

УДК 551.76

ТУОР-ЮРЯХСКИЙ РАЗРЕЗ “СРЕДНЕГО” МЕЛА НА ОСТРОВЕ КОТЕЛЬНЫЙ (НОВОСИБИРСКИЕ ОСТРОВА): КАК ВЫГЛЯДИТ НА СУШЕ ПРЕДПОЛАГАЕМОЕ ОСНОВАНИЕ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА МОРЯ ЛАПТЕВЫХ?

© 2018 г. А. Б. Кузьмичев^{1,*}, М. К. Данукалова¹, Г. Н. Александрова¹, В. А. Захаров¹,
А. Б. Герман¹, Б. Л. Никитенко^{2,3}, В. Б. Хубанов⁴, Е. В. Коростылев⁵

¹Геологический институт РАН, Москва

²Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

³Новосибирский государственный университет, Новосибирск

⁴Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ

⁵Московский физико-технический институт, Москва

*E-mail: nsi.kuzmich@yandex.ru

Поступила в редакцию 12.07.2017 г., получена после доработки 12.11.2017 г.

Модель геологического строения осадочного чехла моря Лаптевых, принятая в настоящее время большинством геологов, предполагает, что нижний сейсмический комплекс чехла начинается апт-альбскими отложениями. Последние могут быть изучены в естественных выходах на о. Котельный. В статье описан разрез Туор-Юряхской мульды, в котором вскрыта нижняя часть мелового комплекса. Разрез сложен континентальными угленосными породами мощностью около 100 м. Маркирующие пласты делят его на пять пачек, которые прослежены вдоль западного борта мульды на расстояние до трех километров. Спорово-пыльцевые комплексы и макроостатки растений указывают на то, что почти весь видимый разрез “среднего” мела имеет альбский возраст; к апту, возможно, относится только его нижняя часть мощностью не более 14 м. В 15 м выше подошвы мелового комплекса обнаружены морские фацции, содержащие фораминиферы альба. Разрез меловых пород подстилается нижнеюрскими морскими глинами и алевролитами. Ассоциации фораминифер из этой части разреза характерны для верхнего синемюра—основания плинсбаха, ископаемые двустворки указывают на позднесинемюрский возраст вмещающих пород. Перерыв в осадконакоплении длительностью около 70 млн лет никак не выражен в разрезе: фактически эту границу возможно обосновать только по микрофоссилиям. Такая неотчетливость контакта нижнеюрских и среднемеловых пород совершенно не соответствует геофизическим характеристикам подошвы нижнего сейсмокомплекса чехла восточной части моря Лаптевых. Последняя описывается как самый отчетливый сейсмический горизонт в разрезе чехла, причем предполагается несогласное залегание нижнего сейсмокомплекса на пенепленизированной поверхности литифицированных и дислоцированных пород. Такому описанию в гораздо большей степени отвечает подошва эоценовых отложений, которые наблюдались нами на островах Бельковский и Котельный. В статье обсуждается применимость полученных на суше результатов к интерпретации сейсмических разрезов шельфа моря Лаптевых. Сделан вывод, что неотчетливость границы между нижнеюрскими и среднемеловыми толщами в изученном разрезе может быть вызвана локальными причинами. Проведенные наблюдения не опровергают представления о вероятном апт-альбском возрасте пород в основании нижнего сейсмокомплекса, но предлагается все же сохранить в качестве одного из возможных рабочих вариантов распространенную ранее идею об эоценовом возрасте нижнего сейсмокомплекса осадочного чехла восточной части моря Лаптевых.

Ключевые слова: море Лаптевых, Новосибирские острова, нижний мел, апт—альб, нижняя юра, о. Котельный

DOI: 10.7868/S0869592X18040051

ВВЕДЕНИЕ

Аптские и альбские толщи на Новосибирских островах образуют обособленный осадочный или,

местами, вулканогенно-осадочный комплекс, который резко отличается от подстилающих пород; в данной статье для удобства описания он назван “средним мелом”. Этот этап геологической истории выражен в накоплении континентальных

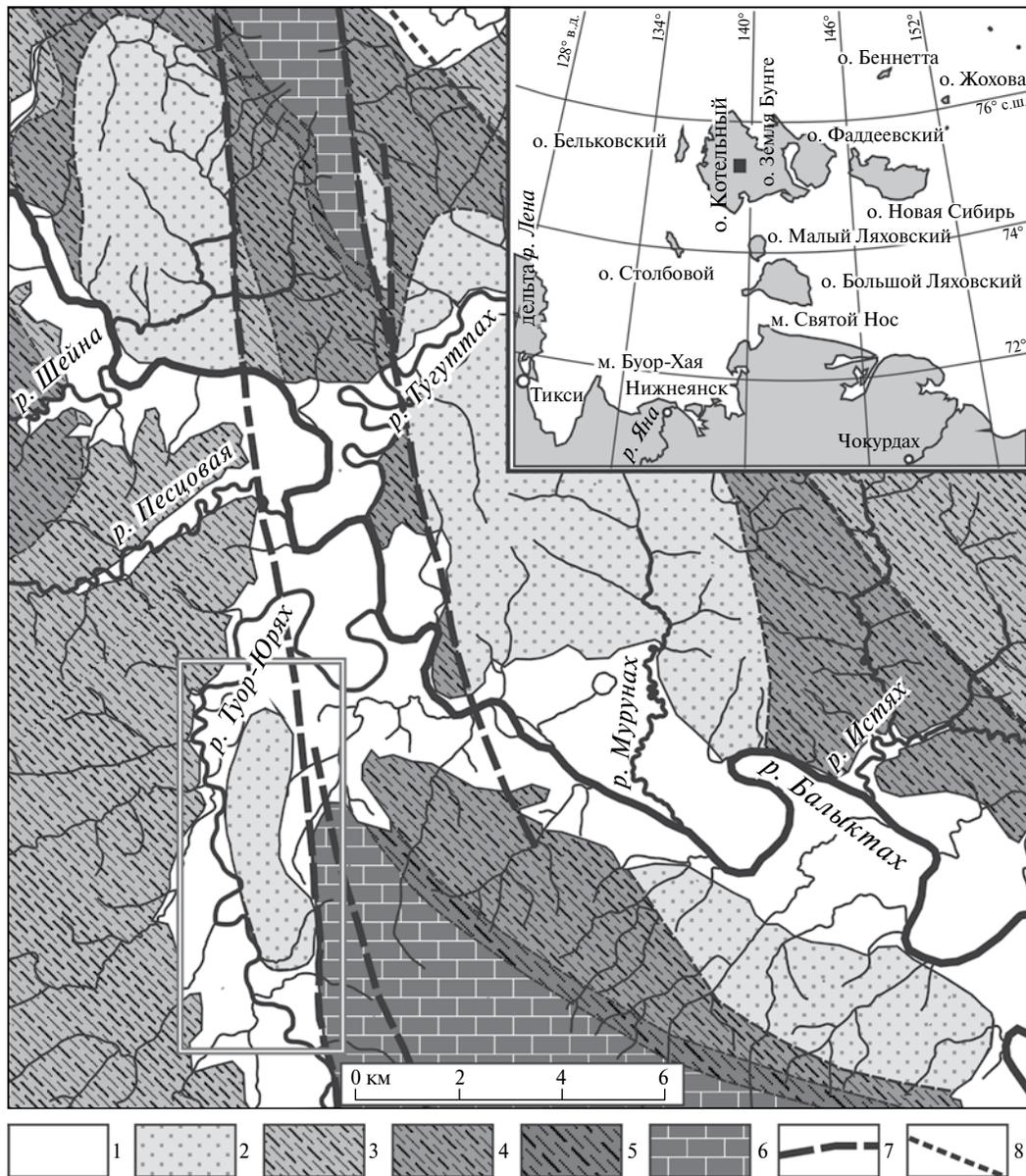


Рис. 1. Схема расположения выходов меловых пород в восточной части о. Котельный (среднее течение р. Балыктах). Составлена по полевым наблюдениям 2006 и 2010 гг. 1 – четвертичные отложения; 2 – угленосный средний мел; 3 – рэт–лейас; 4 – сланцы карния и нория; 5 – сланцы нижнего и среднего триаса; 6 – карбонатный палеозой; 7 – кулисные ветви Туор-Юряхского разлома; 8 – прочие разломы. Прямоугольником показана Туор-Юряхская мульда (рис. 2а). Северо-западный выход мела упоминается в тексте под названием Лагерная синклиналь. На врезке – географическое положение о. Котельный. Черным квадратиком отмечена площадь рис. 1.

угленосных отложений, которые залегают на триасовых и юрских морских породах. Считается, что средне меловой комплекс осадочных пород широко распространен на шельфах морей Лаптевых и Восточно-Сибирского и что именно он слагает нижнюю часть осадочного чехла (Kos'ko, Trufanov, 2002; Nikishin et al., 2014 и многие другие). На Новосибирских островах этот комплекс наиболее полно обнажается в восточной части о. Котельный (рис. 1), отдельные выходы известны также на о. Фаддеевском и Земле Бунге.

