



СОСТАВ, СТРОЕНИЕ И ОБСТАНОВКИ СЕДИМЕНТАЦИИ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ И ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О. И. Шелухина

Представлены новые результаты изучения отложений верхнего мела и палеогена юго-восточной части Западной Сибири. Были использованы литолого-минералогический, детальный гранулометрический, петрографический и ультрамикроскопический методы исследования. В итоге установлены этапы смены обстановок осадконакопления в позднем мелу и палеогене юго-восточной части Западной Сибири.

Ключевые слова: седиментология, верхний мел и палеоген, обстановки осадконакопления, гранулометрия, последовательности, циклы, этапы осадконакопления.

COMPOSITION, STRUCTURE AND SEDIMENTATION ENVIRONMENTS OF UPPER CRETACEOUS AND PALEOGENE DEPOSITS OF SOUTH-EASTERN WEST SIBERIA

O. I. Shelukhina

The article presents new findings of research conducted using lithological and mineralogical, detailed granulometric, petrographic, and ultramicroscopic methods. The stages of depositional environment changes during the Upper Cretaceous and Paleogene in the southeastern part of Western Siberia have been identified.

Keywords: sedimentology, Upper Cretaceous and Paleogene, sedimentation environments, granulometry, consistency, cycles, stages of sedimentation.

Актуальность исследования пограничных верхнемеловых – нижнепалеогеновых отложений определяется, в первую очередь, их слабой изученностью по сравнению с нижележащими юрско-меловыми и вышележащими верхнепалеогеновыми и четвертичными образованиями. Представленные в статье результаты детального седиментологического изучения пограничных мел-палеогеновых отложений комплексом методов более полно отражают историю развития бассейна в юго-восточной части Западно-Сибирской плиты. Объект исследования – отложения мел-палеогена, вскрытые скважинами Ильяжской 5, Васюганской 3, Чижапской 5 и Бакчарской 114 (рис. 1). В качестве базовой была выбрана Чижапская скв. 5.

Методика исследований

В общем виде методы исследования включали:

1) описание керн с выделением типов отложений и их последовательностей, анализом сохранившихся признаков, позволяющих определить механизм седиментации;

2) лабораторное исследование, в том числе детальный гранулометрический анализ, петрографическое и ультрамикроскопическое изучение пород, исследование минералогии рентгеноструктурным методом и определение химического состава пород методами РФА и атомной абсорбции;

3) генетическую интерпретацию полученных результатов.

Строение и состав комплексов верхнего мела и палеогена

Изменчивые по составу и строению отложения характеризуются принципиальными особенностями формирования. В зависимости от параметров (седиментационные признаки, минералогический состав и взаимоотношения с выше- и нижележащими слоями) изучаемые образования по ряду критериев сгруппированы в семь комплексов (рис. 2), которые, в свою очередь, подразделены на трансгрессивно-регрессивные последовательности.

Комплекс I прослеживается снизу вверх по разрезу в Ильяжской скв. 5 и представляет собой единую регрессивную последовательность первого порядка. Представлен алевритами и глинами серыми, опоковидными с раковистым изломом, горизонтально-слоистыми с редким растительным детритом и редкими гнездами глауконита, а также прослоями лигнитов, вскрытых на глубине 375–377,4 м. Среди глин и алевритов отмечаются прослой бурых и темно-коричневых глин, которые в верхней части разреза переслаиваются с песками. Пески и песчаники преимущественно глауконит-кварцевые и кварц-полевошпатовые с редкими зернами сидерита и пирита с примесью алевритовых и глинистых частиц.

Комплекс II представляет собой чередование (снизу вверх) песков мелкозернистых зеленых с оолитами и пакетов тонкослоистых глин серовато-зеленых с хлоритом и глауконитом, включениями окисленного пирита и раковинами фораминифер. Вверх по разрезу эти отложения сменяются серыми и зеленовато-серыми песками с оолита-



Рис. 1. Местоположение скважин. Карта административного деления Томской области [2]

ми гидрогетита и единичными зернами глауконита; в верхней части комплекса преобладают пески крупно-среднезернистые с гравием в основании и ооидами в хлорито-сидеритовом цементе. В некоторых слабо цементированных песчаниках комплекса, вскрытых Бакчарской скв. 114, отмечается косая слоистость в гравийных песчаниках. В составе комплекса по данным гранулометрии выделяются три последовательности второго порядка, каждая из которых представляет собой регрессивный тренд. В нижних частях последовательностей преобладают аргиллиты и глины, в верхних – песчаники (см. рис. 2).

