

## ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬБСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Е. В. Кутищева

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 26 февраля 2013 г.

**Аннотация.** В данной работе приводится подробная гранулометрическая характеристика альбских отложений Воронежской антеклизы на примере территории листов М-37-II (Кшенский) и N-37-XXXI (Малоархангельский). Обработка результатов проведена на основе метода Фолка и Варда. В работе дается сравнительная характеристика альбских отложений в пределах изучаемой территории по основным гранулометрическим коэффициентам, благодаря чему выявлены основные особенности и прослежены изменения в динамике среды осадконакопления как по площади, так и в разрезах.

**Ключевые слова:** песок, альб, гранулометрия, динамика среды.

**Abstract.** This paper provides a detailed particle-size characteristics of albian deposits of the Voronezh anteclise as a case study of sheet M-37-II (Kshensky) and N-37-XXXI (Maloarkhangelsky). Processing of the results carried out on the basis of Folk and Ward. The paper gives a comparative description of the albian sediments within the study territory on major particle-size factors, so that the main features identified and tracked changes in the dynamics of depositional environment both in area and in sections.

**Key words:** sand, alb, particle-size, dynamic environments

### Введение

Отложения альбского яруса распространены почти на всей территории Воронежской антеклизы, отсутствуя лишь на севере Орловской области. Залегают они с размывом на породах апта, южнее линии г.г. Курск-Тим – на неокомских и даже юрских образованиях, а перекрываются повсеместно песчаными породами сеномана [3].

Необходимостью постановки настоящего исследования стала устаревшая информационная база для песчаных пород альбского яруса. Целью данной работы явилась подробная гранулометрическая характеристика альбских отложений в пределах территории листов М-37-II (Кшенский) и N-37-XXXI (Малоархангельский), обеспечивающая возможность уточнения и корректировки фациальных особенностей рассматриваемых отложений (см. рис. 1).

В целом отложения альбского яруса представлены толщей разнозернистых песков, изменяющихся по гранулометрическому составу как по площади, так и в разрезах, и сформировавшихся в мелководно-морском бассейне нормальной солености в обстановке переменного гидродинамического режима. Мощность песков альба изменяется от первых до 60 метров на северо-востоке антеклизы.

В нижних частях разрезов данных отложений залегают темно-серые сильнослюдистые интенсивно биотурбированные алевролиты.

Отложения среднего альба распространены на всей территории антеклизы, кроме Доно-Донецкого поднятия. В прилегающих к нему участках среднеальбские светло-зеленые разнозернистые с преобладанием крупнозернистых, гравелистые, кварцевые пески, имеют разнонаправленную косую слоистость и формировались в прибрежно-морских условиях, частично в зоне пляжа. На остальной территории распространены мелкозернистые глауконит-кварцевые зеленовато-серые мелководно-морские пески с прослоями запесоченных гидрослюдисто-монтмориллонитовых глин, а также фосфоритов.

Верхнеальбские отложения делятся на две пачки: алевроитово-глинистую и песчаную фосфоритсодержащую. Алевролиты запесоченные с текстурой “рябца”, глины тонко-алевроитовые темно-серые неяснослоистые. Пески тонко- и мелкозернистые зеленовато-серые, глауконит-кварцевые с гальками, “толокушами” и “сиваками” фосфоритов [3].

Отложения альбского яруса широко распространены в пределах листа М-37-II (Кшенский). Представлены желтовато-светло-серыми или серовато-желтыми кварцевыми песками, преимущественно мелко- и среднезернистыми. В песке наблю-

