

БИОФАЦИАЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ОРДОВИКСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Н.И. Степанова¹, В.И. Бялый¹, А.В. Каныгин^{2,3}

¹«Иркутскгеофизика», 664007, Иркутск, ул. Декабрьских событий, 29, Россия

² Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

³ Новосибирский национальный исследовательский университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

На основе инвентаризации, ревизии и анализа стратиграфических, палеонтологических и литолого-фациальных данных по территории распространения ордовикских отложений в южной части Сибирской платформы (Иркутском амфитеатре) дано обоснование уточненных и детализированных схем биофациального районирования этого палеобассейна. Составлены схемы районирования для ныйского, угорского, кимайского, муктэйского, волгинского, киренско-кудринского, чертовского и баксанского горизонтов региональной стратиграфической шкалы ордовика Сибирской платформы. На схемах показаны биофации, отличающиеся по литологическому составу, распространению доминирующих групп фауны и гидрохимическому режиму (нормально-морской солености, опресненные или резко засоленные). Показано, что контрастные изменения палеогеографических обстановок и распространение фаунистических сообществ в условиях меняющейся среды происходило под влиянием трансгрессивно-регрессивной цикличности развития всего палеобассейна Сибирской платформы в целом и близости суши. Дана характеристика специфических групп фауны, приуроченных к определенным фациям, которые рассматриваются как пионерные сообщества, впервые освоившие литоральные зоны эпиконтинентальных морских бассейнов в ордовикском периоде.

Ордовик, биофации, палеогеографические обстановки, районирование, Сибирская платформа, Иркутский амфитеатр.

BIOFACIES ZONATION OF ORDOVICIAN DEPOSITS OF THE SOUTHERN SIBERIAN PLATFORM

N.I. Stepanova, V.I. Byalyi, and A.V. Kanygin

Based on the inventory, revision, and analysis of stratigraphic, paleontological, and lithofacies data on the area of Ordovician deposits in the southern Siberian Platform (Irkut amphitheater), the refined and detailed schemes of biofacies zonation of this paleobasin are substantiated. Schemes of zonation have been compiled for the Nyaian, Ugorian, Kimaian, Mukteian, Volginian, Kirenskian–Kudrinian, Chertovskian, and Baksanian Horizons of the regional Ordovician stratigraphic chart of the Siberian Platform. The schemes present biofacies different in lithologic composition, spread of dominant groups of fauna, and hydrochemical regime (normal-marine salinity, freshwater, or high salinity). It is shown that contrasting changes in paleogeographic environments and the spread of faunal communities under changing environmental conditions were influenced by the transgression–regression cyclicity of the evolution of the Siberian Platform paleobasin and by the proximity of the land. Specific groups of fauna localized in particular facies are described. These groups are regarded as communities that were the first to occupy the littoral zones of epicontinental sea basins in the Ordovician.

Ordovician, biofacies, paleogeographic environments, zonation, Siberian Platform, Irkut amphitheater

ВВЕДЕНИЕ

Сибирская платформа является единственным в мире регионом, где ордовикские отложения сохранились в контурах, близких к изначальной площади осадочного бассейна эпиконтинентального типа, т.е. в границах всего континента, покрытого морем. Палеогеографическими реконструкциями установлено, что ордовикский период был временем максимального распространения эпиконтинентальных морей на Земле. Это подтверждается также расчетами объемов осадочных формаций, сформировавшихся на континентах в разные эпохи фанерозоя [Ронов, 1993].

На значительной части Сибирской платформы разрезы ордовика доступны для изучения в естественных обнажениях по долинам рек, а на территориях, где они перекрыты более молодыми отложениями, по керну скважин. При поисково-разведочных работах на алмазы в центральных частях платформы был обнаружен еще один источник седиментологической и палеонтологической информации, позволя-

ющий реконструировать палеогеографические обстановки на участках денудации ордовикских отложений, где в современном разрезе осадочного чехла они отсутствуют. В ксенолитах некоторых трубков взрыва, обычно представленных обломками известняков разной размерности среди кимберлитовой породы, найдены остатки скелетной фауны хорошей сохранности, в частности, конодонты. По этим ксенолитам устанавливается фациальный облик и возраст размытых осадков с точностью до биостратиграфической зоны [Тарабукин и др., 1999].

На других крупных континентах ордовикского периода, представленных в современном тектоническом плане Восточно-Европейской, Северо-Американской, Сино-Корейской, Африканской, Южно-Американской, Австралийской и Индостанской платформами, отложения этого возраста сохранились либо фрагментарно, либо на большей части их территории перекрыты мощным чехлом более молодых образований. Наиболее детально ордовик платформенного типа изучен несколькими поколениями исследователей XIX—XX веков в Балтоскандии, представляющей собой только северо-западную окраину Восточно-Европейской платформы. По сравнению с ней и другими платформенными областями на Сибирской платформе имеется возможность реконструировать наиболее полный спектр палеогеографических обстановок и связанных с ними ассоциаций фауны. Поэтому Сибирская платформа может рассматриваться как один из главных опорных регионов для изучения закономерностей эволюции и хронологической дифференциации биот в разных палеогеографических обстановках на этапе формирования морских экосистем фанерозойского типа [Serkosky, 1982; Каныгин, 2001].

К настоящему времени ордовик Сибирской платформы достаточно детально изучен стратиграфическими, палеонтологическими, седиментологическими, палеоэкологическими и палеогеографическими методами. Результаты исследований периода реализации крупномасштабной государственной программы регионально-геологического изучения этой территории (50—60-е годы прошлого века) обобщены в двух крупных сводках [Никифорова, Андреева, 1961; Стратиграфия..., 1975]. В 1970-х — начале 1980-х годов большим коллективом специалистов по разным группам фауны и литологии были детально описаны практически все типовые разрезы разных структурно-фациальных зон с использованием данных бурения в рамках межведомственной программы экостратиграфического изучения ордовикского палеобассейна с участием сотрудников Института геологии и геофизики СО АН СССР, Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья Мингео СССР и Всесоюзного геологического института Мингео СССР [Каныгин и др., 1982, 1984а,б, 1989; Kanygin et al., 1988]. В последующие годы исследования этого же коллектива продолжались при финансовой поддержке государственной программы «Поиск» по изучению нефтегазоносности платформенных областей Сибири, а также по заказам производственных геологических организаций. Результаты новейших исследований отражены в обобщающих монографиях [Тесаков и др., 2003; Каныгин и др., 2007] и актуализированной версии региональной схемы стратиграфии ордовика Сибирской платформы [Ядренкина и др., 2010].

В рамках программы экостратиграфического изучения этого палеобассейна (с 1972 г.), а затем в исследованиях по грантам РФФИ (с 1993 г.) были получены новые данные по палеоэкологии сообществ фауны и установлены их связи с палеогеографическими обстановками, закономерностям эволюционных изменений доминирующих групп фауны по сравнению с предшествующими и последующими этапами [Каныгин, 1974, 1976, 1990; Каныгин, Ядренкина, 1977; Kanygin et al., 1988, 2010 a,b].

Обобщение материалов изучения ордовика Сибирской платформы с привлечением сравнительных данных по другим регионам, в частности, по динамике изменений биоразнообразия всех основных таксономических групп, представленных в мировой базе данных и систематизированных в итоговом отчете по международному проекту МПГК № 57/410 (1997—2001) «Великая ордовикская биодиверсификация», а также их типизация по палеоэкологическим и хронологическим критериям, позволила обосновать новый подход к объяснению причин и эволюционных последствий ордовикского феномена взрывного роста биоразнообразия с позиций экологической концепции эволюции биосферы [Каныгин, 1996, 2001, 2011; Kanygin, 2008].

Было показано, что в связи с быстрой оксигенизацией среды, становлением озонового экрана и расцветом большого количества пионерных экологических гильдий с новыми адаптационными ресурсами в ордовике впервые возникли необходимые геологические и биологические предпосылки заселения высокоорганизованными организмами солоноводных, пресноводных и наземных биотопов на прибрежных окраинах морей, а в дальнейшем и на суше. Южная часть палеобассейна Сибирской платформы может рассматриваться как типовой пример обособления специфических ассоциаций фауны в условиях резкого переменной режима солености, батиметрии и осадконакопления. Здесь наиболее контрастно и в широком диапазоне проявились изменения палеогеографических обстановок под влиянием трансгрессивно-регрессивной цикличности вблизи Саяно-Байкальской суши и Катангско-Ботубобинской отмельно-островной зоны. Поэтому представленная в статье инвентаризация, ревизия и типизация данных по стратиграфическому распространению и фациальной приуроченности разных ассоциаций фауны представляет интерес

не только для региональной геологии, но и для более полной характеристики эволюционного развития всей экосистемы эпиконтинентального бассейна Сибирской платформы в ордовикском периоде.

ИЗУЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ И МАТЕРИАЛ

При обосновании предлагаемых схем биофациального районирования были учтены кроме авторских материалов литературные данные, значительная часть которых рассеяна в изданиях, малодоступных для широкого круга специалистов. Географическое положение рассматриваемой территории в зоне опережающего хозяйственного освоения Восточной Сибири начиная с XIX в. способствовало тому, что уже на ранних стадиях геологического изучения здесь было проведено большое количество специальных работ, связанных главным образом с поисками разных видов полезных ископаемых. Подробный обзор этих работ до середины 60-х годов прошлого столетия приведен в монографии Ю.Н. Занина [1970]. Из работ этого периода следует выделить первое описание и расчленение на ярусы ордовикских отложений в береговых обнажениях верхнего течения р. Лена В.А. Обручевым [1892]. И хотя возраст этих отложений он ошибочно определил как девонский, после появления достаточных палеонтологических данных и изменения по современным правилам номенклатурного статуса выделенных им ярусов, переименованных в свиты, эти разрезы стали опорными для обоснования региональных стратиграфических подразделений всей Сибирской платформы [Никифорова, Андреева, 1961].

Однако используя эту схему при корреляции разрезов западных районов рассматриваемой территории, за которой закрепилось название Иркутский амфитеатр, исследователи столкнулись с большими трудностями из-за резкой фациальной изменчивости отложений и неравномерного распространения фауны, либо полностью отсутствующей в некоторых фациях, либо представленной специфическими сообществами.

Основы современных представлений о стратиграфии и палеонтологической характеристике ордовикских отложений этой территории были заложены в 1950-е годы при проведении здесь геологической съемки м-ба 1:200 000, которая сопровождалась специальными палеонтолого-стратиграфическими исследованиями [Андреева, 1955, 1959; Никифорова, Андреева, 1961]. С этого времени межфациальные корреляции одновозрастных отложений и реконструкции палеогеографических обстановок на разных этапах эволюции палеобассейна приобретают более прочное обоснование.

Первое крупное обобщение результатов литолого-фациального изучения ордовика всей территории Иркутского амфитеатра было выполнено Ю.Н. Заниным [1970]. Им описаны типы пород и их минералогические характеристики, выделены три структурно-фациальные зоны (Присянская, Ангаро-Ленская, Прибайкальская), составлены литолого-палеогеографические карты для четырех стратиграфических уровней. На основе анализа вещественного состава пород, их текстурных и минералогических особенностей была установлена связь резких колебаний глубины, солености и терригенного осадконакопления с трансгрессивно-регрессивной цикличностью.

Существенные дополнения и уточнения в стратиграфию и палеогеографию ордовика западной части Иркутского амфитеатра были внесены по результатам детального палеонтологического и литолого-геохимического изучения коллективом специалистов непрерывных разрезов, вскрытых карьерами при строительстве автодороги Братск—Усть-Илим и бурением скважин с полным отбором керна по широтному профилю в бассейне верхнего течения р. Ангара. Впервые появилась возможность реконструировать полную последовательность ордовикских отложений без каких-либо пробелов и проследить характер фациальных изменений по серии надежно скоррелированных разрезов, в том числе по ранее описанным фрагментарным естественным выходам. Это позволило снять многие противоречия в прежних стратиграфических и фациальных реконструкциях.

В опубликованной монографии [Каныгин и др., 1984а] дано подробное литологическое и палеонтологическое описание разрезов, рассмотрены наиболее распространенные группы фауны (конодонты, брахиоподы, проблематические моллюски) и основные черты эволюции осадконакопления. В этой работе при характеристике палеогеографических обстановок, реконструкции гидродинамических, гидрохимических условий наряду с литологическими, минералогическими и геохимическими данными впервые учитывались в качестве индикаторных признаков условий среды таксономический состав ассоциаций фауны, их палеоэкологическая специфика, тафономические особенности ориктоценозов.

Крупный вклад в изучение ордовикских отложений юга Сибирской платформы внесла группа исследователей ВостСибНИИГГиМСа (г. Иркутск) под руководством В.И. Бялого. В разные годы в этих работах принимали участие палеонтологи Л.В. Огиенко, Г.Р. Колосницына, Н.И. Степанова [Бялый, 1974а,б, 1977, 1978; Колосницына, 1974; Бялый и др., 1986, 1998, 2002; Никольский, Бялый, 1991; Бялый, Степанова, 2010; Степанова, 2012, 2013]. Полученные новые данные по стратиграфии и палеонтологии отражены на государственных геологических картах нового поколения м-ба 1:200 000 и 1:50 000 [Корнев, Сапрыкин, 1981; Боровиков, Блажнова, 1983; Блинников, Иваньшина, 1984; Болдырев и др., 1999]. При обобщении материалов по биофациальному районированию авторами были использованы

также результаты предыдущих геолого-съемочных работ [Куприна и др., 1966; Лобанов, Альбицкий, 1968; Калиновский, Беренгольц, 1972].

Систематизация всех палеонтологических данных по их стратиграфическому и фациальному распределению на территории юго-восточной части Сибирской платформы была проведена под руководством В.И. Бялого при участии Н.И. Степановой в рамках федеральной программы «Стратиграфия и палеонтология России» Министерства природных ресурсов и экологии России. Основные итоги этой работы отражены в отчете в 1999 г. «Ревизия палеонтологических данных унифицированных горизонтов (ордовик) Сибирской платформы с составлением биофациальных схем и каталога фауны как основы для разномасштабного геологического картирования Ангарской, Прибайкальской и Бодайбинской серий геолкарт».

Всего проанализировано более 650 пунктов с местонахождениями фауны, включая крупные естественные обнажения и керн скважин, а также мелкие выходы, шурфы, канавы и расчистки, задокументированные при производстве геолого-съемочных работ. В этих местонахождениях установлено свыше 750 видов разных таксономических групп фауны с указанием их литолого-фациальной приуроченности. Определения фауны сгруппированы в стратиграфической последовательности по региональным горизонтам. В пределах каждого горизонта оконтурены фациальные зоны, охарактеризованные определенными ассоциациями фауны. Выделено также два типа специфических фаций без признаков существования в них фауны. По литологическим, минералогическим и геохимическим признакам безжизненность этих фаций объясняется резкими отклонениями от нормальной морской солености — либо увеличением солености до эвапаритовой стадии в лагунах, либо опреснением полуизолированных окраин морского бассейна за счет стока вод с суши [Бялый, 1978; Каныгин и др., 1984а].