Мезозойские угленосные отложения на о. Котельный были обнаружены Э.В. Толлем и К.А. Воллосовичем во время Русской полярной экспедиции 1900–1902 гг. (Спижарский, 1947) и после этого неоднократно изучались геологами НИИГА в ходе геологических съемок (Вольнов и др., 1970, 1999; Преображенская и др., 1975; Непомилуев и др., 1979; Кос'ко и др., 1985; Дорофеев и др., 1999; Kos'ko, Korago, 2009). Эти породы были выделены в балыктахскую свиту апт-альбско-

го возраста, которая состоит из двух подсвит; верхняя отличается присутствием вулкаников кислого состава. Альбский возраст вулканических пород подтвержден изотопными данными по материалам полевых наблюдений 2006 г. (Кузьмичев и др., 2009а). В этой же работе приведена более подробная вводная информация по средне меловому комплексу о. Котельный.

В 2010 г. нам удалось заново исследовать все выходы меловых пород на о. Котельный. Они слагают шесть разобренных участков, пять из них показаны на рис. 1. В данной статье обсуждаются результаты наблюдений, касающиеся Туор-Юряхской синклинали. Главное преимущество Туор-Юряхского разреза заключается в том, что западное крыло синклинали здесь вскрыто в серии обрывов. Это дает возможность проводить детальные наблюдения и проследить пластины по простиранию. Такие обнажения редко встречаются на острове, и каждое представляет большую ценность. Меловые породы слабо литифицированы и поэтому вне клифа обнажены плохо. Предпринимая данное исследование, мы предполагали внести вклад в решение следующих вопросов.

1. Вопрос о несогласии в основании мелового комплекса осадков. В конце поздней юры—начале мела в Верхояно-Колымской складчатой области, расположенной к югу от Новосибирских островов, возник ороген. На южных (Ляховских) островах в это время накапливались синорогенные отложения передового прогиба (Кузьмичев и др., 2006, 2009б). Вероятно, о. Котельный в конце юры—начале мела представлял собой приподнятую сушу, но не исключено, что верхнеюрские—нижнемеловые породы здесь размыты, так как переотложенные спорово-пыльцевые комплексы этого возраста присутствуют в альбских породах (Кузьмичев и др., 2009а). Совсем недавно переизучение фораминифер из образцов керна одной из скважин, пробуренных в 70-х годах прошлого века на юго-западе Земли Бунге, выявило здесь разрез берриас-валанжинских отложений (Никитенко и др., 2017, 2018).

Апт-альбский интервал описывался нами как этап посторогенного растяжения, во время которого в приразломных впадинах накапливались угленосные континентальные отложения (Kuzmichev, 2009). Такая идеализированная схема предполагает несогласное налегание рифтогенных отложений на подстилающие деформированные палеозойские и триасово-юрские породы. Фактически угловое несогласие никем не наблюдалось, что оправдывалось неполной обнаженностью. В опорном разрезе балыктахской свиты, описанном ранее (Кузьмичев и др., 2009а), нижние видимые горизонты меловых пород обнажены на оплывших пологих склонах. Они отделены от подстилающих пород необнаженной долиной ручья, вдоль которой проходит

одна из ветвей Туор-Юряхского разлома (северо-западный участок на рис. 1). Во время проведения геолого-съёмочных работ было отмечено, что апт-альбский комплекс залегает преимущественно на верхних горизонтах “доорогенных” отложений, что дало основание считать меловые прогибы унаследованными от триасово-юрских (Косько и др., 1985). Такая идея не вполне согласуется с характеристикой нижнего сейсмокомплекса в осадочном чехле моря Лаптевых, который с резкой отчетливой границей лежит на деформированных породах акустического фундамента (например, Franke et al., 2000). В Туор-Юряхском разрезе нижний контакт средне мелового комплекса вскрыт в обрыве, что давало надежду решить вопрос о структурных различиях “доорогенного” и “посторогенного” комплексов и о наличии углового несогласия между ними. Решение этого вопроса важно для определения возраста синрифтового комплекса, слагающего основание осадочного чехла моря Лаптевых.

2. Проблема присутствия юрской или неокомской фауны, микрофауны и палинологических остатков в отложениях, которые мы считаем апт-альбскими. Геологические наблюдения, проведенные первыми двумя авторами настоящей работы на о. Котельный в 2006 и 2010 гг. показали, что нижние горизонты средне мелового комплекса осадков в значительной степени сложены глинистыми породами, представляющими собой перемятую или просто оползшую с возвышенностей верхнетриасовую и нижнеюрскую глину. Это предполагает присутствие в средне меловых породах органических остатков, переотложенных из более древних мезозойских пород. Более подробно вопрос разбирается в статье (Кузьмичев и др., 2009а).

3. Корреляция меловых отложений по разные стороны Туор-Юряхского разлома. Хотя все известные выходы меловых отложений компактно расположены в восточной части о. Котельный, разрезы, локализованные к западу от Туор-Юряхского разлома (рис. 1), отличаются отсутствием вулканических пород. Геологами НИИГА это обстоятельство объяснялось тем, что в западных разрезах обнажена только нижняя амагматичная подсвита балыктахской свиты (Косько и др., 1985). Такое предположение нуждается в более предметном обосновании, так как достоверная корреляция разрезов по разные стороны от Туор-Юряхского разлома на основании литологических признаков невозможна. Мы собирались более подробно изучить разрез западного типа на предмет присутствия в нем вулканического материала.

4. Палеогеография мелового бассейна осадконакопления. Остается неясным, накапливались ли меловые породы о. Котельный в едином прогибе, охватывающем значительную часть острова, или в локальных грабенах. Если верно второе, были ли

эти грабены одновозрастными? Оставалось неясным также, заливался ли иногда морем этот прогиб, сложенный в целом континентальными угленосными отложениями. От решения этих вопросов зависит корректность сопоставления наблюдаемых на суше разрезов с осадочным чехлом моря Лаптевых, распространенным на огромных территориях и имеющим несоизмеримо большие мощности.

РАЗРЕЗ СРЕДНЕГО МЕЛА ТУОР-ЮРЯХСКОЙ СИНКЛИНАЛИ

Общие сведения

Туор-Юряхская синклиналь, сложенная породами среднего мела, представляет собой узкую (менее двух километров) впадину, вытянутую в меридиональном направлении на 6 км вдоль Туор-Юряхского разлома (рис. 2). Впадина лежит на простирации Лагерной синклинали, расположенной севернее (рис. 1), с которой прежде она, вероятно, соединялась. Несмотря на незначительную мощность мелового разреза, вскрытого в обнажениях, проведенные здесь наблюдения существенно дополняют опубликованные нами ранее сведения о меловых отложениях о. Котельный (Кузьмичев и др., 2009а). Здесь есть возможность изучить их нижний контакт в береговом обрыве и проследить пласты по простирацию почти на 3 км.

Восточный контакт средне мелового комплекса не обнажен. Прослеживание этой границы в южном направлении показывает, что она приурочена к крупноамплитудному сбросо-сдвигу — главной ветви Туор-Юряхского разлома. Предполагается, что по этому разлому меловые отложения контактируют с верхнесилурийскими и нижнедевонскими известняками (Косько, Непомилуев, 1982; Данукалова и др., 2015). С запада выходы мела ограничены резкой дугообразной границей, которая отчетливо дешифрируется на космических снимках и, возможно, приурочена к сбросу — дополнительной ветви Туор-Юряхского разлома. Меловые отложения здесь слагают выраженный в рельефе уступ, что, возможно, свидетельствует о воздымании восточного крыла и опускании западного в новейшее время. К западу от дугообразного разлома располагается низина, в которой под четвертичным чехлом предполагается присутствие нижнеюрских или рэт-нижнеюрских пород (Косько, Непомилуев, 1982). В самом южном выходе меловых отложений можно наблюдать замыкание нижних видимых горизонтов разреза (рис. 3), свидетельствующее о мульдообразном контуре Туор-Юряхской синклинали.

Фактически в береговом уступе долины р. Туор-Юрях обнажена только узкая полоса пород, приуроченная к нижним горизонтам западного

крыла синклинали (рис. 3). Разрез несколько наращивается вдоль ручьев, прорезающих это крыло, максимально на расстояние до 400 м по горизонтали от западной границы. Нами изучены три участка обнажений, где р. Туор-Юрях подходит к коренному склону и подмывает меловые отложения (с юга на север: Первый, Второй и Третий обрывы; рис. 3). Общая мощность видимого разреза составляет около 100 м. Это преимущественно континентальные угленосные отложения, в разрезе которых насчитывается до 12 угольных пластов. Благодаря присутствию маркирующих горизонтов, интервалы разреза, вскрытые на упомянутых участках, могут быть скоррелированы между собой (рис. 4). В соответствии с корреляционными уровнями в видимой части средне мелового разреза выделено пять пачек (рис. 4).

