; асимметрия; коэффициент сортировки; медианный диаметр; осадконакопление.

<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2019-6-53-62>

## CONDITIONS OF THE FORMATION AND FILTRATION-CAPACITIVE PROPERTIES OF THE LOWER CRETACEOUS DEPOSITS OF THE TAVDINSK MEGA OUTSHOT IN THE IUSSK OIL AND GAS BEARING REGION

ELENA O.DERNOVA<sup>1, 2</sup>, EKATERINA A. KAPRANOVA<sup>2</sup>, JULIA V. SHCHERBINA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Russian State Geological Prospecting University  
23, Miklouho-Maklays street, Moscow 117997, Russia  
e-mail: dernova.eo@gmail.com, e-mail: instata@yandex.ru

<sup>2</sup>All-Russian Research Geological Oil Institute (FSBI «VNIGNI»)  
36, Shosse Entuziastov, Moscow 105118, Russia  
e-mail: kapranova@vnigni.ru

In the presented work, the differences of mechanisms of the formation of the Lower Gotterivian deposits are considered based on the results of lithological-petrophysical studies of core samples on 5 wells of Leushin's (approx. 150 samples) and Vikulov's (approx. 150 samples) assises. The area covered by the studies is located on the border of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug and Sverdlovsk region. The differences in the mechanisms of the formation of the Vikulov's and Leushin's assises with the use of core macrodescription data, biofacies, granulometric, petrographic and X-ray structure analyses are considered and compared. The Lower Cretaceous deposits of the studied area are represented by alternating aleurolites and argillites with rare interbeds of sandstones. The granulometrical factors most commonly used for the interpretation of sedimentation environments, the median grain size (Md), the average grain



size ( $X_{cp}$ ), the sort factor ( $S_0$ ), the asymmetry factor ( $A_s$ ) and the excesses ( $Ex$ ), reflecting the main characteristics of the grains distribution, are considered. According to the granulometric analysis, bar graphs of the distribution of mass fractions in percent by fractions were built and analysed. For genetic interpretation, the CM Passega diagram, construction of which is based on the mechanism of particle transfer and directly depends on the flow dynamics, was used. Conclusions about the conditions of the deposits formation are made. The reservoir properties of detrital rocks are often influenced by many of the factors discussed above: the median grain size, sorting of the detrital part, composition, amount and type of cement, compaction processes, recrystallisation, bore-hole mining and authigenic mineral formation. Based on the studies carried out, the influence of various factors on reservoir properties was analysed.

Keywords: Lower Cretaceous; Vikulov's assise; Leushin's assise; pore structure; X-ray structure analysis; granulometric analysis; analysis of granulometrical factors; excesses; asymmetry; sorting ratio; median diameter; deposition of sediments.

Объектом изучения в представленной работе являлись нижнемеловые отложения викуловской и леушинской свит, залегающие на глубине 850,0–1050,0 м и представляющие собой слабоконсолидированные разности. Территория, охваченная исследованиями, расположена на границе ХМАО и Свердловской области. Изучаемый район приурочен к северной части Тавдинского мегавала [6].

Цель исследования — выявление различий механизмов формирования викуловской и леушинской свит с привлечением данных макроописания керна, биофациального, гранулометрического, петрографического и рентгеноструктурного анализов по данным 6 скважин.

*Литологическая характеристика.* Нижнемеловые отложения изученного района представлены чередованием алевролитов, аргиллитов с редкими прослоями песчаников с линзовидно-волнистыми и реже косослоистыми текстурами, в различной степени нарушенными оползанием, эродированием, карманами внедрения, биотурбацией. В данной работе представлены результаты лабораторного исследования разреза по 5 скважинам.

По данным рентгеноструктурного анализа и микроскопии установлено, что за исключением карбонатизированных пропластков, отложения обеих свит имеют достаточно близкий минералогический состав. Леушинская свита представлена (средние значения): кварц 60–65% до 70%, полевые шпаты от 10–15% до 20%, слюды 7–10%, реже до 20%, литокласты метаморфических и магматических пород 5–10%, глауконит 5–7%, реже до 15%, углефицированный растительный детрит < 2–7%, редко до 10%. Отложения викуловской свиты содержат (средние значения): кварц 55–60%, до 70%, полевые шпаты 10–15% до 25%, слюды от 5–10% и 15–20% до 30% в различных структурных типах, литокласты метаморфических и магматических пород 5–10% до 15%, глауконит 1–5% до 15%, реже биотит 5–10%, углефицированный растительный детрит 1–10%, иногда до 15–20%.

*Структура порового пространства.* По данным оптической микроскопии поровое пространство пород обеих свит характеризуется наличием межзерновой пористости и пористости за счет выщелачивания полевых шпатов.

