



УДК 552.5+(551.8:551.763.1)(571.51/52-17)

ЛИТОЛОГИЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ НИЖНЕГО МЕЛА АНАБАР-ХАТАНГСКОЙ СЕДЛОВИНЫ (СЕВЕР СРЕДНЕЙ СИБИРИ)

О. Н. Злобина*, В. А. Маринов*, С. А. Кугаколов*, А. С. Перепелкин**

Приведены результаты детальных литологических исследований отложений нижнего мела, вскрытых в береговых обрывах полуострова Юрюнг-Тумус в бухте Нордвик на севере Средней Сибири. Установлены особенности строения разреза, гранулометрический и минеральный состав осадков. Сделаны предварительные заключения о палеогеографических условиях седиментации выделенных свит. Высказано предположение, что структуры Центрально-Таймырского аккреционного пояса в течение юрского и мелового периодов простирались в восточном направлении значительно дальше по сравнению с их современным положением. Горные массивы, сложенные высокотитанистой серией базальтов, являлись специфическим источником сноса. Позднее эта часть суши опустилась и в настоящее время скрыта под водами Лаптевых.

Ключевые слова: разрез нижнего мела, анализ текстуры, структуры и минерального состава отложений.

LITHOLOGY AND PALEO GEOGRAPHY OF THE LOWER CRETACEOUS DEPOSITS OF THE ANABAR-KHATANGA SADDLE (NORTHERN MIDDLE SIBERIA)

O. N. Zlobina, V. A. Marinov, S. A. Kugakolov, A. S. Perepyolkin

The paper reports the results of detailed lithological studies of the Lower Cretaceous deposits exposed in the coastal cliffs of the Yuryung-Tumus Peninsula in the Nordvik Bay in the northern Central Siberia. The findings enabled the authors to reveal the section structure features, grain and mineral composition of the sediments and to draw preliminary conclusions about depositional environment characteristics of designated formations. An assumption is made that in the Jurassic and Cretaceous times the Central Taimyr accretionary belt had stretched eastwards much further than currently. Mountain ranges composed of high-Ti basaltic series were a specific provenance area. Later, this part of the land subsided and now is hidden under the Laptev Sea waters.

Keywords: Lower Cretaceous cross-sections, analysis of texture, structure and mineral composition of deposits.

Актуальность исследований связана с повышенным научным интересом к отложениям арктического побережья в рамках решения задач нефтегазовой геологии. Хатангский залив представляет собой уникальную структуру, в пределах которой в течение 113 млн лет (с индского века раннего триаса до готеривского века раннего мела) существовал устойчивый режим морского осадконакопления [8]. Обобщенная характеристика триас-юрских отложений (состав и толщины) северной части Анабаро-Хатангской седловины была приведена М. А. Левчуком в 1985 г. на палеогеологическом профиле «Восточный Таймыр – р. Анабар» [5]. К настоящему времени стало возможным реконструировать профиль и надстроить меловой этаж. В пределах района исследований отмечаются участки, где отложения неокома перекрывают верхнеюрские без следов перерыва и наблюдается биостратиграфически непрерывный разрез трансгрессивного комплекса волжско-берриасского возраста. На Восточном Таймыре в районе рр. Чернохребетная и Осипа вскрывается разрез в объеме валанжина – апта общей мощ-

ностью около 600 м [10]. В нижней части толщи, датированной валанжином – нижним готеривом, залегают серые алевроиты (мощностью до 250 м), участками песчанистые или глинистые с редкими прослоями сидеритовых конкреций и включениями фоссилий (аммонитов, белемнитов, двустворок). Предполагается, что эти породы формировались в условиях сублиторали. Алевроиты перекрываются серыми песчаниками (мощностью до 150 м) с глинисто-карбонатным цементом, включениями фаунистических остатков и углефицированных, минерализованных остатков древесины. Осадконакопление, вероятно, происходило в более мелководных обстановках, соответствующих литорали. Выше по разрезу обнажаются осадки готерив-аптского возраста: пески желто-серые (мощностью до 200 м) с прослоями угля (мощностью 0,05–0,25 м), глин и алевролитов, включениями минерализованной древесины. По комплексу признаков установлено, что верхняя часть разреза формировалась в обстановках осадконакопления, близких к континентальным.

Следующие по профилю обнажения нижнего мела находятся на п-ове Юрюнг-Тумус в бухте Нордвик. Авторами по результатам экспедицион-

*ИНГГ СО РАН (Новосибирск); ** НГУ (Новосибирск)



ных работ 2010 г. составлен сводный разрез валанжин-готеривских отложений и выполнено его расчленение на зональном уровне [2]. В разрезе предлагается выделить паксинскую (валанжинский ярус), балагачанскую (валанжинский ярус – нижняя часть нижнеготеривского подъяруса) и тиганскую (нижнеготеривский подъярус) свиты (рис. 1, 2). Полученные к настоящему времени результаты литолого-палеонтологических исследований частично опубликованы [4]. Далее приводится более детальная характеристика выделенных свит.

Разрез паксинской свиты (мощностью до 40 м) сложен глинисто-алевритовыми породами с известковыми конкреционными прослоями. В стенке берегового обрыва на фоне однородных темно-серых (в мокром состоянии) глинисто-алевритовых отложений выделяются светло-серые (коричневатые на поверхности выветривания) четковидные ряды округлых конкреций диаметром до 0,2 м. Более крупные эллипсоидные стяжения хаотично распределены по всему разрезу свиты. Характерны включения фаунистических остатков (аммонитов, двустворчатых моллюсков, гастропод и микрофоссилий).

В результате аналитических исследований выявлена неоднородность в строении свиты. Образцы из обнажений после высушивания в лабораторных условиях стали более светлыми, серыми, макроскопически определялись массивная и нечетко-слоистая текстуры. При исследовании пород под микроскопом установлено переслаивание алевритов разнообломочных глинистых и глинисто-алевритовых, алевритистых. Зафиксирована слоистость разнопорядковая, прослоями тонкая субгоризонтальная, линзовидная, иногда градационная (несколько последовательных циклов, каждый толщиной 6–12 мм с прерывистым углеродистоглинистым слоем в кровле). Седиментационный текстурный рисунок часто нарушен следами жизнедеятельности бентосных организмов, некоторые участки полностью биотурбированы. Наблюдаются следы жизнедеятельности (Chondrites) – изогнутые линзочки длиной до 1 мм, сложенные глинистым материалом с небольшой (до 7–8 %) примесью мелкоалевритовых частиц. Характерны включения тонкого углефицированного растительного детрита (УРД), распределенные равномерно. Углеродистое вещество также сконцентрировано в тонких линзах, подчеркивающих слоистость и обрамляющих следы жизнедеятельности.