Проведенная под руководством В.И. Бялого огромная работа по инвентаризации, ревизии и анализу палеонтолого-стратиграфических и литолого-фациальных данных осталась незавершенной из-за его кончины. Дальнейшее обобщение этих материалов с привлечением данных по керну новых скважин и результатов изучения остракод, а также с учетом некоторых уточнений в корреляции типовых разрезов частично было выполнено Н.И. Степановой [Бялый, Степанова, 2010; Степанова, 2012, 2013]. При подготовке этой статьи основная работа по сбору, описанию и техническому оформлению фактического материала с использованием упомянутого выше отчета В.И. Бялого с соавторами выполнена Н.И. Степановой. А.В. Каныгин принял участие в обобщении этих материалов с учетом сравнительных данных по ордовику Сибирской платформы в целом, обосновании методики, а также историко-геологической интерпретации особенностей хронологической структуры ордовикской экосистемы эпиконтинентального типа.

МЕТОДИКА БИОФАЦИАЛЬНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

В геологических исследованиях термины «фация» и «биофация» нередко используются в разных смыслах. В последнем издании [Геологический словарь, 2012, с. 285] фация определяется как «геологическое тело или ассоциация горных пород, обладающие характерными признаками, отражающими условия их образования». В классической работе Д.В. Наливкина [1956] рассматриваются две категории фаций: современные (географические), выделяемые по типам палеогеографических обстановок, и геологические (ископаемые), которые определяются по типам осадочных пород с набором специфических и палеонтологических признаков, отражающих условия их образования. Дуализм понятия «фация» в трактовке Д.В. Наливкина стал источником путаницы в критериях их выделения в геологической практике.

Д.В. Наливкин рассматривал ископаемую фацию как единицу ландшафта, включающую в себя биоценоз, биотоп и осадочную породу. Осадочная порода — это вещественное выражение палеогеографической обстановки, которую можно реконструировать по индикаторным признакам. Поэтому, в отличие от фации современной (географической), первичным признаком геологической фации является литологический тип породы, а не условия его образования, как это подразумевается в работах некоторых авторов. В методологическом плане фациальный анализ в первом приближении начинается с выделения и оконтуривания литостратонов (свит или их частей), т.е. геологических тел в стратиграфических и латеральных последовательностях. Следующий этап включает палеонтологическое изучение литофаций (таксономического состава ассоциаций фоссиллий, тафономии, палеоэкологии сообществ и их отдельных элементов). Завершающей стадией фациального или биофациального анализа является интерпретация палеогеографических условий по комплексу литологических, минералогических, геохимических и палеонтологических признаков.

В современных исследованиях широкое распространение получил термин «биофация». В «Геологическом словаре», [2010, с. 114] он приводится в противоречивой трактовке, в первой части указывается, что «биофация — определенная ассоциация организмов, существовавшая в одно и то же время, но в различных условиях». Это означает, что такая ассоциация должна состоять из полифациальных организмов и, следовательно, фации и биофации пространственно не должны совпадать. Но в противовес этому

МСШ	Система	Отдел	Верхний	Сандыковский	Катикский	Юрск				
				Орловская						
ОСШ	Система	Отдел	Юрск	Средний						
				Нижний						
РСШ	Система	Отдел	Юрск	Темадковский	Аренгский	Нижний				
				Найский	Урский	Кимайский	Вихоревский	Муктаский	Лянвинский	Ланянский

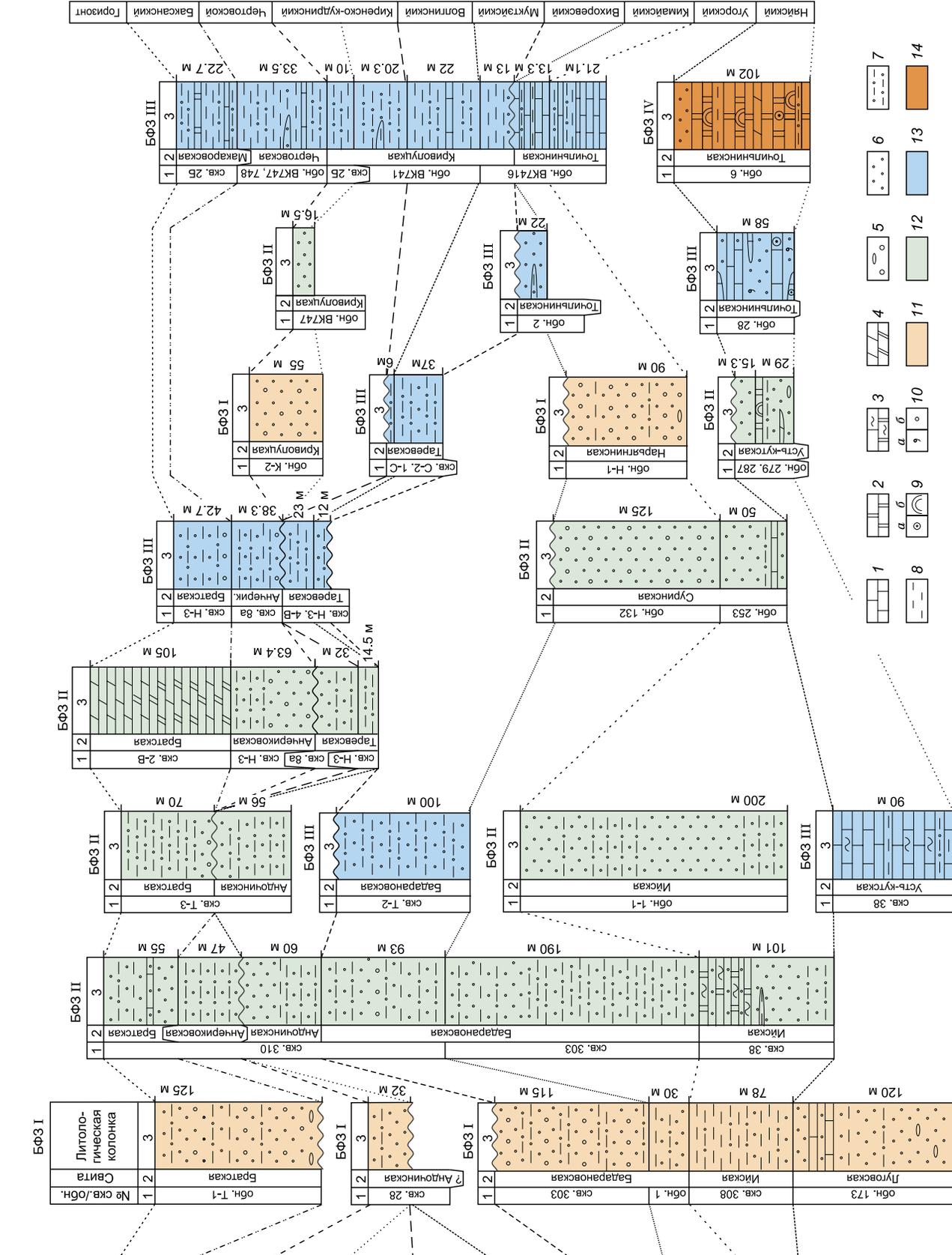


Рис. 1. Схема корреляции ордовикских отложений юго-востока Сибирской платформы.

1 — известняки; 2 — доломиты; 3 — известняки и доломиты глинистые; 4 — мергели известковистые, доломитовые; 5 — гравелиты, конгломераты; 6 — песчаники; 7 — алевролиты; 8 — аргиллиты; 9 — оолиты (а), строматолиты (б), 10 — глаукониты (а), зерна кварца (б); биофациальные зоны. 11 — прибрежно-мелководные с единичными находками фауны (БФЗ I); 12 — прибрежно-мелководные с периодическим расселением эврибионтов в отдельных слоях (БФЗ II); 13 — нормально-морские мелководные с регулярным присутствием фауны (БФЗ III); 14 — лагунные преимущественно без фауны (БФЗ IV). I БФЗ—IV БФЗ — номер биофациальной зоны. А — хиринганский, Б — долборский, Г — нирудинский, бурский.

во второй части определения сказано, что биофация «может использоваться для выделения стратиграфических подразделений, отличающихся от смежных с ним подразделений по латерали составом органических остатков» [Геологический словарь, 2010, с. 114]. Здесь, наоборот, подчеркивается не единство разнофациальных ассоциаций организмов, а их различия. Такое определение приходится признать неудачным, поэтому авторы ориентировались на классическую трактовку этого термина Д.В. Наливкиным. Он ввел понятие «ископаемая фация», чтобы подчеркнуть ее отличие по критериям выделения от современных фаций, включив в свою триаду признаков кроме биоценоза и биотопа еще и осадочную породу, в которой содержится вся информация для характеристики соответствующей фации. В то же время ископаемая, как и современная, фация является в его понимании единицей ландшафта. В такой трактовке ископаемую фацию и биофацию можно считать синонимами, так как биоценоз является необходимым компонентом характеристики любой фации.

В методическом плане целесообразно различать главные разновидности фаций — литофации и биофации. В некоторых фациях нет никаких остатков организмов, и они могут быть рассмотрены только как литофации. Приставка «био» к термину «фация» означает, что она охарактеризована не только литологическими, но и биотическими признаками.

При обосновании биофациального районирования ордовикских отложений южной части Сибирской платформы авторы руководствовались приведенной выше триадой Д.В. Наливкина, т.е. учитывали литологический состав пород, их палеонтологическую характеристику и индикаторные признаки условий среды (биотопа, по Д.В. Наливкину). Представленные схемы районирования можно рассматривать как уточненные и детализированные версии предыдущих схем районирования, которые формировались и постепенно совершенствовались в процессе палеонтолого-стратиграфических исследований как составная часть корреляционных стратиграфических схем. Главным критерием фациального районирования в этих схемах было определение площади распространения литостратонов (свит и их частей), в интегральном виде отражающих особенности соответствующих фациальных зон.

Главные уточнения в предлагаемых схемах основаны на данных, полученных главным образом при изучении новых скважин, а также многочисленных местонахождений фауны, выявленных при геолого-съёмочных работах. Для уточнения стратиграфических корреляций наиболее важное значение имеют две группы микрофауны — конодонты и остракоды. При характеристике биофациальных зон были учтены практически все группы фауны, найденные здесь за все годы палеонтолого-стратиграфических исследований. Поэтому на современном уровне изученности приведенные в статье данные палеонтологических определений дают исчерпывающее представление об общем биоразнообразии, хронологической дифференциации и эволюции ордовикской биоты в условиях контрастных изменений палеогеографических обстановок в краевой части эпиконтинентального морского бассейна.

БИОФАЦИАЛЬНЫЕ ЗОНЫ

Ордовикские отложения на юге Сибирской платформы составляют кровлю осадочного чехла Сибирской платформы, за исключением некоторых участков с выходами силурийских отложений на северном обрамлении рассматриваемой территории (без учета четвертичного покрова). В естественных обнажениях и керне скважин можно наблюдать постепенные переходы без признаков стратиграфических перерывов от кембрия к ордовику. Верхние горизонты ордовика (долборский, нирудинский, бурский) здесь не установлены из-за размыва или отсутствия осадконакопления в предсилурийское время. Реконструировать историю развития ордовикского палеобассейна этой территории в полном геохронологическом диапазоне невозможно из-за того, что терминальные части осадочного тела приходятся на современный эрозионный срез или представлены палеонтологически «немыми» фациями. В соответствии с реальным распространением ордовикских отложений биофациальные схемы составлены для 10 горизонтов и представляются здесь в стратиграфической последовательности снизу вверх, начиная с базального нийского горизонта. На рис. 1 приведена корреляция типовых разрезов, характеризующих литофациальные особенности и стратиграфические взаимоотношения литостратонов разных биофациальных зон. Более подробные описания этих разрезов с послойным распределением наиболее важных групп фауны были

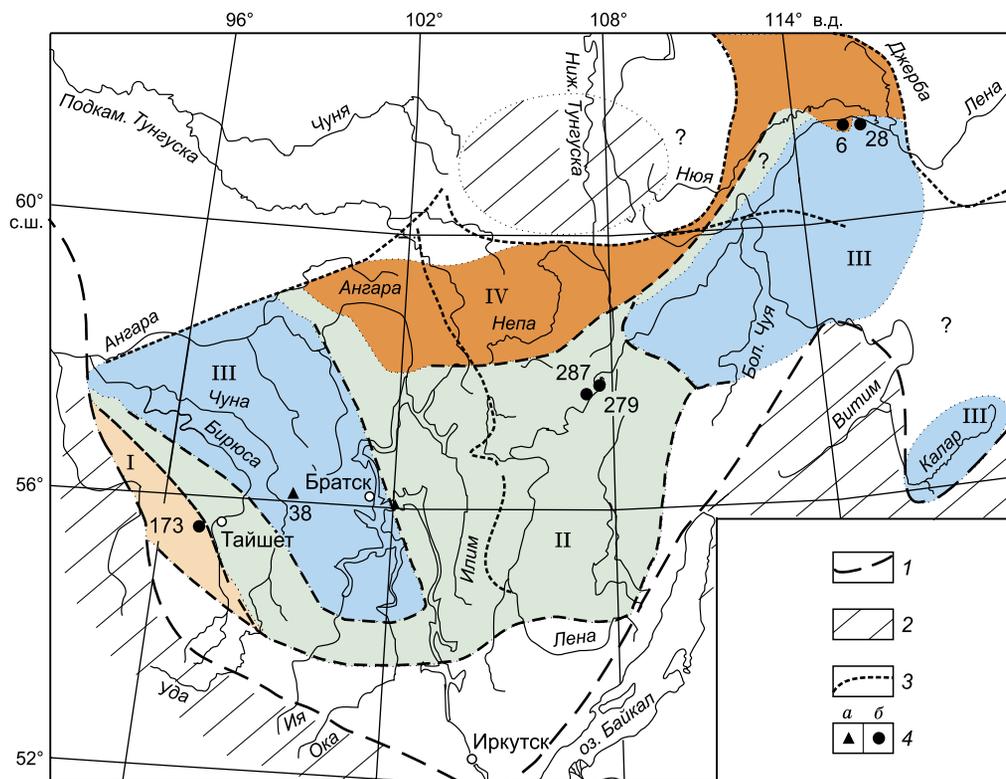


Рис. 2. Схема распространения биофаций ныйского горизонта.

1 — граница Сибирской платформы; 2 — область отсутствия отложений ордовика; 3 — границы структурно-фациальных зон; 4 — скважины (а), обнажения, горные выработки (б). I — беззамковые брахиоподы; II — моноплакофоры *Pseudoscenella sibirica*, *Scenella*, беззамковые брахиоподы *Obolus vetus*, конодонты *Acodus oneotensis*, *Loxodus bransonii*, *Cordylodus rotundatus*, *C. angulatus*; III — трилобиты *Apatokephalus nyuicus*, *Nyuaya orientalis*, конодонты *Acodina navicula*, *Loxodus bransonii*, *Cordylodus rotundatus*, цефалоподы *Clarcoceras angarense*; IV — фауна не найдена. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1.

