

На правах рукописи



ЕФРЕМЕНКО Всеволод Данилович

**БЕЛЕМНИТЫ НИЖНЕГО МЕЛА СЕВЕРА
ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ БИО-
И ХЕМОСТРАТИГРАФИИ**

1.6.2 – палеонтология и стратиграфия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск – 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН).

Научный руководитель:

Дзюба Оксана Сергеевна,

доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией палеонтологии и стратиграфии мезозоя и кайнозоя ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск.

Официальные оппоненты:

Митта Василий Вингерович

доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории моллюсков ФГБУН Палеонтологического института им. А.А. Борисяка РАН, г. Москва.

Сельцер Владимир Борохович

кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры общей геологии и полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», г. Саратов.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Российской академии наук, г. Москва.

Защита состоится 27 ноября 2026 г. в 10 час. на заседании диссертационного совета 24.1.087.01 на базе ИНГГ СО РАН, в конференц-зале 340 (630090, г. Новосибирск, пр. акад. Коптюга, 3).

Отзыв в двух экземплярах, оформленный в соответствии с требованиями Минобрнауки России (см. вклейку), просим направлять по адресу:

630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3

тел. 8(383) 330-95-17, факс 8(383) 330-28-07,

e-mail: ObutOT@ipgg.sbras.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ИНГГ СО РАН:

<http://www.ipgg.sbras.ru/ru/education/theses/d003-068-01/efremenko2026>

Автореферат разослан 20 октября 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
К.Г.-М.Н.

О. Т. Обут

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Объект исследования – белемниты семейства *Cylindroteuthididae* нижнего мела севера Восточной Сибири.

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности. С учетом неугасающего интереса к освоению Арктики и прогнозированию нефтегазоносности арктического шельфа не теряют своей актуальности работы, направленные на выявление разномасштабных биотических и абиотических событий в целях межрегиональных и глобальных (включая бореально-тетические) корреляций мезозойских отложений и разработки надежного их стратиграфического каркаса. Высокий уровень востребованности в стратиграфических исследованиях нижнего мела обусловлен большими трудностями в корреляции этих отложений вследствие значительной провинциальности раннемеловой биоты. Широкое распространение в морских шельфовых отложениях раннемелового возраста делает белемнитов (подкласс *Coleoidea*, отряд *Belemnitida*) одной из важнейших групп ископаемых организмов. При этом стоит отметить, что, несмотря на разнообразие установленных таксонов, бореальные раннемеловые белемниты до сих пор остаются крайне слабо изученными с точки зрения детальной монографической проработки вопроса их систематического состава в слоях конкретных разрезов. По сути, для использования группы в биостратиграфических, палеоэкологических, палеобиогеографических и прочих целях имеющаяся основа сильно устарела и не отвечает современным требованиям. В нижнемеловых отложениях на севере Восточной Сибири они представлены исключительно бореальным семейством *Cylindroteuthididae* и встречаются здесь до низов готерива. В связи с этим представляется актуальным детальное исследование таксономического состава и разнообразия цилиндротеутидид «неокома» (берриаса–готерива) севера Восточной Сибири с учетом современных представлений о системе семейства и результатов сравнительного анализа экологии таксонов и отдельных морфотипов, а также определение их био- и хемотратиграфического значения.

Ростр белемнита (массивная и часто великолепно сохраняющаяся в ископаемом состоянии часть внутренней раковины) сложен низкомагнезильным кальцитом, формировавшимся в условиях изотопного равновесия с морской водой, и имеет плотную микрокристаллическую структуру. Эти важные особенности ростра, равно как и устойчивость к пост-седиментационным процессам делают белемнитов незаменимым объектом для изотопно-геохимических исследований. Наиважнейшей задачей, в связи с этим является построение детальных кривых изменения изотопных (C, O, Sr) характеристик, отражающих глобальный круговорот элементов в системе земная кора–океан–атмосфера. При отсутствии палеонтологических маркеров глобальной корреляции применение непалеонтологических методов стратиграфии особенно целесообразно. Ранее комплексные C-, O- и

Sr-хемостратиграфические исследования разрезов «неокома» в Восточной Сибири не проводились. Данные по стабильным изотопам и элементам-примесям в кальците ростров важны также для палеоэкологических и палеоклиматических реконструкций. На исследуемый временной интервал приходится глобальное событие Weissert – первый из крупнейших в меловом периоде положительных экскурсов $\delta^{13}\text{C}$, наиболее ярко выраженный в позднем валанжине. В настоящее время это событие подразделяется на три потенциально глобально коррелируемые фазы и ассоциируется с похолоданием климата, особенно отчетливо установленным для позднего валанжина по данным из тетических разрезов (методами $\delta^{18}\text{O}$ и Mg/Ca палеотермометрии). Соответственно исследование имеет важное значение для определения динамики изменения климата и круговорота углерода в безледниковые эпохи.

Цель исследования: биостратиграфическое расчленение верхнего берриаса–низов готерива севера Восточной Сибири на основе монографического исследования белемнитов (семейство *Cylindroteuthidae*) и хемостратиграфическое обоснование бореально-тетической корреляции.

Задачи исследования:

1. Уточнение систематического состава белемнитов в разрезах рязанского регионаруса–низов готерива севера Восточной Сибири, включая таксономические и номенклатурные ревизии.

2. Расчленение и корреляция опорных разрезов рязанского регионаруса–низов готерива севера Восточной Сибири по белемнитам для совершенствования региональной биостратиграфической шкалы и схемы межрегиональной корреляции исследуемых отложений по этой группе фауны.

3. Получение комплексной C-, O-, Sr-изотопной характеристики нижнего мела севера Восточной Сибири в интервале аммонитовых зон *Nectoroceras kochi*–*Nomolosomes bojarkensis* на основе изотопно-геохимического исследования карбонатного вещества ростров белемнитов, выявление маркеров глобальных событий.

4. Анализ таксономических и палеоэкологических перестроек в белемнитовых сообществах в первой половине раннего мела в морских акваториях на севере Восточной Сибири с оценкой влияния изменений палеообстановки и климата на динамику видового и родового разнообразия (с нормированием на аммонитовые зоны), смены преобладающей палеоэкологической группы, миграционные процессы.

Материал, методология и методы исследований. Материалом для исследований послужили коллекции ростров белемнитов, собранные сотрудниками ИГиГ СО АН СССР/ИНГГ СО РАН в опорных разрезах нижнего мела на севере Восточной Сибири: 1) рязанского регионаруса–низов готерива п-ова Нордвик по сборам В.А. Захарова 1967, 1968, 1971 гг., Ю.И. Богомолова и Ю.И. Плотникова 1982 г., О.В. Шенфиля 1989 г., В.А. Маринова 2007 г., А.С. Алифинова 2009, 2011 гг. (38 целых ростра и около 50

неполных); 2) валанжина р. Анабар по сборам О.В. Шенфиля 1988 г. (146 целых ростров и около 22 неполных); 3) нижнего валанжина восточного берега Анабарской губы по сборам О.В. Шенфиля 1988 г. (5 целых ростров и 8 неполных); 4) рязанского региояруса–низов готерива р. Боярка преимущественно по сборам О.В. Шенфиля 1985, 1989 гг., а также В.А. Захарова и Т.И. Нальняевой 1975 г. (288 целых роста и 38 неполных); 5) рязанского региояруса–нижнего валанжина руч. Таас-Крест-Юрэгэ в дельте р. Лена по сборам автора 2023 г. (3 роста удовлетворительной сохранности и 6 неполных). В целом коллекция насчитывает свыше 600 экземпляров разной степени сохранности. Раковинное вещество белемнитов из разрезов Нордвик, Анабар и Боярка (102 обр.) послужило также материалом для С-, О-, Sr-хемостратиграфических исследований и определения содержания элементов-примесей (Mg, Ca и других). Также изучены оригиналы к публикациям [Сакс, Нальняева, 1964, 1966; Гольберт и др., 1972; Граница..., 1972; Нальняева, 1984; Богомолов, Шенфиль, 1991; Дзюба, 2004, 2012, 2013а, 2013б; Дзюба и др., 2018; Урман и др., 2019], хранящиеся в ЦКП “Коллекция ГЕОХРОН” при ИНГГ СО РАН.

Методологическую основу исследования составили методы и подходы в рамках морфолого-систематического, биостратиграфического, изотопно-геохимического и палеоэкологического направлений, охарактеризованных в основном тексте работы.

Научная новизна. Ревизован таксономический состав нижнемеловых комплексов цилиндротеутидид на севере Восточной Сибири, установлены четыре новых вида (один – в соавторстве). Впервые в этом регионе представитель рода *Cylindroteuthis* определен выше подошвы валанжина, а представитель рода *Liobelus* – в нижнем готериве. Результаты биостратиграфических исследований позволили превратить нижнемеловых цилиндротеутидид по аналогии с юрскими их представителями в важный инструмент для внутри- и межрегиональной корреляции бореальных осадочных бассейнов, особенно в пограничном берриасско-валанжинском интервале. Впервые получена комплексная С-, О- и Sr-изотопная характеристика большей части «неокома» Арктической Сибири. По результатам анализа полученных значений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $\delta^{13}\text{C}$ в комплексе с данными био- и магнито-стратиграфии скорректирован возраст ряда сибирских аммонитовых зон, подзон и отдельных их интервалов, что в свою очередь привносит уточнения в весь «пакет» параллельных зональных шкал (по разным группам фауны и флоры) бореального стандарта. В частности, полученные данные свидетельствуют, что подошва верхнего берриаса попадает в среднюю часть аммонитовой зоны *Nectoroceras kochi* рязанского региояруса. Установлено, что кровля рязанского региояруса расположена ниже подошвы валанжина. В Сибири интервал между этими границами отвечает нижней части аммонитовой зоны *Neotollia klimovskiensis*. Достоверно установлена принадлежность аммонитовой зоны *Nomolsomites bojarkensis* нижнему готериву, а не верхнему валанжину, что решает вопрос, являвшийся предметом продолжительных дискуссий. По $\delta^{13}\text{C}$ данным впервые для территории

Арктической Сибири идентифицированы все фазы глобального события Weissert. По $\delta^{18}\text{O}$ данным установлено, что сопутствующее этому событию глобальное похолодание климата в Сибири не было существенным. Выявлены палеоэкологические и хронологические закономерности формирования биоразнообразия и структуры белемнитовых сообществ на разных участках северосибирского морского палеобассейна. Установление связи между таксономической структурой палеосообществ, биоразнообразием цилиндротеутидид, медианной удлинённости ростров с одной стороны и абиотическими факторами – с другой позволило выявить наиболее оптимальные условия для обитания отдельных таксонов, морфотипов и экологических групп белемнитов, а также лимитирующие факторы. В значительной степени скорректированы представления о миграциях-влияниях цилиндротеутидид низкобореального европейского происхождения.