Пачка 1. От видимой подошвы разреза до кровли Нижнего угля

Самые нижние горизонты видимого разреза угленосной меловой толщи выходят в Первом обрыве (рис. 3) и нигде более не видны. Обнажение Первый обрыв представляет собой частично заплывший ступенчатый крутой склон высотой до 17 м, в котором выделяются два мощных пласта угля (Fig. S1¹). Нижний пласт прочный, он обрушивается блоками (рис. 5). В паводок обломки угля размером до полуметра разносятся далеко вниз по течению реки и оседают на песчаных косах. Этот пласт, несомненно, принадлежит среднему мелу: более древние континентальные угленосные толщи на о. Котельном неизвестны. В основании обрыва обнажаются морские отложения раннеюрского возраста. То, что в Первом обрыве вскрыт контакт нижнеюрских и средне меловых пород, выяснилось только после лабораторной обработки полевых материалов. Наверное, было бы правильным дать раздельное описание этих разновозрастных комплексов в составе разных пачек. Мы, однако, сохранили полевое расчленение разреза, так как в обнажении граница этих комплексов литологически никак не выражена: средне меловая глина “согласно” лежит на нижнеюрской глине с параллельным контактом. Эта нижняя часть разреза изучена более подробно, в ее составе выделено четыре слоя (рис. 4).

Слой 1. Видимое основание обрыва сложено светло-серой (буровато-серой во влажном состоянии) аргиллитоподобной плотной непластичной глиной, вверх переходящей в алевритистую глину. Она мягкая, разламывается руками, но в су-

¹Дополнительные данные (Supplementary data) включают полевые фотографии (Figs. S1–S9) и таблицу с результатами изотопного датирования детритовых цирконов и доступны в виде приложения к онлайн английской версии статьи на сайте <http://link.springer.com/>.

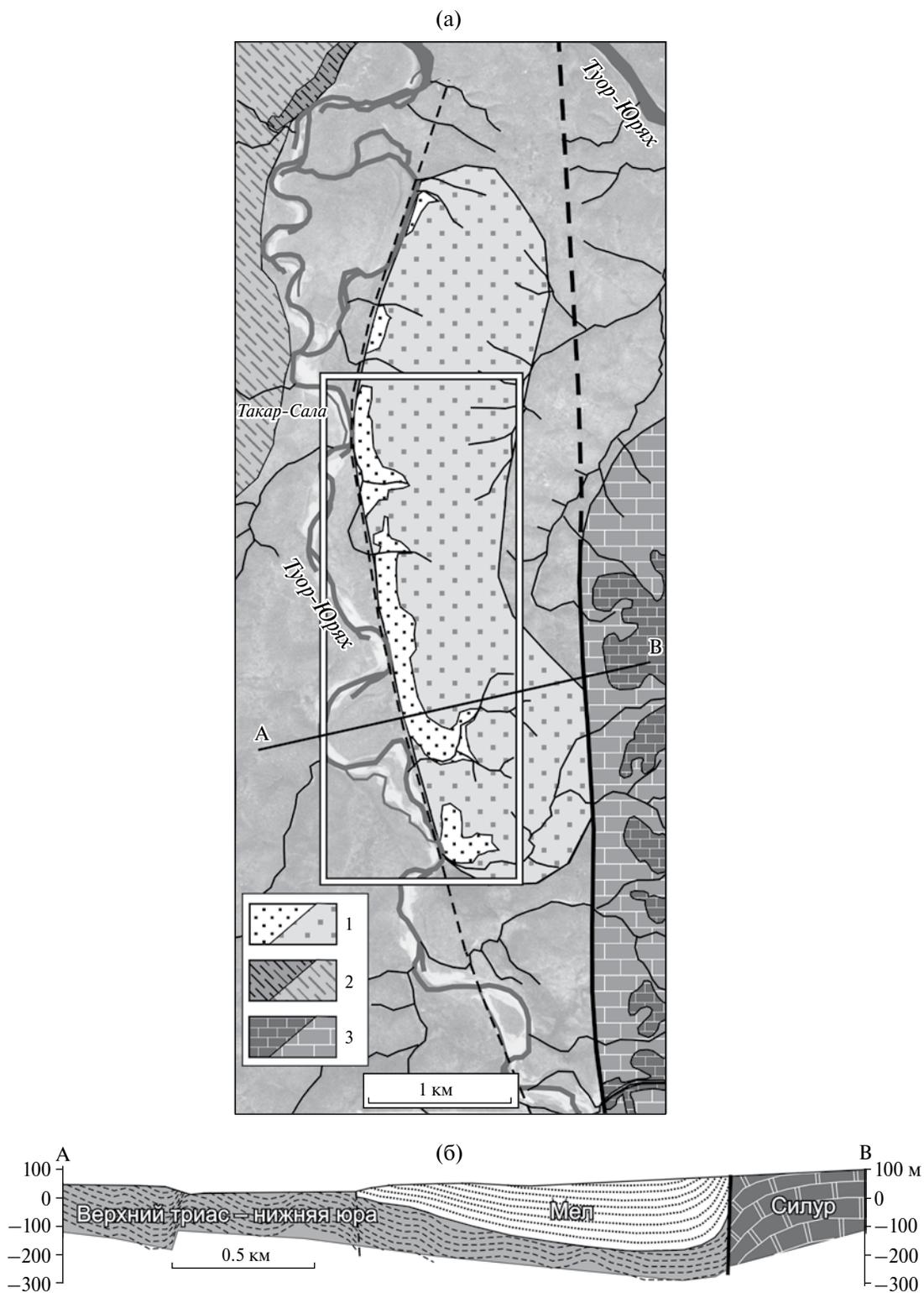


Рис. 2. (а) Схема выходов коренных пород в районе Туор-Юряхской мульды и (б) профиль к рис. 2а по линии АВ. На рис. 2а более яркой заливкой показаны реальные выходы (в легенде – слева), в блеклых тонах – задернованные выходы (в легенде – справа). 1 – средний мел; 2 – рэт–нижний лейас; 3 – палеозой. Прямоугольником показан контур рис. 3. На рис. 2б масштаб увеличен вдвое. Вертикальный и горизонтальный масштабы одинаковые.

хом состоянии растрескивается на бесформенный неплитчатый мелкий щебень и часто дает скорлуповатые сколы. Глина содержит несколько

четырёх) невыдержанных горизонтов алеврит-карбонатных (сидерит, доломит и кальцит) караваяобразных или пластовых конкреций мощностью

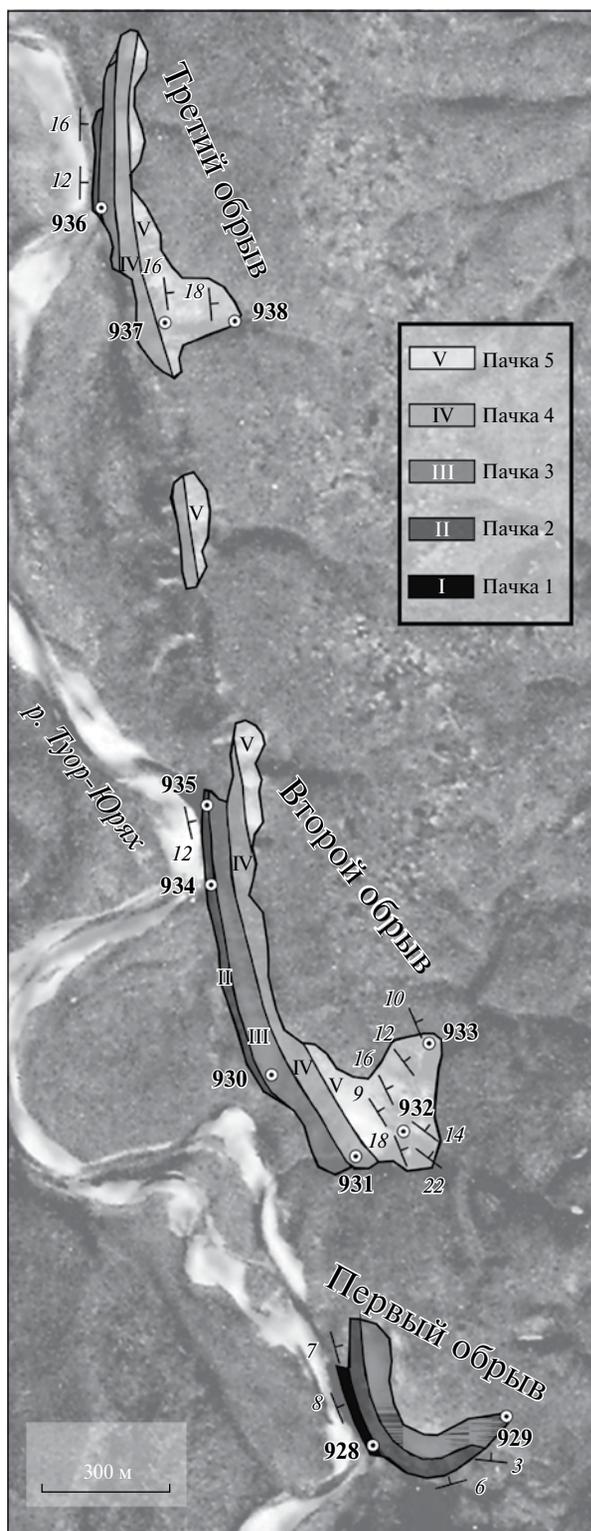


Рис. 3. Детальная геологическая схема Туор-Юряхской мульды.

Показаны точки наблюдений, элементы залегания и выделенные пачки. В качестве основы использован комбинированный из Corona и Landsat космический снимок, на котором видна прорезанная ручьями долина р. Туор-Юрях.