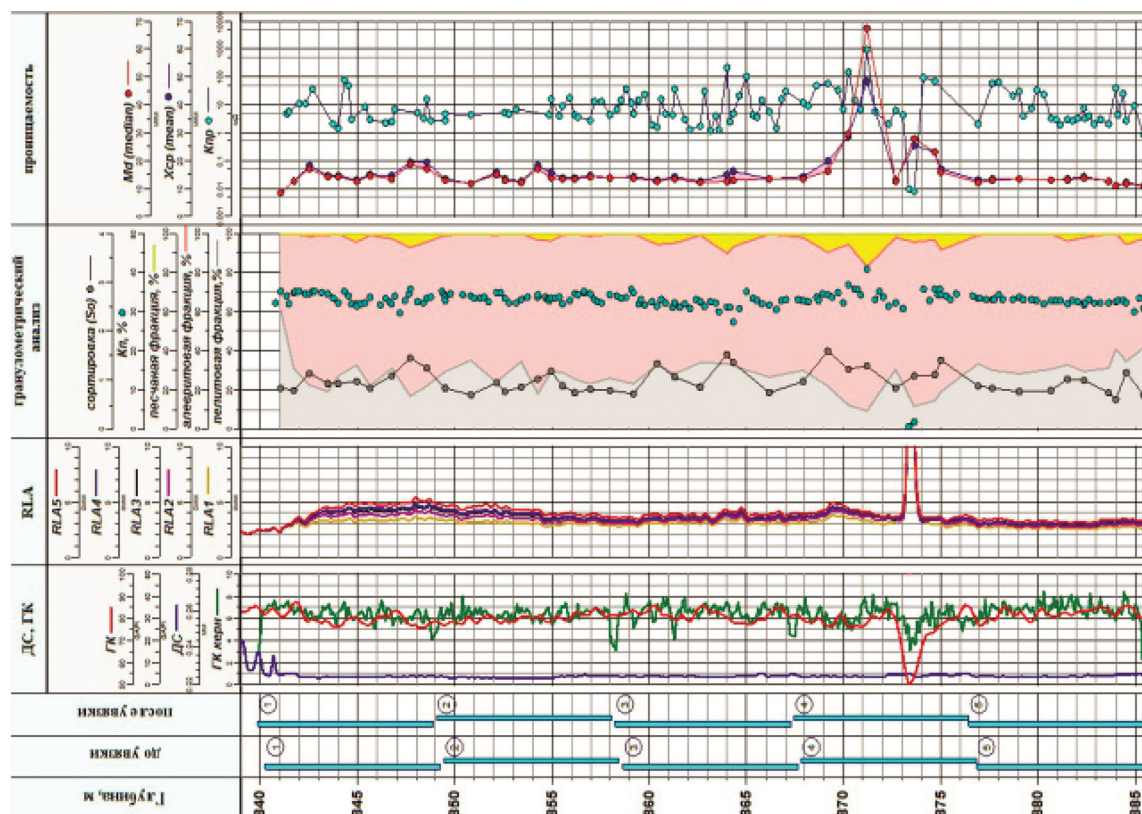
По данным растровой электронной микроскопии емкостное пространство викуловской свиты представлено межзерновыми полигональными и субизометричными капиллярами диаметром 0,01–0,05 мм, иногда образующими единое емкостное пространство диаметром до 0,01 мм. На гранях большинства зерен и в капиллярах присутствует пленочный и поровый глинистый (каолинитовый, возможно, хлоритовый) цемент. Для отложений леушинской свиты свойственны межзерновые капилляры полигональной, реже щелевидной формы диаметром 0,005–0,08 мм, часто сообщающиеся между собой и образующие единое емкостное пространство диаметром до 0,01 мм. Развит пленочный поровый глинистый каолинит-хлоритовый цемент, реже кальцитовый. Кроме того, в кальцитовом цементе присутствуют мелкие меж- и внутрикристаллические капилляры диаметром 0,001–0,02 мм, образованные, вероятно, за счет процессов выщелачивания. Обломочные породы обеих свит неравномерно трещиноватые. Микротрещинки полые, субгоризонтальные однонаправленные с раскрытием до 0,01–0,02 мм для леушинской свиты, 0,005–0,03 мм — для викуловской. Трещинки ветвящиеся, пересекающиеся, транзитно проходящие в высокопористые слои, реже — множественные полые микротрещины с ореолами миграции флюида вокруг них. Для отложений викуловской свиты характерны трещинки с редким органическим веществом сапропелевого типа внутри и редко с ореолами миграции в глинистом веществе.

*Гранулометрическая характеристика.* Гранулометрический анализ проводился с помощью лазерного анализатора частиц Horiba LA-950 с жидкостным дисперсионным модулем и ультразвуковой обработкой. Большое внимание уделено пробоподготовке, поскольку результаты исследования напрямую зависят от качества материала. Дезагрегация проводилась путем растирания породы лепестком, разламывающим породу, дальнейшая обработка производилась резиновым пестиком с контролем агрегационного состояния зерен под бинокулярном.

Отложения изучаемых свит близки по гранулометрическому составу. Леушинская свита пред-



Викуловская свита.



Леушинская свита.