## Обзорная карта района работ (на схеме расположения листов Воронежской серии)

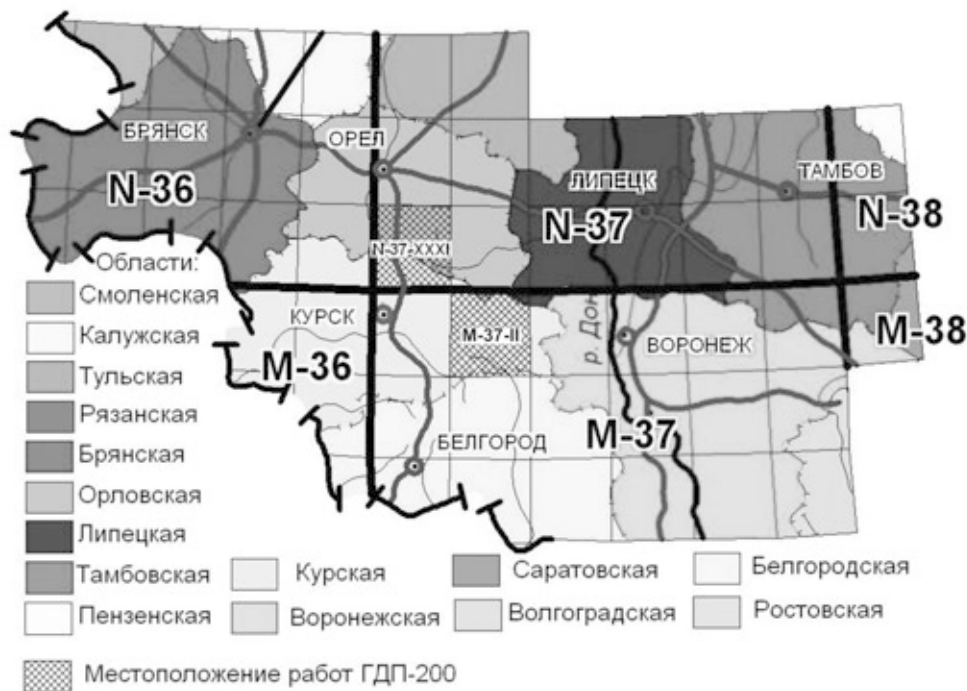


Рис. 1. Схема расположения листов М-37-II (Кшенский) и N-37-XXXI (Малоархангельский)

даются многочисленные гравийные зерна кварца размером до 1 см средне- и хорошоокатанные. Отмечаются плохо выраженная горизонтальная и слабоволнистая слоистость, подчеркнутая неравномерным распределением гидроокислов железа. Видимая мощность отложений достигает 25 м (см. рис. 2).

Отложения альбского яруса широко распространены в пределах листа N-37-XXXI (Малоархангельский). Представлены белыми, светло-серыми или зеленоватыми кварцевыми песками, преимущественно мелко- и среднезернистыми, слабоглауконитовыми, с гальками кремня и кварца, местами с прослоями грубозернистых песков и песчанистой глины. Видимая мощность отложений достигает 14 м (см. рис. 3).

### Методика исследования

Для исследования гранулометрического состава альбских отложений было отобрано 56 проб. Все пробы подверглись обработке в несколько стадий. Первоначально из проб с исходной навеской 150 г была удалена глинистая фракция путем многократной промывки пробы водой. Далее каждая проба просушивалась, после чего осуществлялся сам

гранулометрический анализ с использованием сит следующих диаметров: 1,6; 1,0; 0,63; 0,5; 0,4; 0,315; 0,25; 0,2; 0,16; 0,1; 0,063; 0,05 мм [5]. Далее полученные результаты были занесены в таблицы, где указывалось процентное содержание каждой фракции в навеске. Для более наглядного примера числовые данные были интерпретированы в виде графиков распределения массовых долей в процентах по фракциям, где по оси абсцисс откладываются средние значения размерности каждой фракции в миллиметрах (в логарифмической шкале), по оси ординат – процентное содержание каждой фракции.

Важным этапом для последующей математической обработки данных явилось построение кумулятивных кривых или кривых однородности. Проблема хвостов при построении графиков была решена путем искусственной фиксации максимальной и минимальной размерности.