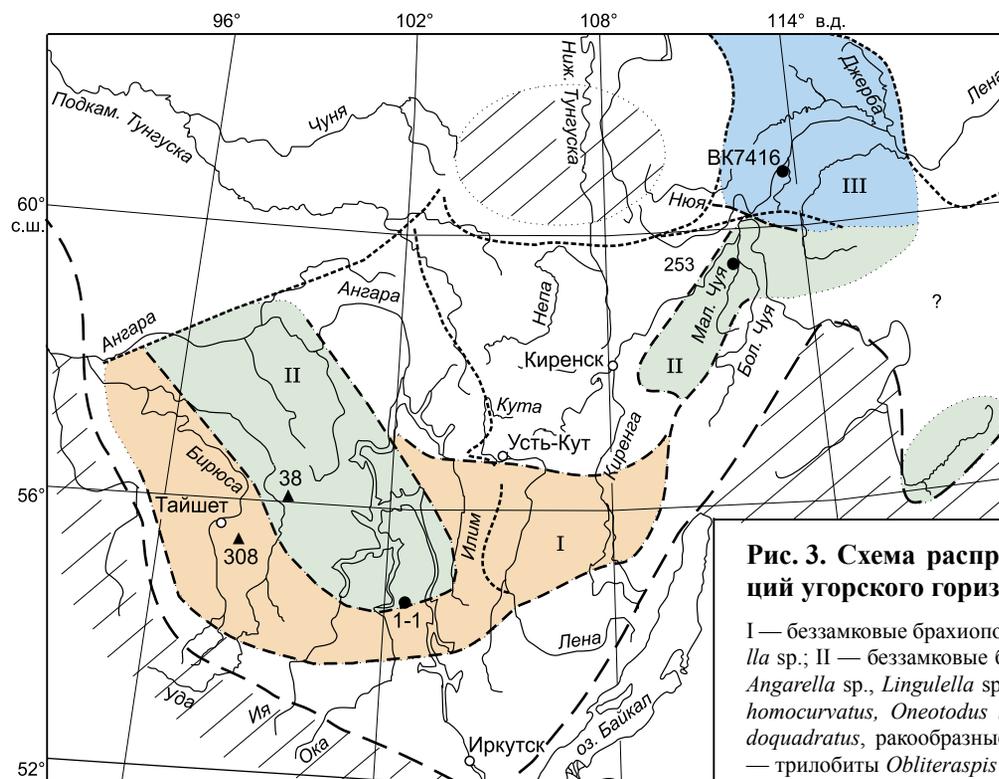


Рис. 3. Схема распространения биофаций угорского горизонта.

I — беззамковые брахиоподы *Angarella* sp., *Lingulella* sp.; II — беззамковые брахиоподы *Obolus vetus*, *Angarella* sp., *Lingulella* sp., конодонты *Drepanodus homocurvatus*, *Oneotodus simplex*, *Scandodus pseudoquadratus*, ракообразные *Chacharejocar* sp.; III — трилобиты *Obliteraspis solidus*, конодонты *Drepanodus homocurvatus*, *Scandodus pseudoquadratus*. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1, 2.

даны ранее [Бялый, Степанова, 2010; Степанова, 2013]. В условных обозначениях биофациальных зон на схемах районирования приведены названия доминирующих групп фауны.

Нийский горизонт (рис. 2). На большей части территории литофации этого горизонта представлены преимущественно верхней подсвитой усть-кутской свиты. Лишь в северной части Присяянья и Нюйско-Джербинской впадины соответственно выделяются луговская и точилинская свиты. В южной части Присяянья на ограниченной территории наблюдаются фации кварцевых мелко- и грубозернистых песчаников с прослоями алевролитов и конгломератов с редким перетертым детритом [Комаревский, Жуков, 1966]. Здесь была расположена наиболее близкая к береговой линии палеобассейна зона прибрежно-мелководных фаций с существенно пониженными значениями солёности вод. Следы фауны встречаются очень редко (биофациальная зона (БФЗ) I), известны единичные остатки беззамковых брахиопод и моноплакофор (см. рис. 1, обн. 173).

Центральную часть Иркутского амфитеатра занимают отложения биофациальной зоны (БФЗ II), характерной особенностью которой является широкое площадное развитие среди терригенных пород пачки серых или вишнево-серых известняков с обилием колпачковидных моноплакофор. Этот сценелловый горизонт, названный так по преобладанию в нем моноплакофор рода *Scenella*, свидетельствует о эпизодах массового развития эвригалинных сообществ и является маркирующим в верхней подсвите усть-кутской свиты [Бялый, 1974а,б, 1978]. В целом систематический состав биоты беден, несмотря на массовое развитие в отдельных слоях эвригалинной фауны, прежде всего, моноплакофор (*Scenella costata* Vjaly, *Pseudoscenella sibirica* Vjaly, *Kazimirovella prima* Vjaly) и некоторых беззамковых брахиопод (*Obolus vetus* Yadrenkina, *Obolus* sp. и др.), встречающихся почти в каждом местонахождении (см. рис. 2, обн. 287, 279). По-видимому, здесь располагалась зона прибрежно-мелководных фаций, где периодически происходили краткие эпизоды распреснения вод, сопровождавшиеся массовым расселением эврибионтов. В этой зоне отмечено 22 родовых таксона, из них 9 родов конодонтов, среди которых довольно часты находки *Cordylodus rotundatus* Pander.

Существование нормально-морских условий отмечается на востоке в бассейне р. Киренга и по р. Лена ниже г. Киренск (БФЗ III) в объеме верхней части усть-кутской и точилинской свит (см. рис. 1, обн. 28). Бассейн, вероятно, был открыт в направлении Витимо-Патомского нагорья, где одновозрастные отложения известны в Верхнекаларском грабене. Кроме того, признаки этой зоны (см. рис. 1, скв. 38 и др.) отмечаются в скважинах в бассейне р. Ангара [Бялый, Степанова, 2010]. Литологически зона представлена терригенно-карбонатными серо- и пестроцветными породами с прослоями строматолитов, часто с глауконитом. В отложениях вышеназванных свит распространены комплексы нормально-морской фауны. Широкое развитие здесь имели сообщества трилобитов (*Apatokephalus nyaicus* Rosova, *Nyaya orientalis* Ogienko, *Ijacephalus solus* Ogienko, *Glaphurus coronatus* Z. Maximova и др.). Разнообразие конодонтов возросло до 17 родов (*Acodina navicula* Abaimova, *Acodus oneotensis* Furnish, *Cordylodus rotundatus* Pander, *C. intermedius* Furnish, *C. angulatus*, *Loxodus bransoni* Furnish, *Hirsutodontus (?) inaudites* Mosk. и др.). Встречаются также цефалоподы *Clarcoceras angarensense* Balaschov, сообщества моноплакофор, гастроподы (*Lenaella octobinaria* Vjaly, *Bellerophon* sp.) и брахиоподы (*Obolus* sp., *Finkelburgia* sp. и др.) Всего в этой зоне отмечено 53 родовых таксона.

На западной окраине Приленской плоской возвышенности развиты фации, близкие к лагунным (БФЗ IV), с преобладанием красноцветных алевролитов и доломитов с прослоями и включениями терригенного материала [Каницкий и др., 1975]. Встречаются строматолитовые и оолитовые прослои, пустоты от растворенных включений гипса и глиптоморфозы по галиту (см. рис. 1, обн. 6). В бассейне р. Пеледуй в усть-кутской свите отмечаются прослои с плоскогалечными конгломератами и брекчиями [Гилев и др., 1984]. Породы свиты фациально меняются, замещаясь карбонатно-терригенными лагунными образованиями, сходными с красноцветами илгинской свиты. На северо-западе зона граничит с Тунгусской сухой. Органические остатки здесь не обнаружены.

Угорский горизонт (рис. 3). Фациальные обстановки угорского горизонта соответствуют регрессивной фазе развития палеобассейна на Сибирской платформе. В это время территорию от р. Бирюса до р. Киренга (БФЗ I) занимают прибрежно-мелководные фации ийской свиты, представленные преимущественно пестросероцветной толщей аркозовых песчаников, от мелко- до грубозернистых, иногда кослоистых и со знаками морской ряби, с прослоями алевролитов и аргиллитов (см. рис. 1, скв. 308). Отложения практически лишены остатков фауны.

В бассейнах р. Ангара и правых притоков р. Лена ниже г. Киренск намечаются фации с прерывистым заселением фауной биофациальной зоны (БФЗ II), для которой наиболее характерны редкие эврибионты (*Angarella* sp., *Lingulella* sp.) и конодонты. В бассейне Ангара к этому уровню относится ийская свита. Руководящие виды конодонтов *Scandodus pseudoquadratus* (Dr. et Jones) и др. найдены в верхней части свиты в скв. 38 на Октябрьском месторождении, где в верхней части разреза переслаиваются глинистые доломиты и песчаники [Бялый, Степанова, 2010]. На юге этого участка, на правобережье р. Ока (см. рис. 1, обн. 1) в районе пос. Булуктуй, свита мощностью до 200—400 м представлена красно- и пестроцветными глинисто-песчанистыми породами. К верхам разреза увеличивается количество песча-

нистого материала [Куприна и др., 1966]. В районе г. Братск свита сложена переслаивающимися мелко-, среднезернистыми песчаниками и алевролитами желтовато-, коричневатого-розовыми. В широтном течении р. Ангара у дер. Рожково отмечаются песчаники мелкозернистые, известковистые, прослоями ко-сослоистые со знаками морской ряби, преимущественно красноцветные с прослоями алевролитов и аргиллитов [Каныгин и др., 1984а; Огиенко, 1992]. На р. Лена данная фацция приурочена к суринской свите. Типичный разрез свиты, который слагают песчаники кварцевые мелкозернистые, глинистые, комковатые, от желтых до темно-бурых, с прослоями слюдистых алевролитов, вскрыт горными выработками (см. рис. 1, обн. 253) на водоразделе Малой Чуи и руч. Осиновский [Боровиков, Блажнова, 1983]. Здесь к прослоям пятнистых органогенных зеленовато- и вишнево-серых известняков часто приурочены банки ангарелл. В зоне распространены брахиоподы, гастроподы, ракообразные, конодонты (всего 11 родов, в том числе 4 рода конодонтов).

На северо-востоке территории отмечается зона фаций, близких к нормально-морским мелководным (БФЗ III). Разрезы верхней подсвиты точильнинской свиты (см. рис. 1, обн. ВК7416) представлены сероцветными известняками и известковистыми песчаниками с переменным содержанием песчанистой фракции, с прослоями оолитовых известняков, алевролитов и аргиллитов. Органические остатки по разрезу встречаются в большинстве слоев. Эта фаціальная зона содержит богатую нормально-морскую фауну (трилобиты, цефалоподы, разнообразные конодонты). Здесь значительно увеличивается родовой состав брахиопод и гастропод. Наиболее характерны трилобиты *Obliteraspis solidus* Ogienko, конодонты *Drepanodus homocurvatus* Lind., *Scandodus pseudoquadratus* (Dr. et Jones). Всего отмечено более 25 родов фауны, из них не менее 10 — конодонты. Видовой состав очень разнообразен, особенно в разрезах у дер. Половинка на реках Лена, Джерба, Дьютэ и др. [Каницкий и др., 1975; Каныгин и др., 1989, 2007; Огиенко, 1992]. Фауна этого уровня обнаружена в Верхнекаларской впадине, расположенной юго-восточнее [Никольский, Бялый, 1991].

Кимайский горизонт (рис. 4). Прибрежно-мелководные фации с единичными остатками фауны (БФЗ I), по-видимому, развиты узкой полосой вдоль предполагаемого южного берега палеобассейна. В междуречье Ангара и Илима [Куприна и др., 1966] они представлены палеонтологически «немymi» плохо сортированными мелкозернистыми, пестроцветными песчаниками нижней части бадарановской свиты с прослоями красно-бурых алевролитов и аргиллитов (см. рис. 1, обн. 1). В Прибайкалье [Бялый, 1977] к ним условно отнесена нижняя часть нарьягнинской свиты, сложенной кирпично-красными, иногда косоослоистыми песчаниками с прослоями и линзами бурых алевролитов и аргиллитов (см. рис. 1, обн. Н-1). Для свиты, подобно суринской, характерно фаціальное замещение по простиранию с севера на юг тонкозернистых глинистых пород, преимущественно аргиллитов, более грубозернистыми. Южнее в основании разреза появляются лиловые плоскогалечные конгломераты с гальками различных пород, сцементированными гравелито-песчаным материалом [Суханова, Дзинкас, 1967; Лобанов, Альбицкий, 1968].

Широко развиты в кимайское время прибрежно-мелководные фации с массовым распространением фауны в отдельных прослоях (БФЗ II). Здесь впервые фиксируется существенное увеличение биоразнообразия бентоса, приуроченного к терригенным фациям. В сообществах стали резко преобладать прикрепленные толстораковинные ангареллы, в изобилии появились крупные гастроподы. Особенно многочисленны их находки к западу от р. Ока до правобережья Бирюсы, где в последнее время в керне скважин (см. рис. 1, скв. 303, Т-2 и др.) установлен комплекс конодонтов кимайского горизонта [Бялый, Степанова, 2010]. Стенобионтные цефалоподы и трилобиты обнаруживаются редко и только в единичных экземплярах. В бассейне Лены [Колосницына, 1974] и в широтном течении р. Ангара [Каныгин и др., 1984а] выявлены наиболее древние на территории единичные остракоды. В Приангарье осадки представлены песчаниками нижней части бадарановской свиты, как правило, пестроцветными, слюдистыми, плохо сортированными, с прослоями алевролитов и аргиллитов. На востоке на территории развития суринской свиты в бассейне р. Лена, примерно от устья Киренги до устья Витима, описываемый стратиграфический интервал представлен песчаниками преимущественно красноцветными, от тонкозернистых до гравелитов, прослоями с грубой косою слоистостью, иногда с прослоями мелкогалечных конгломератов и тонкими слойками алевролитов и аргиллитов (см. рис. 1, обн. 132). Мощность отложений кимайского горизонта в суринской свите до 150 м.

Зона преимущественно нормально-морских мелководных фаций (БФЗ III) этого временного среза отмечается на северо-востоке в Нюйско-Джербинской впадине [Каныгин и др., 1989, 2007; Огиенко, 1992] на ограниченной территории в верхней части точильнинской свиты, где представлена сероцветными известняками с прослоями терригенных пород (см. рис. 1, обн. ВК7416). Здесь кроме характерных для кимайского горизонта ангарелл и гастропод в изученных разрезах (реки Лена, Нюя) постоянны находки трилобитов *Biologina sibirica* Z. Maximova, *B. brevis* Z. Maximova, *Pseudomera weberi* (Z. Maximova), цефалопод, многочисленных конодонтов *Acodus deltatus* Lindstrom, *Drepanodus homocurvatus* Lindstrom, *Loxodus sigmoidalis* Moskalenko, *Hirsutodontus mitra* (Abaimova), *Histiodela angulata* Moskalenko и др. Мощность отложений достигает 40—60 м.