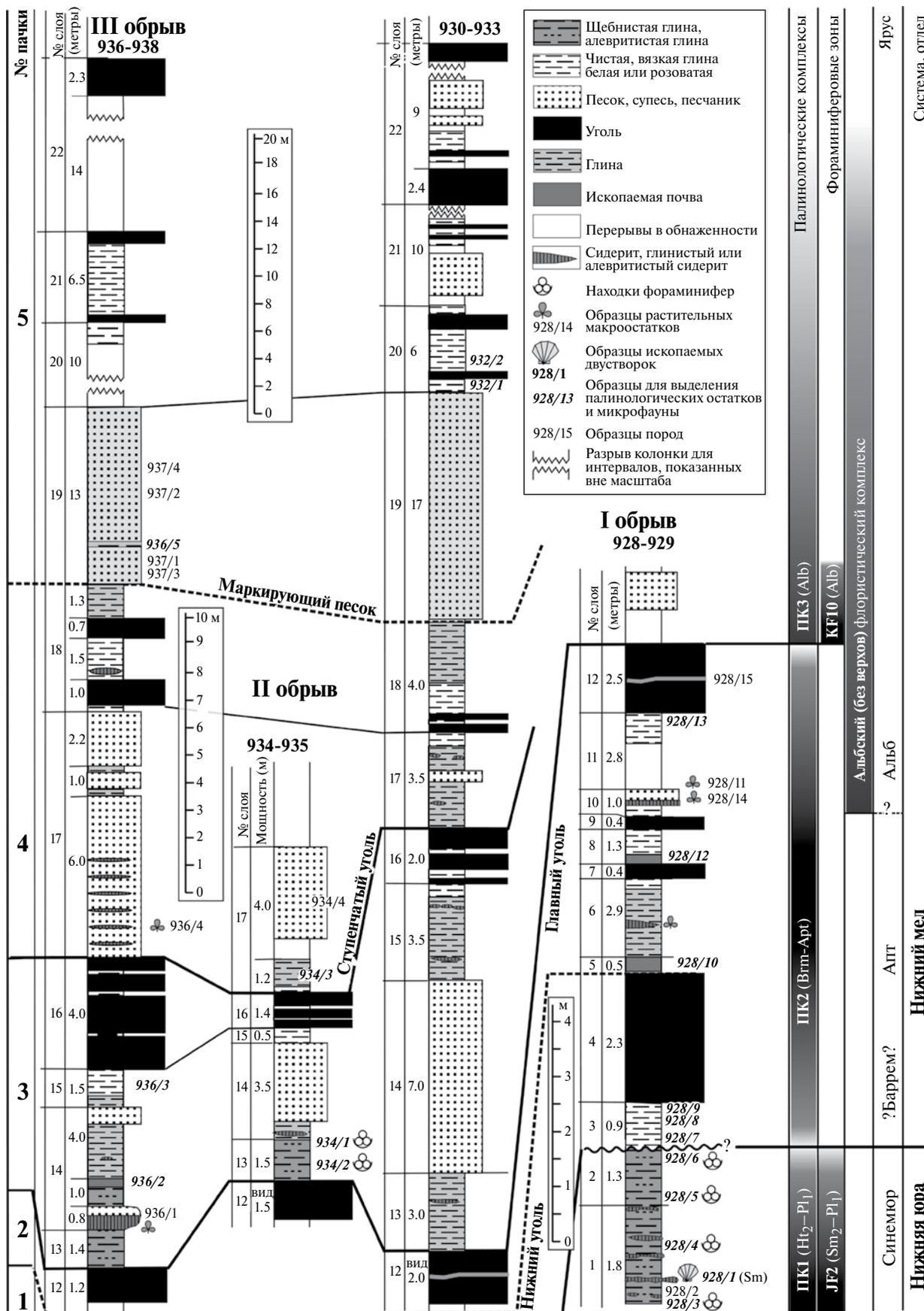
10–30 см (Fig. S2). Реже встречаются шаровидные конкреции. Они приурочены преимущественно к алевроитистым прослоям. В нижнем конкрециевидном горизонте присутствуют мелкие гороховидные или червеобразные конкреции пирита. В одном из таких горизонтов сохранились первичные седиментационные текстуры, интерпретированные как рябь течения (Fig. S3). В некоторых конкрециях присутствуют раковины ископаемых двустворчатых моллюсков. Встречаются как одиночные экземпляры, так и их скопления. Раковины обычно деформированы в процессе уплотнения осадка. В конкрециях редко наблюдались также отпечатки растений плохой сохранности. В слоистых разностях иногда видны следы биотурбации. Мощность слоя 1 более 1.8 м. Его верхняя часть обнажена плохо вследствие оползания глинистых пород на крутом склоне: фактически в верхней части видны только разноориентированные карбонатные конкреции среди оплывшей глины.

Слой 2. Обнажен гораздо хуже, чем слой 1, так как целиком приходится на оплывшую часть склона. Граница со слоем 1 проведена по исчезновению конкреций. Слой 2 сложен серой, темно-серой или буроватой глиной, которая мало отличается от глины слоя 1. Расчисткой удалось вскрыть только верхнюю часть слоя, которая представлена темно-серой глиной. Если получается расщепить ее по слоистости, то иногда можно наблюдать неявные растительные отпечатки. В кровле наблюдались следы корней. Мощность 1.3 м.

Слой 3. По резкой границе темно-серые, буроватые глины слоя 2 перекрыты более светлыми глинами, отнесенными к слою 3 (рис. 6). Светлая глина в целом выглядит несколько более пластичной и менее трещиноватой. Возможно, причиной текстурных различий является разная степень увлажнения. На свежем срезе в глине нижней части слоя 3 видна слоистость, и встречаются отпечатки растений на плоскостях напластования. Вверх по разрезу глина становится более вязкой и более светлой, в ней появляются розоватые и сиреневые оттенки. Некоторые интервалы пронизаны углефицированными корнями растений. В кровле слоя залегает сильно разбухающая розоватая глина с жилками льда. Мощность 0.9 м. Контакт с углем слоя 4 резкий: на розовую глину сразу ложится монолитный уголь.

Слой 4, Нижний уголь. Слоистый прочный вязкий уголь, обрушивающийся крупными блоками (рис. 5). Мощность 2.3 м.

Характер контакта морских и континентальных отложений представлялся нам принципиально важным при проведении полевых наблюдений, однако во всем подугольном интервале разреза ни одной очевидной литологической



границы, которую можно было бы интерпретировать как поверхность несогласия, мы не нашли. На большей части обнажения горизонты с конкрециями и разделяющие их глины, которые видны в коренном залегании в основании обрыва, залегают параллельно или почти параллельно Нижнему углю. Встречались участки, на которых прочные алеврит-сидеритовые пласты слоя 1 имеют наклонное и даже крутое залегание, но подобные участки приурочены к оползшим вниз по склону породам. Наиболее отчетливой является граница темно-серых глин слоя 2 и светлых более пластичных глин слоя 3, которая, однако, не производит впечатления принципиального стратиграфического раздела, к которому могло бы быть приурочено крупное несогласие. Более подробно переход от нижнеюрских пород к меловым обсуждается ниже после представления палеонтологических данных.

Пачка 2. От кровли Нижнего угля до кровли Главного угля

Эта пачка обнажена на полную мощность также только в Первом обрыве. Характер ее строения показан на рис. 4, и послойного описания мы не приводим. Значительная ее часть сложена плохо обнаженной глиной серой, сизой или буровато-серой, содержащей прослой и линзы песка и супеси. Пачка содержит три пласта угля (слои 7, 9 и 12 на рис. 4), и все они подстилаются специфической “подугольной” глиной, являющейся вязкой чистой белой или окрашенной в розоватые или сиреневатые тона. Такая глина сильно разбухает и оплывает вниз по склону, иногда полностью закрывая подстилающую породу. Некоторые пласты угля перекрываются “надугольными” породами, содержащими прослой мягкой бурой ископаемой почвы. Такие породы наблюдались в нижних частях слоев 5 и 8. На двух уровнях отмечены сидеритовые конкрециевидные горизонты. Верхний сидеритовый уровень (слой 10) приурочен к алевролиту, переходящему в песчанистый алевролит. В пределах этого горизонта наблюдается постепенный переход от массивного монолитного сидерита в основании к плитчатой и тонкоплитчатой породе в средней части. На плоскостях напластования плитчатых



Рис. 4. Стратиграфические колонки трех обрывов, прорисованные с разной детальностью в трех разных масштабах.

Границы интервалов разного масштаба выделены жирным пунктиром. Необнаженные интервалы в верхних частях колонок показаны вне масштаба. Волнистая линия в нижней части правой колонки — поверхность стратиграфического несогласия. Аббревиатуры ярусов: Alb — альбский, Apt — аптский, Brm — барремский, Nt — геттангский, Pl — плинсбахский, Sm — синемюрский.



Рис. 5. “Нижний уголь” в Первом обрыве.

Это наиболее прочный пласт в данном выходе. Ниже него — оплывшая серая глина, в самой нижней части обрыва закрытая осыпью юрская часть разреза, сложенная серой алевритистой глиной с сидеритовыми конкрециями и конкреционными горизонтами. Ниже по течению реки этот уровень виден в коренном залегании. Высота рейки 2 м.