Комплекс III состоит из двух последовательностей, в разрезе сменяющих друг друга. Первая сложена преимущественно алевролитами, алевритами и глинами алевритистыми опокovidными оскольчататыми со стяжениями пирита, зернами глауконита, тонкими слоями мелкозернистых песков. Вверх по разрезу возрастает количество песчаного материала. По данным гранулометрии первая последовательность представляет собой регрессивный цикл второго (более мелкого) порядка и сложена переслаиванием песков (5–6 м) средне-мелкозернистых с долей крупнозернистой фракции до 12 %, алевритов и глин (до 1 м), сменяющихся слоем глин и аргиллитов.

При этом отложения на данном отрезке интервала в Бакчарской скв. 114 (см. рис. 2) также отличаются увеличением крупности в верхней части. На основе материалов Н. К. Лебедевой [3] проведен анализ распределения различных групп микрофитопланктона (акритарх, прازیно-

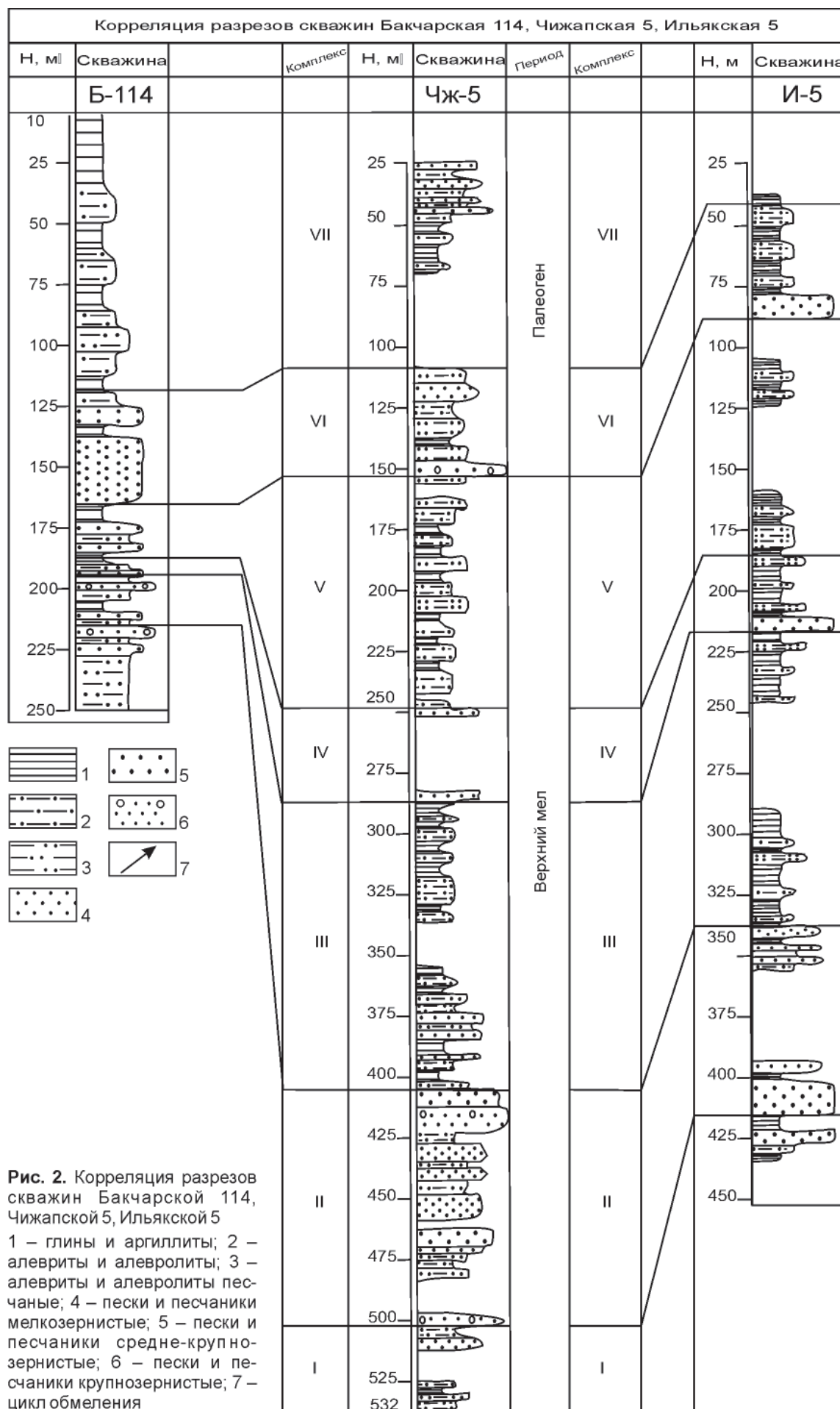
фитов, зигнемовых водорослей), морфотипов диноцист с целью фациальных реконструкций. В результате в отложениях славгородской свиты найдены доказательства регрессии в пределах как Бакчарского, так и Парабельского районов (см. рис. 1), о которой упоминает также Ю. П. Казанский [1]. Вследствие регрессии изменяется характер отложений в сторону незначительного поглубения. В последующем центральные части бассейна заполнялись глубоководными кремнистыми отложениями, что прослежено в разрезах Чижапской скв. 5 и Ильяжской скв. 5 мощностью до 50 м каждый.