В гранулометрических спектрах паксинской свиты общее количество псаммитовых фракций (0,1–1,0 мм), как правило, не превышает 6 %, иногда достигает 32 %, обломки алевритовой размерности (0,01–0,1 мм) составляют 53–60 %, содержание пелитового материала (частицы менее 0,01 мм) варьирует от 15 до 40 %. Кривые распределения гранулометрического состава относятся к мономодальному асимметричному типу. Максимальное количество зерен наблюдается

во фракциях в интервале от 26,26 до 104,7 мкм, при этом кумулятивный процент на вершине кривой (суммарное количество обломков от более тонких фракций до диаметра с максимальным содержанием – модой) составляет 68,2–82,0 %. Пелитовый материал представлен слюдисто-глинистыми чешуйками с четко выраженным ориентированным агрегатным угасанием. По данным петрографического и рентгенографического (валовые пробы) анализов в его минеральном составе присутствуют слюда $2M_1$ (преобладает), хлорит и каолинит. В малых количествах (не более 5 %) зафиксированы иллит-сметтит и разупорядоченный сметтит. Среди обломков алевритовой размерности преобладает мелкоалевритовая фракция (0,01–0,05 мм) – 30–48 %, крупноалевритовая (0,05–0,1 мм) составляет 12–24 %. Зерна представлены в основном кварцем и измененными пластинками слюды (мусковитом и представителями ряда биотит-флогопит), реже полевыми шпатами (плагиоклазами) и литокластами (обломками хлорит-гидролюдистых сланцев, аргиллитов). Аналогичный минеральный состав имеют псаммитовые фракции. Отмечаются зерна кварца диаметром до 0,12 мм, слюдистых сланцев – до 0,22 мм. Кроме того, наблюдаются выделения причудливой, часто округлой формы (диаметром 0,03–0,18 мм) зеленовато-бурого цвета (в параллельных николях), почти изотропные, аморфные, иногда с зональным строением (центральная часть выполнена красно-коричневым пелитоморфным материалом). В единичных количествах зафиксированы зерна нефелина и глауконита диаметром до 0,02 мм. Аутигенные компоненты представлены тонкими глобулами пирита, образующими стяжения субизометрической формы (диаметром до 0,32 мм). Некоторые из них в отраженном свете имеют пеструю желтоватозеленоватую окраску, что может свидетельствовать о примеси другого рудного минерала. По данным рентгенофлуоресцентного анализа в паксинской свите наблюдаются участки с повышенными концентрациями Ti и Fe (в среднем 0,57 и 6,40 мас. %, при кларке 0,41 и 4,70 мас. %, соответственно). По значениям гидролизатного модуля это глинистые породы содержащие свободные оксиды Fe из глубоко преобразованных кор выветривания, которые, вероятно, формировались по изверженным породам с большим количеством титанистых минералов. О высокой степени преобразованности свидетельствует общая нормативная щелочность отложений (0,33–0,35). Породы относятся к нормально-щелочным, несмотря на явное присутствие вулканокластики. Изложенные обстоятельства позволяют предполагать, что морские осадки, выделенные в паксинскую свиту, формировались в переходной зоне берегового склона, возможно, вблизи дистальной границы влияния штормовых волн (глубина около 10 м) в условиях умеренно-теплого влажного климата.

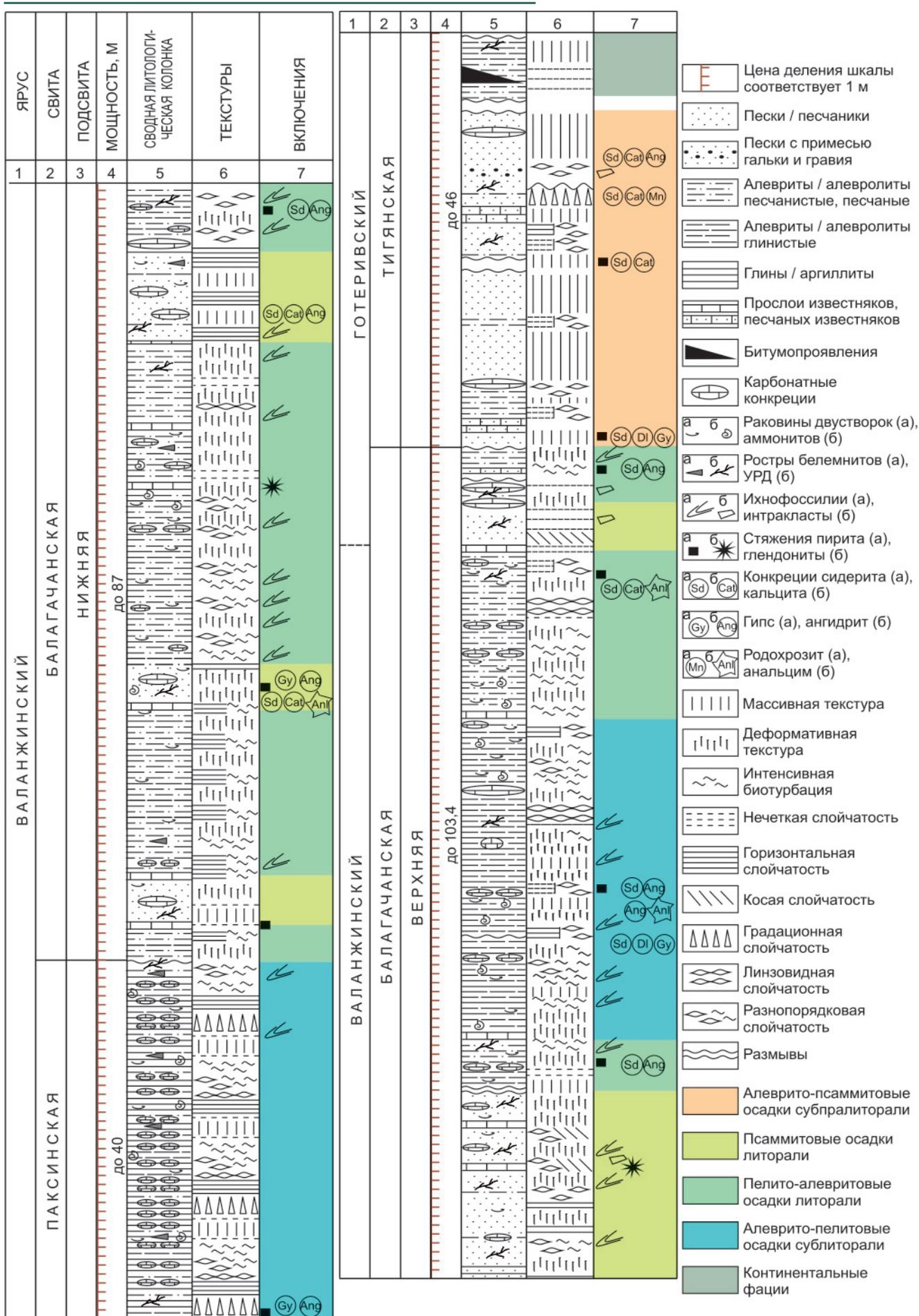


Рис. 2. Сводный литологический разрез разных блоков обнажений нижнего мела на п-ове Юрюнг-Тумус