пород сохранились многочисленные макроостатки растений, среди которых преобладают отпечатки листьев гинкговых (описание см. ниже). Мы предполагаем, что растительные остатки в изобилии присутствуют и на некоторых других уровнях разреза второй пачки, но только из относительно



Рис. 6. Расчищенный контакт темной глины сл. 2 и светлой глины сл. 3.

крепких плитчатых пород слоя 10 они могут быть извлечены, сохранены и изучены (местонахождения 928/11 и 928/14 на рис. 4).

Пачку венчает маркирующий пласт угля мощностью около 2.5 м, который прослежен во всех трех обрывах и получил название Главный уголь (слой 12 на рис. 4). От Нижнего угля он отличается более отчетливой слоистостью и пластинчатостью. В средней части угольного пласта прослеживается выдержанный горизонт крепкой фосфатной (?) породы темно-бурой на свежем сколе, белой на выветрелой поверхности, мощностью несколько сантиметров. Местами эта порода обнаруживает оолитовую структуру.

Общая мощность пачки 2 составляет около 12 м.

Пачка 3. От кровли Главного угля до кровли Ступенчатого угля

Нижняя часть пачки хорошо обнажена во Втором обрыве (точки 934–935, рис. 3 и 4). Здесь видно, что на поверхности Главного угля, уходящего обрывом в воду, лежит вязкая неслоистая темно-серая глина (Fig. S4). Из-за однородного строения и некоторого сходства с триасовыми глинами в поле предполагалось, что она имеет морской генезис (Fig. S5). Вверх эта глина постепенно переходит в более светлую алевритистую глину. Мощность этой части разреза (слой 13 на рис. 4) около 1.5 м. Выше расположен плохо обнаженный интервал, который преимущественно сложен песками, супесями и песчаниками, а также глиной в нижней части. Песчаники косослоистые, с растительным детритом. Отмечены разнообразные, в том числе мелкие ноздреватые, сидеритовые конкреции, которые вымываются из вмещающих пород и концентрируются на пляже ниже по течению. Верхняя часть сложена разбухающей и оплывающей “подугольной глиной”. Вдоль нее на уступе сформировалась выровненная площадка (Fig. S4).

Верхняя часть пачки образована Ступенчатым углем. По сути это несколько сближенных пластов угля, разделенных маломощными прослоями буроватой или розовой глины. Этот пласт легко узнается и прослежен на большом расстоянии. Гораздо лучше он обнажен южнее Второго обрыва, а также в Третьем обрыве (рис. 3).

К югу от берегового обрыва породами пачки 3 сложен выраженный уступ, в котором маркирующее значение имеют пески в средней части и Ступенчатый уголь. В районе точки 930 (рис. 3) пачка опознается по рыхим осыпям песка в средней части разреза, которые слагают пропелшины. Ступенчатый уголь здесь состоит из трех пластов угля общей мощностью 2 м, разделенных прослойками глины. Мощность третьей пачки в этом направлении увеличивается вдвое. Плохо обнаженные вы-

ходы третьей пачки присутствуют также и еще южнее, в районе Первого обрыва. Здесь на вершине бугра над Главным углем в высыпках выходят желтые супеси с линзами сидерита и ржавые плитчатые песчаники. Водораздельные пропелшины присыпаны также и галькой. Так как прослоев конгломерата или гравелита, несомненно принадлежащих меловому разрезу, нигде более не встречено, мы предполагаем, что галька относится к высыпкам четвертичных “водораздельных конгломератов”.

Еще лучше пачка 3 обнажена в Третьем обрыве, где на полную мощность вскрыта в береговом обнажении (Fig. S6, S7). Здесь Главный пласт угля, который выходит в основании обрыва, так же как и южнее, перекрывается черной или черно-бурой вязкой (“морской”) глиной, но ее мощность здесь всего 5–10 см. Выше она постепенно переходит в светлую алевритистую глину с щебенчатой отдельностью (Fig. S8). В верхней части этого слоя (слой 13, рис. 4) встречаются нечеткие отпечатки ископаемых растений.

Вышележащая часть разреза третьей пачки в Третьем обрыве имеет иное строение, главным образом за счет того, что интервал рыжеватого песка здесь почти выклинивается и утрачивает маркирующее значение. Здесь над глиной слоя 13 залегает горизонт сидерита, переходящего в карбонатно-глинистый алевролит или алевропесчаник. Характер слоя снизу вверх и по латерали меняется. В основании иногда присутствуют сближенные мелкие (3–5 см) картофелевидные конкреции сидерита, выше они сегрегируются в массивный пласт. Верхняя (основная) часть сложена плитчатой сидерит-алевритовой породой. На всех уровнях, даже в картофелевидных конкрециях, встречаются многочисленные отпечатки растений (местонахождение 936/1, рис. 4). Наиболее полные экземпляры встречаются в верхней плитчатой части слоя, где наблюдались ископаемые вайи папоротников длиной до 0.5 м. Местами эти флороносные слои выклиниваются. Выше лежат алевролиты с оскольчатой изломом, вверх переходящие в мягкий темный материал, похожий на ископаемую почву. Вышележащие подугольные пласты, как и везде, обнажены плохо, из-за оползания бело-розовой полужидкой глины, которая непосредственно подстилает Ступенчатый уголь. Последний в Третьем обрыве состоит из четырех угольных пластов мощностью (снизу вверх) 1.3, 1.5, 0.7, 0.5 м, разделенных вязкой сиреневой глиной. Общая мощность Ступенчатого угля здесь максимальна и составляет около 4 м.

Пачка 4. От кровли Ступенчатого угля до подошвы маркирующего песка

Наиболее полно пачка обнажена в районе Третьего обрыва. Здесь большая нижняя часть пачки сложена песком, который непосредственно

ложится на Ступенчатый уголь. Этот интервал обнажен на полого наклоненной поверхности (Fig. S7). Нижние две трети песчаного интервала (6 м по мощности) сложены желтой или белой супесью и песком. На нескольких уровнях (до 10), равномерно распределенных по разрезу, встречаются плитки и конкреции глинистого сидерита, которые прослеживаются по простиранию (рыжие полосы на Fig. S7). В них встречаются отпечатки листьев *Sphenobaiera* (местонахождение 936/4, рис. 4). Слой мягкий, и плоская терраска, сложенная им, тянется к югу на 150 м, пока не уходит на уровень поймы. Несколько выше на Fig. S7 виден уступ, в котором выходят аналогичные супеси, но в основании и в кровле этого интервала мощностью около метра присутствуют маломощные пласты глины с линзочками угля. Следующий уступ (Fig. S7) сложен грязно-желтой супесью, переходящей в песчаник. Общая мощность песчаного интервала в районе Третьего обрыва составляет 9–9.5 м (рис. 4). Вышележащие пласты обнажены хуже, так как сложены преимущественно глиной (преобладает белая глина). Этот интервал содержит два пласта угля по 0.7–0.8 м, которые образуют квесточки.

Во Втором обрыве песок этой пачки отделяется пластом глины от Ступенчатого угля. Песком сложена верхняя часть Второго обрыва, гребень которого бронируется плитами песчаника (Fig. S4). Некоторые интервалы песчаной пачки имеют снежно-белый цвет, и в поле мы предполагали туфовый генезис подобных прослоев. Подробнее об этих породах сказано ниже, при обсуждении детритовых цирконов. Вышележащая часть разреза во Втором обрыве обнажена плохо.

Южнее, в районе точек 930–931, пачка 4 вскрыта на полную мощность, но обнаженность здесь неполная. В этом выходе пачка сложена преимущественно глинистыми разностями, среди которых присутствуют пески и супеси, в том числе встречаются такие же, как и во Втором обрыве, снежно-белые разновидности. В нижней части разреза много конкреций сидерита, в средней части разреза – двойной пласт угля, оползающий вместе с подстилающей его белой глиной. Между пластами и выше них также обнажается белая глина. Мощность пачки 4 здесь уменьшается до 7.5 м (рис. 4).

Пачка 5. От подошвы маркирующего песка до видимой кровли

Эта пачка уже не обнажается в обрывах, но наблюдалась по ручьям в интервале точек 937–938 (южнее Третьего обрыва, см. рис. 3) и 930–933 (южнее Второго обрыва). Нижняя часть пачки сложена песком, который дает проплешины и может быть прослежен на космических снимках на значитель-



Рис. 7. Размытый белый песок со сферическими конкрециями песчаника. Слой 19 Третьего обрыва вблизи точки 937 (см. рис. 3, 4).

ное расстояние. В районе точки 973 (см. рис. 3) это желтый или белый песок, переходящий в песчаник. Встречаются известковые журавчики и неправильные стяжения песчаника за счет неравномерной цементации. Наблюдались также сферические конкреции песчаника диаметром до 1 м (рис. 7). В них сохраняется слоистость и плитчатость. Район точки 937 – это одно из немногих обнажений, где рыхлый песок выходит в коренном залегании. Он вскрыт расчисткой, которая выявила грубую косую слоистость с круто наклоненными сетами (Fig. S9). Направление течения – с запада на восток. На разных уровнях наблюдались прослои, обогащенные углистым веществом, мощностью от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. В них присутствуют также линзочки глины. В отличие от косослоистого песка, подобные глиняные прослои выдержанные и, вероятно, отлагались горизонтально. Встречаются также редкие сидеритовые стяжения. Мощность песка в этом обнажении около 13 м.