Личный вклад автора. Автор участвовал в определении сферы научного исследования, обосновании актуальности выбранной темы, выборе методических подходов решения поставленных задач, обсуждении публикаций по теме работы, за подготовку большинства из которых соискатель нес основную ответственность как первый или единственный автор. Автором лично обработаны собранные данные, получены оригинальные результаты, проведен их анализ. Все ревизованные и новые таксоны монографически описаны автором самостоятельно, как и остальные разделы работы. В изученных разрезах непосредственно автором ряд видов белемнитов установлен впервые. Выводы по динамике биоразнообразия белемнитов, палеоэкологической специфике их сообществ и биостратиграфическому расчленению «неокома» на севере Восточной Сибири получены при ключевом авторском вкладе. Автор занимался пробоподготовкой ростров к изотопно-геохимическим исследованиям и интерпретацией результатов. Все иллюстрации к работе выполнены автором.

Теоретическая и практическая значимость. В теоретическом плане результаты исследований расширяют представления о динамике биологического разнообразия и экологии белемнитов, о корреляции биотических и абиотических событий, а также о процессах, влияющих на условия существования и миграцию морских групп беспозвоночных. Использование хемотратиграфических методов создает возможность обойти ограничения, свойственные биостратиграфическому методу, – такие как фациальная приуроченность таксонов, провинциальность биоты и т.п. Соответственно полученные по этому направлению результаты важны не только для отечественной стратиграфии. Исследование вносит существенный вклад в решение глобальной проблемы бореально-тетической корреляции в интервале берриаса–готерива и имеет высокую научную значимость мирового уровня. В практическом плане результаты важны для определения относительного возраста осадочных толщ, в том числе нефтегазоносных, и обновления стратиграфической основы, которая используется

производственными организациями при геолого-съёмочных и поисково-разведочных работах. Полученные новые данные позволяют в существенной мере уточнить и детализировать региональную стратиграфическую схему нижнемеловых отложений Восточной (Средней) Сибири в интервале верхов берриаса–нижнего готерива (1) в части корреляции местных стратиграфических подразделений (уточнение палеонтологической характеристики и возраста свит), (2) в части региональных стратиграфических подразделений (разработка провинциальной зональной шкалы по белемнитам), (3) в части сопоставления с Общей стратиграфической шкалой (уточнение положения границ ярусов и подъярусов на основе комплексного био- и хеомстратиграфического исследования с учетом данных магнито-стратиграфии).

Положения, выносимые на защиту

1. Существенно уточнены представления о таксономическом составе и разнообразии нижнемеловых белемнитов бореального семейства *Cylindroteuthididae*, свидетельством чему являются определения новых находок на севере Восточной Сибири, выявленные субъективные синонимы в названиях видов, а также четыре установленных новых для науки вида – *Arctoteuthis angusta* Efremenko, 2022, *Boreioteuthis mirifica* Efremenko, 2022, *Acroteuthis swinnertoni* Efremenko et Dzyuba, 2025, *Lagonibelus pseudonecopinus* Efremenko, 2026.

2. Выделенные и ревизованные региональные биостратоны по белемнитам обеспечивают надежную внутрирегиональную корреляцию верхов рязанского–низов готеривского ярусов севера Восточной Сибири по этой группе фауны. Помимо реперной для бореальных разрезов верхнерязанской зоны *Acroteuthis explanatoides*, впервые установленной в Сибири, в качестве маркера межрегиональной корреляции пригодны слои с *Acroteuthis* spp. и *Liobelus acrei*, обособленные в низах валанжина.

3. Полученные по белемнитам изотопные $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $\delta^{13}\text{C}$ данные служат базой для усовершенствования схемы бореально-тетической корреляции верхнего берриаса–низов готерива и в совокупности с данными по био- и магнитостратиграфии обосновывают положение подошвы верхнего берриаса в средней части аммонитовой зоны *Hectoroceras kochi*, валанжина – в низах (выше подошвы) зоны *Neotollia klimovskiensis*, являются свидетельством в пользу раннеготеривского возраста зоны *Homolosomes bojarkensis*.

4. Основными факторами, существенно влиявшими на структуру сообществ белемнитов в морских бассейнах на севере Восточной Сибири с позднеязанского времени по начало готерива, являлись продолжительная региональная регрессия и проникновения белемнитов-мигрантов низкобореально-европейского происхождения. Влияние глобальных событий, таких как изменение климата и эвстатические колебания, здесь не было значительным.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов подтверждается большим объемом фактического материала, использованием обширного количества известной актуальной литературы по вопросам диссертации и апробацией данных в научных статьях высоко-рейтинговых журналов и докладах на научных конференциях.

Основные результаты исследований опубликованы в 23 научных работах, из них 5 статей в рецензируемых журналах, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, соответствующих критериям ВАК («Палеонтологический журнал», «Стратиграфия. Геологическая корреляция», «Геология и геофизика», «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири»). Результаты работ докладывались на всероссийских совещаниях «Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеобиогеографии» (Магадан, 2020 г., Томск, 2022 г., Южно-Сахалинск, 2024 г.), «Современные проблемы изучения головоногих моллюсков. Морфология, систематика, эволюция, экология и биостратиграфия» (Москва, 2021 и 2024 гг.), «Саксовских чтениях» (Новосибирск, 2021, 2026 гг.), «Трофимуковских чтениях» (Новосибирск, 2021, 2023 и 2025 гг.), на ежегодных сессиях Палеонтологического общества при РАН (Санкт-Петербург, 2023 и 2024 гг.), X International Siberian Early Career GeoScientists Conference (Новосибирск, 2022 г.), на Международной научной студенческой конференции (МНСК) (Новосибирск, 2020–2023 гг.).

Структура работы. Диссертация изложена на 206 страницах, состоит из введения, 7 глав и заключения, иллюстрирована 37 рисунками, 2 таблицами и содержит приложение, включающее 11 фототаблиц и объяснение к ним, а также таблицы данных. Список литературы насчитывает 196 наименований.

Благодарности. Автор прежде всего благодарен научному руководителю д.г.-м.н. О.С. Дзюба за постановку интересной задачи, за поддержание научного интереса к исследованию, за сопровождение диссертанта на всех этапах работы и за огромное терпение. Также автор благодарен чл.-корр. РАН, д.г.-м.н. Б.Н. Шурьгину и д.г.-м.н. А.Г. Константинову за ценные замечания к работе, к.г.-м.н. Е.С. Соболеву как рецензенту бакалаврской, магистерской и аспирантской работ автора, поспособствовавшему их значительному улучшению, и А.П. Ипполитову как рецензенту ряда статей автора, от которого было получено много ценных советов.

Также огромная благодарность выражается коллективу лаборатории палеонтологии и стратиграфии мезозоя и кайнозоя ИНГГ СО РАН, в которой была выполнена работа: к.г.-м.н. И.Н. Косенко за организацию и проведение первых полевых работ диссертанта; О.С. Урман за организацию первых экспедиционных работ диссертанта, в которых были изучены разрезы, включенные в диссертационную работу; к.г.-м.н. А.Е. Игольникову,

к.г.-м.н. Е.К. Метелкину и Е.С. Шамонину за совместное участие в полевых работах, а также к.г.-м.н. Л.А. Глинских за проявленный интерес к работе. Также автор благодарит к.г.-м.н. П.А. Яна (лаборатория седиментологии ИНГГ СО РАН) за совместное участие в полевых работах и вклад в публикации по теме диссертации.

Работа выполнена за счет средств бюджета ИНГГ СО РАН по проектам фундаментальных научных исследований №№ 0331-2019-0004, FWZZ-2022-0004 и FWZZ-2026-0033, а также при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-17-00228. Диссертант также является получателем стипендии Президента РФ для аспирантов, проводящих научные исследования в рамках реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ НИЖНЕМЕЛОВЫХ БЕЛЕМНИТОВ СЕВЕРА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

1.1. История изучения систематического состава

Исследования систематического состава нижнемеловых белемнитов на севере Восточной Сибири начаты А.П. Павловым [Pavlow, 1914], В.Н. Саксом [Сакс и др., 1959], В.И. Бодылевским [1960] и Н.С. Воронец [1962]. Крупным обобщением являются работы В.Н. Сакса и Т. И. Нальняевой [1964, 1966], в которых описаны многочисленные новые виды белемнитов, а также виды, ранее здесь не определяемые. В дальнейшем сведения о систематическом составе рассматриваемых белемнитов появлялись в работах [Басов и др., 1970; Граница..., 1972; Опорный..., 1981; Богомолов и др., 1983; Захаров и др., 1983; Богомолов, Шенфиль, 1991]. Следующий этап изучения связан с работами О.С. Дзюба [2012, 20136].

1.2. История биостратиграфических исследований

Первые суждения о стратиграфическом значении нижнемеловых цилиндротеутидид севера Сибири появились в работе В.Н. Сакса [1960]. В последующем по итогам работ В.Н. Саксом и Т.И. Нальняевой [1964, 1966] характерные комплексы белемнитов были включены в региональную стратиграфическую схему нижнемеловых отложений Восточной (Средней) Сибири [Решения..., 1981]. Т.И. Нальняевой [1984] внутри рязанского региона были обособлены слои с *Simobelus curvulus*. Первое зональное расчленение нижнего мела севера Восточной Сибири по белемнитам представлено в работе О.В. Шенфиля [1992]. Предложенная шкала включала пять зон и один биостратон в ранге слоев, однако фактический материал не был опубликован. О.С. Дзюба [2012, 20136] представила материал по пограничному волжско-рязанскому интервалу, уточнив и дополнив белемнитовую шкалу в этом интервале.

1.3. История изотопно-геохимических исследований

Первые надежные $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ данные в интервале «неокома» Сибири были получены по белемнитам из аммонитовых зон *Hectoroceras kochi*–*Spreetonicerias versicolor* на р. Ятрия в Западной Сибири [Price, Mutterlose, 2004]. Следующая публикация была посвящена сравнению композитной кривой вариаций $\delta^{13}\text{C}$, полученной по белемнитам и обугленной древесине из интервала аммонитовых зон *H. kochi*–*Homolomites bojarkensis* на р. Боярка (север Восточной Сибири), с данными по р. Ижма (бассейн р. Печора), а также с тетической кривой $\delta^{13}\text{C}$ для верхнего берриаса–валанжина [Nunn et al., 2010]. В дальнейшем в Сибири пристальное внимание уделялось изотопно-геохимическим исследованиям пограничных юрско-меловых отложений: $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ данные получены по разрезам на п-ове Нордвик (север Восточной Сибири) и р. Маурынья (северо-запад Западной Сибири) [Žák et al., 2011; Dzyuba et al., 2013], появились первые данные по изотопам Sr (разрез Маурынья) [Кузнецов и др., 2017].

1.4. Палеоэкологические исследования

Палеоэкологические исследования цилиндротеутидид долгое время затрагивали главным образом аспекты их биогеографии в связи с влиянием различных абиотических факторов [Сакс, Нальняева, 1964, 1966, 1979; Doyle, 1987, 1992]. Вместе с тем внимание уделялось и разработке палеоэкологических моделей, увязывающих особенности морфологии ростра с образом жизни белемнита и предпочтениями к определенным частям и глубинам бассейнов [Густомесов, 1956, 1961, 1976; Сакс, Нальняева, 1979]. Наметившиеся ранее палеоэкологические модели, охарактеризованные на типовых примерах, были обобщены и доработаны для всего семейства [Dzyuba in Zakharov et al., 2014; Дзюба и др., 2018]. Также исследовалась динамика биоразнообразия белемнитов [Дзюба, 2013б; Zakharov et al., 2014].