Мощность залегающей выше балагачанской свиты превышает 190 м. Наблюдается переслаивание нескольких типов пород: алевроитов темно-серых (в мокром состоянии) глинистых, алевроитов и песков серых, зеленоватых с многочисленными караваеобразными карбонатными стяжениями (толщиной 0,1–0,8 м, длиной 0,5–8,0 м). Последние иногда составляют непрерывные конкреционные горизонты. Характерны включения фаунистических остатков (аммонитов, двустворчатых моллюсков, белемнитов и микрофоссилий). Результаты аналитических исследований образцов балагачанской свиты позволили авторам установить закономерности в ее строении. По комплексу литолого-геохимических данных в разрезе свиты выделяются нижняя (около 87 м) и верхняя (103,4 м) части. Нижняя сложена чередованием пластов песка (толщиной 3–10 м) с пачками тонкопереслаивающихся алевроитовых пород (толщиной 3,5–21 м). Слоистость горизонтальная, параллельная, иногда линзовидная, в пределах песчаных пластов – тонкая за счет маломощных алевроито-глинистых прослоев. Для алевроитовых пачек характерно переслаивание алевроитов разнообломочных песчаных или алевроитов мелкообломочных глинистых, глин алевроитовых или алевроитистых. Исследование шлифов под биноклем выявило тонкую (0,5–3 мм) субгоризонтальную, линзовидную слойчатость, часто нарушенную следами жизнедеятельности, процессами оползания и взмучивания. На некоторых участках разреза глинисто-алевроитовые осадки полностью биотурбированы, поэтому они голубовато-серого цвета и с псевдомассивной текстурой, хотя их гранулометрический и минеральный составы аналогичны породам, сохранившим первичную слойчатость. Характерны включения углефицированного растительного детрита различного размера и формы.

В гранулометрических спектрах нижней толщи балагачанской свиты выделяются два типа распределений. Первый *бимодальный* тип характеризуется двухвершинной кривой, образующейся при наложении двух логнормальных симметричных распределений с максимумами на 37–44 и 148–176 мкм с содержанием указанных вариантов фракций 2,8–3,6 и 8,9–9,4 % соответственно. Отложения с таким бимодальным типом кривых формируются, как правило, в обстановках приливо-отливной зоны (верхней литорали). Максимум в тонкозернистой части распределения характеризует илистые слойки приливо-отливных циклов («пучки», по Х. Реддингу [7]). Среди мономодальных кривых (второй тип) наблюдаются симметричные и асимметричные. Максимальная концентрация обломков при симметричном распределении наблюдается во фракциях 74–88 мкм, при асимметричном – 124,5–148 мкм. Положительная асимметрия выражается в близком или равном содержании соседних фракций (22–26,

16–31, 11–37, 0–44, реже 52,33 мкм), что образует субгоризонтальный отрезок («полочку») на более тонкозернистом крыле кривой.

Верхняя часть балагачанской свиты сложена песчано-алевроитовыми осадками с редкими глинистыми прослоями (мощностью 0,02–2,5 м), участками породы относительно более крепкие, сцементированные. Пески/песчаники алевроитовые, алевроиты/алевролиты песчаные с глинистым цементом и алевролиты глинистые одинакового зеленовато-серого (в сухом состоянии) цвета, глины более темно-серые. Текстуры субгоризонтально-, линзовидно-, косослоистые, комковатые, деформативные. Породы интенсивно биотурбированы. Для косослоистых песчаников характерны горизонтальные следы жизнедеятельности и гнездовидные включения крупных фрагментов углефицированной древесины. Какой-либо закономерности в чередовании указанных литологических разновидностей не установлено. В основании толщи зафиксировано несколько уровней со звездчатыми конкрециями (глендонитами). Гранулометрический состав алевролитов песчаных и песчаных с глинистым цементом (содержание псаммитовых фракций 17,4–33,0 %, алевроитовых 50,1–66,7 %, пелитовых 15,9–22,2 %) характеризуется асимметричным (положительным) *мономодальным* распределением, с максимальным содержанием зерен в интервале фракций 74–88 мкм и кумулятивным процентом на уровне моды 62,3–69,9. Алевролиты глинистые (алевроитовые фракции – 63,9–70,8 %, пелитовые – 24,3–31,6 %) также имеют асимметричное мономодальное распределение с максимальным содержанием зерен во фракциях 37–52,33 мкм и кумулятивным процентом на уровне моды 64,6–72,9. Песчаники, залегающие в верхней части свиты, характеризуются бимодальным распределением гранулометрических фракций, которое ближе к кровле сменяется на мономодальное асимметричное. Таким образом, осадки верхней подсвиты формировались в обстановках седиментации, которые неоднократно менялись в пределах переходной зоны литораль – sublитораль.

Песчаники балагачанской свиты мелкозернистые полевошпат-литокластито-кварцевые, литокластито-полевошпат-кварцевые с глинистым пленочно-поровым до базального цементом. Обломочная часть составляет 65–85 %, цемент 15–35 %. Содержание кварца, полевых шпатов и обломков пород приблизительно равно, варьирует от 24 до 38 %. Пластинки слюды (мусковит, биотит) часто концентрируются на плоскостях наложения. Обломки пород представлены аргиллитами, слюдисто-кварцевыми, серицитовыми сланцами с тонкой сыпью рудных минералов. В полностью хлоритизированных обломках включения лейкоксенизированы. Характерны выделения причудливой, часто округлой формы зеленовато-бурого цвета (в параллельных николях), почти изотропные, аморфные. Многие обломки пород



значительно большего размера (до 0,9 мм), чем основная масса. Аутигенный пирит присутствует в виде агрегатов тонких глобул и в составе тонкодисперсных смесей, формирующих стяжения диаметром до 0,16 мм. По данным рентгенографического анализа валовых проб глинисто-алевроитовых пород их основная фаза включает кварц и полевые шпаты. Среди глинистых минералов преобладают слюда политипа $2M_1$ и хлорит, при этом слюды меньше, чем в подстилающей паксинской свите, а хлорита больше. Количество каолинита по разрезу изменяется в пределах 5–20 %. На разных уровнях зафиксированы разупорядоченный смектит и иллит-смектит (5–15 %). Нижняя толща балагачанской свиты характеризуется нормальными (не более кларковых) значениями концентрациями Fe, Ti, Mn и повышенной щелочностью. Для верхней толщи характерны повышенные содержания Ti, а в отдельных прослоях Fe и Mn при разных показателях щелочности. Комплекс полученных данных позволяет предполагать, что балагачанская свита формировалась в верхней части берегового склона (в обстановках литорали и переходных к сублиторали) в условиях умеренно-теплого, но менее влажного (по сравнению с паксинской свитой) климата.