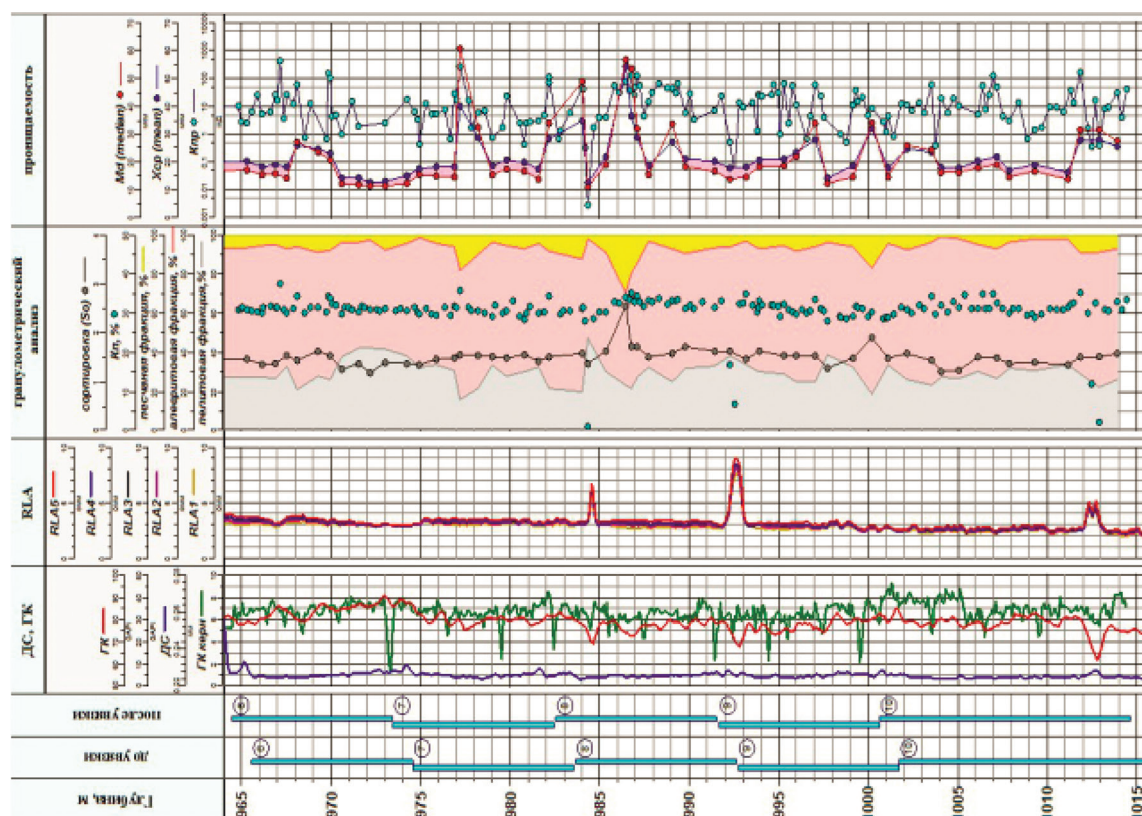


Рис. 1. Результаты гранулометрического анализа и фильтрационно-емкостных свойств



ставлена преимущественно песчаными алевролитами и алевролитами, в разрезе викуловской свиты преобладают алевролиты (рис. 1).

По результатам гранулометрического анализа построены и рассмотрены гистограммы - графики распределения массовых долей в процентах по фракциям. Для большей части пород леушинской свиты характерно бимодальное распределение кривых, наличие пиков в областях крупных фракций, разнородный характер кумулятивных кривых и значительное колебание величины среднего диаметра. Можно предположить, что шло смешение материала из разных источников сноса. Образцы викуловской свиты отмечаются сжатыми и высокими кривыми и достаточно однотипными кумулятивными кривыми, что говорит о преобладании в составе одной фракции.

Для определения генезиса отложений были рассмотрены гранулометрические коэффициенты, наиболее часто используемые для интерпретации сред седиментации, — медианный диаметр зерен ( $M_d$ ), средний размер зерен ( $X_{ср}$ ), коэффициенты сортировки ( $S_o$ ) и асимметрии ( $A_s$ ), эксцесс ( $E_x$ ), отражающие основные особенности распределения зерен [10,11]. Перечисленные величины рассчитаны аналитически методом статистических моментов в логарифмических единицах шкалы  $\phi$  «фи» Крумбейна [5, 11] (PHI Scale) с использованием программы GRADISTAT v8 (by Dr Simon J Blott, 2010).

Для леушинской свиты свойственна плохая сортировка (в основном  $S_o=1\div1,5$ ), отрицательные (большая часть) и положительные значения асимметрии, мода распределения смещена в сторону мелкозернистых фракций ( $M_o < M_d < X_{ср}$ ), а более крупнозернистые составляют его «хвост». При  $A_s < 0$  формирование осадка, по-видимому, происходило в относительно динамически спокойной среде (синее поле на рис. 1). Средний размер частиц свиты составляет  $\sim 5,57\phi$ , ( $0,0211$  мм). Видна закономерность, что с переходом от отрицательных значений асимметрии к положительным, т. е. с увеличением энергии потока, отложившего осадок, увеличивается  $X_{ср}$  (максимум до  $0,044$  мм) (красное поле на рис. 2а). В то же время при  $A_s > 0$  в разрезе имеются породы с  $X_{ср}\sim 6,5\phi$  ( $\sim 0,011$  мм) (зеленое поле на рис. 2а). Можно предположить, что гидродинамически активный поток (русловой) попадал в спокойную энергетическую обстановку, где в дальнейшем происходило постепенное осаждение частиц под действием гравитации. Анализ изменения значения среднего диаметра по разрезу показывает значительное изменение данного параметра по глубине, что может свидетельствовать

о нестабильности потока, отложившего осадок, во времени. Изложенное может соответствовать прибрежно-морским условиям осадконакопления (переход от фронта дельты к проделюте) [13].

В викуловской свите наблюдается преимущественно отрицательная асимметрия ( $A < 0$ ) (рис. 3 а, б), мода распределения смещена в сторону мелкозернистых фракций ( $M_o < M_d < X_{ср}$ ), что схоже с леушинской свитой. Чем больше отрицательная асимметрия, тем лучше отсортирован мелкозернистый материал по сравнению с крупнозернистым. Отрицательная асимметрия чаще всего встречается в донных морских осадках или в зонах действия очень слабых речных или придонных морских течений. Высокие значения эксцесса ( $> 1,5$ ) (рис. 3б) в большей степени характерны для донных осадков акваторий и песков морских побережий. Сопоставление среднего размера частиц с коэффициентом асимметрии (рис. 3а) в викуловской свите наглядно показывает, что в при  $A_s < 0$  в разрезе преобладают частицы алевроитовой размерности, для которых величина  $X_{ср}$  меняется незначительно, составляя в среднем  $\sim 6\phi$  ( $\sim 0,0156$  мм) (синее поле на рис. 2а). В случае положительной асимметрии отмечается закономерное увеличение среднего размера зерен с ростом величины  $A_s$  (зеленое поле рис. 3а), что, вероятно, указывает на смену режима осадконакопления, увеличение скорости движения среды. На связи  $S_o = f(X_{ср})$  при  $X_{ср} \sim 0,0156$  мм величина  $S_o = 0,6\div 1$ , что говорит о слабой отсортированности алевроитового материала. По мере увеличения  $X_{ср}$  степень сортировки материала уменьшается ( $S_o > 1,0$ ), что косвенно свидетельствует о возможности привноса речных осадков. В целом можно предположить более спокойную и устойчивую гидродинамическую обстановку осадконакопления в сравнении с леушинской свитой.

Для образцов обеих свит характерны низкие значения медианного диаметра ( $0,022$  мм и  $0,0156$  мм для леушинской и викуловской свит соответственно), что говорит в целом о низких скоростях движения среды.

Учитывая вышесказанное, можно сделать предположение о водном характере осадконакопления исследуемых отложений. Следовательно, для генетической интерпретации правомочно использование С-М диаграммы Пассега (рис. 4), построение которой основано на механизме переноса частиц и напрямую зависит от динамики потока. Величина С (1%-й квантиль) характеризует подъемную силу потока — максимальный размер частиц для переноса [7, 8, 12].