Глава 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Морфолого-систематическое направление

Для определения таксономического положения белемнитов применялась стандартная методика измерения линейных параметров ростров с последующим пересчетом их в относительные характеристики [Густомесов, 1964; Сакс, Нальняева, 1964; Дзюба, 2004]. Были изучены как внешние, так и внутренние признаки ростров, в совокупности, позволяющие наиболее точно определить систематическое положение белемнитов. Из внешних признаков изучались: форма ростра, длина послеальвеолярной части; форма поперечного сечения ростра, наличие/отсутствие борозды на ростре и ее характер, степень спинно-брюшного (или бокового) сжатия. Из внутренних признаков изучались: изменение ростра в онтогенезе, характер осевой линии, положение вершины альвеолы.

2.2. Биостратиграфическое направление

Для усовершенствования расчленения нижнемеловых разрезов на севере Восточной Сибири по белемнитам обобщены ревизованные сведения об их стратиграфическом распространении в Анабарском и Хетском районах. Обобщающая схема с учетом данных по отдельным разрезам, а также результатов палеоэкологических исследований, анализа эволюционных и миграционных событий [Ефременко, Дзюба, 2025, 2026 (в печати)] легла в основу обновленного биостратиграфического расчленения. Предпочтение отдано разработке комплексной политаксонной шкалы. Уделялось внимание тому, насколько легко диагностируемы таксоны, выбранные в качестве индексов биостратонов, и велики возможности использования их для целей межрегиональной корреляции. В случаях, когда обоснование хотя бы одной из границ затруднено в связи с редкостью или отсутствием находок, выделялись вспомогательные подразделения – слои с белемнитами.

2.3. Изотопно-геохимическое направление

Предпочтение отдавалось рострам, имеющим диаметр в диапазоне 10–20 мм, без следов истирания или эрозии на их поверхности. Альвеолярная и привершинная части исключались, проводилась зачистка от внешнего слоя, осевой линии, люминесцентных зон и трещин. Фрагменты ростров измельчались и гомогенизировались в агатовой ступке. В качестве контроля пост-седиментационных изменений привлечены методики оценки содержания изотопов и элементов в карбонатном веществе, а также их отношений с учетом коэффициентов корреляции [Brand, Veizer, 1980; Dzyuba et al., 2013; Ullmann, Korte, 2015; Кузнецов и др., 2017, 2018; Дзюба и др., 2023; Ефременко и др., 2025; и др.].

2.4. Палеоэкологическое направление

Все установленные таксоны белемнитов были распределены по палеоэкологическим группам (ПГ), согласно ранее предложенной классификации [Zakharov et al., 2014; Дзюба и др., 2018]. Для каждой аммонитовой зоны проводился расчет биоразнообразия белемнитов и их медианной удлинённости. Для учета тафономии были построены графики родового разнообразия по количеству находок (в программе Past 4.0 [Hammer et al., 2001]), отображающие также изменения в структуре палеосообществ. Полученные данные анализировались с учетом изменений условий осадконакопления [Захаров, Юдовный, 1974; Никитенко и др., 2013; Попов и др., 2025], палеотемператур по $\delta^{18}\text{O}$ и Mg/Ca [Nunn, 2007; Nunn et al., 2010; Žák et al. 2011; Dzyuba et al., 2013; Ефременко и др., 2025] и эвстатических колебаний [Наг, 2014]. Для получения усредненной характеристики видового разнообразия белемнитов с нормированием на одинаковое число находок была применена методика разряжения и экстраполяции [Colwell et al., 2012; Chao et al., 2014].

Глава 3. МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ И СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ СОСТАВ БЕЛЕМНИТОВ

3.1. Краткий геологический очерк

Приведена информация о местоположении каждого изученного разреза (Рисунок А.1), его структурно-фациальной приуроченности, об общих и местных стратиграфических подразделениях, а также об особенностях распределения находок белемнитов по площади и по разрезу.

3.2. Характеристика разрезов

Для всех разрезов в существенной мере уточнен систематический состав и особенности стратиграфического распространения белемнитов [Ефременко, 2022; Ефременко, Дзюба, 2025, 2026 (в печати); Дзюба и др., 2026].

3.2.1. Р. Боярка

Обобщенные результаты исследований позволяют установить наличие в разрезе Боярка свыше 30 видов белемнитов. Они принадлежат восьми родам из подсемейств *Cylindroteuthidinae* (*Cylindroteuthis*, *Arctoteuthis*), *Lagonibelinae* (*Lagonibelus*), *Pachyteuthidinae* (*Pachyteuthis*, *Acroteuthis*, *Boreioteuthis*) и *Simobelinae* (*Simobelus*, *Liobelus*). Вид *Acroteuthis magna* Sachs впервые определен в Восточной Сибири, а *Arctoteuthis angusta* Efremenko – в Хетском районе. В разрезе впервые установлен *Arctoteuthis subconoidea* (Sachs et Nalnjaeva). Документально подтверждено присутствие *Simobelus* в отложениях моложе берриаса. Представитель рода *Liobelus* впервые определен из нижнего готерива Восточной Сибири.

3.2.2. П-ов Нордвик

С учетом литературных данных в разрезе установлено 26 видов, принадлежащих восьми родам из подсемейств *Cylindroteuthidinae* (*Cylindroteuthis*, *Arctoteuthis*), *Lagonibelinae* (*Lagonibelus*), *Pachyteuthidinae* (*Pachyteuthis*, *Acroteuthis*, *Boreioteuthis*) и *Simobelinae* (*Simobelus*, *Liobelus*). Впервые на севере Сибири установлен *Acroteuthis subquadrata* (Roemer), а также определены виды *Arctoteuthis angusta* Efremenko, *Boreioteuthis mirifica* Efremenko, *Acroteuthis swinnertoni* Efremenko et Dzyuba и *Lagonibelus pseudonecopinus* Efremenko.

3.2.3. Р. Анабар

Установлено 17 видов, принадлежащих шести родам из подсемейств *Cylindroteuthidinae* (*Arctoteuthis*), *Lagonibelinae* (*Lagonibelus*), *Pachyteuthidinae* (*Pachyteuthis*, *Acroteuthis*, *Boreioteuthis*) и *Simobelinae* (*Liobelus*). Впервые выше подошвы валанжина на севере Восточной Сибири обнаружен представитель рода *Cylindroteuthis*. Впервые в этом регионе определены виды *Boreioteuthis johnseni* (Blüthgen) и *Pachyteuthis crassoivalis* (Blüthgen), а также *Acroteuthis swinnertoni* Efremenko et Dzyuba.

3.2.4. Восточный берег Анабарской губы

С учетом литературных данных в разрезе установлено 11 видов, принадлежащих шести родам из подсемейств Cylandroteuthidinae (*Arctoteuthis*), Lagonibelinae (*Lagonibelus*), Pachyteuthidinae (*Pachyteuthis*, *Acroteuthis*, *Boreioteuthis*) и Simobelinae (*Liobelus*).

3.2.5. Руч. Таас-Крест-Юрэгэ в дельте р. Лена

Впервые установлены белемниты. Определены *Acroteuthis explanatoides* (Pavlow), *Arctoteuthis* cf. *porrectiformis* (Anderson) и *Ar.* cf. *harabylensis* (Sachs et Nalnjaeva).

Глава 4. СИСТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Приведены описания 13 таксонов видовой и родовой групп – представителей семейства Cylandroteuthididae. Система семейства принята по [Дзюба, 2011]. Описаны новые и ревизованные таксоны, таксоны, наиболее важные для биостратиграфических целей и те, чье описание приводится для обоснования определения.

Семейство CYLANDROTEUTHIDIDAE STOLLEY, 1919

Подсемейство CYLANDROTEUTHIDINAE STOLLEY, 1919

Род *Cylindroteuthis* Bayle, 1878

Cylindroteuthis sp.

Род *Arctoteuthis* Sachs et Nalnjaeva, 1964

Arctoteuthis angusta Efremenko, 2022

Arctoteuthis subconoidea (Sachs et Nalnjaeva, 1964)

Подсемейство PACHYTEUTHIDINAE STOLLEY, 1919

Род *Acroteuthis* Stolley, 1911

Acroteuthis explanatoides (Pavlow, 1892)

Acroteuthis polaris Sachs et Nalnjaeva, 1966

Acroteuthis swinnertoni Efremenko et Dzyuba, 2025

Род *Boreioteuthis* Sachs et Nalnjaeva, 1966

Boreioteuthis mirifica Efremenko, 2022

Род *Pachyteuthis* Bayle, 1878

Pachyteuthis crassovalis (Blüthgen, 1936)

Подсемейство SIMOBELINAE DZYUBA, 2011

Род *Liobelus* Dzyuba, 2004

Liobelus acrei (Swinnerton, 1936)

Род *Simobelus* Gustomesov, 1964

Simobelus curvulus (Sachs et Nalnjaeva, 1966)

Simobelus sp.

Подсемейство LAGONIBELINAE GUSTOMESOV, 1977

Род *Lagonibelus* Gustomesov, 1964

Lagonibelus pseudonecopinus Efremenko, 2026

Lagonibelus sp. ind.

Глава 5. БИОСТРАТИГРАФИЯ

5.1. Особенности построения биостратиграфической шкалы по белемнитам

Обсуждаются критерии выделения ранее установленных биостратиграфических подразделений по белемнитам в верхнем берриасе–низах го-терива севера Восточной Сибири. Представлен анализ актуальных проблем, связанных с распознаванием ряда подразделений, а также отмечены номенклатурные противоречия. Показано, что почти все биостратоны, ранее выделенные в интервале валанжина [Шенфиль, 1992], проблематичны для целей биостратиграфии, а распределение указанных характерных комплексов не согласуется с фактическими данными [Ефременко, Дзюба, 2025, 2026 (в печати)] (Рисунок А.2).

5.2. Описание биостратонов

Приведено описание четырех новых (зона *Acroteuthis explanatoides*, слои с *Acroteuthis* spp. и *Liobelus acrei*, слои с *Arctoteuthis subconoidea*, слои с *Arctoteuthis* spp.) и двух ревизованных (зона *Simobelus curvulus*, слои с *Arctoteuthis pachsensis*) биостратонов (Рисунок А.3).

5.3. Межрегиональные корреляции

Раздел посвящен рассмотрению значения описанных биостратонов для целей межрегиональной корреляции. Показано, что наибольшим корреляционным потенциалом обладает зона *Acroteuthis explanatoides*, позволяющая коррелировать верхи рязанского регионаруса севера Восточной Сибири, Центральной России и северо-западной Европы. Несколько меньшим потенциалом обладает подстилающая ее зона *Simobelus curvulus*, вид-индекс которой встречен в зональном интервале вплоть до бассейна р. Печора. В Сибири в качестве маркера межрегиональной корреляции пригодны слои с *Acroteuthis* spp. и *Liobelus acrei*, обособленные в низах валанжина. Слои с *Arctoteuthis subconoidea* (либо слои с *Arctoteuthis* spp.), выделенные выше в валанжине, пока обеспечивают корреляцию разрезов только в пределах севера Восточной Сибири (Рисунок А.4).