В кровле балагачанской свиты зафиксирован размыв, выше которого залегают пески и песчаники тигянской свиты. Из-за задернованной поверхности некоторых участков береговых уступов и смещением отдельных блоков по плоскостям разломов сводный разрез тигянской свиты мощностью до 46 м неполный. В его основании залегают песчаные породы толщиной до 3,5 м светло-серые прослоями зеленоватые или коричневатые, выше – алевролиты серые толщиной до 2,7 м. В кровле слоев наблюдаются известковые конкреционные горизонты. Текстуры массивные, линзовидно-слоистые. Алевролиты перекрываются мощным (до 26 м) пластом песчаников в разной степени сцементированных. Песчаники серые, светло-серые, участками коричневатые (за счет большого количества мелких стяжений сидерита) разнозернистые с редкими прослоями алевролитов песчаных (толщиной не более 0,5 м), известковыми конкреционными прослоями и включениями углефицированного растительного детрита. Текстуры аналогичны подстилающим породам, за исключением уровней с хорошо выраженными следами размывов, оползания и взмучивания, где зафиксированы интракластический материал, градационная (циклы толщиной 1–1,5 см) и мелкая волнистая слоистость. В верхней части тигянской свиты выделяется пачка алевролитов (мощностью 5 м) песчаных/песчаных в подошве, битуминозных в средней части и глинистых в кровле. Текстуры неясно-слоистые, массивные.

В гранулометрических спектрах тигянской свиты преобладает мономодальный тип распределения. Симметричные кривые типичны для алеври-

тов песчаных и песчаников алевроитовых с низким содержанием глинистого цемента (не более 5 %), с максимальным количеством обломков в интервале фракций 104,7–124,5 мкм и кумулятивным процентом на уровне моды 56,3–62,7 (сумма всех фракций, которые меньше диаметра наиболее часто встречающихся зерен – моды). Асимметричным типом распределения характеризуются песчаники средне-мелкозернистые алевроитовые/алевроитистые (псаммитовые фракции составляют 57,7–75,9 %, алевроитовые 18,4–31,3 %, пелитовые 5,7–10,9 %) и глинистые алевролиты (псаммитовые фракции до 22 %, алевроитовые до 58 %, пелитовые до 20 %). В песчаниках средне-мелкозернистых максимальное содержание зерен наблюдается в интервале фракций 176–209,3 мкм с кумулятивным процентом на уровне моды 63,9–68,8. В глинистых алевролитах максимальное содержание зерен отмечается во фракциях 52,33–74 мкм с кумулятивным процентом на уровне моды 57,4–69,2.

Минеральный состав алевроито-псаммитовых пород тигянской свиты, по сравнению с подстилающими отложениями более «зрелый». В нем преобладает кварц, несколько меньше полевых шпатов. Обломки пород за исключением интракластического материала фиксируются редко. Плохая окатанность зерен и большое количество обломков удлиненной трапециевидной, угловатой формы свидетельствуют о близком источнике сноса (рис. 3). Цемент песчаников и алевролитов глинистый или карбонатно-глинистый пленочно-поровый. В составе глинистого вещества преобладает гидрослюда мусковитового типа с высокой степенью структурной упорядоченности ($2M_1$) 45–55 %, содержание хлорита варьирует от 15 до 30 %. Каолинит, разупорядоченный смектит и иллит-смектит присутствуют в количестве от 5 до 15 % каждый. Карбонатный материал представлен кальцитом, доломитом, сидеритом, в редких случаях родохрозитом. На некоторых уровнях разреза в цементе зафиксирована примесь гипса и ангидрита. Участками хорошо выражены включения аутигенного пирита различной формы (см. рис. 3, в, г). По результатам рентгенофлуоресцентного анализа повышенные концентрации Ti, Mn и Fe свойственны только глинистым алевролитам. По значениям модуля общей нормативной щелочности эти породы относятся к нормально-щелочным, тогда как более крупнозернистые породы тигянской свиты – к повышенно-щелочным (незначительное превышение нижнего порога, вариации в пределах 0,44–0,48). Последнее обстоятельство связано с увеличением содержания в них полевых шпатов и железистых гидрослюд (см. рис. 3, а, б), что может свидетельствовать о размыве вулканогенных пород основного состава. Таким образом, по комплексу признаков установлено, что тигянская свита формировалась в условиях постепенного перехода от прибрежно-морских обстановок седиментации к континентальным вблизи от источника сноса.