Поля на диаграмме частично перекрываются, но можно говорить, что основная масса образцов



леушинской свиты соответствует области однородной суспензии. Данный тип осадконакопления характерен для динамически спокойных условий, когда частицы осаждаются из взвеси под действием силы тяжести, что свойственно мелководным морям с низкой степенью переработки осадков/продельтовым отложениям. Осадки представлены внешне однородными глинами, алевроитовыми глинами. Согласно описанию шлифов зерна имеют чаще неокатанную или полуокатанную форму из чего можно предположить близость источника

сноса. Отмечаются участки активной биотурбации, что, как правило, для морских отложений, образованных в мелководной зоне.

Образцы из викуловской свиты распределились в зонах однородной суспензии и действия мутьевых потоков (турбидитные отложения). Данный факт хорошо коррелируется с макроописанием, согласно которому отложения турбидитных потоков отмечаются как контакты светлых песчаников с нижележащими отложениями в виде четких эрозионных или неровных поверхностей, перера-

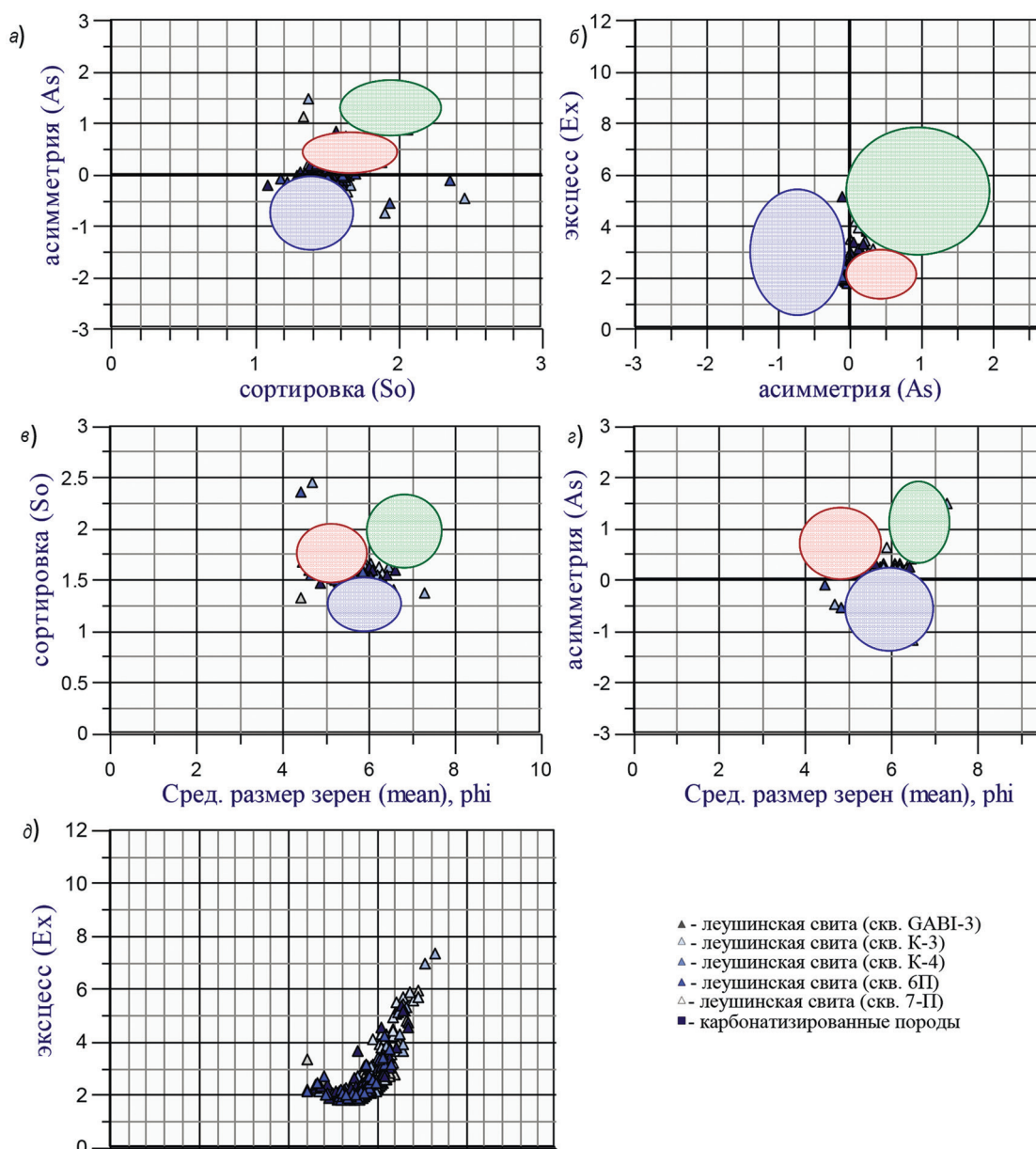


Рис. 2. Анализ гранулометрических коэффициентов. Леушинская свита



ботанных илоедами; верхние имеют постепенный переход в алевролиты, присутствует отмученность осадка, что говорит в пользу постепенного, гравитационного осаднения более крупных частиц, а затем более мелких — легких.

Зона однородной суспензии, вероятнее всего, характеризует продельтовые отложения (продельта — часть дельты, расположенная глубже зоны эффективной волновой деятельности) с тонкозернистыми илистыми осадками: алевриты, глины, переходящие в осадки шельфа. Развита линзовид-

но-волнистая и параллельная слоистость, наблюдаются явления биотурбации. Чем ближе к фронту дельты, тем больше накапливается алевритовый материал, этим объясняется присутствие преимущественно алевритовых отложений [3, 4].

Точки, расположенные в области градиционной суспензии, соответствуют прослоям песчаников коричневатого-серых, крупно-грубозернистых и разнозернистых или скоплениям в алевритах и тонкозернистых песчаниках зерен средне- и крупнопсаммитовой размерности.