По ручью, на котором расположены точки 931–933, маркирующий песок в нижней части – белый и серый, выше – желтый. Желтый песок участками переходит в песчаник. В верхней части местами встречаются линзы чистого белого песка, переходящего в алевролит. Эти линзы дают яркие белые залысины среди тундровой растительности. В нижней и верхней частях разреза в высыпках наблюдались конкреции сидерита. Мощность около 17 м.

Вышележащие верхние видимые горизонты мелового разреза обнажены не полностью. В ненарушенном залегании видны только прослои угля, слагающие уступчики и позволяющие определить залегания. Таких прослоев несколько (до семи в интервале точек 931–933, см. рис. 3). Обычно они подстилаются и разделяются белой глиной. В разрезе также отмечены пески, супеси и песчаники, иногда с обильным растительным детритом, встречаются конкреции сидерита.

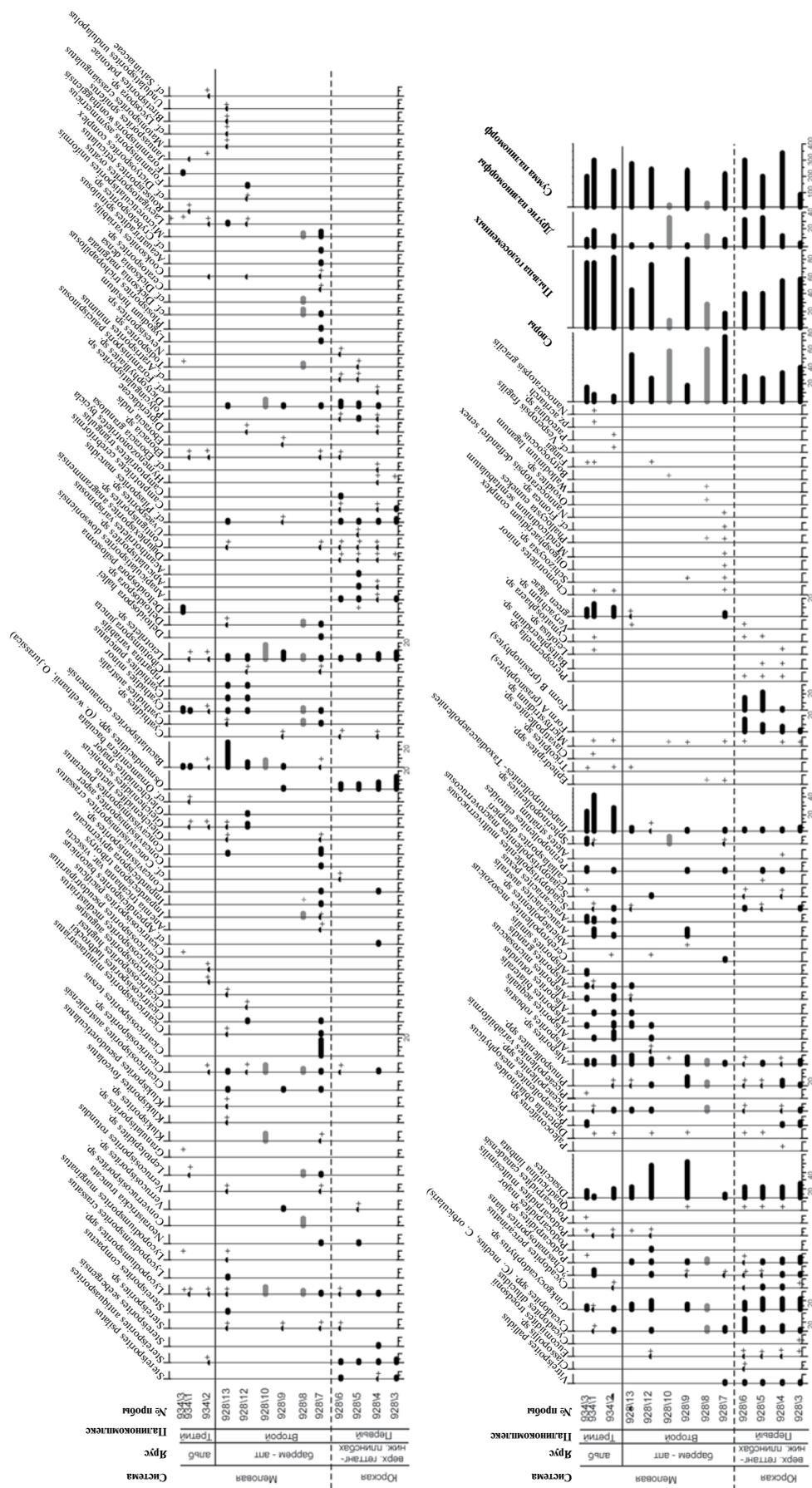


Рис. 8. Палинологическая диаграмма для нижней части разреза среднемиловых пород нижнего течения р. Туор-Юрья и для подстилающих нижеюрских отложений.

Суммарная видимая мощность пятой пачки превышает 45 м. Общая мощность видимого разреза среднего мела, вскрытого в западном крыле Туор-Юряхской мульды, составляет около 100 м.

БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Палинология

В разрезе выделено три палинокомплекса (ПК).

Первый ПК установлен в пачке 1 в интервале слоев 1 и 2 (образцы 928/3–928/6, см. рис. 4, 8). Он характеризуется присутствием многочисленных спор и пыльцы высших растений, частых мелких, овально-округлых, мелкобугорчато-шиповатых оболочек (предположительно относимых к прازیнофитам), а также немногочисленных морских прازیнофитов и акритарх – *Pterospermella* sp., *Sumatiosphaera* sp., *Micrhystridium* sp., *Baltisphaeridium* sp., *Veryachium* sp., *Leiophusa* sp., что свидетельствует о прибрежно-морском генезисе осадков.

В спектрах среди палиноморф высших растений отмечается незначительное преобладание (в среднем около 60%) (рис. 8) пыльцы голосеменных над спорами мхов и папоротникообразных. Среди пыльцы голосеменных растений довольно многочисленны *Cycadophytes* spp., *Ginkgocycadophytus* spp., *Disaccites*, постоянно в меньшем количестве присутствуют *Quadraeculina* sp., *Alisporites* sp., *Palaeoconiferus* sp., *Piceapollenites* spp., *Piceapollenites mesophyticus*, *Pinuspollenites* sp., *Podocarpidites* spp., *Vitreisporites pallidus*, *Sciadopytisporites macroverrucosus*, *S. multiverrucosus*, *Perinopollenites elatoides*, *Inaperturpollenites–Taxodiaceapollenites*, относительно редки *Classopollis* sp., *Quadraeculina limbata*, *Dipterella oblatinoides*,? *Chasmatosporites hians*, *Aratrisporites minimus*, *Callialasporites dampieri*. В споровой части характерны частые *Osmundacidites*, *Leiotriletes*, *Stereisporites*, *Lycopodiumsporites*, *Dictyophyllidites*, cf. *Psilasporites marcidus*, *Apiculatisporites dowsoniensis* и более редкие *Apiculatisporites* sp., *Camptotriletes cerebriformis*, *Contignisporites* sp., *Duplexisporites anagrammensis*, *Polycingulatisporites* sp. Спорадически встречаются *Aletes striatum*, *Concavissimisporites* sp., *Syathidites minor*, *Eboracia* cf. *granulosa*, *Acanthotriletes varispinosus*, cf. *Appendicisporites baconicus*, *Cicatricosisporites* sp., *Concavissimisporites* cf. *crassatus*, *Nevesisporites limulatus*, *Hymenozonotriletes bycicla*, *Leptolepidites* sp., *Neoraistrickia truncata*, *Camptotriletes triangulus*, *Eucomiidites troedsonii*, cf. *Foraminisporis paucispinosus*, *Todisporites* sp., *Uvaesporites* sp. (табл. I).

Первый ПК по систематическому составу палиноморф, в частности по присутствию спор

Stereisporites sp., *Duplexisporites anagrammensis*, *Polycingulatisporites*, *Eucomiidites troedsonii*, *Camptotriletes cerebriformis*, и по высокому содержанию пыльцы *Cycadophytes* и *Ginkgocycadophytus* близок к палинокомплексам II–III верхнего геттанга–нижнего плинсбаха севера Сибири (Ильина, 1985; Никитенко и др., 2013). Однако присутствие спор схизейных папоротников (*Appendicisporites* и *Cicatricosisporites*), самые молодые находки которых для северных районов Сибири установлены в верхнем оксфорде, на уровне слоев с *Trilobosporites* spp., *Cicatricosisporites* spp., *Ornamentifera* spp. (Никитенко и др., 2015), может указывать, вероятно, на более молодой возраст осадков, охарактеризованных первым палинокомплексом. Хотя не исключено, что данные таксоны могут являться заносными.

Второй ПК установлен в пачке 2, обр. 928/7–928/13 из слоев 3–11 (рис. 4, 8). Его систематический состав существенно отличается от первого, что указывает на перерыв в осадконакоплении. Следует отметить, что в образцах 928/8 и 928/10 палиноморфы обнаружены в незначительном количестве (менее 50 экземпляров).