Глава 6. ХЕМОСТРАТИГРАФИЯ

Изотопно-геохимическими методами изучено 102 образца (ростры белемнитов), в целом характеризующих нижнемеловые отложения на севере Восточной Сибири в интервале аммонитовых зон *Nectoroceras kochi*–*Nomolomites bojarkensis* [Ефременко и др., 2025]. Ростры происходят из разрезов на р. Боярка (43 экз.), п-ове Нордвик (30 экз.), р. Анабар (29 экз.). В качестве тетического зонального стандарта для нижнемелового интервала использована стандартная средиземноморская аммонитовая зональная шкала (Standard Mediterranean Ammonite Zonation – SMAZ, Западный Тетис) [Szives et al., 2024]. Для корреляционных построений комплексно учитывались имеющиеся данные по био-, хемо- и магнитостратиграфии.

6.1. Оценка сохранности карбонатного вещества ростров белемнитов

Согласно принятым в работе критериям по содержанию Fe (< 200 г/т), Mn (< 100 г/т), Sr (> 800 г/т), 10 образцов было исключено из дальнейшего анализа. Остальные 92 образца были также исследованы на предмет корреляции между значениями $\delta^{18}\text{O}$ – $\delta^{13}\text{C}$, Fe–Mn, Sr–Mn, Sr–Fe, Mn/Ca– $\delta^{18}\text{O}$, Fe/Ca– $\delta^{18}\text{O}$, Sr/Ca– $\delta^{18}\text{O}$. В итоге все 92 образца оказались пригодными для хемотратиграфических построений.

6.2. Вариации $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

Полученные в ходе исследований для разреза Боярка величины $\delta^{13}\text{C}$ варьируют от –0.2 до 3.3 ‰, для разреза Нордвик – от –0.8 до 1.5 ‰, для разреза Анабар – от –0.3 до 3.9 ‰. Минимальные значения этого параметра зафиксированы в зонах *Surites analogus* (от –0.8 до 2.1 ‰, среднее значение 0.4 ‰) и *Tollia tolli* (от –0.6 до 0.5 ‰, среднее значение 0.1 ‰), максимальные – в зоне *Dichotomites bidichotomus* (от 1.8 до 3.7 ‰, среднее значение 2.6 ‰) и низах зоны *Homolsomites bojarkensis* (от 1.4 до 3.3 ‰, среднее значение 2.2 ‰). Резкое повышение значений $\delta^{13}\text{C}$ на 2.3–2.4 ‰, судя по данным из разреза Боярка, фиксируется с верхов подзоны *Siberites ramulicosta* валанжина. На тот же стратиграфический интервал, по всей видимости, приходится аналогичный сдвиг (в среднем на 2.3 ‰) на кривой $\delta^{13}\text{C}$ в разрезе Анабар.

Величины $\delta^{18}\text{O}$ в разрезе Боярка заключены в диапазоне от –2.5 до 2.5 ‰, в разрезе Нордвик – от –1.1 до 1.2 ‰, в разрезе Анабар – от –2.2 до 1.0 ‰. Самые низкие значения приходятся на зоны *Neotollia klimovskiensis* (от –2.5 до 1.1 ‰, среднее значение –0.7 ‰) и *Siberites ramulicosta* (от –2.2 до –0.2 ‰, среднее значение –1.0 ‰), самые высокие – на зону *Hectoroceras kochi* (от –0.7 до 1.6 ‰, среднее значение 0.1 ‰) и верхи зоны *Tollia tolli* (от 0.3 до 0.7 ‰, среднее значение 0.5 ‰). Установленные для остальных аммонитовых зон средние значения $\delta^{18}\text{O}$ варьируют от –0.5 до 0 ‰.

Отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ плавно возрастает вверх по разрезу: в зонах *Hectoroceras kochi* и *Surites analogus* значения варьируют в пределах 0.707216–0.707257 (с единичным отклонением до 0.707273), в зоне *Bojarkia mesezhnikowi* – 0.707256–0.707279, в зоне *Tollia tolli* – 0.707260–0.707289, в зоне *Neotollia klimovskiensis* – 0.707281–0.707330, в зоне *Euryptychites quadrifidus* – 0.707316–0.707343 (с единичным отклонением до 0.707279), в зоне *Euryptychites astierptychus* – 0.707320–0.707347, в зоне *Siberites ramulicosta* – 0.707321–0.707365, в зоне *Dichotomites bidichotomus* – 0.707350–0.707366, в зоне *Homolsomites bojarkensis* – 0.707369–0.707416.

6.3. Бореально-тетическая корреляция верхнего берриаса–низов готерива

Значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, полученные в разрезах Боярка и Нордвик, в комплексе с имеющимися палеомагнитными данными по тем же разрезам [Гужиков, Барабошкин, 2008; Брагин и др., 2013] и с учетом уточненного по-

ложения подошвы рязанской зоны *Nectoroceras kochi* относительно магнитозон на п-ове Нордвик [Igolnikov et al., 2016] свидетельствуют о соответствии подошвы верхнего берриаса средней части зоны *N. kochi*. Судя по полученным $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ данным [Ефременко и др., 2025], подошва валанжина в сибирских разрезах должна быть расположена несколько выше подошвы зоны *Neotollia klimovskiensis*, низы которой на п-ове Нордвик имеют характеристики хронозоны *Alpillensis* [McArthur, Howarth, 2024]. На основе обобщения ранее полученных [Nunn et al., 2010] и новых $\delta^{13}\text{C}$ данных по разрезу Боярка установлены все три фазы события Weissert. Полученные новые данные по $\delta^{13}\text{C}$ не противоречат положению подошвы верхнего валанжина в подошве подзоны *Polyptychites beani* зоны *Siberites ramulicosta* [по Nunn et al., 2010]. Венчающая изученный стратиграфический интервал зона *Homolomites bojarkensis*, судя по полученным для низов этой зоны на р. Боярка значениям $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, несомненно, раннеготеривского возраста и явно наилучшее пересечение по возрасту имеет с хронозоной *Radiatus*. Хемостратиграфические данные легли в основу обновленной корреляционной схемы борейального (сибирского) зонального стандарта с зонами SMAZ в интервале верхнего берриаса–низов готерива (Рисунок А.5).

Глава 7. ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ

7.1. Анабарский район

В пределах рязанского регионаруса наиболее низкое таксономическое разнообразие наблюдается в зоне *Surites analogus* (Рисунок А.6). Следующее значительное падение биоразнообразия белемнитов происходит в низах верхневаланжинской зоны *Dichotomites bidichotomus*. В остальных аммонитовых зонах разнообразие белемнитов представлено в основном более чем четырьмя видами. В самых низах разреза значение медианной удлиненности ростров относительно высоко – 800-700% в низах рязанского регионаруса. Вверх по разрезу разнообразие начинает снижаться, снижается количество находок и значение медианной удлиненности ростров. Начиная с зоны *Bojarkia mesezhnikowi*, наблюдается обновление в таксономической структуре белемнитовых комплексов: появляются первые меловые представители рода *Acroteuthis*. К зоне *Neotollia klimovskiensis* приурочены первые находки меловых представителей рода *Liobelus* (ПГ I). Можно заключить, что в переходное берриасско-валанжинское время белемниты родов *Acroteuthis*, *Liobelus* (ПГ I) и *Boreioteuthis* (ПГ II) в арктических морях дают ряд дочерних видов, что сказывается на увеличении разнообразия относительно короткоростровых форм. В связи с этим в данное время до минимума снижается медианная удлиненность ростров. Выше разнообразие белемнитов вновь снижается, с локальным повышением в зоне *Euryptychites astierptychus*. В низах готерива встречаются три вида, все принадлежащие роду *Arctoteuthis*.

Результаты исследований показывают, что таксономическая и экологическая структура изученных сообществ белемнитов находилась под существенным влиянием изменений региональных факторов палеосреды. Одним из таких факторов являлась региональная регрессия, нараставшая на протяжении всего исследованного временного интервала [Захаров, Юдовный, 1974; Никитенко и др., 2013; Попов и др., 2025].

7.2. Хетский район

Таксономическая структура комплексов белемнитов Хетского района демонстрирует преобладание в зонах *Nectoroceras kochi*–*Surites analogus* рязанского региона представителей длинноростровых белемнитов родов *Arctoteuthis*, *Cylindroteuthis* и *Lagonibelus*. Медианная удлинненность ростров в это время имеет наивысшие значения (порядка 700%). Выше по разрезу этот показатель резко падает и вплоть до низов готерива колеблется в районе 300% (Рисунок А.7). Эти наблюдения согласуются с наблюдаемой регрессией палеобассейна [Захаров, Юдовный, 1974]. В фазу *Surites analogus* несколько возрастает доля короткоростровых форм за счет роста числа нектобентосных белемнитов из ПГ I – представителей рода *Sitobelus*. В фазу *Bojarkia mesezhnikowi* доля относительно короткоростровых форм значительно увеличивается. В валанжине наблюдается резкая смена таксономического состава белемнитовых сообществ: начиная с фазы *Neotollia klimovskiensis*, устанавливается доминирование относительно короткоростровых нектобентосных форм белемнитов из ПГ I. В низах готерива в отложениях открытой лагуны (залива) ощутимо возрастает доля экземпляров, принадлежащих умеренно активно плавающим *Arctoteuthis* (ПГ II).

В целом таксономический состав белемнитов Хетского района весьма близок к таковому Анабарского района [Ефременко, Дзюба, 2025]. Территориальные различия выражаются главным образом в особенностях изменения вверх по разрезу структуры комплексов цилиндротеутидид и лишь отчасти в тенденциях биоразнообразия.

7.3. Общая палеоэкологическая характеристика раннемеловых белемнитов севера Восточной Сибири

Выявлены следующие ключевые изменения в белемнитовых сообществах:

Раннерязанское время (фаза *Praetollia maunci* – начало фазы *Surites analogus*) характеризуется сообществами белемнитов, унаследованными с поздневолжского времени. Преобладают представители *Arctoteuthis*, *Lagonibelus* и *Cylindroteuthis* с редкими представителями *Pachyteuthis acuta* и *P. subrectangulata* (Рисунок А.8).

Со второй половины рязанского времени (вторая половина фазы *Surites analogus* – фаза *Tollia tolli*) вследствие регрессии обстановки становятся более благоприятными для развития различных палеоэкологических

групп белемнитов. Данным фазам соответствует переходный этап в развитии белемнитовых сообществ, в которых продолжили существование роды, характерные для более раннего времени, но уже наблюдается увеличение доли представителей *Simobelus*, *Acroteuthis* и *Boreioteuthis*.

Ранний валанжин характеризуется резким увеличением доли представителей *Acroteuthis*, *Boreioteuthis* и *Liobelus* в сообществах и ростом биоразнообразия. Заметные изменения далее фиксируются в фазы *Euryptychites astieryptychus*–*Siberites ramulicosta*: наблюдается увеличение доли *Arctoteuthis* в комплексах.

В позднем валанжине каких-либо существенных изменений в биоразнообразии и таксономическом составе белемнитов не наблюдается.

Начало готерива характеризуется господством обстановок открытой лагуны (залива) и преобладанием в сообществах *Arctoteuthis*. При этом разнообразие видов этого рода здесь выше, чем в позднем валанжине.