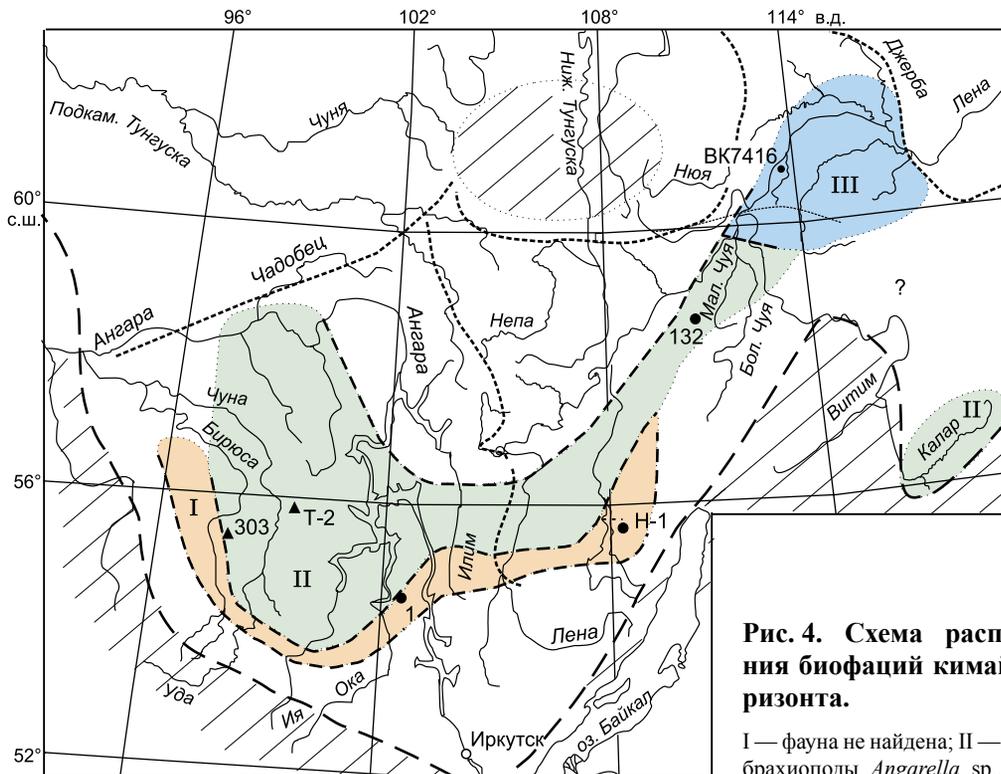


Рис. 4. Схема распространения биофаций кимайского горизонта.

I — фауна не найдена; II — беззамковые брахиоподы *Angarella* sp., гастроподы *Paraphistoma qualtheriatum*, *Bellerophon* sp., *Bucania* sp., конодонты *Acodus deltatus*, *Drepanodus costatus*, *Histiodella angulata*; III — трилобиты *Biolgina sibirica*, *Pseudomera weberi*, конодонты *Acodus deltatus*, *Loxodus sigmoidalis*, *Hirsutodontus mitra*, *Histiodella angulata*. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1, 2.

разные *Chacharejocaris* sp.; III — беззамковые брахиоподы *Angarella* sp., цефалоподы *Intejoceras angarense*, конодонты *Coleodus mirabilis*, *Neocoleodus dutchtownensis*. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1, 2.

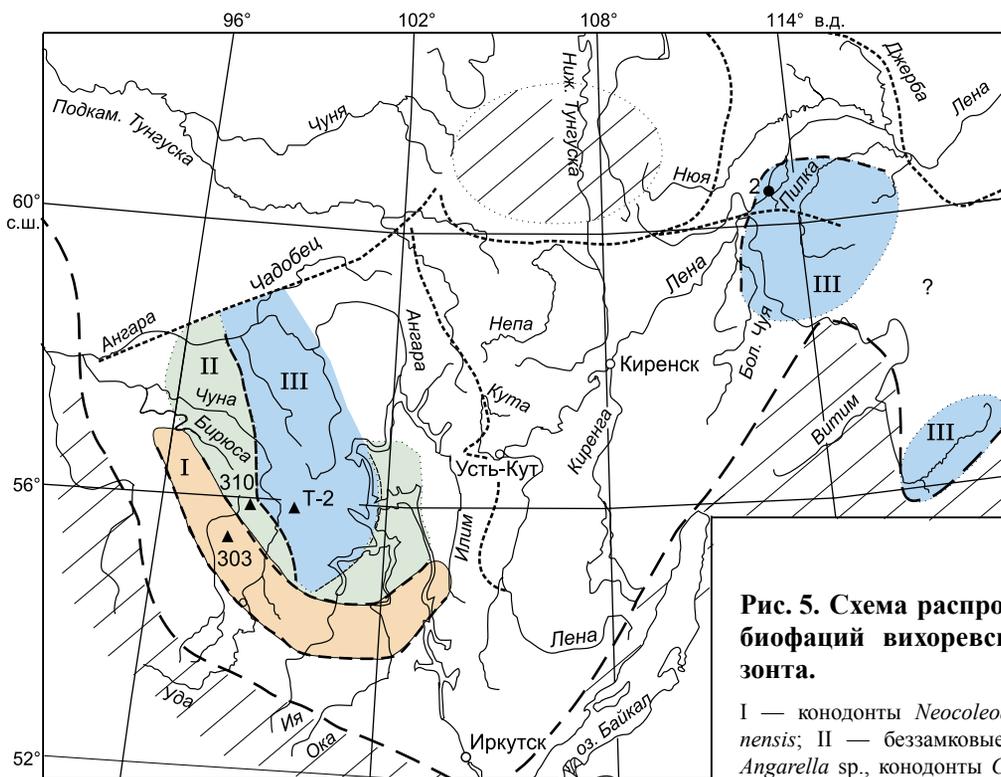


Рис. 5. Схема распространения биофаций вихоревского горизонта.

I — конодонты *Neocoleodus dutchtownensis*; II — беззамковые брахиоподы *Angarella* sp., конодонты *Coleodus mirabilis*, *Neocoleodus dutchtownensis*, ракообразные *Chacharejocaris* sp.; III — беззамковые брахиоподы *Angarella* sp., цефалоподы *Intejoceras angarense*, конодонты *Coleodus mirabilis*, *Neocoleodus dutchtownensis*. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1, 2.

разные *Chacharejocaris* sp.; III — беззамковые брахиоподы *Angarella* sp., цефалоподы *Intejoceras angarense*, конодонты *Coleodus mirabilis*, *Neocoleodus dutchtownensis*. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1, 2.

Вихоревский горизонт (рис. 5). Фашии вихоревского горизонта на юге Сибирской платформы соответствуют финальной фазе регрессивного цикла. В сравнении с кимайским отложения вихоревского горизонта занимают гораздо меньшую площадь и сохранились только на левобережье р. Ангара и в среднем течении Лены, в бассейне р. Пилка. Для стратиграфического среза вихоревского горизонта характерна смена конодонтовых сообществ, почти полностью исчезли конодонты кимайского времени и повсеместно в верхней половине бадарановской свиты появился комплекс так называемых «волоконистых» конодонтов родов *Coleodus* и *Neocoleodus*. На этом основании данная часть разреза была сопоставлена с нижней частью среднего ордовика Северо-Американского мидконтинента [Москаленко, Ядренкина, 1990], и граница между нижним и средним ордовиком внутри бадарановской свиты принята по подошве вихоревского горизонта [Решения..., 1983]. Также обновляется сообщество цефалопод, появляются представители отряда *Intejoceratida* [Балашов, 1962], известные в пределах Сибирской платформы, распространение которых почти полностью ограничено вихоревским горизонтом [Бялый, 1974б; Бялый и др., 1998].

Зона прибрежно-мелководных фаций с единичными остатками фауны (БФЗ I) намечается в песчаниках верхней подсвиты бадарановской свиты, окаймляющих территорию с юга. В скв. 303 (см. рис. 1) выделена пачка серых гравелистых песчаников, с прослоями косослоистых и красных алевролитов, где песчаники в интервале 55—170 м составляют до 60 %. В пачке найдены единичные конодонты *Neocoleodus dutchtownensis* Young. et Cull. (гл. 156 м) вихоревского горизонта.

Прибрежно-мелководные фации с фауной в отдельных прослоях, разделенных значительными «немymi» интервалами (БФЗ II), можно выделить на очень ограниченных по площади участках Чуно-Бирюсинского (см. рис. 1, скв. 310) и Ангаро-Окинско-Ийского водоразделов, где в песчано-алевролитовой пестроцветной толще бадарановской свиты наблюдаются прослои с банками толстостенных прикрепляющихся к грунту раковин ангарелл и крупными гастроподами. Известны также находки конодонтов. Мощность осадков этой зоны не превышает 150 м.

Преимущественно нормально-морские мелководные условия (БФЗ III) были распространены между Братским водохранилищем и средним течением р. Чуна (р. Уда). На этой территории О.Н. Андреева [1959] установила стратотип вихоревского горизонта. Последний в данной фациальной зоне представлен в основном песчано-глинистыми пестроцветными породами. Полимиктовый состав песчаных фракций, обилие слюды и неоднородная степень окатанности обломочного терригенного материала в этих породах свидетельствует о близости источников сноса с суши. В то же время состав ассоциаций фауны свидетельствует о преобладании здесь нормально-морских условий, возможно, с кратковременными эпизодами опреснения. На разных уровнях совместно или раздельно встречаются эвригалинные бентосные группы (ангареллы, пеллециподы, гастроподы) и стеногалинные нектонные группы (цефалоподы *Intejoceras angarensis* Val. и др., конодонты *Coleodus mirabilis* Mosk., *Neocoleodus dutchtownensis* Yong. et Cull. и др.). Зона оконтурена по распространению цефалопод (см. выше), которые как стеногалинные организмы являются индикаторами нормально-морских условий. По особенностям литологического состава пород предполагается резко переменный гидрохимический режим. Мощность разреза, по данным бурения, до 60—100 м (см. рис. 1, скв. Т-2).

Кроме того, нормально-морские обстановки, унаследованные от кимайского времени, нашли отражение в самой верхней сохранившейся части точильнинской свиты мощностью не менее 22 м на р. Пилка (см. рис. 1, обн. 2). Породы здесь представлены пестроцветными известковистыми песчаниками с прослоями алевролитов и известняков [Каницкий и др., 1975; Блиников, Иваньшина, 1984]. Аналоги этой фациальной зоны установлены в Каларском грабене Забайкалья [Никольский, Бялый, 1991].

Отложения, близкие к лагунным, не установлены. В единственном разрезе в бассейне р. Лимпея в песчаниках верхней части суринской свиты, относящихся к вихоревскому горизонту условно по положению в разрезе, органические остатки не найдены. На Пеледуйском поднятии верхи суринской свиты размыты.

Муктэйский горизонт (рис. 6) соответствует начальной фазе трансгрессии, максимально проявившейся в волгинское время. Это был переломный этап в эволюции всего палеобассейна Сибирской платформы в целом. Характерными его особенностями являются небольшие мощности разрезов, существенные различия литологического состава пород в разных структурно-фациальных зонах и специфика ассоциаций фауны, отличающихся на видовом и надвидовом уровнях от смежных горизонтов [Маслова и др., 2014]. В бассейне верхнего и среднего течения р. Лена этому горизонту соответствует базальная часть (лукинская пачка) криволуцкой свиты, в Приангарье — нижняя половина таревской свиты, а на юго-западе (от р. Ока до правобережья Бирюсы) — верхняя часть бадарановской свиты [Бялый, Степанова, 2010].

Прибрежно-мелководные фации, представленные преимущественно красноцветными плохо сортированными слюдистыми песчаниками и алевролитами с прослоями аргиллитов, выделены в андочин-

скую свиту [Бялый и др., 1986]. Ранее эти отложения относились и были закартированы в составе верхней части бадарановской свиты как возрастной аналог нижней части таревской свиты. Из-за плохой обнаженности стратиграфические и пространственные взаимоотношения этих трех свит были недостаточно ясны. Пробуренные в 1995—2000 гг. скважины позволили уточнить их корреляцию и площади распространения. В большинстве разрезов кроме лингулид не обнаружено остатков макрофауны. Однако во многих скважинах встречаются хотя и обедненные, но важные в стратиграфическом отношении виды конодонтов *Cardiodella lyrata* Mosk., *C. tumida* (Br. et Mehl), *Polyplacognathus angarensis* Mosk., *Coleodus mirabilis* Mosk. и др. [Бялый, Степанова, 2010]. В скв. Т-3 (стратотип андочинской свиты) в пачке голубовато-серых алевролитов, которая, вероятно, является фаціальным клином таревской свиты, найдены отпечатки кишечнополостных рода *Conularia*. Мощность муктэйского горизонта в этой зоне мелководных фаций варьирует в пределах 55—67 м (см. рис. 1, скв. 310, Т-3).

Более удаленные от побережья мелководные, но стабильные нормально-морские обстановки наблюдаются в Братском районе верхнего течения Ангары. Здесь накапливались терригенные отложения — зеленовато- и голубовато-серые алевролиты и аргиллиты с прослоями песчаников. Наиболее полный разрез вскрыт скв. Н-3 (см. рис. 1). В стратиграфической схеме эти фации представлены нижней половиной таревской свиты. По всему разрезу горизонта обнаруживается богатый комплекс конодонтов, состоящий из транзитных и специфичных для этого стратиграфического интервала видов. Кроме того, распространены ракообразные, кишечнополостные, цефалоподы, встречаются единичные остракоды *Sibiritella* sp. Более разнообразный комплекс фауны приурочен к нижней части криволицкой свиты на р. Лена в стратотипе у дер. Кривая Лука и в парастратотипе (см. рис. 1, обн. ВК7416) в районе дер. Половинка [Каныгин и др., 1989, 2007; Степанова, 2013]. Здесь преобладают известковистые алевроаргиллиты. Состав фауны и характер фаций отражают наиболее устойчивый морской режим в этой фаціальной зоне. Мощность пород фации в разрезах таревской и криволицкой свит, как правило, не выше 10—13 м. Максимальная мощность 37 м отмечена в непосредственной близости от границы зоны прибрежных фаций в скв. С-2 в верховьях р. Тангуй.

Волгинский горизонт (рис. 7). Подошва этого горизонта — наиболее отчетливый рубеж в эволюции всего палеобассейна Сибирской платформы в целом, характеризующийся стабилизацией и выравниванием условий осадконакопления в палеобассейне, а также началом почти полного обновления и быстрой таксономической диверсификацией фауны. Однако на примыкающей к складчатому обрамлению территории состав биоценозы значительно беднее. Фации прибрежно-мелководные с прерывистым распространением эврибионтов в отдельных слоях (БФЗ II) неширокой полосой располагались на юго-западе палеобассейна. Более достоверное и широкое площадное развитие фаций отмечено в бассейне р. Илим в породах таревской свиты. Наиболее полный разрез вскрыт скв. Н-3 (см. рис. 1), где он представлен алевролитами грязно-зеленовато-серыми с тонкими прослоями мелкозернистых алевролитистых песчаников. Типичной особенностью этих пород является обилие слюды и детрита лингулид, среди которого встречаются раковины удовлетворительной сохранности *Lingulella (L.) procera* Yadrénkina [Каныгин и др., 1984a]. Известны единичные находки нормально-морской фауны (замковые брахиоподы, трилобиты). Чаще встречаются конодонты *Phragmodus flexuosus* Mosk. характерного вида волгинского горизонта. Мощность горизонта в разрезах по скважинам составляет 16—19 м.