Последующая обработка была сведена к вычислению гранулометрических коэффициентов по методу Фолка и Варда, признанному одним из наиболее информативных. Исходными данными для коэффициентов Фолка и Варда являются абсциссы, отвечающие 5, 16, 25, 50, 75, 84 и 95%



**Рис. 2.** Отложения альбского яруса (K1al) листа М-37-II (Кшенский)



**Рис. 3.** Отложения альбского яруса (K1al) листа N-37-XXXI (Ма-лоархангельский)

значениям кумулятивной кривой и выраженные в шкале Ф. Основная единица шкалы вычисляется как  $\Phi = -\log_2 d$ , где  $d$  – размеры фракций в мм.

Среднее значение диаметра частиц  $Ma_g$  вычисляется по формуле:

$$Ma_g = \frac{\ln P_{16} + \ln P_{50} + \ln P_{84}}{3},$$

где  $P_n$  – процентный перцентиль в миллиметрах.

Графические коэффициенты, согласно методу Фолка и Варда, коэффициент сортировки  $\sigma_g$ , асимметрия  $K_{ag}$  и эксцесс  $E_g$  вычисляются по формулам:

$$\sigma_g = \frac{\ln P_{84} - \ln P_{16}}{4} + \frac{\ln P_{95} - \ln P_5}{6.6};$$

$$K_{ag} = \frac{\ln P_{16} + \ln P_{84} - 2 \ln P_{50}}{2(\ln P_{84} - \ln P_{16})} + \frac{\ln P_5 + \ln P_{95} - 2 \ln P_{50}}{2(\ln P_{95} - \ln P_5)};$$

$$E_g = \frac{\ln P_{95} - \ln P_5}{2.44(\ln P_{75} - \ln P_{25})},$$

где  $P_n$  – процентный перцентиль в миллиметрах.

### Обсуждение результатов

Из полученных в ходе графической интерпретации данных можно сделать вывод, что большинство построенных графиков для отложений территории листа М-37-П (Кшенский) характеризуются однотипностью положения пиков (см. рис. 4а) и являются остроконечными. Максимальные значения содержания фракций приходятся на размеры зерен 0,25-0,16 и составляют от 32 до 70 % навески, при этом области крупной и мелкой фракции приближаются к нулевым значениям. Наибольшие значения пиков для данного типа графиков отмечаются, как правило, в средних и нижних частях разрезов. Более пологие кривые для отложений альбского возраста встречаются реже. Они характеризуются меньшими процентными значениями пиков и их смещением в сторону фракций, отвечающих среднезернистому составу отложений (см. рис. 4а). В большинстве случаев эти кривые относятся к верхним частям разрезов.