На основе изученного материала можно предложить следующее распределение раннемеловых цилиндротеутидид в палеобассейне севера Восточной Сибири (Рисунок А.9):

Обстановки над нижней сублиторалью характеризуются высоким разнообразием и численностью белемнитов в основном ПГIII и ПГII. Медианная удлиненность ростров >700%.

Обстановки над средней сублиторалью благоприятны для развития сообществ, состоящих из белемнитов всех трех палеоэкологических групп, однако нектобентосные белемниты находятся в подчиненном положении. Медианная удлиненность ростров находится в районе 400-700%.

Мелководные обстановки над верхней сублиторалью населены в основном белемнитами ПGI, белемниты ПGIII в этих условиях почти не представлены, за исключением единичных находок. При этом крайне мелководные условия внутренней части верхней сублиторали являются для белемнитов менее благоприятными, чем условия внешней части. Медианная удлиненность ростров здесь менее 400%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлены результаты разностороннего исследования нижнемеловых белемнитов (цилиндротеутидид) севера Восточной Сибири. Большое количество фактического материала позволило решить поставленные задачи и сделать ряд выводов, имеющих значение в области палеонтологии, палеоэкологии, био- и хемотратиграфии:

1. Описаны новые виды: *Arctoteuthis angusta* Efremenko, 2022, *Boreioteuthis mirifica* Efremenko, 2022, *Acroteuthis swinnertoni* Efremenko et Dzyuba, 2025, *Lagonibelus pseudonecopinus* Efremenko, 2026. Приведены доказательства принадлежности к одному виду ростров *Acroteuthis*

sublateralis Swinnerton, 1937 и *Acroteuthis explanatoides* (Pavlow, 1892), валидным названием которого, согласно принципу приоритета, является *A. explanatoides*. Также обоснована синонимия видовых названий *Liobelus chetae* (Sachs et Nalnjaeva, 1966) и *Liobelus acrei* (Swinnerton, 1936).

2. Впервые на севере Восточной Сибири установлены *Pachyteuthis crassovalis* (Blüthgen, 1936), *Acroteuthis subquadrata* (Roemer, 1836), *A. magna* Sachs, 1972, *Boreioteuthis johnseni* (Blüthgen, 1936). Уточнено стратиграфическое и географическое распространение ряда других видов. Кроме того, представитель рода *Cylindroteuthis* впервые в рассматриваемом регионе обнаружен выше подошвы валанжина, а представитель рода *Liobelus* – выше подошвы готерива. Документально подтверждены находки *Simobelus* выше берриаса – в нижнем валанжине.

3. Ревизовано расчленение по белемнитам отдельных разрезов «неокома» Анабарского и Хетского районов. На этом основании по этой группе организмов существенно обновлена биостратиграфическая шкала нижнего мела севера Восточной Сибири в интервале верхней части рязанского региояруса–валанжина. В ревизованном объеме в шкале сохранена рязанская зона *Simobelus curvulus*. Новыми для региональной шкалы являются следующие биостратоны: зона *Acroteuthis explanatoides* (верхи рязанского региояруса), слои с *Acroteuthis* spp. и *Liobelus acrei* (нижняя часть нижнего валанжина), слои с *Arctoteuthis subconoidea* (верхняя часть нижнего–верхний валанжин). Зоны *S. curvulus* и *A. explanatoides*, слои с *Acroteuthis* spp. и *L. acrei* создают возможности для межрегиональной корреляции, в то время как слои с *Ar. subconoidea* обеспечивают внутрирегиональную корреляцию в пределах севера Восточной Сибири. Полученные результаты позволят обновить белемнитовую шкалу в системе параллельных (по разным группам фоссилий) зональных шкал бореального стандарта нижнего мела.

4. На основе изотопно-геохимического исследования карбонатного вещества ростров белемнитов внесен вклад в разработку комплексной C-, O-, Sr-изотопной хемотратиграфии верхнего берриаса–низов готерива Арктической Сибири. Исходя из характера изменения значений $\delta^{13}\text{C}$ и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, а также совокупности данных по био-, магнито- и хемотратиграфии построена обновленная схема бореально-тетической корреляции верхнего берриаса–низов готерива и уточнен возраст подразделений бореального (сибирского) зонального стандарта. Установлено, что подошва верхнего берриаса проходит в середине аммонитовой зоны *Hectoroceras kochi* рязанского региояруса, подошва валанжина расположена несколько выше подошвы аммонитовой зоны *Neotollia klimovskiensis*, а бореальная аммонитовая зона *Homolosomes bojarkensis* имеет достоверно готеривский возраст.

5. Впервые для севера Восточной Сибири установлены фазы глобального изотопно-углеродного события Weissert: 1) фаза резкого повышения значений $\delta^{13}\text{C}$, 2) фаза стабилизации значений $\delta^{13}\text{C}$, 3) фаза постепенного

снижения значений $\delta^{13}\text{C}$ до фонового состояния. Показано, что наибольший корреляционный потенциал имеет начало поздневаланжинской фазы 2. Дальнейший характер экскурса не позволяет однозначно использовать его в качестве основы для корреляции. По $\delta^{18}\text{O}$ данным установлено, что считающееся сопутствующим этому событию глобальное похолодание климата в Сибири не было существенным.

6. Проведено детальное палеоэкологическое исследование раннемеловых цилиндротеутидид. Исследования проводились как отдельно по Анабарскому и Хетскому районам (для выявления местных особенностей), так и с обобщением этих данных для севера Восточной Сибири. Продемонстрировано, что изменения в составе и структуре белемнитовых сообществ во многом были связаны с продолжительной регрессией на севере Сибири, начавшейся в позднем берриасе. Раннерязанские сообщества, как и поздневоложские, характеризовались преобладанием представителей активных и умеренно активных (предположительно бентопелагических) пловцов (*Cylindroteuthis*, *Lagonibelus* и *Arctoteuthis*). Ближе к концу рязанского времени наступил переходный этап, выразившийся в сокращении видового разнообразия и распространении предполагаемых нектобентосных форм (*Acroteuthis* и сопутствующие ему таксоны), включая мигрантов низкобореального европейского происхождения, которые в начале валанжина дали ряд дочерних видов. Это, в совокупности с господством благоприятных для нектобентосных белемнитов обстановок, привело к их преобладанию по количеству видов и общей численности в ранневаланжинских сообществах. Судя по белемнитам Анабарского района, влияние нектобентосных форм начинает ослабевать к концу раннего валанжина, и в это время в сообществах вновь увеличивается доля бентопелагических белемнитов, особенно из рода *Arctoteuthis*. Частично это увеличение совпадает с трансгрессивным эпизодом, вызвавшим также рост биоразнообразия белемнитов.

Конец валанжина и особенно начало готерива характеризуются распространением на севере Сибири лагун-заливов или близких к ним обстановок, населенных обедненными сообществами белемнитов со значительной долей в них *Arctoteuthis*.

Дальнейшие исследования белемнитов нижнего мела Сибири должны касаться детализации представленной в работе схемы межрегиональной корреляции нижнемеловых отложений. Эта детализация может быть обеспечена исследованием коллекций белемнитов из нижнего мела Приполярного Урала, которые ожидают изучения диссертантом. Также по наработанным данным возможно провести палеоклиматическую интерпретацию изменений изотопного и элементного состава ростров белемнитов. Это прежде всего значения $\delta^{18}\text{O}$ и палеотемпературы по Mg/Ca . В данной работе эти значения были приведены для выявления влияния палеоклиматических изменений на сообщества белемнитов, однако без исследования этих значений в глобальном контексте. Анализ этих данных

также важен по причине того, что к настоящему моменту данные по изотопам кислорода из северных районов Восточной Сибири глобально являются самыми северными для интервала «неокома». С точки зрения палеоэкологических реконструкций среды обитания белемнитов внимание стоит уделить территориям, смежным с Восточной Сибирью. Предложенные причины и механизмы изменения характера белемнитовых сообществ могут не так хорошо согласоваться с другими районами, где действуют другие факторы. Частично, по литературному материалу, это было освещено в работе, но без обращения к конкретному фактическому материалу.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, соответствующих критериям ВАК

1. **Ефременко, В. Д.** Новые белемниты семейства Cyllindroteuthididae из нижнего мела севера Восточной Сибири (п-ов Нордвик) / В. Д. Ефременко // Палеонтологический журнал. – 2022. – № 1. – С. 39-47.
2. **Ефременко, В. Д.** Опыт применения методов статистики для оценки таксономического и морфологического разнообразия раннемеловых белемнитов Северной Сибири / В. Д. Ефременко // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2023. – № 3 (55). – С. 89-100.
3. **Ефременко, В. Д.** Бореально-тетическая корреляция верхнего берриаса-валанжина: вклад новых $\delta^{13}\text{C}$ и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ хемотратиграфических данных из Арктической Сибири / В. Д. Ефременко, О. С. Дзюба, Б. Н. Шурыгин и др. // Геология и геофизика. – 2025. – Т. 66. – № 2. – С. 180-196.
4. **Ефременко, В. Д.** Раннемеловые белемниты Анабарского района (север Восточной Сибири): таксономический состав, палеоэкология и биоразнообразие / В. Д. Ефременко, О. С. Дзюба // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2025. – Т. 33. – № 6. – С. 34-62.
5. Дзюба, О. С. Уточнение возраста и видового состава некоторых раннемеловых белемнитов севера Восточной Сибири (п-ов Нордвик) / О. С. Дзюба, **Ефременко В.Д.**, Урман О.С. и др. // Палеонтологический журнал. – 2026. – № 1. – С. 44–52.

Материалы конференций и тезисы научных докладов

6. **Ефременко, В. Д.** Новые данные по нижнемеловым белемнитам п-ова Нордвик (север Сибири) / В. Д. Ефременко // Материалы Десятого Всероссийского совещания Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. – Магадан: ОАО «МАОБТИ», 2020. – С. 96-99.
7. **Ефременко, В. Д.** Новые данные по таксономическому составу нижнемеловых белемнитов п-ова Нордвик (север Сибири) / В. Д. Ефременко // Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2020. – Новосибирск: НГУ, 2020. – С. 30.
8. **Ефременко, В. Д.** Белемниты и биостратиграфия нижнемеловых отложений Анабарского района Сибири / В. Д. Ефременко // Трофимуковские Чтения – 2021: Материалы Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2021. – С. 23-26.

9. **Ефременко, В. Д.** Нижнемеловые белемниты Анабарского района (север Сибири): таксономическое разнообразие и палеоэкологические особенности / В. Д. Ефременко // Материалы 59-й Международной научной студенческой конференции. – Новосибирск: НГУ, 2021. – С. 24.

10. **Ефременко В.Д.** Систематический состав и палеоэкологические группировки белемнитов нижнего валанжина Анабарского района (север Сибири) / В. Д. Ефременко // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов: Материалы науч. онлайн-сессии. – Новосибирск: ИНГТ СО РАН, 2021. – С. 64-69.

11. **Ефременко, В. Д.** Эмигранты и иммигранты северо-сибирских сообществ белемнитов в начале раннего мела / В. Д. Ефременко, О. С. Дзюба // Материалы совещания Современные проблемы изучения головоногих моллюсков. Морфология, систематика, эволюция и биостратиграфия. – Москва: ПИН РАН, 2021. – С. 43-45.