Зона преимущественно нормально-морских мелководных фаций (БФЗ III) развита на всей остальной изучаемой площади. Она представлена в породах таревской и нижней подсвиты криволицкой свит. Последняя в стратотипе (см. рис. 2, обн. ВК741) представлена зеленовато-серыми алевролитами с прослоями ожелезненных оолитовых известняков, алевролитов и серых известняков. Таревская свита сложена зеленовато- и голубовато-серыми алевролитами, аргиллитами с прослоями песчаников и глинисто-известковистых конкреций. Наблюдается свойственный данному уровню состав биоты. Повсеместно известны находки трилобитов, богатые комплексы брахиопод, остракод, конодонтов, мшанок, криноидей, цефалопод [Каныгин и др., 1984a, б, 1989, 2007; Бялый и др., 1998; Бялый, Степанова, 2010]. Мощность волгинского горизонта в стратотипе и парастратотипе криволицкой свиты в пределах 25.0—28.7 м; в стратотипе таревской свиты — 14.5 м (см. рис. 1, скв. Н-3). Мощность последней здесь, по-видимому, несколько сокращена вследствие вероятного размыва кровли. Еще более крупный размыв наблюдается в скв. 1-С (см. рис. 1), где мощность волгинского горизонта не выше 6 м, в полном разрезе таревской свиты на р. Вихорева (см. рис. 1, скв. 4-В) мощность пород горизонта достигает 23 м [Каныгин и др., 1984a; Бялый, Степанова, 2010].

Киренско-кудринский этап эволюции палеобассейна соответствует регрессивному циклу, но отчетливо разделяется по способу осадконакопления на две фазы. Эта особенность нашла отражение на первых региональных стратиграфических схемах Сибирской платформы, на которых в качестве отдельных подразделений были выделены киренский и кудринский горизонты со стратотипами на р. Лена. В дальнейшем было доказано, что резкие отличия нижней и верхней частей киренско-кудринского горизонта имеют локальный характер и проявились только в Иркутском амфитеатре, включая бассейн верх-

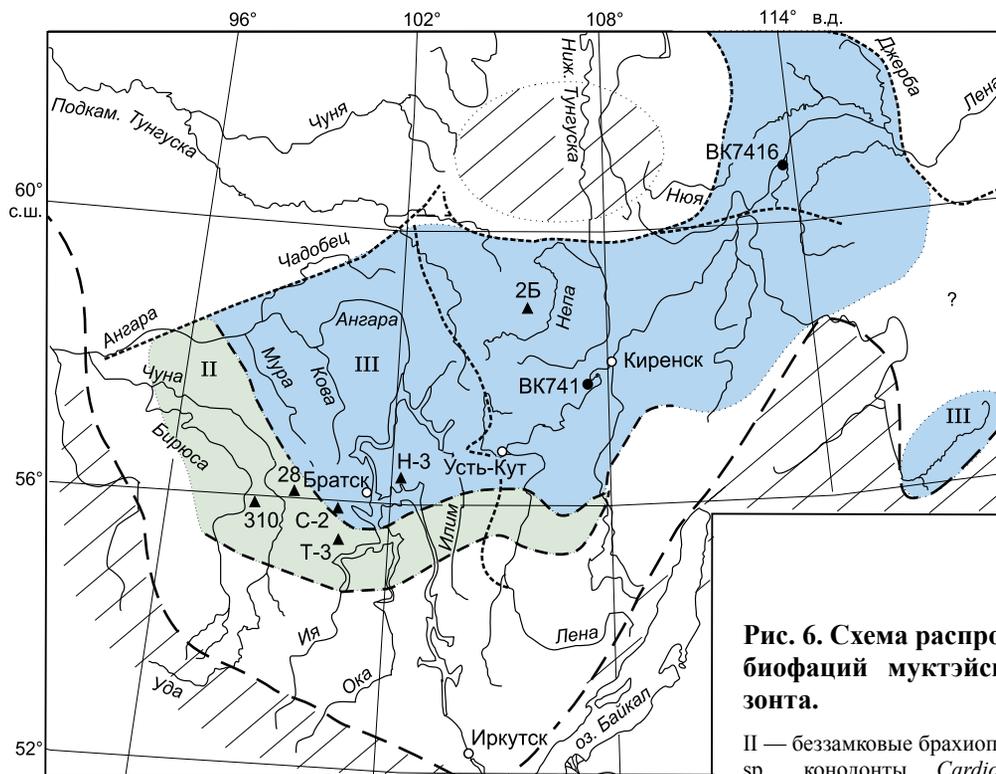


Рис. 6. Схема распространения биофаций муктэйского горизонта.

II — беззамковые брахиоподы *Lingulella* sp., конодонты *Cardiodella lyrata*, *C. tumida*, *Polyplacognathus angarensis*;

III — беззамковые брахиоподы *Lingulella* sp., цефалоподы *Padinoceras rugosaeforme*, табуляты *Cryptolichenaria miranda*, конодонты *Cardiodella lyrata*, *C. tumida*, *Polyplacognathus angarensis*. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1, 2.

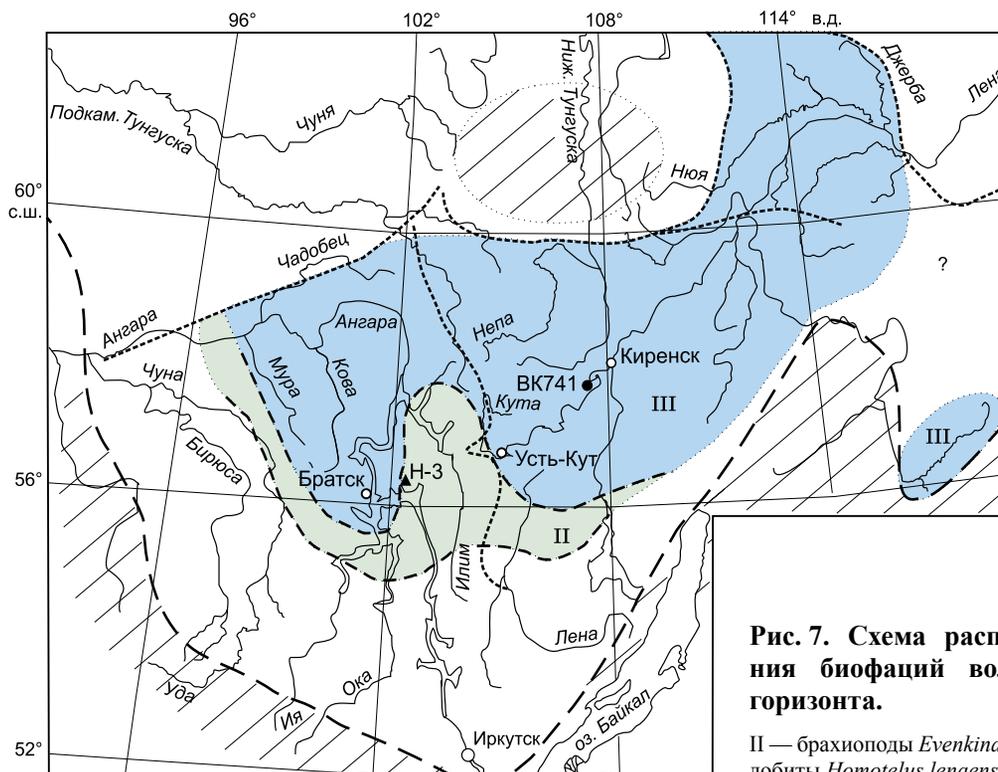


Рис. 7. Схема распространения биофаций волгинского горизонта.

II — брахиоподы *Evenkina lenaica*, трилобиты *Homotelus lenaensis*, остракоды *Sibiritella rara*, конодонты *Phragmodus*

flexuosus; III — брахиоподы *Evenkina lenaica*, *Hesperorthis ignicula*, трилобиты *Homotelus lenaensis*, *Ceraurina biformis*, остракоды *Soanella maslovi*, *Egorovella defecta*, конодонты *Phragmodus flexuosus*. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1, 2.

него течения р. Лена, из-за резкого обмеления этой части палеобассейна, расширением прибрежной и островной суши и формированием на некоторых участках толщ грубообломочных терригенных пород. На остальной территории Сибирской платформы, где существовал более устойчивый нормально-морской режим, не наблюдается резких отличий палеогеографических обстановок и фаунистических комплексов. Это послужило основанием для объединения киренского и кудринского стратонтов в единый горизонт региональной стратиграфической шкалы. С учетом этих резких различий двух фаз регрессивного цикла на рассматриваемой территории были составлены две схемы биофациального районирования.

Нижняя (киренская) часть киренско-кудринского горизонта (рис. 8). В начале этого времени условия, близкие к нормально-морским, существовали лишь в бассейне р. Лена. Амплитуда нарастающей регрессии моря была так значительна, что площадь акватории резко сократилась, территория участками выходила на сушу, образовывались новые источники сноса. В центральной части Иркутского амфитеатра в бассейне рек Ангара и Илим в разрезах нет осадков верхней части киренско-кудринского горизонта, к западу, кроме того, волгинского, участками и чертовского горизонтов [Бялый и др., 1986, 2002; Бялый, Степанова, 2010].

К нижней части киренско-кудринского горизонта в бассейне Лены относится верхняя половина нижней подсвиты криволицкой свиты, на западе Иркутского амфитеатра отложения данного уровня предполагаются на р. Чуна (БФЗ III), где в низах мамырской серии найдены цефалоподы *Sactoceras stolbovense* Val. [Корнев, Сапрыкин, 1981]. Датировка этого уровня на основании палеонтологических остатков в широтном течении Ангара и к югу на сопредельной территории Октябрьского месторождения (см. рис. 1, скв. 28) неоднозначна [Каныгин и др., 1984а; Бялый, Степанова, 2010] и выделение зоны пока достаточно условно.

Преимущественно нормально-морские мелководные условия прослеживаются в бассейне Лены на северо-восток от г. Усть-Кут (БФЗ III). Характерным компонентом ориктоценозов киренской части киренско-кудринского горизонта являются раковины цефалопод [Бялый и др., 1998], присутствие которых свидетельствует о нормально-морских условиях в палеобассейне. Вместе с ними распространены гастроподы, реже пеллециподы и особенно широко остракоды и конодонты [Каныгин и др., 1989, 2007; Бялый, Степанова, 2010; Степанова, 2013]. Вещественный состав отложений представлен алевролитами серого, зеленовато-грязно-серого цвета с трассирующимися по слоям глинисто-известковистыми конкрециями, образованными вокруг крупных органических остатков. Встречаются прослои известняков и мелкозернистых песчаников, количество последних вверх по разрезу существенно возрастает.

На юго-западе в междуречье Бирюсы и Ковы и в средней части Илимно-Киренского междуречья (БФЗ II) отмечается незначительная по площади прибрежная зона избыточного распреснения, разрез становится существенно-песчаным. Комплекс фауны резко обедняется, представлен редкими конодонтами, остракодами и гастроподами, совершенно исчезают цефалоподы. В стратотипе на р. Лена мощность горизонта 20.3 м, на правом берегу р. Кута в существенно-песчанистой предположительно прибрежной части разреза увеличивается до 32 м (см. рис. 1, скв. 8а и др.).

Верхняя (кудринская) часть киренско-кудринского горизонта (рис. 9). В стратотипической для этой части разреза местности на р. Лена осадки представлены регрессивной песчанистой литофацией, свойственной верхней подсвите криволицкой свиты.

Прибрежно-мелководные фации с единичными остатками фауны (БФЗ I) отмечаются на небольшой площади в бассейне Лены южнее от устья р. Кута до среднего течения р. Киренга (см. рис. 8). В верховьях Лев. Кухты (см. рис. 1, обн. К-2) верхнекриволицкая подсвита (35—55 м) представлена песчаниками серыми, разнозернистыми от мелкозернистых до гравелистых, массивными, ожелезненными, иногда косослоистыми, с редкой битой ракушей [Калиновский, Беренголец, 1972]. Увеличение мощности к югу в направлении береговой линии вызвано, по-видимому, тем, что верхнекриволицкая подсвита на юге своего ареала захватывает не только кудринскую, но и киренскую часть разреза свиты, перекрывая докиренские отложения с фауной волгинского горизонта. Сходная фациальная обстановка отмечена в бассейне Чуны в районе Октябрьского месторождения. Здесь скв. 28 вскрыта пачка песчаников (инт. 435—426 м) серых мелкозернистых с прослоями алевролитов. Пачка, содержащая единичные конодонты *Stereoconus* sp. широкого стратиграфического диапазона и перекрывающаяся красноцветной алеврогравелитовой пачкой с конодонтами чертовского горизонта, условно сопоставлена с верхней частью киренско-кудринского [Бялый, Степанова, 2010].

Примыкающую к Байкало-Патомскому нагорью территорию бассейна р. Лена (БФЗ II), где развиты отложения верхней подсвиты криволицкой свиты, практически всю занимали прибрежно-мелководные фации, характеризующиеся распространением фауны в отдельных прослоях (БФЗ II). Вещественный состав представлен почти исключительно песчаниками с резко подчиненными прослоями алевролитов. В стратотипе на р. Лена у дер. Кудрино (см. рис. 2, обн. ВК747) вскрыты песчаники светло-серые до темно-фиолетовых, пятнистые, кварцевые с каолиновым, реже известковистым цементом (16.5 м). На плоскостях напластования встречаются трещины усыхания. Аналогичные крупнозернистые

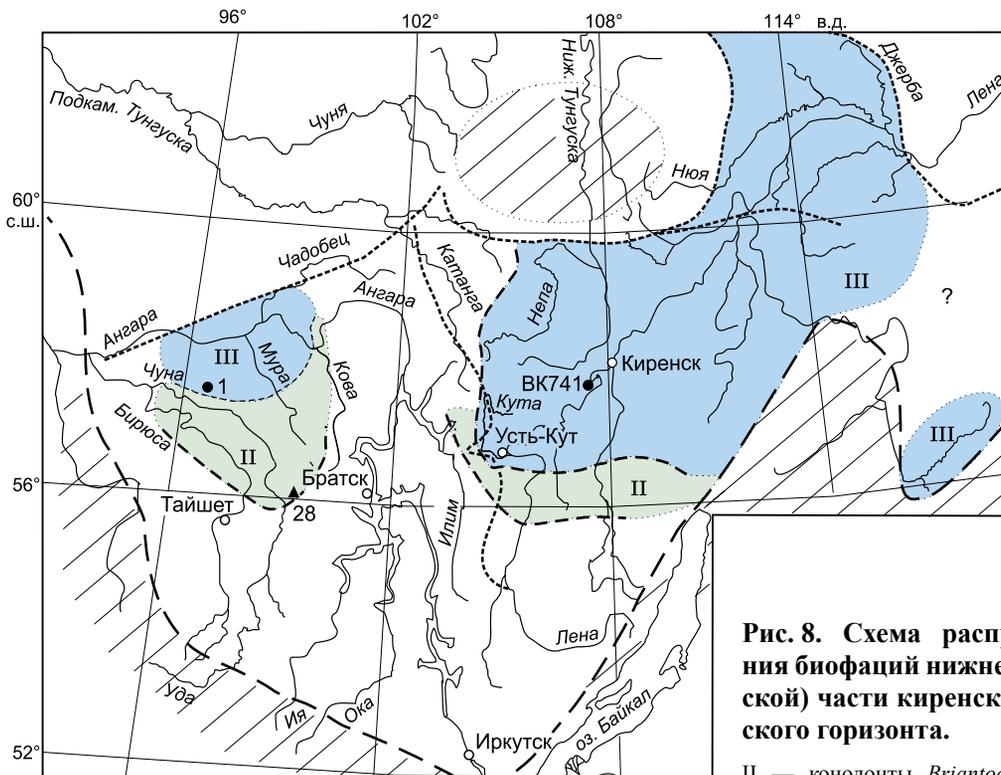


Рис. 8. Схема распространения биофаций нижней (киренской) части киренско-кудринского горизонта.