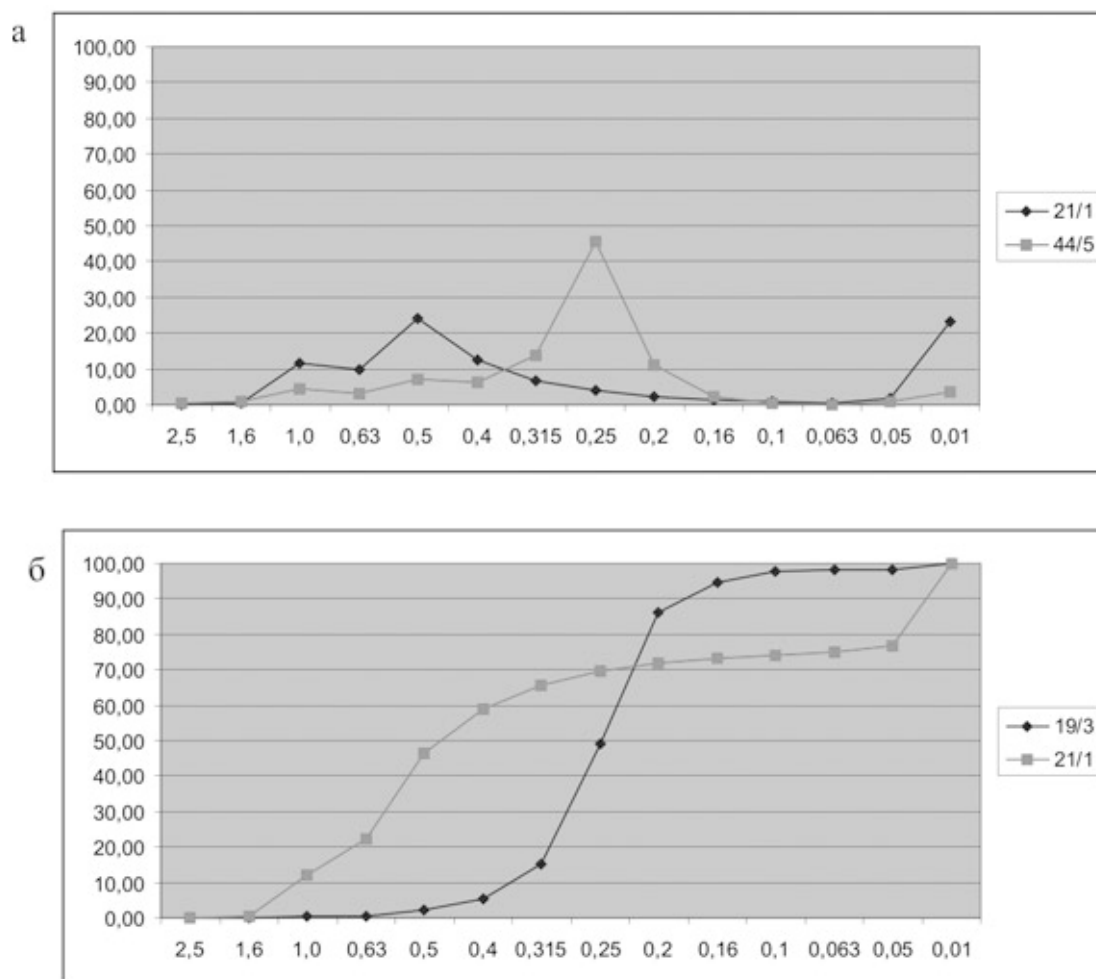


Рис. 4. Графики распределения размерных фракций (а) и кумулятивные кривые (б) для альбских отложений территории листа М-37-П (Кшенский)

Большая часть кумулятивных кривых характеризуется однотипностью (см. рис. 4б). Они обладают простой формой и крутым углом наклона относительно ординат 25 и 75%. Встречаются также кривые, угол наклона которых относительно ординат 25 и 75% более пологий и в одном случае кривая имеет выпуклый характер. Такое положение кривых говорит о худшей сортировке отложений и менее спокойной динамике среды осадконакопления. Пологие кумулятивные кривые характерны для альбских отложений на северо-западе территории листа М-37-II (Кшенский).

Среди графиков распределения размерных фракций листа N-37-XXXI (Малоархангельский) можно так же выделить два основных типа. Пер-

вый, и наиболее распространенный, характеризуется наличием одного-двух пиков во фракциях >0,2 мм (см. рис. 5а). В данном типе отмечаются повышенные содержания фракций 0,2–0,16 и 0,1–0,063 мм. Здесь их процентное содержание зачастую превышает 40%. Концентрации более крупных фракций для данного типа не превышают 10% и кривые в областях их значений пологие, без резких скачков. Такие пески относятся к мелко – тонкозернистым. Для второго типа характерны повышенные концентрации крупной фракции (см. рис. 5а). Пики таких кривых соответствуют фракциям 1,6–1,0 и 1,0–0,63 мм, при этом их значения превышают 50%. Таким образом, данные пески могут быть классифицированы как крупнозернистые.