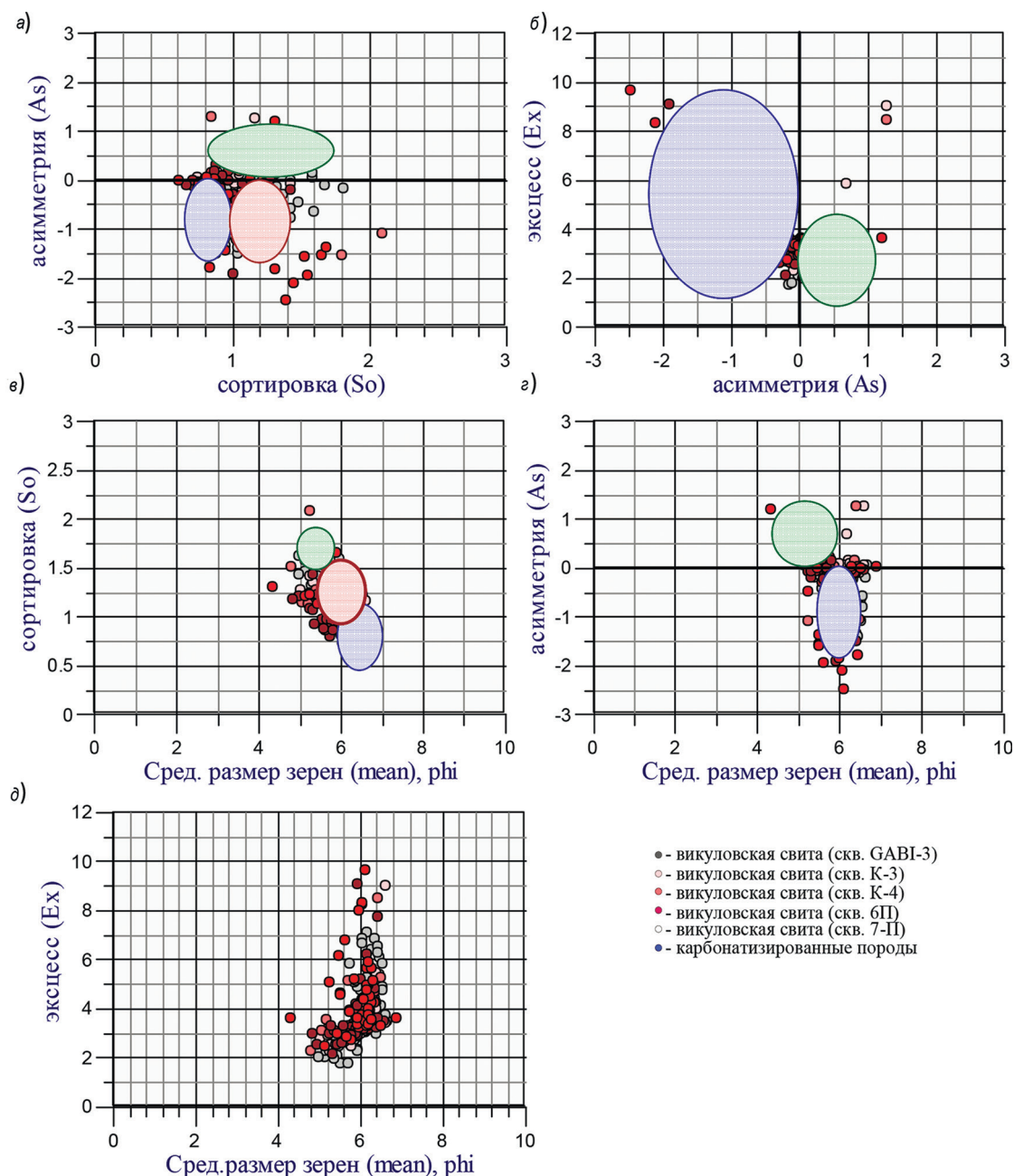


Рис. 3. Анализ гранулометрических коэффициентов. Викуловская свита

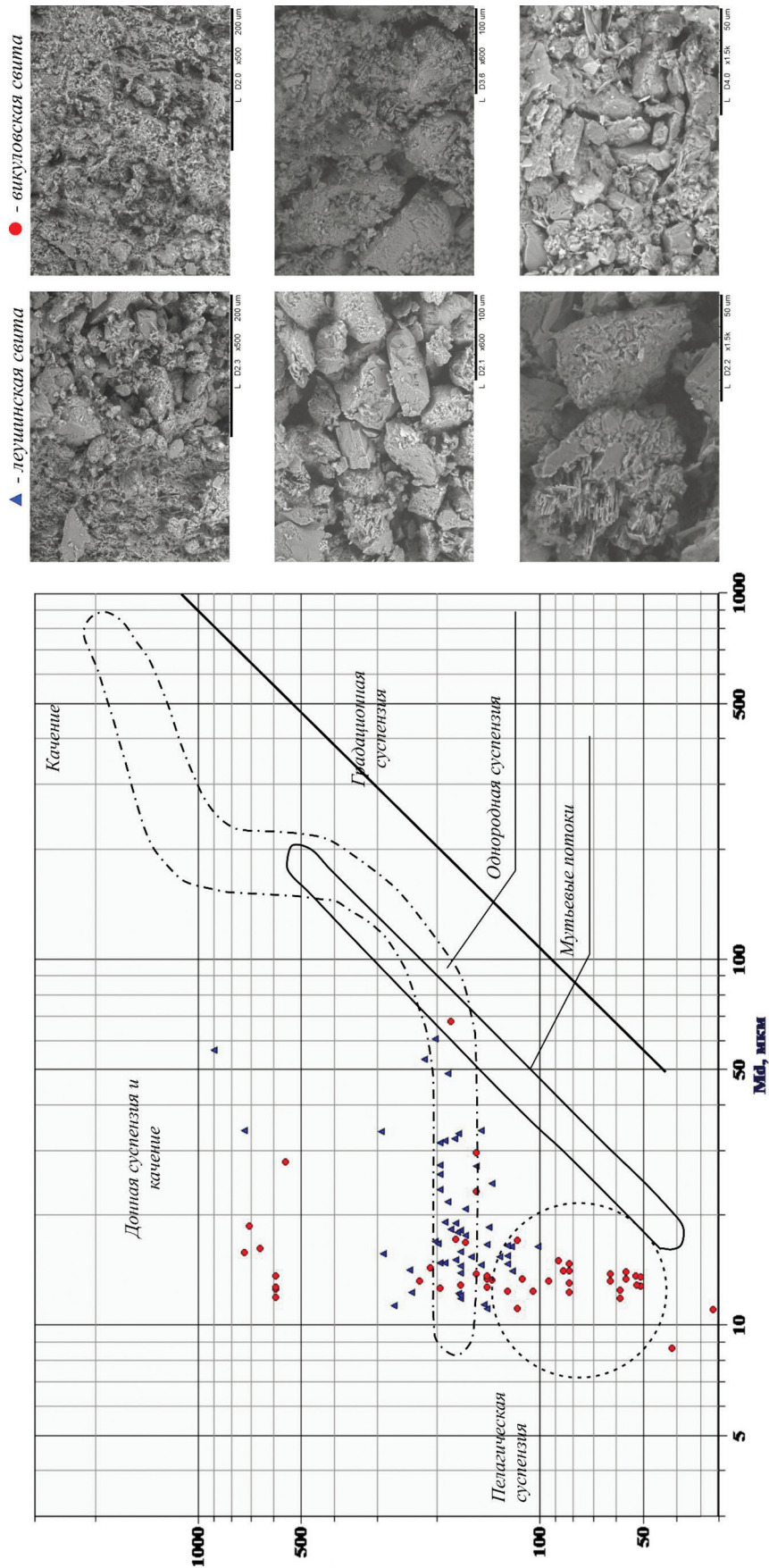


Рис. 4. С-М диаграмма Пассера (слева). Данные растровой электронной микроскопии (справа)



В целом для отложений викуловской свиты можно говорить о сносе континентальных осадков с их последующей частичной переработкой в прибрежно-морских условиях и дальнейшим переотложением в условиях мутьевых потоков.

Данные биофациального анализа (палинологического и микрофаунистического анализов шлама) указывают на переходную континентально-морскую обстановку осадконакопления (с минимальным морским влиянием), сменяющуюся морской [1, 2, 9]. Выводы так же подтверждаются ранее проведенными исследованиями по методу биофациального анализа, выполненные рядом авторов.

**Петрофизическая характеристика.** По данным лабораторных исследований ядра обеих свит изучено влияние различных факторов на коллекторские свойства: медианный размер зерен, отсортированность обломочной части, состав, количество и тип цемента, процессы уплотнения, перекристаллизация, выщелачивание, аутигенное минералообразование и др. Изучение открытой пористости горных пород на образцах ядра производилось методом Преображенского, в котором в качестве насыщающего агента использовалась минерализованная пластовая вода. В результате проведенных исследований выявлено отрицательное