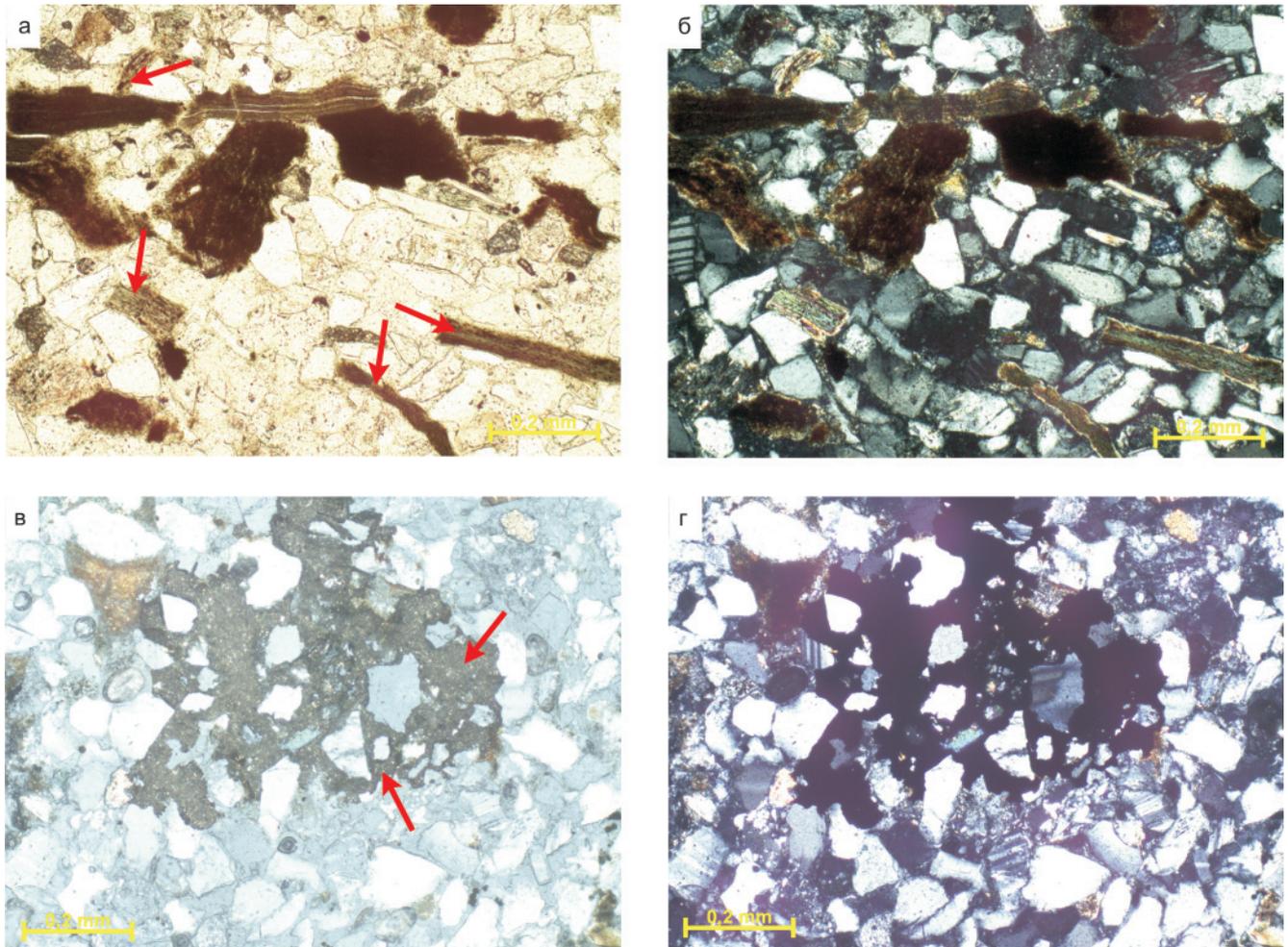


Рис. 3. Песчаники мелкозернистые алевритистые полевошпат-кварцевые с глинистым пленочно-поровым цементом: микрофотографии песчаника из нижней части тиганской свиты в параллельных (а) и скрещенных (б) николях, стрелки указывают на пластинки железистых гидрослюд; микрофотографии песчаника из средней части тиганской свиты в отраженном свете (в) и скрещенных николях (г), стрелки указывают на агрегат тонких глобулярных стяжений пирита

В разрезах на р. Анабар отложения берриаса мощностью до 34,2 м представлены глинами серыми алевритистыми с редкими прослоями песков, алевролитов желтовато-серых песчаных и карбонатными конкреционными горизонтами. Характерны многочисленные фаунистические остатки, в кровле берриаса отмечаются прослойки с включениями глауконита. Предполагается, что осадки формировались в зоне сублиторали. В залегающих выше зеленовато-серых алевролитах нижнего валанжина зафиксирована примесь гравийного и галечного материала. Мощность разреза нижнего валанжина в целом около 133 м, сложен он алевритами серыми, темно-серыми и зеленовато-серыми прослоями песчаными, глинами серыми алевритистыми [1]. На некоторых участках отмечается тонкое переслаивание зеленовато-желтых мелкозернистых песков и темно-серых глин. Наблюдаются прослойки и конкреции известковых песчаников и алевролитов, многочисленные стяжения пирита, глинистого сидерита, обломки углефицированной древесины и разнообразная фауна. Верхняя часть валанжинских осадков, по мнению З. З. Ронкиной, размыва

[8]. Вероятно, эти толщи формировались в более мелководных обстановках по сравнению с фациями берриаса.

Видимая мощность нижнего подъяруса готерива разрезов р. Анабар составляет около 15 м. Осадки представлены песками светло-серыми мелкозернистыми с линзовидными прослоями известковых песчаников, конкрециями сидерита, обломками сидеритизированной древесины и слойками, обогащенными углефицированным растительным детритом. Наиболее полные разрезы нижнего готерива наблюдаются в обнажениях о. Бол. Бегичев и на п-ове Пакса [6]. Здесь выделяются две пачки. Нижняя (мощностью 85 м), представленная однообразной толщей светлого цвета, налегает на глинистые осадки верхнего валанжина. В разрезе пачки преобладают алеврито-псаммитовые разности, встречаются линзовидные прослойки известковых пород, гальки аргиллитов, обломки древесины и фаунистические остатки (пелециподы и белемниты). Верхняя пачка (мощностью 90 м) сложена алевролитами светло-серыми и песками светло-серыми мелкозернистыми с прослоями темно-серых глин и гли-



нисто-алеврито-песчаных пород. Зафиксированы прослойки песчаников с известковистым цементом, включениями карбонатных конкреций, желваками пирита. Отмечаются обломки углефицированной древесины, отпечатки листовой флоры, фаунистические остатки, главным образом двустворчатых моллюсков, редко аммонитов.

В результате проведенных исследований палеогеологический профиль триас-юрских отложений, построенный М. А. Левчуком в 1985 г., был реконструирован. Авторы учли последние данные по тектоническому развитию района, достроили меловой этаж и представили предполагаемую характеристику коллекторских свойств пород, исходя из их петрографического анализа (рис. 4) [5, 11].

Петрофизическое изучение осадков нижнего мела из разрезов п-ова Юрюнг-Тумус не проводилось, поэтому в данной работе рассматриваются седиментационные и постседиментационные факторы, повлиявшие на коллекторские свойства пород, и приводится их качественная оценка. Изученные разрезы сложены рыхлыми, слабо сцементированными отложениями, за исключением многочисленных конкреционных прослоев, выполненных известковистыми и известковыми породами. Образование конкреций характерно

для раннедиагенетической стадии постседиментационного преобразования пород, протекающей на небольших глубинах от поверхности дна (20–50 см) в условиях высокой (более 60 %) влажности осадка и температуры от 3–4 до 30–50 °С. В процессе задействованы различные макро- и микроэлементы, часто присутствующие в значительных количествах благодаря концентрации в иловых водах, и большое количество бактерий. Пористость отложений достигает 50 %. Обилие конкреционных прослоев в глинисто-алевритовом разрезе паксинской свиты свидетельствует о невысокой скорости накопления осадка и достаточно длительном пребывании в вышеописанной зоне. В составе гранулометрических спектров этой свиты максимальное количество зерен наблюдается во фракциях в интервале от 26,26 до 104,7 мкм. Контуры обломков фиксируются четко, иногда наблюдаются следы слабого растворения. Зерна представлены в основном кварцем и измененными пластинками слюды (мусковитом и представителями ряда биотит – флогопит), реже полевыми шпатами (плагиоклазами) и литокластами (обломками хлорит-гидрослюдистых сланцев, аргиллитов), отмечаются редкие сохранившиеся зерна темноцветных минералов, в большинстве