II — конодонты *Briantodina lenaica*, остракоды *Fidelitella* sp., *Primitia* sp.,

гастроподы *Archinacella* sp.; III — остракоды *Quadrilobella recta*, *Fidelitella unica*, *Primitia annae*, конодонты *Briantodina lenaica*, цефалоподы *Hemibeloitoceras ellipsoidale*. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1, 2.

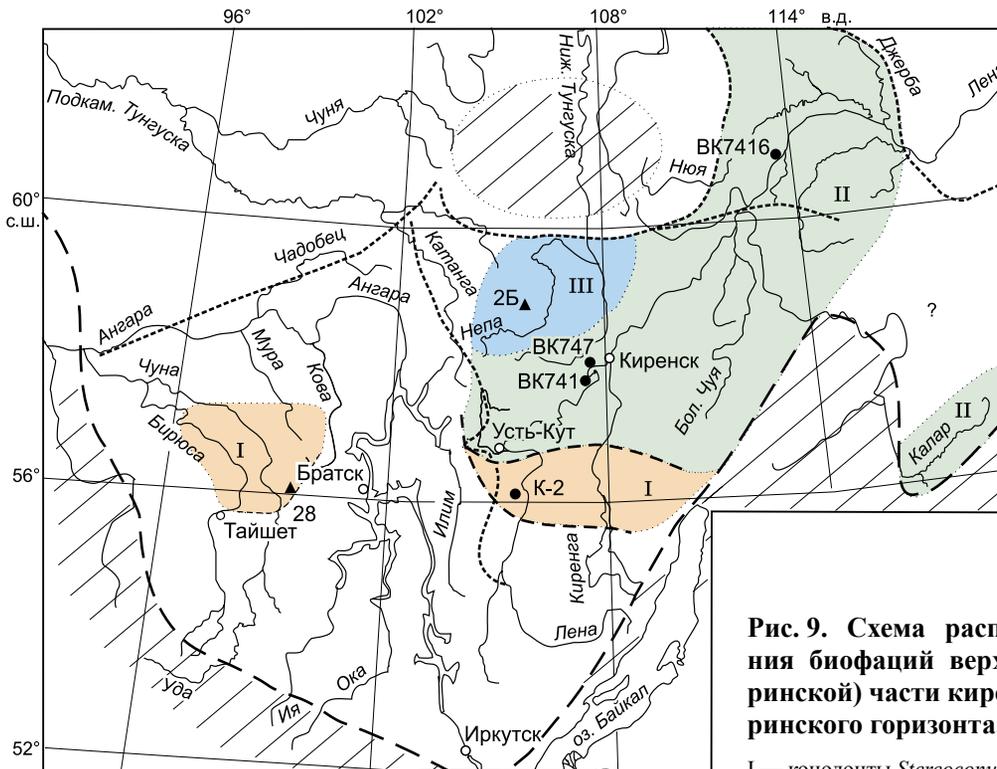


Рис. 9. Схема распространения биофаций верхней (кудринской) части киренско-кудринского горизонта.

I — конодонты *Stereoconus* sp.; II — остракоды *Quadrilobella recta*, *Fidelitella*

sp., *Eoleperditia* sp., конодонты *Evencodus* sp., *Stereoconus* sp.; III — остракоды *Quadrilobella recta*, *Primitia annae*, *Fidelitella* sp., конодонты *Evencodus* sp., *E. sibiricus*. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1, 2.

песчаники слагают эту часть разреза (10 м) и в парастратотипе в среднем течении р. Лена, в 4—5 км выше дер. Половинка [Каныгин и др., 1989, 2007]. Контакт с нижней подсвитой постепенный, фаунистические остатки ее, хотя и редко, заходят в низы верхней подсвиты, но через 2.0—2.5 м вверх по разрезу до подошвы чертовской свиты встречаются только несколько родов специфических массивных конодонтов, освоивших эти крайне мелководные условия. Более тонкий терригенный состав пород отмечается к северо-западу от складчатого обрамления в бассейне р. Ниж. Тунгуска (см. рис. 1, скв. 2Б и др.), где верхнекриволицкая подсвита содержит аргиллиты серо-зеленые, вишневые с прослоями мелкозернистых песчаников и алевролитов. Наличие аргиллитов существенно затрудняет установление границы криволицкой с вышележащей чертовской свитой. Кроме конодонтов в верхней части разреза в тонких прослоях известняков встречаются типичные для этого горизонта виды остракод, что указывает на условия, близкие к нормально-морским. По-видимому, здесь были распространены биофашии с нормально-морской фауной (БФЗ III).

Чертовской горизонт (рис. 10) отвечает наиболее четко выраженному трансгрессивному циклу в пределах всей Сибирской платформы. Подошва этого горизонта рассматривается как важнейший реперный уровень для глобальных корреляций, так как в эпиконтинентальных бассейнах с этого рубежа резко возрастает биоразнообразие бентосных и пелагических групп фауны. На Сибирской платформе этот уровень достаточно надежно прослеживается по ассоциациям остракод, брахиопод, трилобитов, конодонтов и других групп. Многие виды этих ассоциаций, особенно остракоды, широко распространены в разрезах Верхояно-Чукотской складчатой области, Таймыра, о. Котельный в Северном Ледовитом океане, где они встречаются совместно с комплексом граптолитов зоны *Nemagraptus gracilis* [Каныгин и др., 2007].

По сравнению с другими структурно-фациальными зонами на рассматриваемой территории преобладали мелководные, преимущественно терригенные фации, за исключением некоторых удаленных от побережья площадей. Фауна встречается в этих фациях сравнительно редко и представлена обычно либо обедненными ассоциациями, либо экзотическими формами. Прибрежно-мелководные фации с фауной в отдельных слоях развиты в Приангарье (БФЗ II), на площади распространения верхнемамырских песчаников представлены нижней подсвитой анчериковской свиты. Песчаники грубозернистые до гравелитовой разности, массивные, розовато-серые, иногда с прослоями, переполненными раковинами лингулид рода *Ectenoglossa* Sinclair. Встречаются конодонты *Drepanodistacodus victrix* Mosk., *Stereocoonus* spp., редко ракообразные *Obrutschevia* sp. В западной части зоны, в бассейне р. Чуна (см. рис. 1, скв. 28), осадки приобретают черты сходства с нижней частью братской свиты. Они представлены красно-бурыми, голубовато-серыми алевропесчаниками с обилием гравийных, хорошо окатанных зерен, с такими же ассоциациями фауны. Эти фации прослежены в разрезах по ряду скважин (см. рис. 1, скв. 310 и др.). Мощность нижней подсвиты анчериковской свиты в стратотипе (см. рис. 1, скв. Н-3) составляет 37 м [Бялый и др., 1987], в целом на площади — до 36—47 м [Бялый, Степанова, 2010].

В районах клиновидного сочленения мелководных фаций с более глубоководными на отдельных уровнях встречены типичные для чертовского горизонта нормально-морские представители фауны. В междуречье Тушамы и Илима найдены трилобиты рода *Isalaux* (см. рис. 1, скв. 12), в бассейне р. Туба — конодонты *Cahabagnathus sweeti*, *Phragmodus inflexus* (см. рис. 1, скв. 2). В этом же районе обнаружены конодонты рода *Panderodus* (см. рис. 1, скв. 8а), не встречающиеся ниже чертовского горизонта. На западе площади развития анчериковской свиты в скв. 310 (р. Уда) в породах, перекрывающих отложения муктэйского горизонта, найдены конодонты *D. victrix* Mosk., несколько выше *Acanthodina regalis* Mosk., *Scandodus* (?) *sibiricus* Mosk. [Бялый, Степанова, 2010].

Преимущественно нормально-морские мелководные условия (БФЗ III) существовали на всей площади развития чертовской свиты в бассейне верхнего течения р. Лена (обн. ВК747-748) и Ниж. Тунгуски, а также в переходной зоне в междуречье Куты и Илима (см. рис. 1, скв. 8а) при латеральном сочленении анчериковской и чертовской свит. Литология чертовской свиты и палеонтологическая характеристика с большим списком видов трилобитов, брахиопод, остракод, гастропод, конодонтов, реже мшанок и цефалопод описаны во многих работах [Андреева, 1955; Никифорова, Андреева, 1961; Каныгин и др., 1989, 2007; Степанова, 2013].

Баксанский горизонт (рис. 11). Этот этап в эволюции бассейна соответствует новому циклу регрессии. В начальной фазе произошли резкие изменения в составе сообществ фауны, биоразнообразие которых после кратковременного расцвета стало быстро снижаться в связи со сменой нормально-морского режима на преимущественно лагунный с повышенной соленостью, а в некоторые эпизоды с опреснением. Резкие изменения условий осадконакопления фиксируются широким распространением гравелитов в основании братской и макаровской свит. Выше преобладают терригенные пестроокрашенные породы, с середины этапа — доломитовые мергели. Косая слоистость, иногда разнонаправленная, глиптоморфозы по галиту, следы волновой ряби, трещины усыхания в породах указывают на наличие мелководного бассейна с повышенной соленостью, временами близкого к лагунному.

Только в начале баксанского времени зона распространения фаций преимущественно нормально-морских мелководных (БФЗ III), по-видимому, занимала значительную часть акватории. Органические

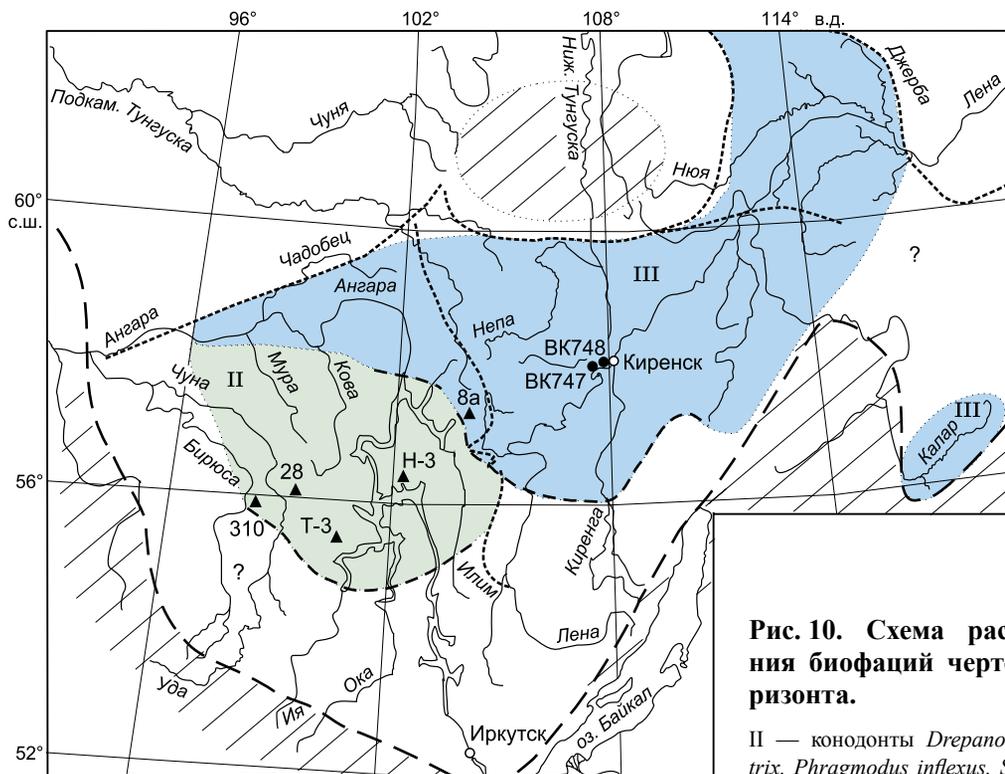


Рис. 10. Схема распространения биофаций чертовского горизонта.

II — конодонты *Drepanodistacodus victrix*, *Phragmodus inflexus*, *Stereoconus* sp., остракоды *Aparchitella* sp., *Euprimitia* sp.,

брахиоподы *Lingulella* sp., ракообразные *Obrutschewia* sp.; III — остракоды *Bodenia aspera*, *Aparchitella* sp., конодонты *Phragmodus inflexus*, *Cahabagnathus sweeti*, брахиоподы *Mimella panna*, *Oepikina tojoni*, трилобиты *Isalux (I.) stricta*, *Monoracos lopatini*. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1, 2.

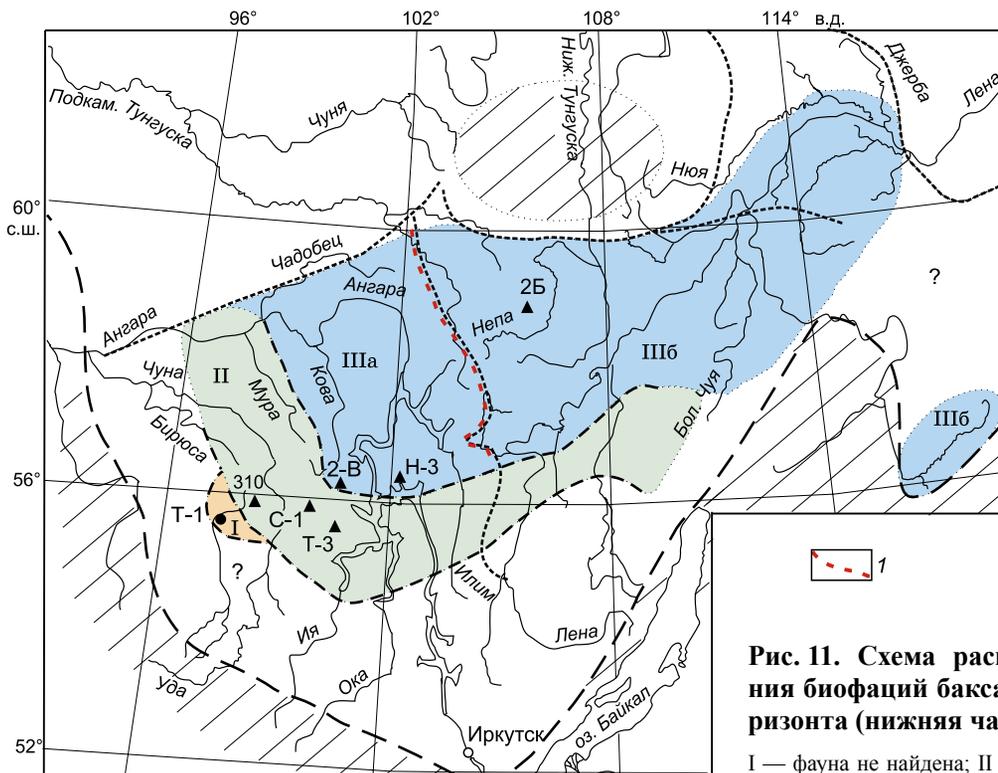


Рис. 11. Схема распространения биофаций баксанского горизонта (нижняя часть).