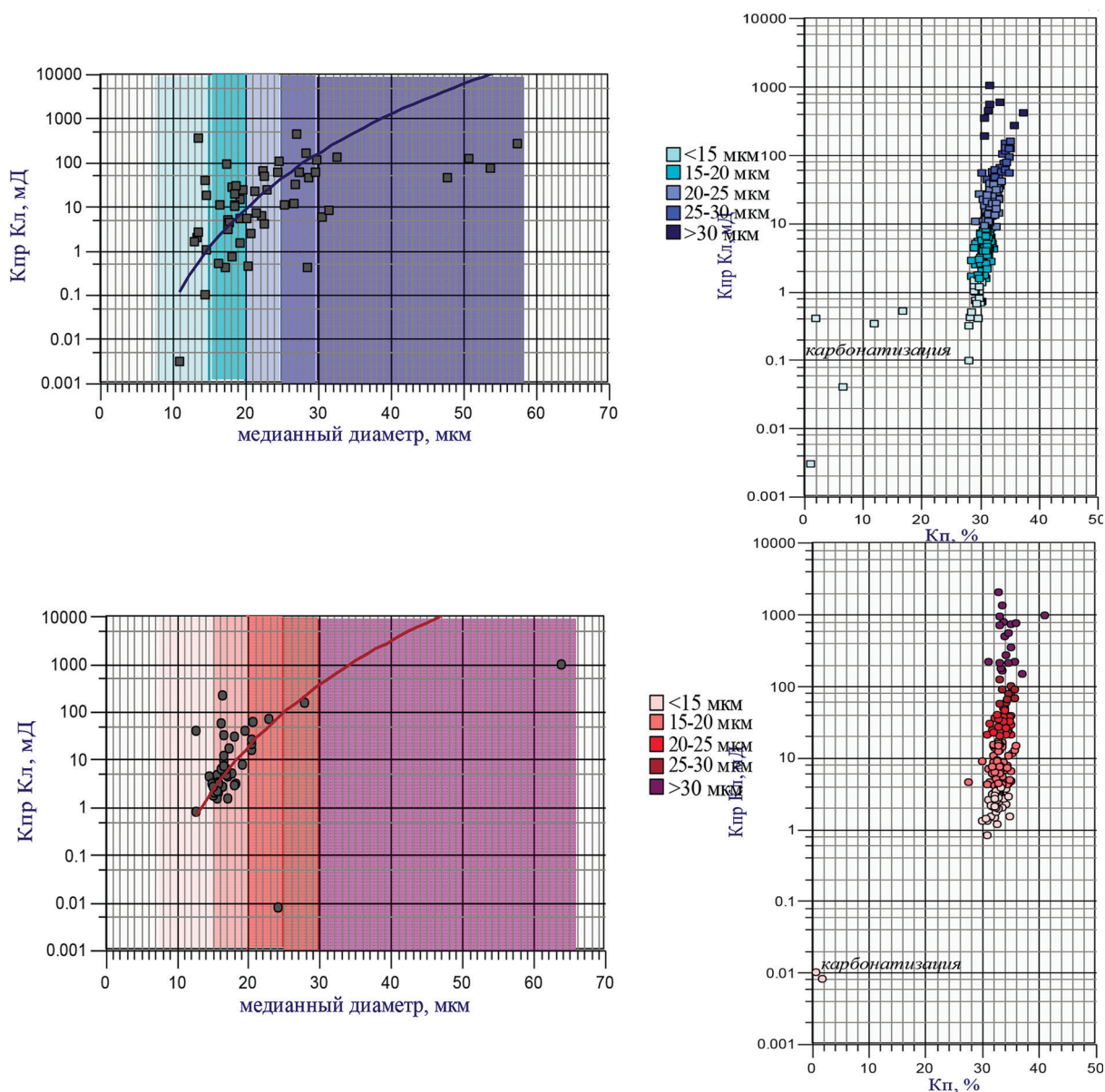


Рис. 5. Сопоставление медианного диаметра и коэффициента проницаемости по лабораторным данным (слева), зависимость Кп/Кпр (справа): а) леушинская свита, б) викуловская свита

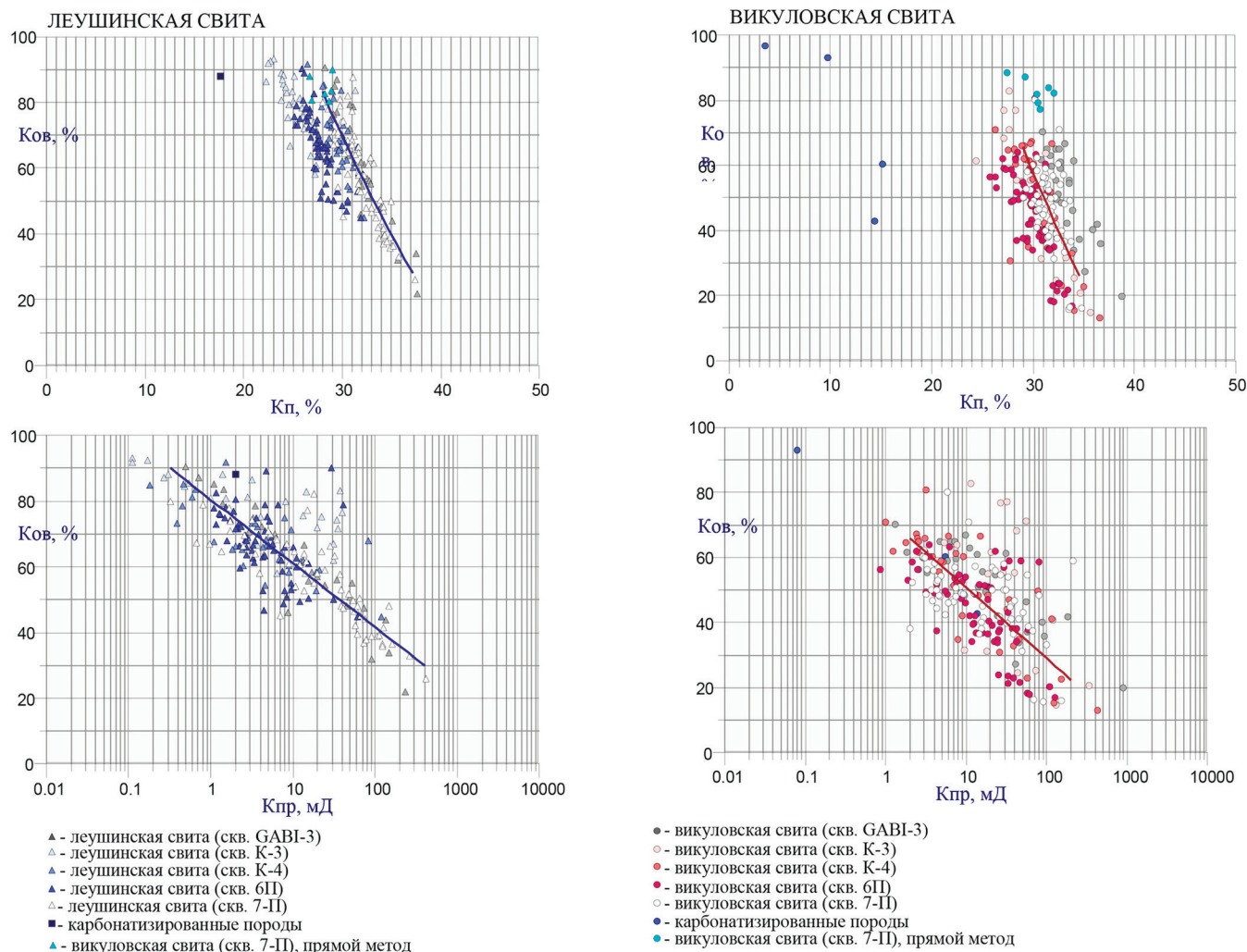


Рис. 6. Сопоставление медианного диаметра и коэффициента остаточной водонасыщенности по лабораторным данным:  
а) леушинская свита, б) викуловская свита

влияние высокого содержания глинистой фракции, а также развития карбонатного цемента на фильтрационно-емкостные свойства коллекторов. На основании сопоставления медианного диаметра зерен и основных параметров ФЕС выявлено закономерное увеличение проницаемости с ростом медианного диаметра и обратная связь с остаточной водонасыщенностью: чем ниже коэффициент остаточной водонасыщенности (Ков), тем больше медианный диаметр (Md), что напрямую связано с содержанием глинистого вещества в породе (рис. 5, 6). На емкостные свойства данная величина существенного влияния не оказывает. Значения пористости 30–32% для викуловской свиты обусловлены высоким содержанием пелитовой фракции. Согласно микроскопическому изучению шлифов и данных растровой электронной микроскопии уста-

новлено, что процентное содержание глинистого цемента вверх по разрезу увеличивается.