Вторая последовательность комплекса представлена глинами опокovidными и опоками массивными с редкими пиритизированными ходами илоедов. Строение и состав последовательности свидетельствует о резкой трансгрессии в кампане.

Комплекс IV представляет собой переслаивание песков и песчаников кварц-полевошатовых в разрезе Чижапской скв. 5, кварцевых в разрезе Ильяжской скв. 5 с алевритами песчанистыми, тонкими (1–2 см) прослоями глин и песками и песчаниками с гравием. В пределах комплекса выделяются две последовательности. По данным гранулометрии первая в основании сложена песками среднезернистыми, которые вверх по разрезу сменяются глинистыми алевритами. Отличается более мелкозернистым составом с тонким переслаиванием алевритов глинистых и алевритов песчаных. Строение последовательности свидетельствует о наличии трансгрессивного тренда мелкого порядка. Вверх по разрезу начинается вторая трансгрессивная последовательность: пески крупно-среднезернистые в основании, которые сменяются алевритами песчанистыми опокovidными в кровле.

Комплекс V состоит из переслаивания глин известковистых и кремнистых с тонкими прослоями каолиновых глин (до 1 см) и алевритов с раковинами фораминифер и пятнами углистого материала, которые прослежены в разрезах Чижапской скв. 5 и Ильяжской скв. 5. В разрезе Бакчарской скв. 114 в этом стратиграфическом интервале отмечается переслаивание алевритов и песков. В алевритах на уровне 161,5–230,5 м отмечено обилие остатков организмов различных групп фауны (рис. 3, а). В составе глинистой фракции в алевролитах и алевритах присутствуют слюды гидратированные (40 %) и смектиты (25 %), возрастает доля каолинита (до 25 %), в меньшем количестве встречены железо-магнезиальные хлориты (20 %), иллит-смектиты (10 %) и аморфный кремнезем в незначительном (до 3 %) количестве (рис. 4).

Комплекс VI состоит из двух последовательностей. Нижняя в основании сложена мелкозернистыми алевритистыми песками и песчаниками с зернами гравия и слоями глин светлосерых с увеличением доли каолинита (до 35 %) (см. рис. 4). Здесь отмечается слой железных руд тымского (бакчарского) горизонта. Появление гра-



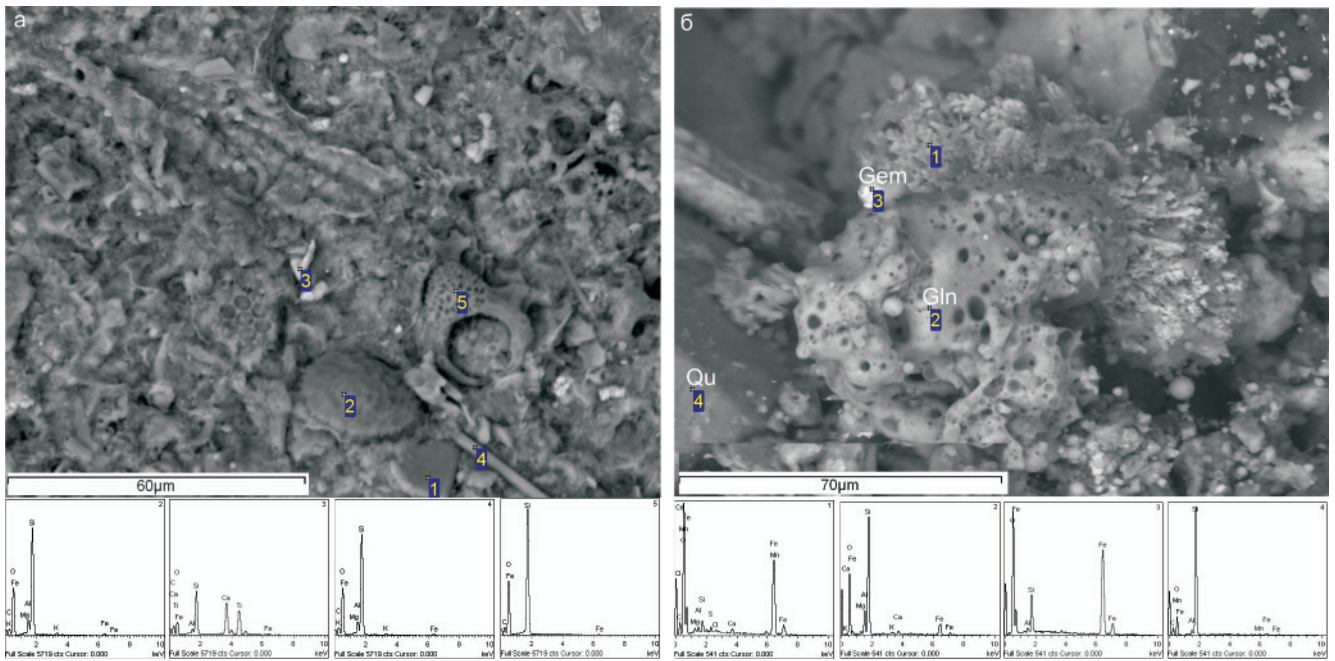


Рис. 3. Микростроение алеурита глинистого из пятого (а) и второго комплексов (б)