12. **Ефременко, В. Д.** Инвазивные и местные виды белемнитов в раннемеловых морях на севере Сибири / В. Д. Ефременко // Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции. – Новосибирск: НГУ, 2022. – С. 27.

13. **Ефременко, В. Д.** К вопросу о динамике биоразнообразия раннемеловых белемнитов на севере Сибири / В. Д. Ефременко // Материалы Одиннадцатого Всероссийского совещания Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. – Томск: ТГУ, 2022. – С. 107-110.

14. **Efremenko, V. D.** Statistical Methods in Paleontology: Applications to Morphology and Biodiversity of an Earliest Cretaceous Belemnites of Northern Siberia / V. D. Efremenko // X International Siberian Early Career GeoScientists Conference: Proceedings of the Conference. – Novosibirsk: IPC NSU, 2022. – P. 154-155.

15. **Ефременко, В. Д.** Биостратиграфия рязанского и валанжинского ярусов на севере Восточной Сибири по белемнитам / В. Д. Ефременко // Материалы 61-й Международной научной студенческой конференции. – Новосибирск: НГУ, 2023. – С. 22.

16. **Ефременко, В. Д.** Межрегиональные корреляционные реперы по бореальным белемнитам в пограничных рязанско-валанжинских отложениях (новые данные по северу Восточной Сибири) / В. Д. Ефременко // Трофимуковские Чтения – 2023: Материалы Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. – С. 12-15.

17. **Ефременко, В. Д.** Сходства и различия хатангских и анабарских сообществ раннемеловых белемнитов / В. Д. Ефременко // Материалы LXIX сессии Палеонтологического общества при РАН Этапность эволюции и стратиграфическая корреляция. – СПб: Картфабрика Института Карпинского, 2023. – С. 45-47.

18. Дзюба, О. С. Изотопный состав кислорода в рострах белемнитов из «неокома» севера Сибири: проблема интерпретации палеоклимата высоких широт / О. С. Дзюба, **В. Д. Ефременко**, П. А. Пыряев, Б. Н. Шурьгин // Материалы XII Всероссийского совещания: Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. – Южно-Сахалинск: Изд-во ООО "Индиго", 2024. – С. 90-93.

19. **Ефременко, В. Д.** Первая находка представителя тетического семейства Belemnopseidae в нижнем мелу на севере Восточной Сибири / В. Д. Ефременко, О. С. Дзюба // Материалы совещания. Современные проблемы изучения головоногих моллюсков. Морфология, систематика, эволюция, экология и биостратиграфия. – М.: ПИН РАН, 2024. – С. 72-74.

20. **Ефременко, В. Д.** Новые представления о корреляции разрезов «неокома» севера Сибири с международным стратиграфическим стандартом / В. Д. Ефременко, О. С. Дзюба, Б. Н. Шурыгин // Материалы XII Всероссийского совещания с международным участием Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. – Южно-Сахалинск: Изд-во ООО "Индиго", 2024. – С. 94-97.

21. **Ефременко, В. Д.** Первые данные по меловым цефалоподам ручья Таас-Крест-Юрэгэ (север Сибири, дельта реки Лена) / В. Д. Ефременко, Е. С. Шамонин, А. Е. Игольников // Материалы LXX сессии Палеонтологического общества при РАН Закономерности эволюции и биостратиграфия. – СПб: Картфабрика Института Карпинского, 2024. – С. 48-50.

22. Шурыгин Б.Н. Отражение глобальных и региональных событий раннего мела на $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ и Mg/Ca кривых и в сообществах морских моллюсков севера Сибири / Шурыгин Б.Н., **Ефременко В.Д.**, Дзюба О.С., Игольников А.Е. // Материалы XII Всероссийского совещания: Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. – Южно-Сахалинск: Изд-во ООО "Индиго", 2024. – С. 281-284.

23. **Ефременко, В. Д.** Новый взгляд на таксономическое разнообразие раннемеловых белемнитов Северной Сибири с использованием методов статистики / В. Д. Ефременко, О.С. Дзюба // Трофимуковские чтения – 2026: Материалы Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2026. – С. 19-21.

Подписано в печать **xx.xx.2026 г.**

Формат 60x84/16. Уч.-изд. л. 1,5. Усл. печ. л. 1,4.

Тираж 100 экз. Заказ № **xx**

Издательско-полиграфический центр НГУ
630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

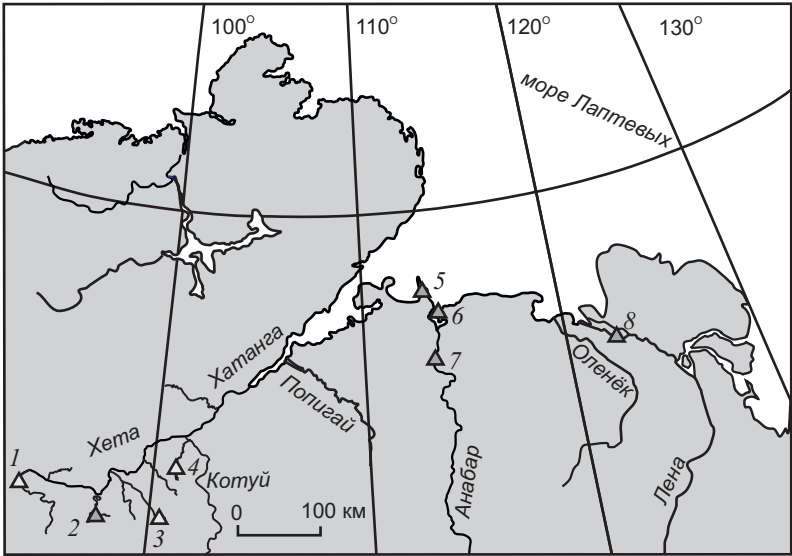


Рисунок А.1 – Схема расположения ключевых местонахождений нижнемеловых белемнитов на севере Восточной Сибири (изученные только по литературным данным отмечены треугольниками со светло-серой заливкой)

1–4 – Хетский район: 1 – верхнее течение р. Хета, 2 – бассейн р. Боярка, 3 – р. Большая Романиха, 4 – р. Сабыда; 5–7 – Анабарский район: 5 – п-ов Нордвик, 6 – восточный берег Анабарской губы, 7 – р. Анабар; 8 – Нижнеленский район, руч. Таас-Крест-Юрэтэ в дельте р. Лена.

Ярус	Готерив-ский (ниже)	Подъярус	Регио-ярус	Бореальная (сибирская) аммонитовая шкала	Бореальная (сибирская) бухивая шкала	Бореальная (сибирская) белемнитовая шкала	Белемнитовые шкалы отдельных местонахождений на севере Восточной Сибири			
							Хетский район		Анабарский район	
							Реки Боярка, Хета и Сабыда	П-ов Нордвик	Восточный берег Анабарской губы	Р. Анабар
Валанжинский	Верхний	Не выделяется	Не выделяется	Homolsomites bojarkensis	B. crassicolis	Слои с Arcoteuthis pachsensis	Слои с Arcoteuthis pachsensis	Слои с Arcoteuthis pachsensis Нет данных	Не обнажено	Не обнажено
				Neocraspedites kotschekovi						Нет данных
				Dichotomites bidichotomoides	B. sublaevis	Слои с Arcoteuthis subconoidea	Слои с Arcoteuthis subconoidea	Не обнажено	Не обнажено	Нет данных
				Polyptychites triplodiptychus Polyptychites beani				Нет данных		Слои с Arcoteuthis subconoidea
				Siberites ramulicosta				Слои с Arcoteuthis spp.	Слои с Arcoteuthis spp.	
				Euryptych. astierptychus Euryptychites quadrifidus	B. keyserlingi	Слои с Acroteuthis spp. и Liobelus acrei	Слои с Acroteuthis spp. и Liobelus acrei	Слои с Acroteuthis spp. и Liobelus acrei	Слои с Acroteuthis spp. и Liobelus acrei	Слои с Acroteuthis spp. и Liobelus acrei
				Neotollia klimovskiensis		?	Не обнажено	?	Не обнажено	Acroteuthis explanatoides
				Tollia tolli	B. inflata	Acroteuthis explanatoides	?	Acroteuthis explanatoides		
				Bojarkia mesezhnikowi	B. tolna- schowi	Simobelus curvulus	Simobelus curvulus	?		
				Surites analogus	B. volgensis	Слои с Arcoteuthis porrectiformis и Lagonibelus gustomesovi (в. ч.)	Слои с A.p. L.g. Cylindroteuthis knoxvillensis	Слои с Arcoteuthis porrectiformis и Lagonibelus gustomesovi (в. ч.)		Нет данных
Берриасский	Верхний	Верхний	Верхний	Hectoroceras kochi	B. jaskovi B. okensis	Acroteuthis tehamaensis (в. ч.)	Слои с A.p. L.g. Cylindroteuthis knoxvillensis	Acroteuthis tehamaensis (в. ч.)	Не обнажено	
				Praetollia maynci	B. unshensis	Не обнажено/ Нет данных	Не обнажено/ Нет данных	Не обнажено/ Нет данных		

Рисунок А.3 – Биостратиграфическое расчленение по белемнитам нижнемеловых отложений (в интервале рязанского яруса–низов готерива) в отдельных местонахождениях на севере Восточной Сибири и сводная бореальная (сибирская) шкала

Шкалы по аммонитам и бухиям бореального зонального стандарта [Захаров и др., 1997; Никитенко и др., 2013] приведены с учетом уточнений по [Igolnikov et al., 2016; Игольников, 2019] для аммонитовых зон. Ярусная и подъярусная принадлежность биостратонов принята по [Ефременко и др., 2025].