В комплексе пыльца голосеменных в основном представлена *Disaccites*, *Alisporites* sp., *Piceapollenites* spp., *Podocarpidites* spp., *P. major*, *P. multisimis*, *Pinuspollenites* sp., *Spherinopollenites* sp., *Inaperturpollenites–Taxodiaceapollenites* sp., *Ginkgocycadophytes* sp., спорадическими *Araucariacidites* sp., *Perinopollenites elatoides*, *Vitreisporites pallidus* и немногочисленными переотложенными юрскими таксонами – *Cycadophytes* sp., *Sciadopytisporites macroverrucosus*,? *Chasmatosporites* sp., *Dipterella oblatinoides*, *Quadraeculina* sp.

В споровой части спектров присутствуют *Leiotriletes* sp., *Vaculatisporites comaumensis*, *Cicatricosisporites* sp., *C. australiensis*, *C. ludbrockii*, *C. minutaestriatus*, *Concavissimisporites punctatus*, *Syathidites australis*, *C. minor*, *Deltoidospora* sp., *Dictyophyllidites* sp., *Gleicheniidites* sp., *Lycopodiumsporites* sp., *Psilasporites* sp., спорадические *Cibotiumspora juncta*, *Klukisporites* sp., *Stereisporites compactus*, *Verrucosisporites rotundus*, *Tripartina variabilis*. Появляются *Foraminisporis asymmetricus*, *Lycopodiumsporites crassatus*, *L. marginatus*, *Gleicheniidites senonicus*, *Klukisporites pseudoreticulatus*, *Cicatricosisporites angustus*, *C. hughesi*, *C. subrotundus*, *Dictyosporites complex*, *Dipteridaceae*, *Matonisporites crassiangulatus*, *Undulatisporites undulapolus*. Характерно присутствие единичных *Stereisporites* sp., *Aequatriradites spinulosus*, *Cooksonites variabilis*, *Dictyophyllidites* sp., *Neoraistrickia truncata*, *Pilosisporites trichopapillosus*, *Lygodium hirsutum*, *Klukisporites* sp., *Anemia trichacanta* var. *vissecta*, *Ceratosporites* sp., cf. *Eboracia granulosa*, *Cibotiumspora juncta*, *Contignisporites* sp.

Таблица I

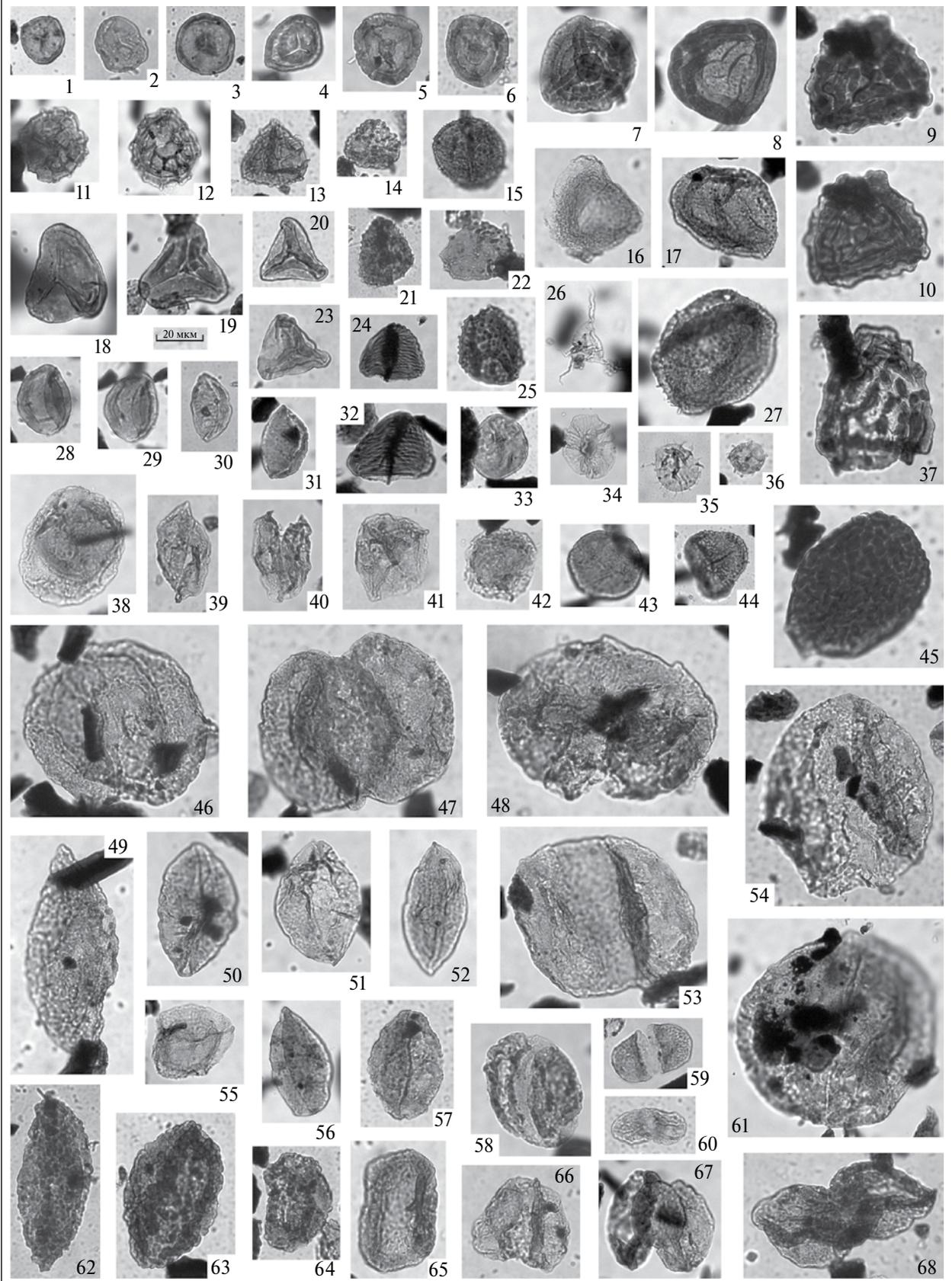


Таблица 1. Первый палинологический комплекс Туор-Юряхского разреза.

1, 2 – *Stereisporites psilatus*; 3 – *Stereisporites antiquasporites*; 4 – *Stereisporites seebergensis*; 5, 6 – *Polycingulatisporites* sp.; 7 – *Polycingulatisporites triangularis*; 8 – *Duplexisporites anagrammensis*; 9, 10, 37 – *Contignisporites* sp.; 11, 12, 13 – *Lycopodiumsporites* spp.; 14 – *Verrucosisporites* sp.; 15 – cf. *Foraminisporis paucispinosus*; 16 – *Hymenozonotriletes byciela*; 17, 27 – *Osmundacidites* spp.; 18 – *Dipteridaceae*; 19 – *Leiotriletes* sp.; 20, 23 – *Dictyophyllidites* sp.; 21, 22 – *Apiculatisporites* sp.; 24 – *Cicatricosisporites* sp.; 25 – *Anapiculatisporites dawsonensis*; 26 – *Veryachium* sp.; 28, 29 – *Eucomiidites troedssonii*; 30, 31 – *Ginkgocycadophytus* sp.; 32 – cf. *Appendicisporites baconicus*; 33, 43 – cf. *Pilasporites marcidus*; 34 – *Pterospermella* sp.; 35 – *Micrhystridium* sp.; 36 – *Cymatiosphaera* sp.; 38 – *Perinopollenites elatoides*; 39–42 – *Inaperturipollenites*–*Taxodiaceapollenites*; 44 – *Camptotriletes triangularis*; 45 – *Camptotriletes cerebriformis*; 46, 47 – *Alisporites* spp.; 48 – *Piceapollenites* sp.; 49, 62 – *Cycadopites* sp.; 50–52 – *Cycadopites* spp.; 53 – *Alisporites* sp.; 54 – ? *Chasmatosporites hians*; 55 – cf. *Aratrisporites minimus*; 56, 57 – *Cycadopites dilucidus*; 58 – *Pinuspollenites* sp.; 59, 60 – *Vitreisporites pallidus*; 61 – *Dipterella oblatinoides*; 63 – *Sciadopityspollenites macroverrucosus*; 64 – *Sciadopityspollenites multiverrucosus*; 65 – *Quadriculina limbata*; 66 – *Disaccites*; 67, 68 – *Podocapidites* spp.

В пробе 928/12 установлено первое появление спор *Laevigatosporites ovatus*, а в обр. 928/13 – пыльцы покрытосеменных *Tricolpites* sp. Только в нижней части интервала, охарактеризованного вторым ПК, присутствуют *Leptolepidites* sp., *Impardecispora apiverrucata*, ? *Dicksonia densa*, *D. marginata*, *Eboracia rudis*, *Converrucosisporites* sp., *Concavissimisporites* sp., *Todisporites* sp. На этом уровне единично встречены переотложенные юрские и раннемеловые диноцисты (*Phallocysta eumekes*, *Oligosphaeridium complex*, *Nannoceratopsis deflandrei*, *Mendicodinium semitabulatum*) и празинофиты (*Schizocysta* sp.).