а – в обломках – сфен (см. спектр 3), обилие обломков фораминифер, гастропод и бакулитов кремневых (см. спектр 5), обломки организмов, покрытых пленками железомарганцевых окислов (см. спектр 1), скв. Чж-5, гл. 176,8 м; б – минерализованные оболочки клеток железобактерий при образовании гематита, скв. Чж-5, гл. 428,2 м

вия в алеуритах и песках, а также резкая смена отложений служат показателем очередной регрессии.

Верхняя регрессивная последовательность состоит из песков и песчаников преимущественно кварц-полевошпатовых крупно- и среднезернистых с зернами глауконита и крупным растительным детритом и фрагментами угля в основании. Данные гранулометрии показали, что последовательность отличается тонким переслаиванием алеуритов глинистых и алеуритов песчаных, которые вверх по разрезу сменяются глинистыми алеуритами и песками мелкозернистыми.

Комплекс хорошо прослеживается в других скважинах по появлению слоя железных руд, кварц-полевошпатовых песков и песчаников с глауконитом и алеуритов глинистых в верхней части.

Наиболее грубозернистый материал характерен для разреза Бакчарской скв. 114. Отметим, что в нем появление гравия в разрезе происходит одновременно с увеличением зернистости до крупнозернистого песка в отличие от разреза Чижалской скв. 5, в которой гравий рассеян в более тонком матриксе. Гравийные зерна, возможно, приносились в пределы среднего шельфа во время штормов и накапливались в основании штормовых слоев преимущественно алеуритового состава.

Комплекс VII также состоит из двух последовательностей. Нижняя представлена алеуритами темно-коричневыми с множеством фрагментов континентальной растительности и лигнитом, которые вверх по разрезу переходят в пески мелко-среднезернистые с континентальной растительностью и тонкими прослоями алеуритов песчаных серых со следами жизнедеятельности орга-

низмов, что прослеживается в разрезе Бакчарской скв. 114 (возможно заполнение крупного озера или дельтового залива). Отложения плохо сортированы. Вверху фиксируется несколько относительно маломощных трансгрессивных последовательностей с уменьшением зернистости вверх по разрезу. Пески бежево-серые полевошпатово-кварцевые слюдястые с прослоями коричневых алеуритов с незначительной долей гумуса сменяются алеуритами и глинами.

При анализе гранулометрических параметров (рис. 5) в комплексах установлено, что распределение полей значений в пределах графиков прямо связано со следующими обстановками осадконакопления:

1. *Переходный тип.* В поле графика попадает наибольшее количество значений, соответствующих комплексам VI и VII. Отложения, представленные наиболее крупнозернистыми фракциями с плохой сортировкой осадочного материала, повышенными значениями отношения привнос/осаждение и повышенной гидродинамикой [6], наиболее отчетливо выделяются на графике зависимости асимметрии и эксцесса (см. рис. 5, в).

2. *Отложения мелкого шельфа.* Установлено, что в поле значений графиков попадают точки, соответствующие комплексам I, II, IV (см. рис. 5, а–в). Значения с положительной асимметрией, невысокими показателями среднего диаметра и эксцесса, что говорит о смене этапов привноса материала и его осаждения, смене грубозернистого материала на тонкозернистый.

3. *Отложения среднего шельфа.* Значения отличаются положительной асимметрией при отрицательном или близком к нулю эксцессе, что