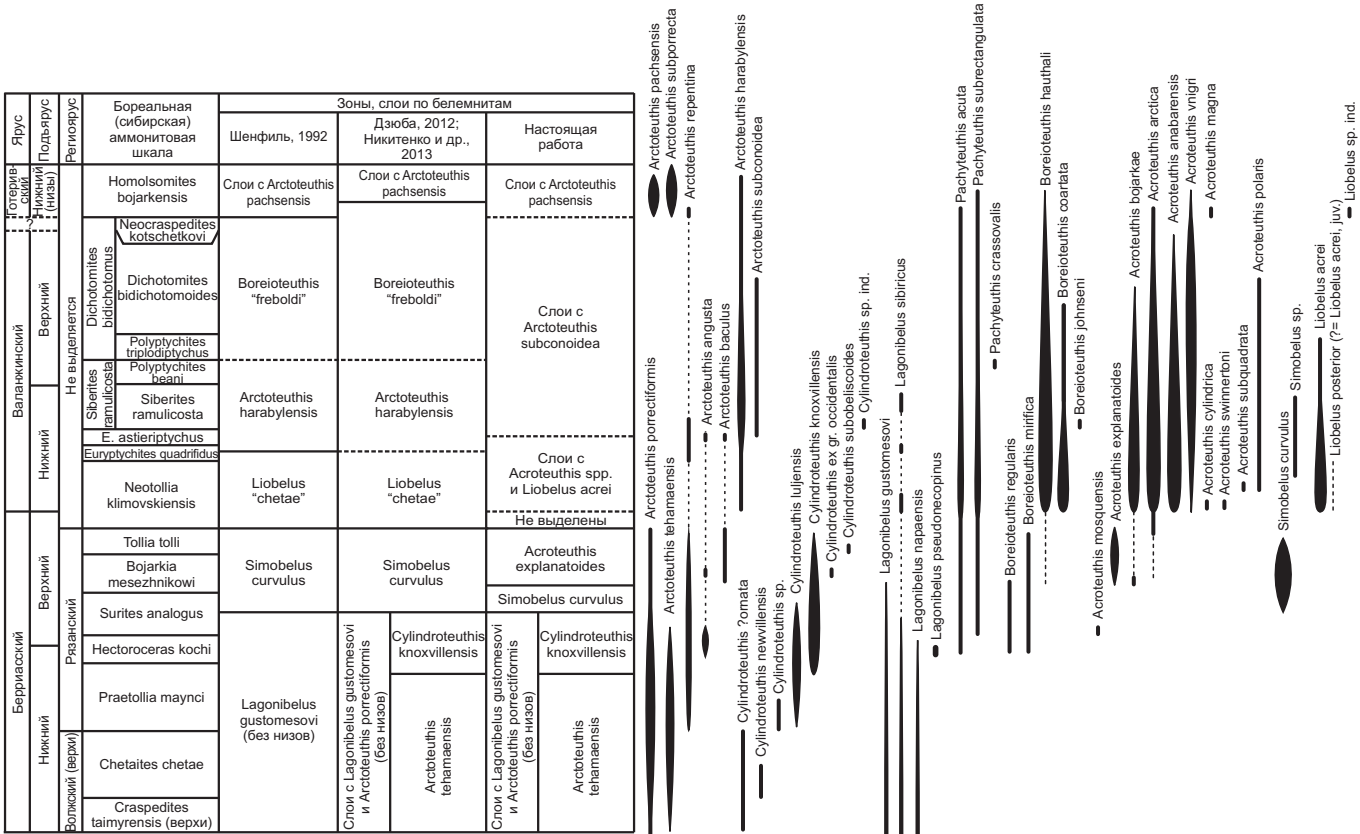


Рисунок А.2 – Распределение таксонов белемнитов и максимальная относительная частота их встречаемости в нижнемеловых отложениях на севере Восточной Сибири по данным из Анабарского и Хетского районов, обобщенным в [Дзюба, 2012; Ефременко, Дзюба, 2025, 2026; Дзюба и др., 2026]

Стратиграфическая основа взята из [Ефременко и др., 2025], в которой длительность аммонитовых зон/подзон откалибрована относительно шкалы абсолютного возраста по [Gradstein et al., 2020]. Аммонитовая шкала приведена по [Богомолов, 1989; Игольников, 2019].

Ярус	Подъярус	Регио-ярус	Бореальная (сибирская) аммонитовая шкала	Белемнитовые шкалы						Аммонитовая шкала северо-западной Европы	Хронозона (зона SMAZ)	Ярус	Подъярус	Магнито-зона	Млн лет									
				Северо-Западная Европа	Европейская часть России		Северо-запад Западной Сибири	Север Восточной Сибири																
Готерив-ский	Нижний (ниже)	Верхний	Homolsomites bojarkensis	Hibolites jaculoides (нижняя часть)	Слои с Hibolites sp. (нижняя часть)	Слои с Hibolites	Слои с Acroteuthis magna	Слои с Arcototeuthis pachsensis	Endemoceras regale	Radiatus	Готерив	Нижний	M10N		132									
			Neocraspedites kotschekovi	Acroteuthis acmonoides		?			E. noricum	Furcillata														
Dichotomites bidichotomoides	"Liobelus acrei"	Слои с Boreioleuthis hautali ("frieboldi")	?	Слои с Arcototeuthis subconoidea		Pol. sphaeroidalis Pol. clarki	Inostranzewi																	
								Polyptychites triplodiptychus	Polyptychites beani	Siberites ramulicosta						Euryptych. astierptychus	Euryptychites quadrifidus	P. involutum	P. heteropleurum	Pertransiens				
								Siberites ramulicosta	"Acroteuthis kemperi" [MS]"	?						?	Acroteuthis explanatoides	Simobelus curvulus	Simobelus curvulus	Simobelus curvulus	Bojarkia stenomphala	Boissieri		
								Neotollia klimovskiensis	Acroteuthis explanatoides	Acroteuthis explanatoides						?	?	Acroteuthis explanatoides	Simobelus curvulus	Simobelus curvulus	Bojarkia stenomphala	Boissieri		
Валанжинский	Верхний	Не выделяется	Siberites ramulicosta	"Acroteuthis kemperi" [MS]"		Слои с Boreioleuthis hautali ("frieboldi")	?	Слои с Arcototeuthis subconoidea	Pol. sphaeroidalis Pol. clarki	Inostranzewi														
			Polyptychites triplodiptychus													Polyptychites beani	Siberites ramulicosta	Euryptych. astierptychus	Euryptychites quadrifidus	P. involutum	P. heteropleurum	Pertransiens		
			Siberites ramulicosta													"Acroteuthis kemperi" [MS]"	?	?	Acroteuthis explanatoides	Simobelus curvulus	Simobelus curvulus	Simobelus curvulus	Bojarkia stenomphala	Boissieri
			Neotollia klimovskiensis													Acroteuthis explanatoides	Acroteuthis explanatoides	?	?	Acroteuthis explanatoides	Simobelus curvulus	Simobelus curvulus	Bojarkia stenomphala	Boissieri
Берриасский	Верхний	Верхний	Tollia tolli	Acroteuthis explanatoides	Acroteuthis explanatoides	?	?	Acroteuthis explanatoides	Peregrinoceras albidum	Alpillensis	Берриас	Верхний	M15		138									
			Bojarkia mesezhnikowi	Acroteuthis explanatoides	Acroteuthis explanatoides	?	?	Acroteuthis explanatoides	Simobelus curvulus	Simobelus curvulus						Bojarkia stenomphala	Boissieri							
			Surites analogus	Acroteuthis explanatoides	Acroteuthis explanatoides	?	?	Acroteuthis explanatoides	Simobelus curvulus	Simobelus curvulus						Bojarkia stenomphala	Boissieri							
			Hectoroceras kochi	Acroteuthis explanatoides	Acroteuthis explanatoides	?	?	Acroteuthis explanatoides	Simobelus curvulus	Simobelus curvulus						Bojarkia stenomphala	Boissieri							
Нижний (верхи)	Верхний	Рязанский	Praetollia maynci	Acroteuthis explanatoides	Acroteuthis explanatoides	?	?	Acroteuthis explanatoides	Peregrinoceras albidum	Occitanica	Нижний		M17		141									
			Acroteuthis explanatoides	Acroteuthis explanatoides	?	?	Acroteuthis explanatoides	Simobelus curvulus	Simobelus curvulus	Bojarkia stenomphala						Boissieri								

Рисунок А.4 – Корреляция белемнитовых шкал нижнего мела (в интервале рязанского яруса–низов готерива) севера Восточной Сибири [Дзюба, 2012; наст. работа], северо-запада Западной Сибири [Бейзель и др., 1997; Дзюба, 2013а], европейской части России [Нальнева, 1984; Унифицированные..., 1993; Dzyuba et al., 2015; Дзюба, 2018; Урман и др., 2019], северо-западной Европы [Pinckney, Rawson, 1974; Mutterlose, 1990], с изменениями и уточнениями, в сопоставлении с зонами SMAZ [Sziives et al., 2024], магнитозонами и шкалой абсолютного возраста [Gradstein et al., 2020]

Сопоставление выполнено с учетом данных из [McArthur et al., 2004, 2007; Брагин и др., 2013; Mutterlose et al., 2014; Meissner et al., 2015; Кузнецов и др., 2017; Дзюба, 2018; Gradstein et al., 2020; Janssen et al., 2022; McArthur, Howarth, 2024; Ефременко и др., 2025].

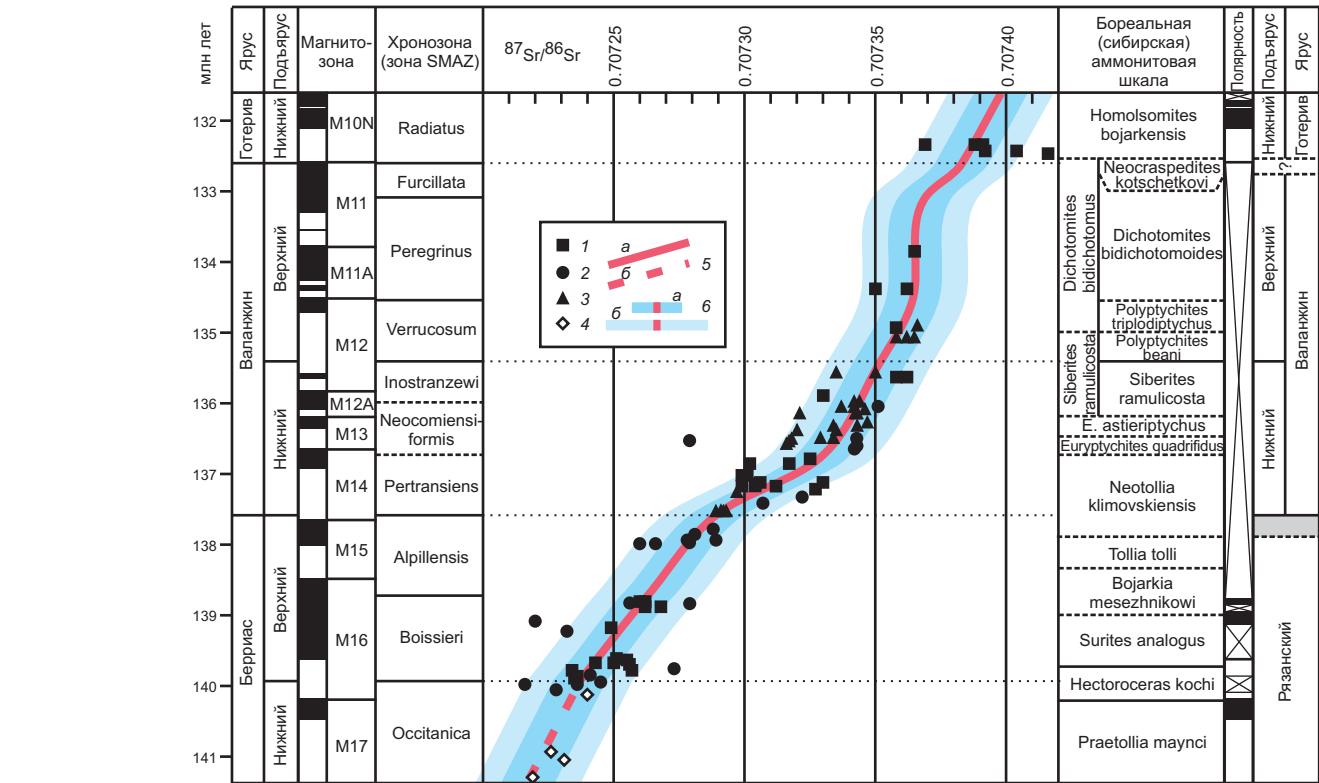


Рисунок А.5 – Отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в белемнитах из сибирских разрезов Боярка, Нордвик, Анабар [Ефременко и др., 2025] и Маурынья [Кузнецов и др., 2017] в интервале рязанского яруса–низов готерива в сопоставлении (с учетом мощности отложений) с тетической Sr-изотопной кривой, смоделированной [McArthur et al., 2007]

Хронозоны (зоны SMAZ) показаны в калибровке относительно шкалы абсолютного возраста и магнитозон, по [Gradstein et al., 2020], с уточнением для хронозоны Alpillensis. Сибирская колонка магнитной полярности приведена по [Поспелова, Ларионова, 1971; Брагин и др., 2013]. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ данные: 1 – разрез Боярка; 2 – разрез Нордвик; 3 – разрез Анабар; 4 – разрез Маурынья; 5 – смоделированная (а) и прогнозная (б) Sr-изотопные кривые, по [McArthur et al., 2007] с уточнением по [McArthur, Howarth, 2024]; 6 – интервалы ± 0.00001 (а) и ± 0.00002 (б). Все $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ данные приведены к единому значению в стандарте SRM-987, равному 0.710248.