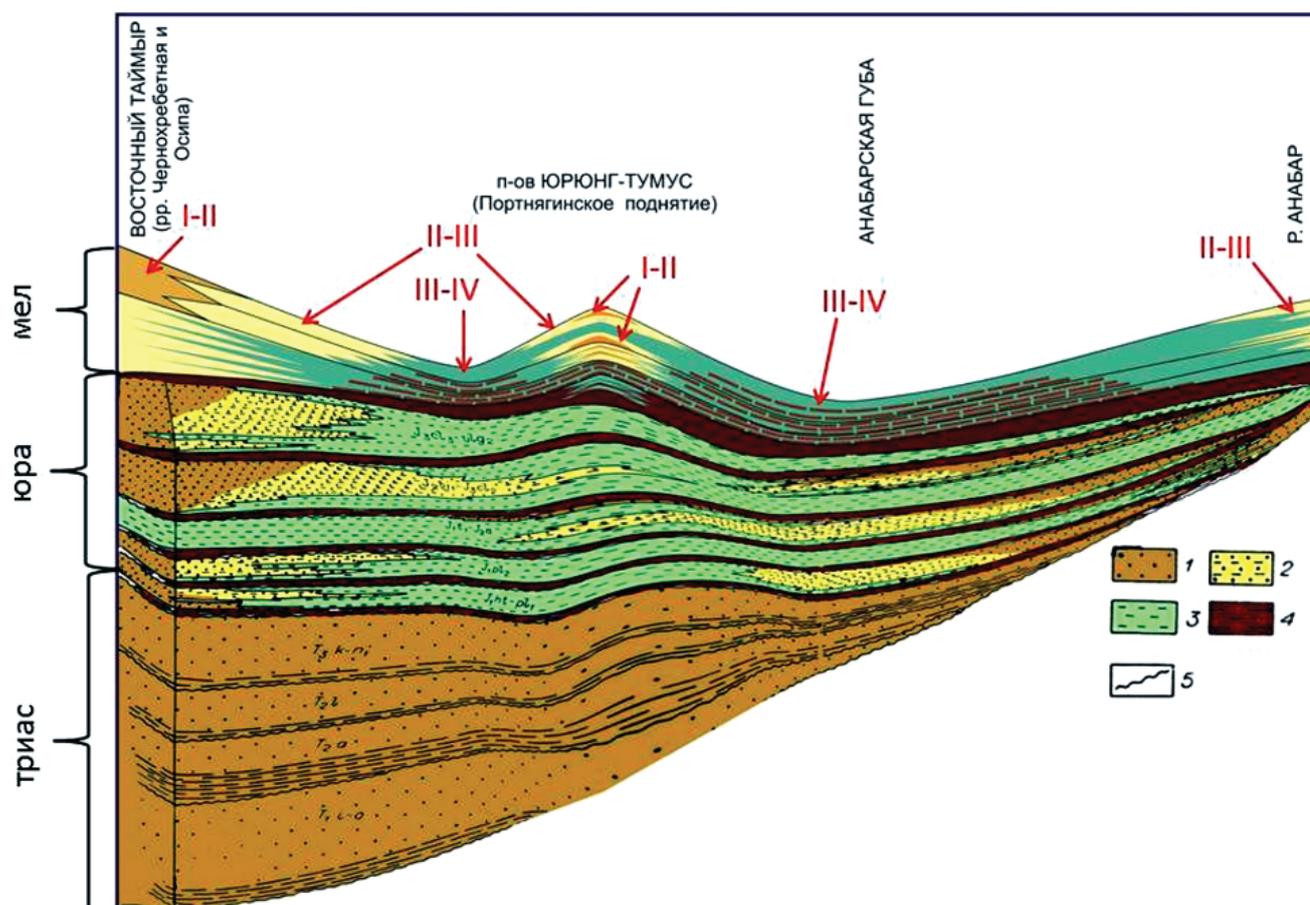


Рис. 4. Палеогеологический профиль мезозойских отложений через северную часть Анабаро-Хатангской седловины (по [5] с дополнениями и изменениями авторов); римские цифры – классы коллекторов по А. А. Ханину [12]
 1 – пески/песчаники; 2 – алевролиты/аргиллиты песчанистые/песчаные; 3 – глинисто-алевритовые породы; 4 – глины/аргиллиты; 5 – границы размывов и стратиграфических перерывов



случаев они замещаются хлоритом. Присутствие в разной степени измененных обломков оливина, пироксенов и вулканического стекла указывает на начальную стадию катагенеза PK_{1-2} , при более глубоких преобразованиях темноцветные минералы не диагностируются, они полностью замещаются вторичными компонентами.

Таким образом, можно предполагать, что осадки паксинской свиты испытали незначительное погружение, при котором пористость и объемная плотность изменились от 50–60 % и 1,3–1,4 г/см³ до 20–25 % и 1,8–2,0 г/см³ соответственно. Однако условия ее накопления (обстановки верхней сублиторали) свидетельствуют о том, что осадок изначально хоть и был хорошо проницаем, но не обладал высокой седиментационной пористостью из-за значительного содержания пелитовых фракций (до 38 %). Поэтому паксинскую свиту можно отнести только к III и/или IV классам поровых коллекторов (по А. А. Ханину [12]). Седиментационные факторы не способствовали накоплению углеродистого органического вещества, так как отложения находились в хорошо аэрируемой зоне и интенсивно перерабатывались детритофагами.

С течением времени обстановки изменились на более мелководные, нижняя подсвета балагачанской свиты формировалась в условиях литорали. Разрез сложен чередованием пластов песка (толщиной от 3 до 10 м) с пачками тонкопереслаивающихся алевритовых осадков (толщиной от 3,5 до 21 м). Сортировка пород хорошая, участками средняя. Пелитовые фракции в песках и алевритах составляют не более 17 %, что значительно улучшает свойства первичного коллектора. Песчаники балагачанской свиты мелкозернистые полевошпат-литокластито-кварцевые, литокластито-полевошпат-кварцевые с глинистым пленочно-поровым цементом. Породы, как и подстилающие отложения (паксинская свита), подверглись неглубоким стадиям постседиментационного преобразования (не более PK_{1-2}). Учитывая сохранившуюся высокую проницаемость песков и алевритов (от 0,5 до 1 мкм² и более), их можно отнести к I и II классам поровых коллекторов по А. А. Ханину [12] с эффективной пористостью от 18 до 29 %.