### Заключение

На основании проведенных исследований можно предположить, что накопление викуловской свиты происходило в более спокойной и устойчивой гидродинамической обстановке в сравнении с леушинской свитой. Данные выводы подтверждаются палеогеографической схемой Западной Сибири готеривского века [6]. Анализ гранулометрического состава, данные РСА свидетельствуют о связи коллекторских свойств с медианным диаметром, содержанием глинистого вещества в породе и проявлением вторичных изменений в виде кальцитизации.



## ЛИТЕРАТУРА

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. Колмогоров А.Н. О логарифмически-нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении. // Докл. АН СССР, 1941, т. 31, № 2, С. 99–101.
6. Конторович А.Э., Ершов С.В., Казаненков В.А., Карогодин Ю.Н., Конторович В.А., Лебедева Н.К., Никитенко Б.Л., Попова Н.И., Шурьгин Б.Н. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде // Геология и геофизика. 2014, т. 55, № 5–6, С. 745–776.
7. Романовский С. И. Седиментологические основы литологии. // Л. 1977. С. 86–216.
8. Селли Р.К. Введение в седиментологию. // М.: Недра, 1981. 363 с.
9. Хуснуллина Г. Р., Биркле Е. А., Лебедев А. И. Гранулометрический анализ песчаников викуловской свиты (апт, нижним мел) Красноленинского месторождения (Западная Сибирь). // Литосфера. 2012. № 6. С. 90–99.
10. Шванов В.Н., Фролов В.Т., Сергеева Э.И. и др. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. // СПб.: Недра, 1998. 352 с.
11. Krumbein W.C. Size frequency distribution of sediments. // J.Sediment.Petrol., 1934, vol. 4, p. 65–77.
12. Passega R., Byramjee R. Grain-size image of clastic deposits. // Sedimentology, 1969, v. 13, N 3–4, p. 233–252.
13. Einsele G. Sedimentary basins: Evolution, facies and sediment budget. // Springer, 2000. 792 p.

## REFERENCES

1. Alekseev V.P. Atlas fatsiy yurskikh terrigennykh otlozheniy (uglenosnye tolshchi Severnoy Evrazii). [Atlas of facies of Jurassic terrigenous sediments (coal-bearing strata of Northern Eurasia)]. Yekaterinburg: USMU, 2007, 209 p. (In Russian)
2. Alekseev V.P. Podvodno-del'tovye peschaniki yurskikh otlozheniy Severnoy Evrazii (rasprostraneniye, znachimost' i kriterii ustanovleniya) [Underwater-delta sandstones of the Jurassic deposits of Northern Eurasia (distribution, significance and establishment criteria). Puti realizatsii neftegazovogo i rudnogo potentsiala KhMAO-Yugry: mat-ly Dvenadtsatoy nauchno-prakt. konf. [Ways to implement the oil and gas and ore potential of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra: materials of the Twelfth Scientific and Practical. conf.] Khanty-Mansiysk, 2009, T. 1, pp. 144–156. (In Russian)
3. Vakulenko L.G., Predtechenskaya E.A., Chernova L.S. Opyt primeneniya granulometricheskogo analiza dlya rekonstruktsii usloviy formirovaniya peschanikov produktivnykh plastov vasyuganskogo gorizonta (Zapadnaya Sibir') [The experience of using particle size analysis for reconstructing the conditions for the formation of sandstones in productive formations of the Vasyugan horizon (Western Siberia)]. Lithosphere, 2003, no. 3, pp. 99–108. (In Russian)
4. Grossheim V.A., Beskrovnyaya O.V., Gerashchenko I.L. et al. Metody paleogeograficheskikh rekonstruktsiy (pri poiskakh zalezhey nefi i gaza) [Methods of paleogeographic reconstructions (when searching for oil and gas deposits)]. L.: Nedra Publ., 1984, 271 p. (In Russian)
5. Kolmogorov A.N. logarifmicheski-normal'nom zakone raspredeleniya razmerov chastits pri droblenii. [On the log-normal law of particle size distribution during crushing]. Dokl. USSR Academy of Sciences, 1941, t. 31, no. 2, with 99–101. (In Russian)
6. Kontorovich A.E., Ershov S.V., Kazanenkov V.A., Karogodin Yu.N., Kontorovich V.A., Lebedeva N.K., Nikitenko B.L., Popova N.I., Shurygin B.N. Paleogeografiya Zapadno-Sibirskogo osadochnogo basseyna v melovom periode. [Paleogeography of the West Siberian sedimentary basin in the Cretaceous Period]. Geology and Geophysics. 2014, t. 55, no. 5–6, pp. 745–776. (In Russian)
7. Romanovsky S.I. Sedimentologicheskie osnovy litologii. [Sedimentological foundations of lithology]. L., 1977, pp. 86–216. (In Russian)
8. Selly R.K. Vvedenie v sedimentologiyu. [Introduction to sedimentology]. M.: Nedra Publ., 1981, 363 p. (In Russian)
9. Khusnullina G.R., Birkle E.A., Lebedev A.I. Granulometricheskii analiz peschanikov vikulovskoy svity (apt, nizhnim mel) Krasnoleninskogo mestorozhdeniya (Zapadnaya Sibir'). [Granulometric analysis of sandstones of the Vikulov Formation (apt, Lower Cretaceous) of the Krasnoleninsky deposit (Western Siberia)]. Lithosphere, 2012, no. 6, pp. 90–99. (In Russian)
10. Shvanov V.N., Frolov V.T., Sergeeva E.I. and others. Sistematika i klassifikatsiya osadochnykh porod i ikh analogov. [Systematics and classification of sedimentary rocks and their analogues]. St. Petersburg: Nedra Publ., 1998, 352 p. (In Russian)
11. Krumbein W.C. Size frequency distribution of sediments. J. sediment. Petrol., 1934, vol. 4, pp. 65–77.
12. Passega R., Byramjee R. Grain-size image of clastic deposits. // Sedimentology, 1969, v. 13, no. 3–4, pp. 233–252.
13. Einsele G. Sedimentary basins: Evolution, facies and sediment budget. Springer, 2000, 792 p.