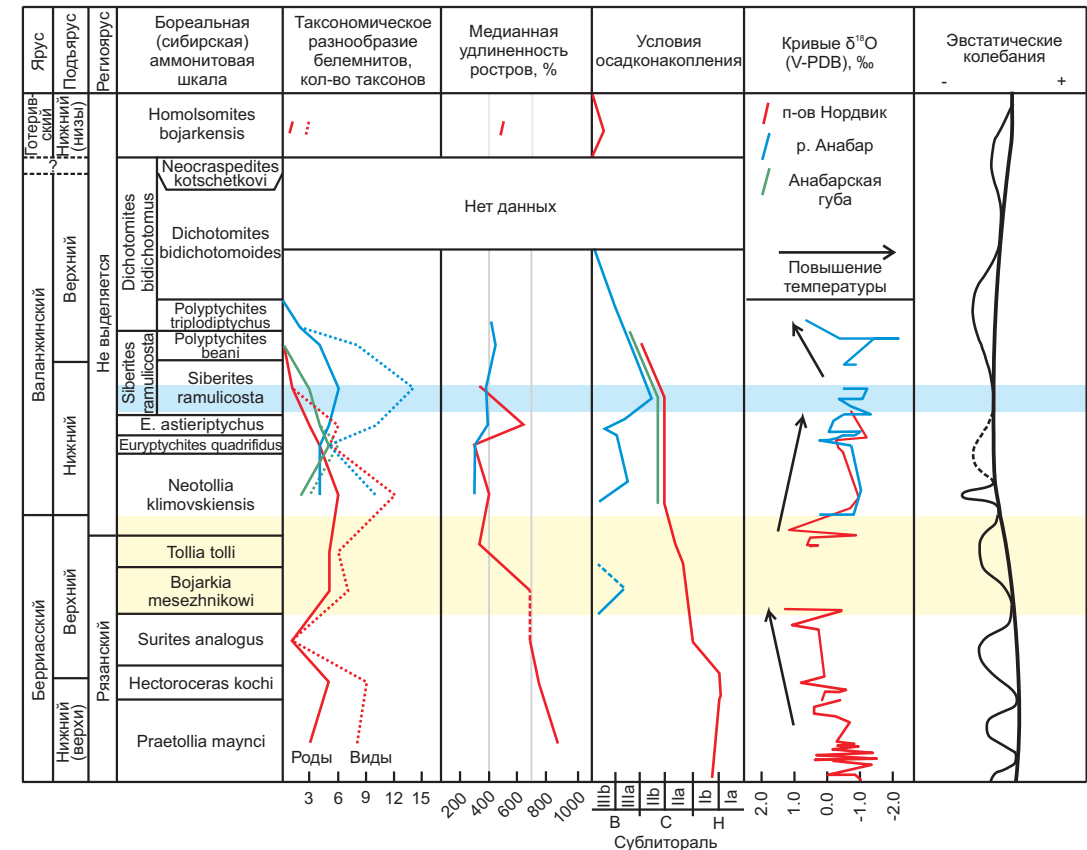


Рисунок А.6 – Сводный график изменения видового и родового разнообразия белемнитов Анабарского района, медианной удлинённости ростров [Ефременко, Дзюба, 2025] и изменений условий осадконакопления [Захаров, Юдовный, 1974; Никитенко и др., 2013; Попов и др., 2025] для каждой аммонитовой зоны/подзоны в сравнении с $\delta^{18}\text{O}$ данными [Ефременко и др., 2025] и эвстатической кривой [Нак, 2014]

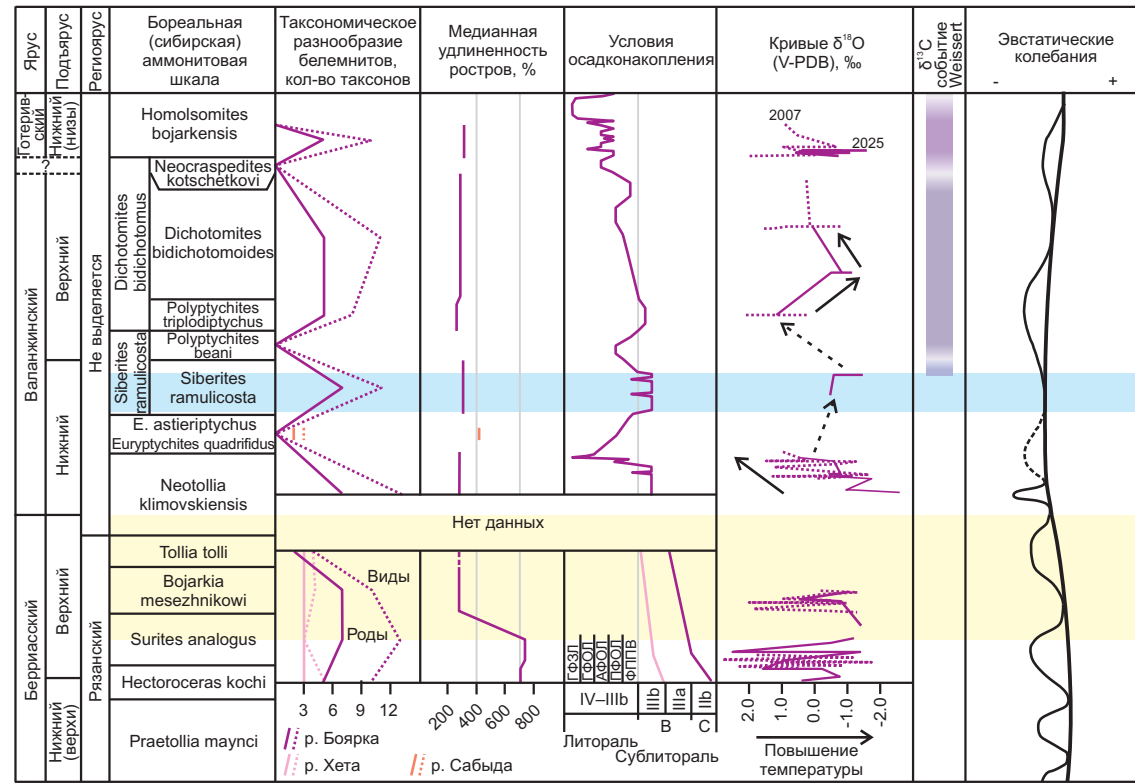
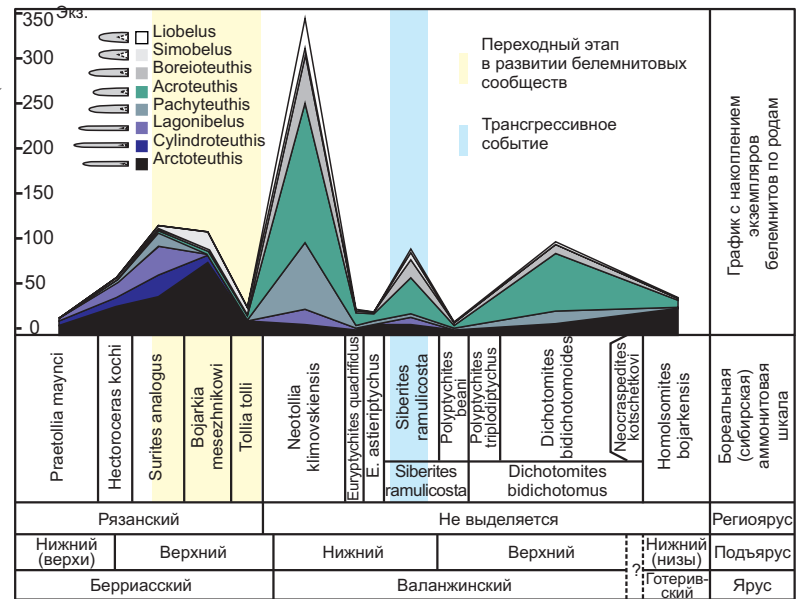


Рисунок А.7 – Сводный график изменения видового и родового разнообразия белемнитов Хетского района, медианной удлинённости ростров [Ефременко, Дзюба, 2026] и изменений условий осадконакопления по [Захаров, Юдовный, 1974] с дополнением для каждой аммонитовой зоны/подзоны в сравнении с $\delta^{18}\text{O}$ данными [Nunn, 2007; Ефременко и др., 2025], фазами события Weisert [Ефременко и др., 2025] и эвстатической кривой [Нак, 2014]

Рисунок А.8 – Распределение количества изученных экземпляров различных родов белемнитов в последовательности аммонитовых зон и подзон нижнего мела севера Восточной Сибири



Палеообстановка: литораль–внутренняя часть верхней сублиторали нерасчлененные (биономические зоны IV–IIIb): ГФЗЛ – глинистые фации закрытых лагун, ГФОЛ – алевритовые фации открытых лагун, ПФОЛ – песчаные фации открытых лагун; ФППВ – фации подводных песчаных валов (приближенный к лагуне склон); сублитораль: В – верхняя: внутренняя часть (биономическая зона IIIb), внешняя часть (биономическая зона IIIa); С – средняя: внутренняя часть (биономическая зона IIb), внешняя часть (биономическая зона IIa); Н – нижняя: внутренняя часть (биономическая зона Ib), внешняя часть (биономическая зона Ia).

ПГ I – наименее активные пловцы (вероятно, ведущие нектобентосный образ жизни), предпочитавшие мелководно-морские прибрежные обстановки и обладавшие сравнительно коротким, зачастую коренастым и массивным ростом;

ПГ II – умеренно активные пловцы в пределах неритовой зоны моря, возможно тяготеющие к придонным слоям воды, имеют удлиненный или умеренно-удлиненный рост с хорошо развитой брюшной бороздой, округлым или dorso-ventrally сжатым поперечным сечением;

ПГ III – наиболее активные пловцы в пределах неритовой зоны моря, с удлиненным или умеренно-удлиненным ростом, имеющим слабо развитую брюшную борозду и сжатое с боков поперечное сечение [Zakharov et al., 2014; Дзюба и др., 2018].

Рисунок А.9 – Преимущественное распределение цилиндртеутидид в палеобассейне севера Восточной Сибири по медианной удлинённости ростров и фацальная приуроченность находок отдельных представителей палеоэкологических групп