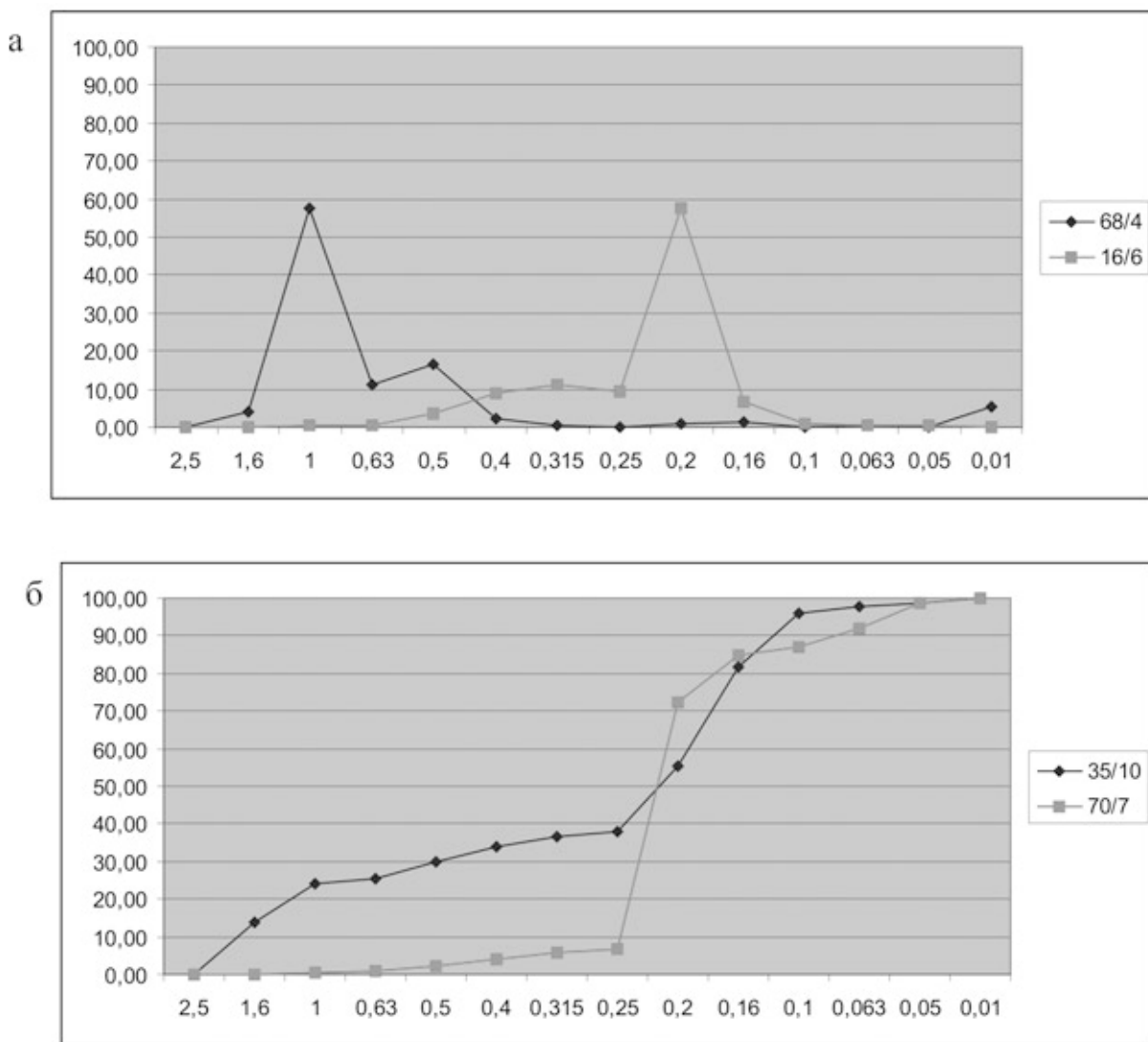


Рис. 5. Графики распределения размерных фракций (а) и кумулятивные кривые (б) для альбских отложений территории листа N-37-XXXI (Малоархангельский)