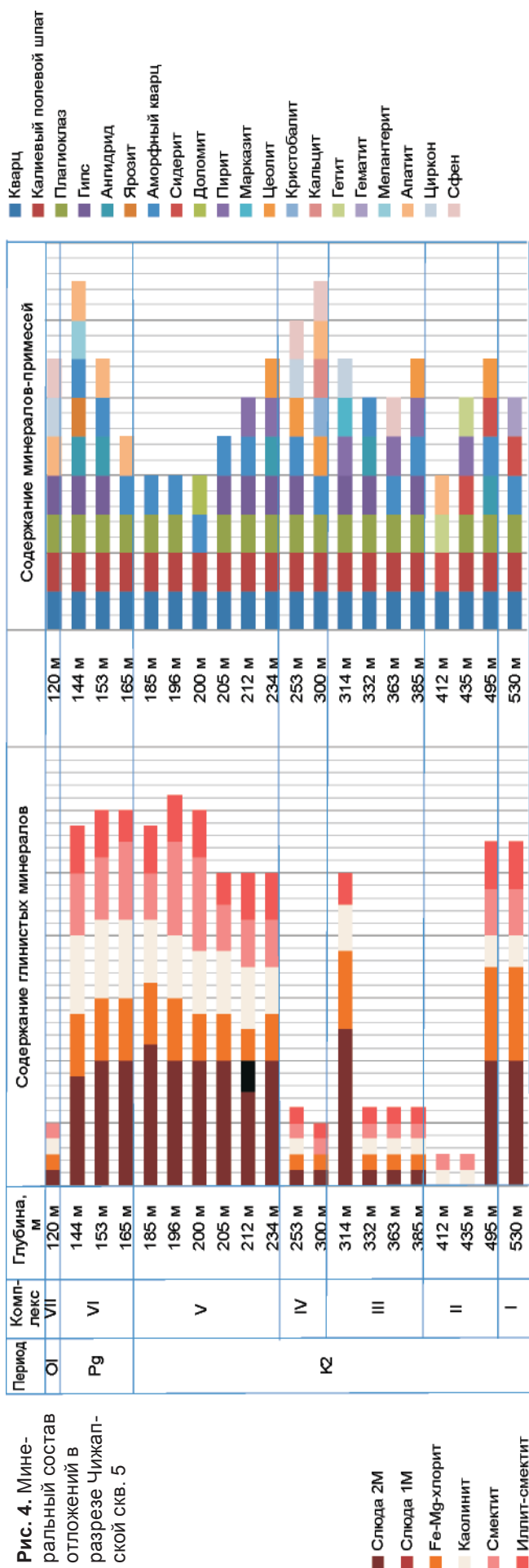


Рис. 4. Минеральный состав отложений в разрезе Чжап-ской скв. 5

является показателем доминирования осаднения над привносом. Подразумевается, что осаднению подвергались как тонкие, так и редкие частицы грубого осадка. В полях находятся значения комплексов II, III, IV.

4. *Отложения глубокого шельфа.* Выделяются по повышенным значениям отрицательного эксцесса и отрицательной асимметрии, показателям осаднения только тонкого осадка и слабой гидродинамики. В поле попадают значения третьего и единичные значения пятого комплексов.

Обстановки седиментации

В результате комплексных седиментологических исследований верхнемеловых и нижнепалеогеновых отложений юго-восточной части Западно-Сибирской плиты реконструированы обстановки седиментации и показаны основные закономерности развития этой территории. Выделены морские обстановки: мелкого (выше базиса нормального волнения), среднего (между базисами штормового и нормального волнения) и глубокого (ниже базиса штормового волнения) шельфа; субконтинентальные: дельтового залива или озера в пределах дельтовой равнины и дельтовых рукавов.

В отложениях, сформировавшихся в морских обстановках, определяется ряд трансгрессивных, трансгрессивно-регрессивных и преимущественно регрессивных (с ускоренной трансгрессией) циклов первого порядка (рис. 6) продолжительностью 2–7 млн лет, что примерно соответствует времени формирования эвстатических циклов третьего порядка. Установленные циклы первого порядка подразделяются на циклы второго порядка.

Детально изученный разрез верхнемеловых – палеогеновых отложений сформировался во временной интервал от позднего коньяка (поздний мел) до хатского века (палеоген). В развитии юго-восточной части Западно-Сибирского бассейна в этот период можно выделить несколько этапов, которые соответствуют вышеописанным комплексам.

Первый этап. В конце туронского века произошла крупная трансгрессия, на что указывает характер отложений в нижней части первого комплекса (см. рис. 2). Появление сидерита и кальцита и отсутствие пирита и марказита свидетельствуют, с одной стороны, о близости суши, с другой – о присутствии глинистой фракции (до 8%), в составе которой есть смектиты (см. рис. 4). Это говорит об образовании минералов *in situ* в условиях низкой гидродинамики. Прослой с линзовидной слоистостью подтверждают накопление данного комплекса в условиях среднего шельфа, а присутствие пачки песков с увеличением доли крупнозернистого песка до 6% – накопление в условиях перехода от среднего к мелкому шельфу.