В разрезе верхнебалагачанской подсветы нижняя и верхняя части сложены песчано-алевритовыми осадками с редкими глинистыми прослоями (мощностью от 0,02 до 2,5 м). В средней части подсветы разрез более глинистый. Характерны деформативные текстуры, отмечаются следы сильных размывов. Сортировка средняя, прослоями хорошая, содержание пелитовых фракций варьирует в широких пределах, в среднем 17–25 %. Отложения формировались в переходной зоне литораль – сублитораль. Наличие глинисто-известкового цемента в песчаниках и алевритах значительно ухудшает коллекторские свойства. Несмотря на то что краевые части обломков в большинстве случаев не затронуты процесса-

ми замещения, первичное поровое пространство почти целиком заполнено глинисто-карбонатным веществом. Глинистая составляющая представлена мелкочешуйчатыми агрегатами гидрослюд и хлорита, карбонатная – кальцитом. В таких прослоях проницаемость и пористость резко снижаются. Таким образом, пласты хорошо сортированных песков и алевритов с небольшой примесью пелитового материала можно отнести к I и II классам поровых коллекторов по А. А. Ханину с эффективной пористостью от 18 до 29 %. Существенно глинистые участки разреза верхнебалагачанской подсветы, вероятно, соответствуют III и/или IV классам поровых коллекторов. Прослои с глинисто-карбонатным цементом относятся к V классу, но в зоне интенсивных тектонических нарушений их коллекторские свойства значительно улучшаются за счет возникающей трещиноватости.

В нижней части тигянской свиты преобладают пески мелкозернистые, алевритистые до алевритовых песчаных. На этом участке разреза наблюдается постепенный переход от прибрежно-морских обстановок седиментации к континентальным. Пески приливно-отливной зоны и русловых каналов хорошо сортированы с низким содержанием пелитовых фракций (в среднем 11 %). Поэтому можно предполагать их высокие коллекторские свойства.

Рассматривая палеогеографический аспект, можно утверждать, что по всей территории в течение валанжина и нижнего готерива происходило постепенное обмеление бассейна. На Восточном Таймыре и п-ове Юрюнг-Тумус в нижнем готериве установились обстановки, близкие к континентальным, между ними существовал морской залив. От островной суши, располагавшейся в пределах современного п-ова Юрюнг-Тумус, до района р. Анабар преобладали морские фации с хорошо выраженным трендом на углубление бассейна в северо-восточном направлении. Однако до сих пор нет полного представления о том, какие обстановки господствовали севернее островов Бол. Бегичев, Преображения и Песчаный. Для определения источников сноса авторами проводились ультрамикроскопические и геохимические исследования валанжин-готеривских осадков п-ова Юрюнг-Тумус. Результаты изучения свидетельствуют о наличии в разрезе уровней с повышенной концентрацией титансодержащих минералов. На рис. 5 представлены данные, полученные с использованием сканирующего электронного микроскопа и микроанализатора минерального состава.

В поле *фотографии А* (см. рис. 5) состав изучен в шести точках: 1 – ильменит (Ti – 30 %, Fe – 37 %, Mn – 0,42 % содержание всех элементов приведено к 100 %), 2 – магнетит (Ti – 2,7 %, Fe – 59 %), 3 – кварц, 4 – хлорит (Ti – 1,21 %, Fe – 20,3 %, Mn – 0,27 %), 5 – сфен (Ti – 49 %, Fe – 3,18 %, V – 1,49 %), 6 – аморфное вещество гидрослюдистого состава (Ti – 1,2 %, Fe – 9 %). В поле *фотографии Б*: 1 – титаномагнетит (Ti – 28 %, Fe – 33,5 %, V – 0,73 %, Mn – 0,12 %).