Следует отметить, что все они приурочены к верхним частям разрезов альбских отложений. Практически для всех полученных кривых характерно наличие одного – двух пиков повышенной концентрации фракций говорит о хорошей и средней степени сортировки отложений. Рассматривая данные кумулятивных кривых можно также выделить два типа. Большинство из них, относящихся к первому, характеризуются крутым углом наклона относительно ординат 25 и 75% и простой формой (см. рис. 5б). Таким образом, они подтверждают преобладание в составе отложений мелкозернистой фракции и хорошую сортировку, чего нельзя сказать о втором типе кривых. Кривые, относящиеся ко второму типу, характеризуются пологим обилием и малым углом наклона относительно ординат 25 и 75% (см. рис. 5б). Они являются показателями худшей сортировки, и, как следствие, менее спокойного гидродинамического режима осадконакопления.

Характеризуя рассматриваемые отложения согласно полученным расчетам, следует отметить, что величина среднего диаметра для альбских отложений слабо варьирует в пределах рассматриваемых площадей, что говорит о малой изменчивости силы и скорости течения на данных участках. Для территории листа М-37-II (Кшенский) данный параметр изменяется от 0,2 до 0,48 мм, при среднем диаметре 0,3. Для территории листа N-37-XXXI (Малоархангельский) минимальное значение составляет 0,09, максимальное 1,1, при средней величине 0,28.

Следует отметить, что территорию листа N-37-XXXI (Малоархангельский) отличает несколько больший диапазон вариации значений как по площади, так и в разрезе.

Рассматривая полученные данные детально, для Кшенского листа в площадном отношении трудно выделить какую-либо зону резкой смены величины среднего диаметра, что свидетельствует о некоторой однородности условий среды осадконакопления.

Однако в разрезах можно проследить возрастание величины среднего диаметра вверх по разрезу, что косвенно может служить индикатором увеличения скорости потока. Особенно ярко данная тенденция прослежена в западной части листа, где в пробе 89/8 с а.о. отбора 174,2–173,0 м величина среднего диаметра составляет 0,29 мм, а в пробе 89/4 с а.о. отбора 179,0–177,5 м–0,48мм. Распределение среднего диаметра для площади листа N-37-XXXI (Малоархангельский) менее однородно,

диапазон значений колеблется от 0,09 до 1,1, при средней величине 0,28 мм, что говорит об увеличении динамики среды осадконакопления. В пределах рассматриваемой территории можно выделить локальный участок в юго-западе, где отмечается незначительное увеличение среднего диаметра. Это изменение можно проследить и в разрезе. Здесь отмечается увеличение среднего диаметра в нижних и, в единичном случае, в средней частях разреза.

Коэффициент сортировки для альбских отложений в целом указывает на хорошо сортированный осадок в пределах рассматриваемых площадей. Для территории листа М-37-II (Кшенский) он изменяется от 0,26 до 2,41, среднее значение – 0,7, для территории листа N-37-XXXI (Малоархангельский) значения варьируют от 0,11 до 2,0 при среднем – 0,88. Следует отметить, что для листа N-37-XXXI диапазон значений несколько шире, чем для листа М-37-II, что говорит о незначительном укрупнении размера частиц для отложений первого. Более детально проследить закономерность изменения значений коэффициента для данных площадей сложно, так как тенденция к его увеличению или уменьшению как по площади, так и в разрезе отсутствует.