Второй этап. Характер пород указывает на быструю трансгрессию в позднем коньяке – сан-

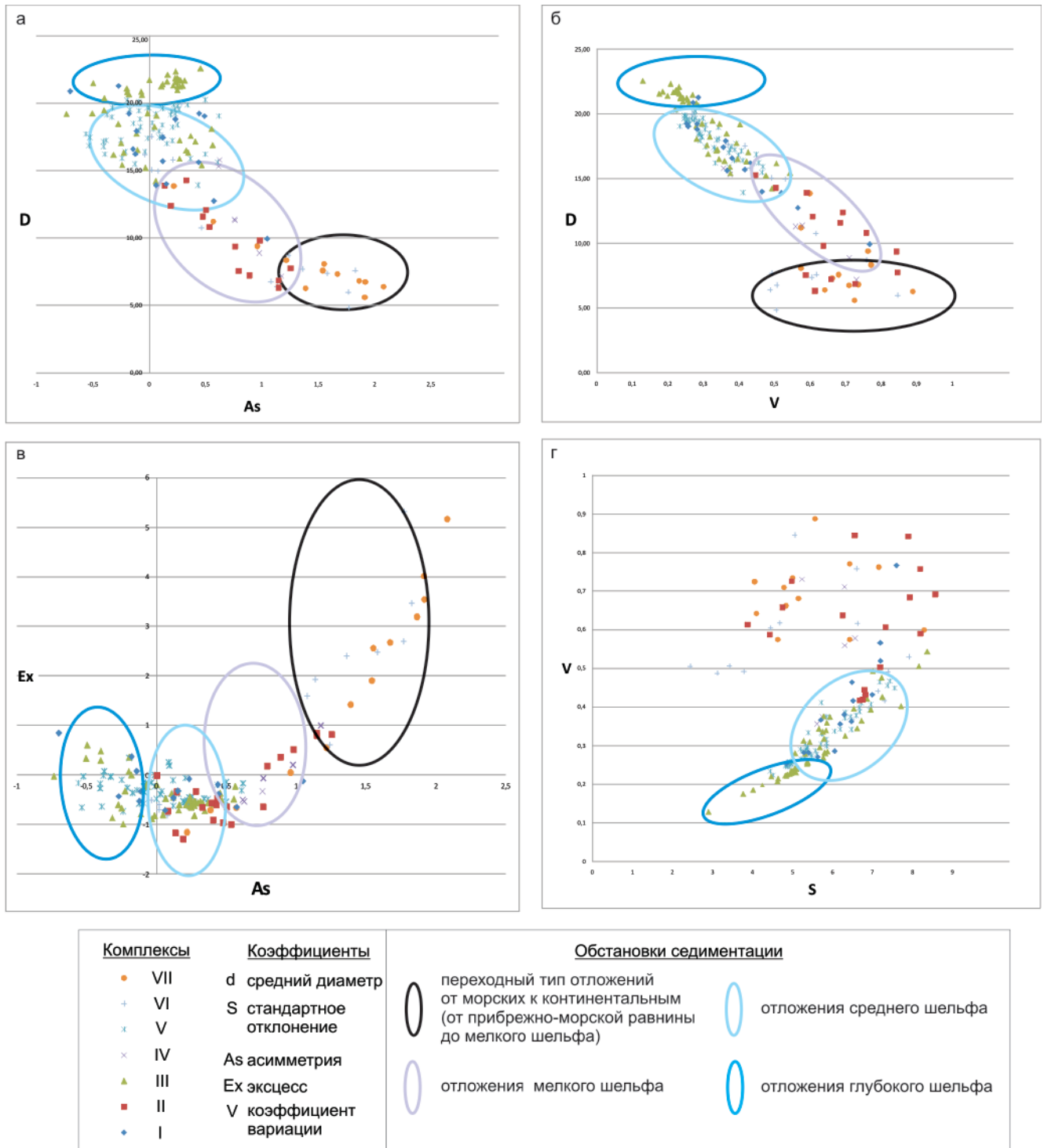


Рис. 5. Диаграммы статистических гранулометрических параметров для различных фациальных обстановок

тоне и на образование тонких преимущественно глинистых осадков в пределах среднего и, возможно, глубокого шельфа. Затем произошло постепенное обмеление бассейна (мощные отложения песков, которые отмечаются в разных частях бассейна) с кратковременными эпизодами углубления, а конце коньякского века – незначительное его обмеление. Продолжалось накопление отложений в обстановках седиментации среднего, а затем и мелкого шельфа (см. рис. 6).

В верхней части комплекса, на границе с третьим комплексом отмечаются железорудные отложения, которые сформировались в обстанов-

ках мелкого шельфа при переходе от регрессии к началу следующей трансгрессии. В это время в условиях теплого гумидного климата происходили интенсивное выветривание и вынос кислыми водами в виде органо-минеральных и других соединений Fe, Mn, P в прибрежные части бассейна и зону смешения вод, в результате чего осаждались железосодержащие осадки. В дальнейшем железистые соединения перераспределялись в осадке с формированием железных руд не без участия микробиальных сообществ [7], о чем свидетельствуют результаты микро- и ультрамикроскопических исследований (см. рис. 3, б).