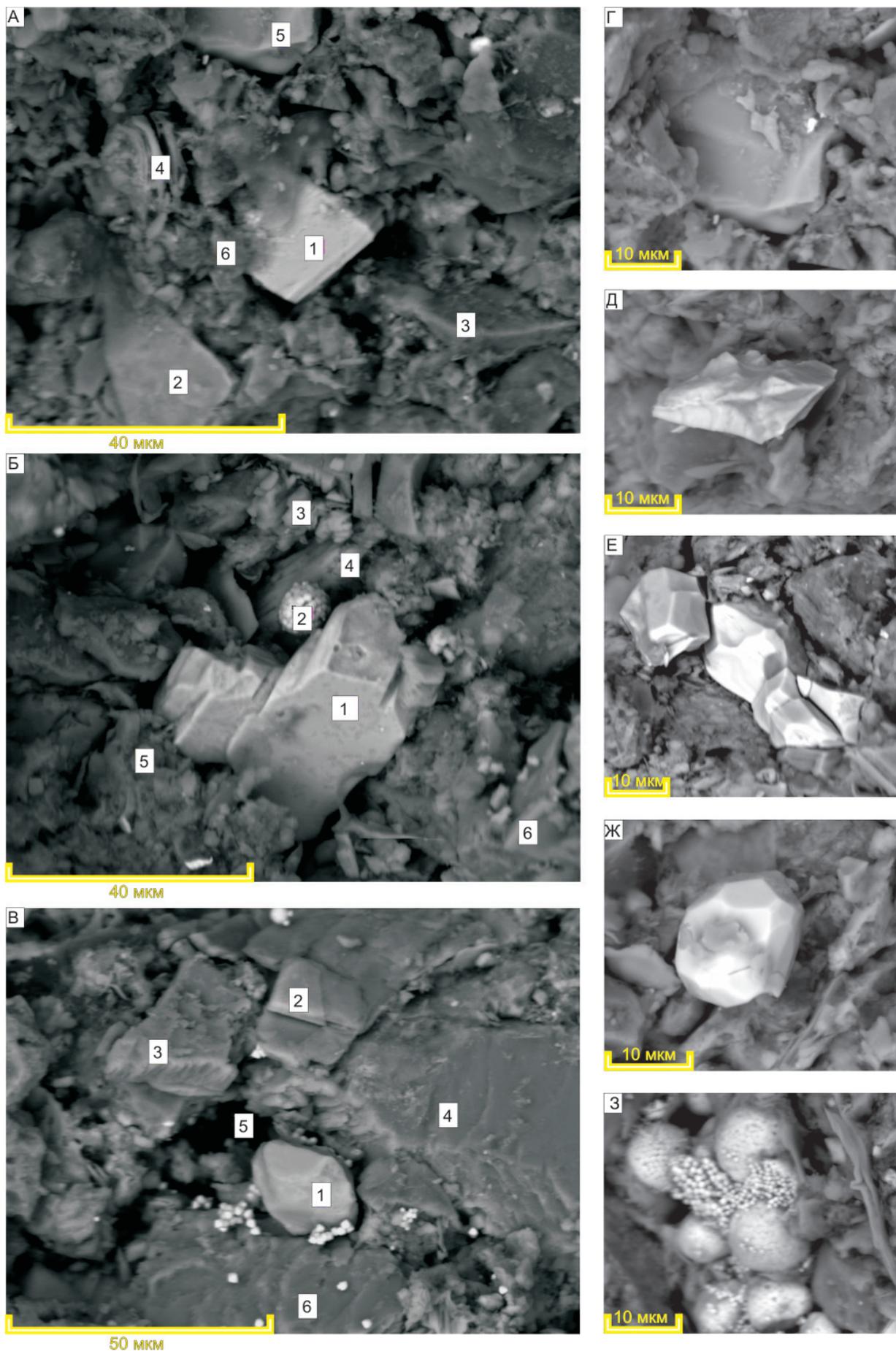


Рис. 5. Микрофотографии отложений нижнего мела, вскрывающихся в береговых обрывах п-ова Юрюнг-Тумус (пояснения см. в тексте)



Mn – 2,2 %), 2 – пирит (Ti – 1,8 %, Fe – 44,6 %), 3 – магнетит (Ti – 4,4 %, Fe – 50 %), 4 – железистый хлорит (Ti – 9,6 %, Fe – 30 %), 5 – альбит, 6 – калиевый полевой шпат. В поле *фотографии В*: 1 – апатит (Fe – 1,05 %), 2 – биотит (Ti – 1,6 %, Fe – 14,5 %, Mn – 0,24 %), 3 – калиевый полевой шпат, 4 – калиевый полевой шпат, 5 – пелитоморфное железо (91 %) в поровом пространстве, 6 – альбит. На *фотографии Г* представлено зерно сфена (примесь V до 2,8 %), Д – ильменита, Е – титаномагнетита (примесь Co, Mn, Mg, Al до 1 %), Ж – циркона, З – глобулы аутигенного пирита (примесь As до 2 %).

Наиболее показательные результаты при определении источника титансодержащих минералов были получены для тиганской свиты. Минеральный состав песков/песчаников этой свиты по сравнению с подстилающими отложениями более «зрелый», в нем преобладает кварц, несколько меньше полевых шпатов. Обломки пород, за исключением интракластического материала, фиксируются редко. Плохая окатанность зерен и большое количество обломков удлиненной трапециевидной, угловатой формы указывают на близкий источник сноса (см. рис. 3). Породы относятся к повышенно-щелочным, исходя из значений модуля общей нормативной щелочности (незначительное превышение нижнего порога, вариации в пределах 0,44–0,48). Последнее связано с увеличением содержания в них полевых шпатов и железистых гидрослюдов, которое может свидетельствовать о размыве вулканогенных пород основного состава (см. рис. 3, а, б).

Таким образом, комплекс признаков указывает на то, что одним из источников сноса была высокотитанистая серия базальтов, характерная для тыловых частей развитых островных дуг. Аналогичные серии выделяются в пределах структур Центрально-Таймырского аккреционного пояса [3]. Предполагается, что в течение юрского и раннемелового периодов горные массивы пояса простирались в восточном направлении значительно дальше по сравнению с их современным положением. Позднее эта часть суши, частично разрушенная денудацией и морской эрозией, вероятно, опустилась и в настоящее время скрыта под водами моря Лаптевых севернее островов Бол. Бегичев, Преображения и Песчаный. Это подтверждается интерпретацией глубинных сейсмических разрезов по профилям 200602 и 200711.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Богомолов, Ю. И.** Разрез валанжина на восточном побережье Анабарской губы [Текст] / Ю. И. Богомолов, В. А. Захаров, Ю. И. Плотников // Палеобиогеография и биостратиграфия юры и мела Сибири. – М. : Наука, 1983. – С. 99–113.

2. **Валанжин** и нижний готерив полуострова Юрюнг-Тумус (Анабаро-Хатангский прогиб) [Текст] / В. А. Маринов, Ю. И. Богомолов, А. Е. Игольников [и др.] // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов : Матер. науч. сесс., посвящ. 100-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР В. Н. Сакса. Т. 1. – Новосибирск : ИНГГ СО РАН, 2011. – С. 161–167.

3. **Верниковский, В. А.** Геодинамическая эволюция Таймырской складчатой области [Текст] / В. А. Верниковский. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1996. – 202 с.

4. **Злобина, О. Н.** Литологическая характеристика отложений нижнего мела полуострова Юрюнг-Тумус (бухта Нордвик, Арктика) [Текст] / О. Н. Злобина // Матер. IX Междунар. выставки и науч. конгр. «ИНТЕРЭКСПО ГЕО-Сибирь-2013». Т. 1. – Новосибирск : СГГА, 2013. – С. 169–173.

5. **Левчук, М. А.** Литология и перспективы нефтегазоносности юрских отложений Енисей-Хатангского прогиба [Текст] / М. А. Левчук. – Новосибирск : Наука, 1985. – 166 с.

6. **Маринов, В. А.** Зоны по фораминиферам бореального берриаса, валанжина и нижнего готерива Северной Сибири [Текст] / В. А. Маринов, В. А. Захаров // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2001. – Т. 9, № 1. – С. 46–67.

7. **Обстановки** осадконакопления и фации. Т. 1: Пер. с англ. [Текст] / Х. Г. Реддинг, Дж. Д. Коллинсон, Ф. А. Аллен ; под ред. Х. Г. Реддинга. – М. : Мир, 1990. – 352 с.

8. **Палеогеография** центральной части Советской Арктики [Текст] / Под ред. И. С. Грамберга. – Л. : Недра, 1967. – 298 с.

9. **Ронкина, З. З.** Вещественный состав и условия формирования юрских и меловых отложений севера Центральной Сибири [Текст] / З. З. Ронкина. – Л. : Недра, 1965. – 162 с.

10. **Стратиграфия** юрской и меловой систем севера СССР [Текст] / В. Н. Сакс, З. З. Ронкина, Н. И. Шульгина [и др.] – М. ; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 227 с.

11. **Фомин, М. А.** Анализ тектонического строения мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Енисей-Хатангского регионального прогиба по опорным горизонтам и тектонические предпосылки его нефтегазоносности [Текст] / М. А. Фомин // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М. : ВНИИОЭНГ, 2011. – № 9. – С. 4–20.

12. **Ханин, А. А.** Породы-коллекторы нефти и газа нефтегазоносных провинций СССР [Текст] / А. А. Ханин. – М. : Недра, 1973. – 303 с.