Значение асимметрии для альбских отложений в пределах Кшенского листа имеет, преимущественно, отрицательное значение, исключение составляют небольшие области на северо-западе и северо-востоке листа, где, преимущественно в верхних, реже средних и нижних частях разреза встречается положительная асимметрия. Такие величины свидетельствуют о преобладании в отложениях тонкозернистых фракций, крупнозернистые фракции составляют хвосты. На территории листа N-37-XXXI (Малоархангельский) преобладают положительные значения асимметрии, редко отрицательные. Это говорит о преобладании классов с большой размерностью частиц, что, в свою очередь, свидетельствует о более интенсивных процессах привноса вещества по сравнению с площадью листа М-37-II (Кшенский).

Значение эксцесса для альбских отложений в пределах рассматриваемых площадей положительно. Это указывает на стабильность переработки и пересортировки обломочного материала на относительном уровне, определяющемся средним размером диаметра зерен. Скорость динамической обработки привносимого обломочного материала превышала интенсивность его привноса.

### Заключение

По результатам интерпретации данных гранулометрического анализа можно сделать вывод, что, формируясь в идентичных условиях мелководно-морского бассейна нормальной солености, рассматриваемые территории дифференцируются по динамике среды осадконакопления на основе данных гранулометрического анализа.

Альбские отложения в пределах Кшенской площади формировались в условиях средней гидродинамической активности, о чем свидетельствуют полученные графики. Некоторое увеличение динамики среды косвенно прослеживается к концу альбского времени на основе изменения величины среднего диаметра. В целом отложения данной территории характеризуются преобладанием мелкозернистой фракции и достаточно хорошей сортировкой.

Альбские отложения в пределах Малоархангельской площади накапливались в условиях более активной гидродинамики среды, о чем говорит преобладание двупиковых кривых распределения размерных фракций и наличие пиков в областях крупных фракций, а также большее колебание величины среднего диаметра. Прослеживая изменения среднего диаметра в разрезе, для листа N-37-XXXI (Малоархангельский) наблюдается обратное изменение крупности осадка по сравнению с отложениями листа M-37-II (Кшенский). Таким образом, можно предположить, что в пределах территории первого интенсивность потока снижалась с течением времени. Преимущественно поло-

жительные значения асимметрии в пределах площади листа N-37-XXXI (Малоархангельский) так же говорят о преобладании в альбских отложениях классов в большей размерности, нежели в пределах территории листа M-37-II (Кшенский). В целом, следует отметить, что в пределах рассматриваемых территорий сохранялась стабильность в проработке материала.

Полученные данные косвенно позволяют проследить изменения в скорости и интенсивности потока и, таким образом, вносят уточнения относительно динамики среды осадконакопления в течении альбского времени в пределах территории листов M-37-II (Кшенский) и M-37-XXXI (Малоархангельский). Приведенные в работе результаты являются фактологической основой для дальнейших исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Колмогоров А. Н. О логарифмически-нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении / А. Н. Колмогоров // Докл. АН СССР. – 1941. – Т. 31, № 2. – С. 99–101
2. Рожков Г. Ф. Результаты систематизации дробных ситовых анализов / Г. Ф. Рожков, Б. С. Соловьев // Литология и пол. ископаемые. – 1974. – № 5. – С. 110–117.
3. Савко А. Д. Геология и строение Воронежской антеклизы / А. Д. Савко. – Воронеж, 2002. – 165 с.
4. Фролов В. Т. Руководство к лабораторным занятиям по петрографии осадочных пород / В. Т. Фролов. – М. : Изд-во МГУ, 1964. – 310 с.
5. Шванов В. Н. Песчаные породы и методы их изучения / В. Н. Шванов. – Л. : Недра, 1969. – 248 с.

*Воронежский государственный университет  
Е. В. Кутищева, аспирант кафедры исторической геологии и палеонтологии  
Тел. 8-920-422-54-88  
e\_v\_kutischeva@list.ru*

*Voronezh State University  
E. V. Kutischeva, Postgraduate of Department of Historical Geology and Paleontology  
Tel. 8-920-422-54-88  
e\_v\_kutischeva@list.ru*