I — фауна не найдена; II — конодонты *Acanthodina regalis*, *Ambalodus mitratus*,

Drepanodistacodus victrix, *Scandodus dulkumaensis*, *S. serratus*; IIIa — остракоды *Macronotella formosa*, цефалоподы *Ormoceras tuberculatum*, *Vaginoceras ventrolobatum*, конодонты *Drepanodistacodus victrix*, *Ambalodus mitratus*, *Scandodus serratus*; IIIб — конодонты *Scandodus serratus*, *S. sibiricus*, *Acanthodus elegans*, остракоды *Parajonesites notabilis*. I — граница биофациальных подзон IIIa и IIIб. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1, 2.

остатки встречаются в нижних частях разреза. Из-за некоторого различия комплексов фауны в отложениях братской (БФЗ IIIa) и макаровской (БФЗ IIIб) свит выделены соответствующие подзоны.

На р. Лена (БФЗ IIIб) фауна наиболее разнообразна в нижних 10—15 м макаровской свиты в известковистых грубо-, среднезернистых зеленовато-серых песчаниках и прослоях известняков и красноцветных аргиллитов, где распространены многочисленные остракоды, цефалоподы, мшанки, гастроподы, реже конодонты [Каныгин и др., 1989; Степанова, 2012, 2013]. Отдельные элементы этого комплекса устанавливаются в среднем течении р. Лена в районе дер. Половинка [Каныгин и др., 1989] и в бассейне р. Калар [Никольский, Бялый, 1991]. Выше лежащая часть разреза сложена красноцветными алевролитами и аргиллитами, в отдельных прослоях содержатся пелециподы, иногда образующие на плоскостях напластования «ракушняковые мостовые». Выше (30 м от подошвы) фаунистические остатки практически отсутствуют, появляются глиптоморфозы по галиту. Аналогичная обстановка отмечена на реках Ниж. Тунгуска и Непа (скв. 2Б и др.).

В Приангарье интерпретировать фациальные условия несколько сложнее. Баксанскому уровню здесь предшествовало широкое развитие песчаников верхней части мамырской серии (анчериковская свита) с разнообразными признаками бассейна переменной солёности, в котором периодически возникали условия, пригодные для жизни обедненных сообществ эврибионтов.

В отличие от остракодово-цефалоподовой ассоциации макаровской свиты (БФЗ IIIб), в Приангарье значительную часть биоты составляли беззамковые брахиоподы и конодонты, отмечались ракообразные и редкие остракоды [Каныгин и др., 1984а; Бялый, Степанова, 2010], но совершенно отсутствовали цефалоподы (БФЗ IIIa). Баксанский возраст наиболее надежно опознается в разрезах по конодонтам *Scandodus serratus* Mosk., *S. sibiricus* Mosk., реже встречаются *Acanthodus elegans* Mosk., *Belodina diminutive* Br. et Mehl., а также остракоды [Бялый, Степанова, 2010; Степанова, 2013]. Кроме того, известны находки неизученных сколекодонтов, мшанок, пелеципод и гастропод.

В скважинах удастся проследить некоторые латеральные изменения братской свиты. Восточнее г. Братск в скв. Н-3 (см. рис. 1) свита имеет типичное строение. Редкие лингулиды и обедненный комплекс конодонтов найдены лишь в самых нижних 2 м свиты. Выше залегают «немые» красноцветные аргиллиты, что принято считать признаком повышенной солёности. К западу в скв. 2-В [Каныгин и др., 1984а] также в подошве братской свиты в инт. 92.9—106.1 м содержатся остатки лингулид, а также конодонтов, большая часть которых найдена в узком интервале 101.6—106.1 м. Выше в разрезе залегают «немые» красноцветные мергели с глиптоморфозами по галиту.

Обстановка меняется с приближением к предполагаемой береговой линии, где лагуна могла подпитываться континентальным стоком. Так, в скв. С-1 на водоразделе Чукши и Вихоревой (БФЗ II) подошва братской свиты определена на глубине 162.9 м. В интервале 162.8—126.3 м и на глубине 90 м встречены немногочисленные конодонты.

Наиболее отчетливые изменения условий осадконакопления в баксанское время наблюдаются по имеющимся материалам, вероятно, в скв. 310, пробуренной в верховьях р. Зюгда в бассейне р. Уда [Бялый, Степанова, 2010]. Баксанский горизонт, вскрытый в интервале 120—65 м, представлен песчаниками зеленовато- и желто-серыми, мелко- и среднезернистыми, с тонкими прослоями песчаных известняков. В верхней половине интервала преобладают тонкоплитчатые зеленоцветные алевролиты и аргиллиты. В указанном интервале найдены конодонты баксанского горизонта *Acanthodina regalis*, *Scandodus (?) sibiricus*, *Stereoconus* spp., а также ядра неопределимых остракод. Выше залегают силурийские отложения с обильными чешуями телодонтов. В скв. Т-3 братская свита непосредственно залегает на породах андочинской свиты с конодонтами муктэйского горизонта, что свидетельствует о стратиграфическом перерыве в этом разрезе в объеме волгинского, киренско-кудринского и чертовского горизонтов.

Далее к юго-западу значительные фациальные изменения братской свиты отмечены на р. Бирюса у с. Троицкое (см. рис. 11, обн. Т-1), где разрез слагают песчаники желтовато- и лилово-серые, разномзернистые, иногда косослоистые и гравелистые с редкой галькой, с тонкими прослоями конгломератов и вишнево-, зеленовато-серых алевролитов и аргиллитов [Комаревский, Жуков, 1966]. Отложения братской свиты здесь с несогласием залегают на породах бадарановской свиты. Палеонтологические остатки в отложениях этого типа (БФЗ I), прослеживающихся на ограниченной территории на реках Лиственичная, Туманшет, Тагул, практически не обнаружены. Мощность отложений братской свиты, отнесенных к баксанскому горизонту, составляет около 100—140 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Южная часть Сибирской платформы по специфике палеогеографических обстановок, условиям осадконакопления и особенностям биоты существенно отличается от других фациальных зон всего эпиконтинентального палеобассейна. Здесь резко преобладало терригенное осадконакопление в течение

всего ордовикского периода, в то время как в других районах формировались преимущественно карбонатные и терригенно-карбонатные породы.

Вещественный состав пород, относительно высокие темпы их образования, контрастные изменения режима осадконакопления и резкая латеральная дифференция мощностей определялась, с одной стороны, близостью источников сноса терригенного материала, с другой, — трансгрессивно-регрессивными циклами, имевшими однонаправленный и синхронный характер по всей территории палеобассейна [Каныгин и др., 2007; Dronov et al., 2009; Kanygin et al., 2010b]. В целом преобладали тонко- и среднезернистые осадки, но в отдельные эпизоды внутри циклов доминировал крупнозернистый материал от песчаной до мелкогравелитовой фракции.

Иркутский амфитеатр с преобладанием мелководных терригенных фаций в современном тектоническом плане непосредственно примыкает к Алтае-Саянской складчатой области. Поэтому считалось, что в ордовике на ее месте находилась суша, с которой сносился терригенный материал. Однако такая трактовка палеогеографии этой территории не согласуется с современными геодинамическими реконструкциями, согласно которым на месте Алтае-Саянской складчатой области в ордовике располагался Палеоазиатский океан. По результатам детального литологического изучения опорных разрезов бадарановской свиты и мамырской серии А.В. Дронов [2008] обосновывает новую точку зрения на географическое положение источников сноса силикластического материала в Иркутском амфитеатре. Многочисленные измерения азимутов падения косых слоев в косослоистых сериях, характер механоглифов в подошвах песчаных слоев, изменения мощностей и гранулометрического состава терригенных фаций свидетельствуют о направлении придонных течений с северо-запада на юго-восток. В этом же направлении происходит углубление бассейна. Поэтому наиболее вероятными источниками терригенного осадконакопления в этой части палеобассейна были Енисейский кряж и катангская островная суша.

Природа трансгрессивно-регрессивной (Т—R) цикличности многие годы была предметом острых дискуссий. В период господства геосинклинальной теории, в частности, под влиянием «канонов Штилле» об одновременности фаз складчатости по всей Земле и связанных с ними геократических (регрессивных) и талласократических (трансгрессивных) эпох, Т—R цикличность связывалась только с тектоническими процессами. В настоящее время глобальные изменения уровня океана, получившие название эвстатических колебаний, объясняются либо изменением объемов морской воды за счет их связывания ее в материковых льдах («гляциоэвстазия»), либо за счет изменения объема океанических впадин («тектонозвастазия»).

На Сибирской платформе Т—R цикличность, выраженная в однонаправленных и относительно синхронных последовательностях осадков, прослеживается во всех структурно-фациальных зонах, включая южную часть платформы [Каныгин и др., 2007; Dronov et al., 2009; Kanygin et al., 2010a,b]. Сопоставление ордовикских отложений Сибирской платформы и Балтоскандии по последовательности циклов, изменениям таксономического состава и динамики разнообразия биот показало, что и на этих далеко разобщенных континентах трансгрессии и регрессии чередовались также в близкой последовательности, т.е. отражают глобальные изменения уровня Мирового океана [Дронов, 2008; Dronov et al., 2008].

Оригинальную гипотезу о природе трансгрессивно-регрессивной цикличности с позиций тектонофизики развивает в последние годы Е.В. Артюшков, используя, в частности, данные описания разрезов мелководных фациальных зон Сибирской платформы и Балтоскандии [Артюшков и др., 2007, 2008]. Он связывает изменения уровня Мирового океана с малоамплитудными погружениями и поднятиями земной коры под влиянием изменения скорости эклогитизации в нижней коре при перемене напряженного состояния литосферы, допуская крупноамплитудные флуктуации до 100 м только в эпоху позднеордовикского оледенения Гондваны. Однако вывод о малоамплитудном характере трансгрессивно-регрессивной цикличности осадконакопления, основанный на батиметрической интерпретации разрезов только мелководных фациальных зон, не согласуется с секвенс-стратиграфическими и палеогеографическими реконструкциями бассейнов осадконакопления. С позиций тектонофизической гипотезы невозможно объяснить как крупноамплитудный диапазон, а также синхронность проявления их в региональном и глобальном масштабах эвстатических флуктуаций, так и синхронность проявления их в глобальном масштабе. Они доказаны анализом большого фактического материала и межконтинентальными стратиграфическими корреляциями осадочных циклов разными палеонтологическими и седиментологическими методами на примере сопоставления Сибирской платформы и Балтоскандии — сходством таксономического состава сообществ фауны, однонаправленными изменениями динамики биоразнообразия, одинаковыми последовательностями секвенсов и соответствующих им градиентов изменений батиметрии [Dronov et al., 2009; Kanygin et al., 2010b].

Гидрохимический режим в бассейне был резко неустойчивым по степени солености и менялся в широком диапазоне. При преобладании в целом нормально-морских условий в отдельные эпизоды он либо засолонялся до эвапаритовой стадии, либо, наоборот, опреснялся. Отклонения от нормально-мор-

ских условий устанавливаются по характерным индикаторным минералам. Наиболее широко распространенным показателем увеличения солености являются глиптоморфозы галита, которые по плотности расположения и размерности существенно различаются в разных слоях, что отражает мелкоритмичный характер колебаний солености. Встречаются также барит, гипс, селенит. Пресноводные условия интерпретируются в основном по косвенным литологическим данным и полному отсутствию признаков жизни.

Состав биоты также отличается от других районов Сибирской платформы. Общее таксономическое разнообразие в этой части палеобассейна значительно ниже, чем в других районах. Здесь очень малочисленны такие типичные для остальной территории Сибирской платформы бентосные группы, как замковые брахиоподы, трилобиты, мшанки, кораллы, строматопораты, криноидеи, остракоды. Отчасти это связано с неблагоприятными тафономическими условиями формирования ориктоценозов. Из-за низкой карбонатности осадков скелетное вещество этих групп фауны, состоящее из кальцита, при фоссилизации могло растворяться, о чем свидетельствуют остатки скелетных элементов на некоторых уровнях. Но даже с учетом тафономического фактора малочисленность местонахождений фауны в этих разрезах достаточно объективно отражает низкий уровень общего биоразнообразия биоты в течение всего ордовикского периода.

В условиях низкокарбонатной среды лучшие шансы для фоссилизации имели таксономические группы с кремнистым или фосфатным скелетом, соответственно это конодонты и лингулиды. Конодонты как представители нектонной фауны быстро могли заселять биотопы при изменении условий в благоприятную сторону. Поэтому эта группа имеет наиболее важное значение для стратиграфических корреляций. Еще одна группа нектона представлена наутилоидеями, которые могли также быстро расселяться при восстановлении нормально-морских условий, но их фрагменты, как правило, плохо сохраняются в породе из-за частичного растворения кальцита в скелете, в связи с этим их трудно надежно диагностировать на видовом уровне. Одной из самых распространенных бентосных групп в мелководных морях ордовикского периода были остракоды, которые в массовом количестве встречаются в карбонатных породах среднего и верхнего ордовика почти во всех районах Сибирской платформы. На рассматриваемой территории они имеют ключевое значение для корреляции разрезов в бассейне р. Лена, так как их комплексы характеризуют наиболее дробные подразделения региональной стратиграфической шкалы и встречаются обычно в массовом количестве в слоях, что особенно важно при изучении керна скважин и мелких обнажений.

Наибольший интерес для характеристики особенностей ордовикских экосистем представляют литоральные сообщества фауны, их можно наблюдать в наиболее отчетливом виде только на этой прибрежной территории эпиконтинентального бассейна. На отдельных этапах развития бассейна возникали массовые поселения лингулид, которые вели зарывающийся образ жизни. Описаны хорошо сохранившиеся норки в песчаных породах. В этих норках иногда можно увидеть раковины лингулид в прижизненном положении, хотя в самой породе они представлены в основном в виде детрита, что говорит об активном гидродинамическом режиме. Сам факт хорошей сохранности норок, обычно прослеживающийся на всем протяжении соответствующего слоя, свидетельствует о быстрой литификации осадка при отливном обнажении литорали. Никакой другой фауны вместе с этими инфраунными сообществами не наблюдалось [Каньгин, Ядренкина, 1977].