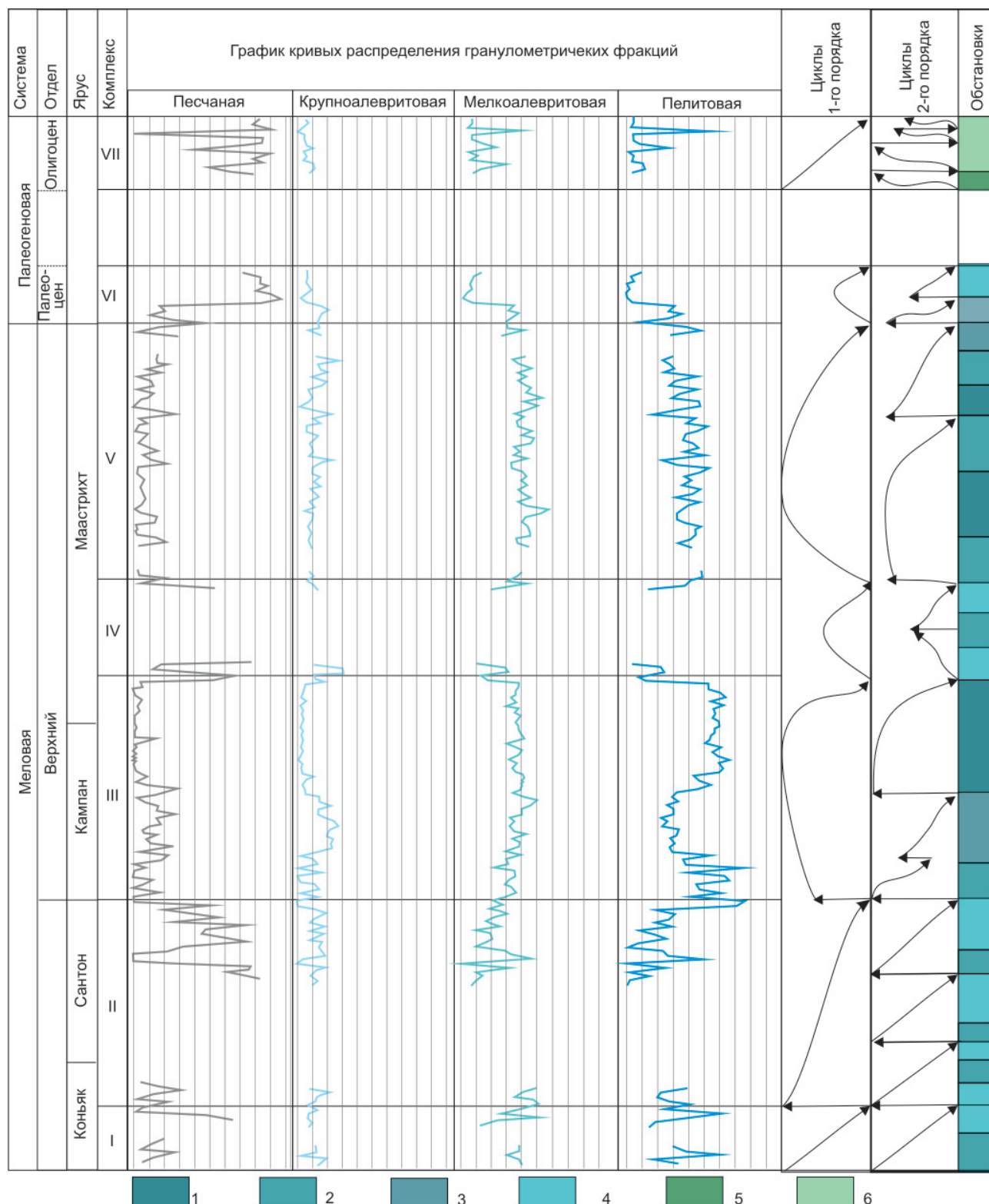


Рис. 6. Обстановки седиментации верхнемеловых – палеогеновых отложений юго-восточной части Западной Сибири (Чижаяская скв. 5)

Шельф: 1 – глубокий, 2 – средний, 3 – средний – мелкий, 4 – мелкий; 5 – дельтовый залив; 6 – дельтовые рукава

Третий этап. Соответствует кампанскому веку, в пределах которого формировались отложения третьего литологического комплекса. В этот временной интервал осадконакопление происходило в обстановках среднего и глубокого шельфа на трансгрессивной и регрессивной стадиях, осложненных седиментационными циклами более низкого порядка. Во время максимального

углубления бассейна резко возрастала роль биогенных кремнистых и частично известковых осадков в ассоциации с гемипелагитами.

Четвертый этап. На границе между третьим и четвертым этапами (граница кампан – маастрихт) произошло резкое обмеление бассейна (до мелкого шельфа). В составе пород преобладают пески при незначительной доле глинистой



фракции. Впервые в разрезе отмечается цеолит-кристобалитовая ассоциация и возрастает доля тяжелых минералов сфена, циркона, апатита с повышенным содержанием редкоземельных элементов, и редкая ассоциация ярозита с мелантеритом (см. рис. 4). В составе глинистой фракции исчезает каолинит (см. рис. 4). Эти изменения отражают не только обмеление бассейна, но и изменения в области сноса.