На некоторых уровнях встречаются фрагменты крупных ракообразных, их таксономическая индикация затруднена из-за отсутствия достаточного материала для реконструкции всего скелета. В виде «ракушняковых мостов» можно наблюдать на поверхностях отдельных слоев раковины ангарелл — проблематичной группы, которая предположительно отнесена к замковым брахиоподам. Еще одной «экзотической» группой фауны, создававшей в кратковременные эпизоды в эволюции бассейна плотные поселения типа «ракушняковых мостовых», являются моноплакофоры. Это один из древнейших моллюсков, существовавших исключительно в мелководных морских биотопах палеозоя (от кембрия до девона). В более поздних отложениях они неизвестны и считались вымершей группой. Однако в 60-х годах прошлого века единственный вид этого класса был обнаружен в малонаселенной абиссали Тихого океана, т.е. в такой же слабоконкурентной среде, как литоральные зоны ордовикских морей. Изредка встречаются в литоральных осадках гастроподы, являющиеся эврибионтной группой, способной существовать в широком диапазоне толерантности. Среди конодонтов выявлена очень специфическая группа, отличающаяся от типичных форм сложным морфологическим строением и сравнительно крупными размерами. Все перечисленные специфические группы бентосной фауны можно рассматривать как пионерные сообщества, которые в ордовике начали заселять впервые литоральные зоны морей.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 13-05-00746, 14-05-00047).

ЛИТЕРАТУРА

Андреева О.Н. Стратиграфия ордовикских отложений р. Лены и р. Илама // Материалы по геологии Сибирской платформы. М., Госгеолтехиздат, 1955, с. 107—128.

- Андреева О.Н.** Стратиграфия Ангаро-Окинского района // Материалы по геологии и полезным ископаемым Сибирской платформы. Л., ВСЕГЕИ, 1959, с. 79—108.
- Аргюшков Е.В., Каныгин А.В., Тесаков Ю.И., Чехович П.А.** Уровень Мирового океана в ордовике. Резкие изменения скорости погружения коры на Сибирской платформе // ДАН, 2007, т. 412, № 4, с. 513—517.
- Аргюшков Е.В., Тесаков Ю.И., Чехович П.А.** Флуктуации уровня океана в ордовике. Быстрые изменения скорости погружения коры в Восточной Сибири и Балтоскандии // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (9), с. 841—861.
- Балашов З.Г.** Наутилоидеи ордовика Сибирской платформы. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1962, 206 с.
- Блинников В.И., Иваньшина М.М.** Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Бодайбинская. Лист О-49-VI. Объяснительная записка. М., Союзгеолфонд, 1984, 93 с.
- Болдырев В.И., Блажнова В.Л., Волков А.И., Попова Т.Д., Филиппов А.Г.** Легенда Ангарской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации м-ба 1:200 000 (издание второе). Объяснительная записка. Иркутск, ГФГУП «Иркутскгеология», 1999, 225 с.
- Боровиков Л.Я., Блажнова Л.Л.** Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Верхневиллюйская. Лист О-49-X. Объяснительная записка. М., Союзгеолфонд, 1983, 86 с.
- Бялый В.И.** Краткий очерк биостратиграфии ордовика // Биостратиграфия кембрийских и ордовикских отложений юга Сибирской платформы. М., Недра, 1974а, с. 46—52.
- Бялый В.И.** Моноплакофоры, гастроподы и цефалоподы ордовика // Биостратиграфия кембрийских и ордовикских отложений юга Сибирской платформы. М., Недра, 1974б, с. 53—86.
- Бялый В.И.** Биостратиграфия пограничных отложений нижнего и среднего ордовика на юге Сибирской платформы // Проблемы стратиграфии ордовика и силура Сибири. Новосибирск, Наука, 1977, с. 59—67.
- Бялый В.И.** Распространение ордовикской фауны на юге Сибирской платформы в зависимости от состояния солености морского бассейна: Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1978, 17 с.
- Бялый В.И., Степанова Н.И.** Новое в стратиграфии ордовика юга Сибирской платформы // Геолого-геофизические методы прогноза и поисков полезных ископаемых в Восточной Сибири. Сборник трудов научно-производственной конференции, посвященной 60-летию предприятия «Иркутскгеофизика». Иркутск, Изд-во Иркут. ГТУ, 2010, с. 29—35.
- Бялый В.И., Алексеев С.П., Блажнова Л.Л.** Детализация местных стратиграфических схем ордовика Иркутского амфитеатра // Биостратиграфия — Геолкарте-50. Тезисы докладов к II сессии ВСО ВПО. Иркутск, ВостСибНИИГГиМС, 1986, с. 25—27.
- Бялый В.И., Жилина Ю.Г., Степанова Н.И.** Детализация унифицированных горизонтов среднего ордовика Сибирской платформы на основе изучения их стратотипов // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. Материалы научной конференции, посвященной 120-летию ТГУ. Томск, Изд-во Том. ун-та, 1998, с. 185—186.
- Бялый В.И., Степанова Н.И., Жилина Ю.Г.** Проявление основных событийно-стратиграфических уровней в среднем ордовике Сибирской платформы // Проблемы биохронологии в палеонтологии и геологии. Тезисы докладов XLVIII сессии Палеонтологического общества. СПб., ВСЕГЕИ, 2002, с. 26—27.
- Геологический словарь.** В 3 томах / Ред. О.В. Петров. Т. 1. СПб., ВСЕГЕИ, 2010, 432 с.
- Геологический словарь.** В 3 томах / Ред. О.В. Петров. Т. 3. СПб., ВСЕГЕИ, 2012, 440 с.
- Гилев Ю.Г., Помазков В.К., Шайдулинова В.С.** Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Верхневиллюйская. Лист О-49-IX. Объяснительная записка. М., Союзгеолфонд, 1984, 86 с.
- Дронов А.В.** Новые данные по геологии ордовика Иркутского амфитеатра // Новое в региональной геологии России и ближнего зарубежья. М., РГГУ, 2008, с. 34—36.
- Занин Ю.Н.** Ордовикские и силурийские отложения Иркутского амфитеатра. Новосибирск, Наука, 1970, 218 с.
- Калиновский А.Л., Беренгольд Л.А.** Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Ангаро-Ленская. Лист О-48-XXXIV. Объяснительная записка. М., Союзгеолфонд, 1972, 84 с.
- Каницкий В.Л., Бялый В.И., Шипицын А.Д.** Разрез в среднем течении р. Лены // Стратиграфия ордовика Сибирской платформы. Новосибирск, Наука, 1975, с. 201—209.
- Каныгин А.В.** Экологические типы ордовикских остракод // Среда и жизнь в геологическом прошлом: палеоэкологические проблемы. Новосибирск, Наука, 1974, с. 87—100.
- Каныгин А.В.** Климатические условия и типы фаунистических сообществ в ордовике Средней Сибири // Палеонтология и морская геология. Доклады советских геологов на XXV сессии Международного геологического конгресса. М., Наука, 1976, с. 52—59.

- Каныгин А.В.** Экологическая эволюция остракод и проблема видообразования // Среда и жизнь в геологическом прошлом. Аспекты эволюции организмов и среды. Новосибирск, Наука, 1990, с. 59—76.
- Каныгин А.В.** Ордовикский этап развития биосферы: кардинальная перестройка морских экосистем // Геодинамика и эволюция Земли: материалы к научной конференции РФФИ. Новосибирск, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1996, с. 170—173.
- Каныгин А.В.** Ордовикский феномен взрывной дивергенции органического мира Земли: причины и эволюционные последствия для биосферы // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (4), с. 631—667.
- Каныгин А.В.** Проблема реформирования Международной стратиграфической шкалы с позиции эволюции экосистем (на примере нижнего палеозоя) // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (10), с. 1349—1366.
- Каныгин А.В., Ядренкина А.Г.** О палеоэкологии ордовикских лингулид (Brachiopoda) Сибирской платформы // Среда и жизнь в геологическом прошлом. Палеобиоценозы и условия осадконакопления. Новосибирск, Наука, 1977, с. 52—64.
- Каныгин А.В., Москаленко Т.А., Ядренкина А.Г., Волкова К.Н., Заславская Н., Стукалина Г.А., Тесаков Ю.И., Хромых В.Г.** Стратиграфическое расчленение и корреляция разреза // Ордовик Сибирской платформы. Опорный разрез на р. Кулюмбе. М., Наука, 1982, 224 с.
- Каныгин А.В., Москаленко Т.А., Дивина Т.А., Матухина В.Г., Ядренкина А.Г.** Ордовик западной части Иркутского амфитеатра. М., Наука, 1984а, 159 с.
- Каныгин А.В., Обут А.М., Волкова К.Н., Ядренкина А.Г., Абаимова Г.Л., Заславская Н.М., Мягкова Е.И., Огиенко Л.В., Семенова В.С., Сенников Н.В., Стукалина Г.А., Шешегова Л.И.** Ордовик Сибирской платформы. Палеонтологический атлас. Новосибирск, Наука, 1984б, 242 с.
- Каныгин А.В., Москаленко Т.А., Ядренкина А.Г., Абаимова Г.П., Семенова В.С., Сычев О.В., Тимохин А.В.** Фауна и стратиграфия Ленской фациальной зоны. Ордовик Сибирской платформы. Новосибирск, Наука, 1989, 216 с.
- Каныгин А.В., Ядренкина А.Г., Тимохин А.В., Москаленко Т.А., Сычев О.В.** Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Ордовик Сибирской платформы. Новосибирск, Академ. изд-во «Гео», 2007, 269 с.
- Колосницына Г.Р.** Остракоды ордовика // Биостратиграфия кембрийских и ордовикских отложений юга Сибирской платформы. М., Недра, 1974, с. 87—108.
- Комаревский В.Т., Жуков Н.В.** Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Восточно-Саянская. Лист N-47-II. Объяснительная записка. М., Недра, 1966, 74 с.
- Корнев Т.Я., Сапрыкин О.П.** Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Ангара-Ленская. Лист O-47-XX. Объяснительная записка. М., Союзгеолфонд, 1981, 90 с.
- Куприна К.П., Хмельницкая И.И., Негреева В.К.** Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Ангара-Ленская. Лист N-48-VIII. Объяснительная записка. М., Недра, 1966, 51 с.
- Лобанов М.П., Альбицкий Б.В.** Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Прибайкальская. Лист N-49-I. Объяснительная записка. М., Недра, 1968, 66 с.
- Маслова О.А., Ядренкина А.Г., Каныгин А.В.** Муктэйский горизонт ордовика Сибирской платформы: палеонтологическое обоснование, распространение и корреляция разрезов // Геология и геофизика, 2014, т. 55 (8), с. 1247—1262.
- Москаленко Т.А., Ядренкина А.Г.** Муктэйский горизонт и его стратотип // Новое в палеонтологии и биостратиграфии палеозоя азиатской части СССР. Новосибирск, Наука, 1990, с. 5—21.
- Наливкин Д.В.** Учение о фациях. М., Л., Изд-во АН СССР. 1956, т. I, 534 с.; т. II, 393 с.
- Никифорова О.И., Андреева О.Н.** Стратиграфия ордовика и силура Сибирской платформы и ее палеонтологическое обоснование. Л., Гостоптехиздат, 1961, 412 с.
- Никольский Ф.В., Бялый В.И.** Опорный разрез ордовика Верхнекаларской впадины Удоканского района // Стратиграфия и биостратиграфия юга Восточной Сибири. Сборник научных трудов. Иркутск, ВостСибНИИГГиМС, 1991, с. 71—82.
- Обручев В.А.** Древнепалеозойские осадочные породы долины р. Лены между ст. Качугской и Витимской // Зап. Вост.-Сиб. отд. русск. геогр. об-ва по общей географии. 1892, т. 26, вып. 1, с. 178—191.
- Огиенко Л.В.** Трилобиты и биостратиграфия нижнеордовикских отложений на юге Сибирской платформы. М., Недра, 1992, 160 с.
- Решения** Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири. Ч. 1. Верхний протерозой и нижний палеозой / Под ред. В.И. Краснова, В.Е. Савицкого, Ю.И. Тесакова, В.В. Хоментовского. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1983, 216 с.
- Ронов А.Б.** Стратисфера или осадочная оболочка Земли (количественное исследование). М., Наука, 1993, 144 с.

Степанова Н.И. Новые виды остракод из макаровской свиты (верхний ордовик) юго-востока Сибирской платформы // *Новости стратиграфии и палеонтологии*. Вып. 18: Приложение к журналу «Геология и геофизика», 2012, т. 53, с. 21—39.

Степанова Н.И. Литостратиграфия и зональное расчленение ордовикских отложений юго-востока Сибирской платформы по остракодам // *Геология и геофизика*, 2013, т. 54 (7), с. 921—939.

Стратиграфия ордовика Сибирской платформы / Под ред. Б.С. Соколова, Ю.И. Тесакова. Новосибирск, Наука, 1975, 254 с.

Суханова Н.В., Дзинкас А.К. Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Прибайкальская. Лист N-49-VII. Объяснительная записка. М., Недра, 1967, 68 с.

Тарабукин В.П., Каныгин А.В., Смирнов Д.Л., Павлушин А.Д., Буянкина Л.П. Находки палеозойских конодонтов в ксенолитах кимберлитовых трубок Сибирской платформы // *Геология и геофизика*, 1999, т. 40 (6), с. 834—842.

Тесаков Ю.И., Каныгин А.В., Ядренкина А.Г., Симонов О.Н., Сычев О.В., Абаимова Г.П., Дивина Т.А., Москаленко Т.А. Ордовик северо-запада Сибирской платформы. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003, 260 с.

Ядренкина А.Г., Каныгин А.В., Сычев О.В., Тимохин А.В., Гонта Т.В. Новая версия схемы корреляции и фациального районирования ордовикских отложений Сибирской платформы // *Региональная геология. Стратиграфия и палеонтология докембрия и нижнего палеозоя Сибири*. Новосибирск, СНИИГГиМС, 2010, с. 123—129.

Dronov A.V., Kanygin A.V., Gonta T.V. New data on the Ordovician of the Irkutsk Basin // *Abstracts of the Seventh Baltic Stratigraphical Conference*, 15—22 May 2008, Estonia, Tallinn, 2008, p. 18.

Dronov A.V., Kanygin A.V., Timokhin A.V., Tolmacheva T.Yu., Gonta T.V. Correlation of eustatic and biotic events in the Ordovician paleobasin of the Siberian and Russian Platforms // *Paleontol. J.*, 2009, v. 43, № 11, p. 1477—1497.

Kanygin A.V. Ecological revolution through Ordovician biosphere (495—435 Ma ages): start of the coherent life evolution // *Biosphere origin and evolution* / Eds. N. Dobretsov, N. Kolchanov, A. Rozanov, G. Zavarzin. Springer, 2008, p. 241—250.

Kanygin A.V., Moskalenko T.A., Yadrunkina A.G. The Siberian platform // *The Ordovician system in most of Russian Asia: Correlation charts and explanatory notes*. Ottawa, IUGS, 1988, № 26, p. 1—27.

Kanygin A.V., Koren T.N., Yadrunkina A.G., Timokhin A.V., Sychev O.V., Tolmacheva T.Yu. The Ordovician of the Siberian Platform // *The Ordovician Earth System*. Boulder, Colorado, USA, Geol. Soc. Amer., Spec. Pap. 466, 2010a, p. 105—117.

Kanygin A.V., Dronov A.V., Timokhin A.V., Gonta T.V. Depositional sequences and palaeoceanographic change in the Ordovician of Siberian craton // *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleocol.*, 2010b, v. 296, № 3—4, p. 285—296.

Sepkosky J.J. Mass extinctions in the Phanerozoic oceans: a review // *Geol. Soc. Amer., Spec. Pap.* № 247, 1982, p. 238—290.

*Поступила в редакцию
5 ноября 2014 г.*