Пятый этап. В это время формировался литологический комплекс, сложенный алевритисто-глинистыми, часто известковистыми и кремнистыми отложениями, в рамках трансгрессивно-регрессивного цикла первого порядка. В отложениях распространены кальцит, тонкодисперсный пирит-марказит, уменьшается содержание сидерита. В глинистой фракции преобладают минералы: гидрослюды, смектиты и каолинит при меньшем количестве лептохлоритов и иллит-смектитов, значительно уменьшается доля обломочных тяжелых минералов, что указывает на удаление от береговой линии и подавление фактора привноса большого количества крупнозернистого материала с суши.

При интерпретации гранулометрических данных отмечено: невысокие значения коэффициента сортировки при отрицательных значениях эксцесса и непрерывных вариациях значений асимметрии (см. рис. 5) позволяют сделать вывод о том, что в период формирования комплекса поступление материала со стороны суши было незначительным (большое количество пелагического и гемипелагического материала), однако осадочный материал поступал постоянно (отрицательный эксцесс) и постоянно перерабатывался течениями (колебания значений асимметрии). Ранее [1, 4] отложения комплекса рассматривались как рецессивный тип с неясной тенденцией в развитии бассейна, но подробный гранулометрический анализ выявил наличие регрессии на завершающем этапе формирования отложений комплекса в конце маастрихта.

В составе цикла первого порядка выделяются два трансгрессивно-регрессивных цикла второго порядка с ускоренной трансгрессией (см. рис. 6). В конце маастрихта, как уже упомянуто, произошло обмеление до среднего и среднего – мелкого шельфа.

Шестой этап. Соответствует двум палеоценовым трансгрессивно-регрессивным циклам второго порядка. Строение комплекса свидетельствует о резком обмелении бассейна на границе мела и палеогена. В последующем по данным гранулометрии (резкой смене отрицательных значений эксцесса, падению степени сортированности отложений и резкому изменению значений асимметрии в сторону высоких положительных значений) можно сделать вывод, что бассейн перешел из стадии компенсированного осадконако-

пления в стадию привноса отложений, при котором глубина бассейна была недостаточной для компенсации [5], т. е. имел место переход в континентальную стадию (верхняя пачка комплекса). Таким образом, строение комплекса позволяет рассматривать последовательность седиментогенеза в переходных условиях от моря к суше в пределах мелкого – среднего шельфа с трендом до мелководного шельфа и прибрежной равнины к завершающей стадии.

Седьмой этап. Сформировался в континентальной стадии развития бассейна в позднем палеогене. Для данного этапа характерен единый цикл первого порядка, в котором выделяются четыре цикла второго порядка. Отложения первого цикла второго порядка накапливались в обстановке дельтового залива с последующим переходом обстановки в дельтовое русло. Циклы второго порядка сходны с классическими аллювиальными циклами с песками и гравием в основании и тонкими осадками межрусловых участков дельтовой равнины сверху.

Таким образом, юго-восточная часть Западно-Сибирского бассейна в поздне меловую эпоху представляла собой область погружения и накопления морских отложений с постоянной сменой обстановок от мелкого до глубокого шельфа. В позднем палеогене на этой территории доминировали континентальные обстановки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Казанский, Ю. П.** Осадочные серии мезозоя и палеогена Сибири [Текст] / Под ред. В. П. Казаринова, Ю. П. Казанского. – Новосибирск : Изд-во СО АН СССР, 1963. – 127 с.
2. **Карта** административного деления Томской области Сибирского Федерального округа [Карты]. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2002.
3. **Лебедева, Н. К.** Палиностратиграфия верхнемеловых отложений юга Западной Сибири [Текст] / Н. К. Лебедева // Меловая система России и ближнего Зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. – Ульяновск : УлГУ, 2010. – 379 с.
4. **Наливкин, Д. В.** Учение о фациях. Т. 1–2 [Текст] / Д. В. Наливкин. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1956. – С. 54–72.
5. **Henriksen, S.** Relationships between shelf-edge trajectories and sediment dispersal along depositional dip and strike: a different approach to sequence stratigraphy [Text] / S. Henriksen, W. Helland-Hansen, S. Bullimore // Basin Research. – 2010. – Vol. 23. – P. 3–21.
6. **Passega, R.** Grain-size image of clastic deposits [Text] / R. Passega, R. Byramjee // Sedimentology. – 1969. – Vol. 13, N 3–4. – P. 233–252.
7. **Postma, D.** Pyrite and siderite formation in brackish and freshwater swamp sediments [Text] / D. Postma // Amer. J. Sci. – 1982. – Vol. 282, N 8. – P. 1151–1183.