Систематический состав спор и пыльцы второго ПК указывает на раннемеловой возраст отложений. Совместная встречаемость *Cicatricosisporites* sp., *C. tersus*, *C. australiensis*, *C. ludbrockii*, *C. minutaestriatus* на севере Сибири отмечается с верхов раннего готерива, а появление *Pilosporites trichoparillosus*, *Lygodium hirsutum* – с раннего баррема (Пешевицкая, 2010). Второй палинокомплекс не содержит спор полиподиевых папоротников, в нем отмечено лишь незначительное участие пыльцы, близкой к таксодиевым, которая часто встречается в альбских отложениях севера Сибири. Единичные зерна пыльцы покрытосеменных *Tricolpites* sp. обнаружены только в пробе 928/13, которая отобрана в верхней части пачки 2, под Главным углем (рис. 8). Перечисленные признаки позволяют предположить аптский возраст отложений. Близкий палинокомплекс был ранее описан из нижнебалыктахской подсвиты и тугуттахской толщи о. Котельный (Кузьмичев и др., 2009а).

Третий ПК характеризует породы третьей и четвертой пачек (образцы 934/1, 2, 3 из разреза Второго обрыва, см. рис. 4). Существенных изменений таксономического состава спор и пыльцы в нем, по сравнению со вторым палинокомплексом, не выявлено, что свидетельствует о непрерывности разреза (рис. 8). На этом уровне происходит перераспределение количественного содержания пыльцы и спор. В спектрах палинокомплекса доминирует пыльца голосеменных *Inaperturipollenites*–*Taxodiaceapollenites* spp., близкая к современным

представителям *Taxodiaceae*–*Cupressaceae*. Субдоминантами является пыльца голосеменных *Araucariacites rehus*, *A. cf. australis*, *Alisporites* sp., *A. aequalis*, *A. bilateralis*, *A. microsaccus*, *A. grandis*, *A. rotundus*, *Piceapollenites* sp., *Disaccites*. Немногочисленна пыльца *Spherinopollenites* sp., *Ginkgocycadophytus* sp., *Dipterella* sp., *Podocarpidites multesimus*, а также *Cycadopites* sp., *Perinopollenites elatoides*, часть из которых, вероятно, переотложена. Среди спор встречены немногочисленные *Laevigatosporites ovatus*, *Gleicheniidites* sp., *G. senonicus*, *Leptolepidites* sp., *Leiotriletes* sp., *Cyathidites minor*, *Coniopteris* sp., *Lycopodiumsporites* sp., *Baculatisporites comaumensis*, *Cicatricosisporites* spp., *Cerebropollenites mesozoicus*, *Januasporites spiniferus*, *Rouseisporites reticulatus*, *Ornamentifera baculata*, *Foraminisporis wonthaggiensis*, *Eboracia* sp. В образце 934/2 отмечается частая встречаемость *Sciadopityspollenites multiverrucosus*, тоже, вероятно, переотложенного. Постоянно отмечаются единичные зерна пыльцы покрытосеменных (*Tricolpites* sp.). В пробе 934/2 присутствуют диноцисты cf. *Vesperopsis fragilis*, здесь же и выше – акритархи *Micrhystridium* sp. и водоросли неясного систематического положения *Cymatiosphaera* sp., *Chomotriletes* sp., плодовые тела и гифы грибов (*Pluracellaesporites* sp.). Единично встречены переотложенные акантоморфные акритархи (*Cymbosphaeridium* sp. (силур), *Leiofusa* sp. (юра), а также юрские диноцисты (*Nannoceratopsis gracilis*, *Phallocysta* sp.).

Третий ПК по постоянному присутствию пыльцы покрытосеменных и спор *Laevigatosporites ovatus*, совместной встречаемости спор *Cicatricosisporites mediostriatus*, *C. pseudotripartitus*, *Januasporites spiniferus*, *Rouseisporites reticulatus* и в целом частой встречаемости разнообразных *Cicatricosisporites*, преобладанию пыльцы *Inaperturipollenites*–*Taxodiaceapollenites* spp., *Araucariacites* spp. датируется альбом (Короткевич, 1958; Воеводова, 1964; Любомирова, Кисляков, 1985). Находки диноцист рода *Vesperopsis* отмечаются из опресненных морских или озерных отло-

жений США, Гренландии и Арктической Канады, охватывающих возрастной интервал от альба до середины сеномана (Bint, 1986; Nøhr-Hansen, 1993, 2004; Nøhr-Hansen, McIntyre, 1998; Zippi, 1998; Fensome et al., 2008), что также свидетельствует об альбском возрасте осадков. Качественный состав палиноморф в третьем палинокомплексе указывает на формирование отложений в сильнообводненных континентальных, временами, возможно, лагунных палеообстановках.

Не вызывает сомнений, что и вышележащая часть разреза Туор-Юрхской синклинали также имеет альбский возраст, так как в ней представлена только нижняя часть апт-альбского комплекса о. Котельный.

Двустворчатые моллюски в основании разреза

Раковины двустворчатых моллюсков собраны в слое 1 пачки 1 разреза Первого обрыва (рис. 4). Коллекция насчитывает десятки экземпляров ядер, преимущественно отдельных левых и правых створок плохой и удовлетворительной сохранности. Захоронения представлены двумя типами: отдельными створками и их скоплениями – гнездами (табл. II). В образцах представлены ядра двух родов: *Otaripia* и *Inomonotis*. Род *Otaripia* на территории России распространен в верхнем триасе (карний–рэт)–нижней юре (геттанг–синемюр) на севере Средней Сибири, в Забайкалье, на Северо-Востоке и Дальнем Востоке Азии, а за пределами Азии в том же стратиграфическом диапазоне в Новой Зеландии, Новой Каледонии, на Аляске, Японских островах, в Европе (Альпы), Крыму (Невеская и др., 2013). Вид *Otaripia limaeformis* Zakharov к настоящему времени встречен в геттанге и синемюре на территории Северо-Востока Азии, севере Восточной Сибири и островах Арктики. Вид характеризуется сильной изменчивостью признаков. На отдельных экземплярах скульптура состоит из тонких часто расположенных радиальных ребер. Встречаются правые створки с ослабленными радиальными ребрами и гладкие (табл. II, фиг. 4). Значительно изменяется скошенность створок (табл. II, фиг. 3). Подобная изменчивость отмечалась при описании оригинальной коллекции этого вида с западного побережья Охотского моря (бассейн р. Вилига; Захаров, 1962) и из многих других мест в бассейнах рек северо-востока азиатской части России (Ефимова и др., 1968, табл. 3–5). Эти факты дают основание считать, что неустойчивость радиальной скульптуры и очертаний створок отражает внутривидовую (внутрипопуляционную) изменчивость. Следовательно, вся выборка, по нашему мнению, представлена одним видом *Otaripia limaeformis* Zakharov. Стратиграфический интервал вида охватывает нижнюю часть лейаса: геттанг

и синемюр. Акме-зона в разрезе на р. Вилига расположена в синемюре (Захаров, 1962).

Род *Inomonotis* впервые описан И.В. Полуботко вначале как *Monotis* (Ефимова и др., 1968, с. 32), а затем под первым названием (Невеская и др., 2013, с. 268), встречен в синемюрском ярусе (зона *Angulaticeras kolymicum*) бассейнов рек Коркодона, Бохабчи и Вилига. К настоящему времени этот род известен из нижней юры Азии, а в России – из верхнего синемюра Северо-Востока (Северное Приохотье и Восточное Верхоянье), а также с севера Восточной Сибири (бассейн р. Анабар). Поскольку в наших сборах изображенные экземпляры отсутствуют, их идентификация проведена по фотоснимкам и поэтому лишь в открытой номенклатуре. Следующие признаки взяты за основу при определении рода: раковина косо-овальная, удлиненная; створки покрыты высокими радиальными ребрами, наблюдаются ребра второго порядка и редкие слабые ребра третьего порядка, заднее ушко на правой (?) створке ребристое.

Таким образом, по двустворкам породы слоя 1 нижней пачки видимого разреза имеют раннеюрский, скорее всего синемюрский, возраст, а с учетом находки рода *Inomonotis*, ранее встреченного только в верхнесинемюрском подъярусе, возраст слоя 1, возможно, позднесинемюрский. Аналогичное заключение о раннеюрском возрасте пород, обнаженных в основании разреза Первого обрыва, сделали также геологи НИИГА (неопубликованные материалы В.Ф. Непомилуева), хотя на итоговой геологической карте масштаба 1:200 000 (Косько, Непомилуев, 1982) эти отложения не показаны из-за малой площади.

Нижнеюрский интервал разреза картировался геологами НИИГА в составе двух толщ. К западу от Туор-Юрхского разлома они выделяли рэт-нижнеюрскую нерасчлененную толщу мощностью около 700 м. В ее верхних 200 м ими отмечены находки двустворок *Otaripia originalis* Kipar. и *Pseudomytiloides* ex. gr. *sinuosus* Polub., характерных для геттанга Северо-Востока России. Восточнее Туор-Юрхского разлома картировалась собственно нижнеюрская толща, содержащая двустворки *Otaripia limaeformis* Zakh., *O. limaeformis affecta* Polub., которые считались тогда типичными для верхов синемюрского яруса Северо-Востока (Косько и др., 1985).

Микрофауна

Из пород пачки 1 изучены семь образцов (928/3–928/9, см. рис. 4). В образцах 928/7–928/9 фораминиферы не были обнаружены. В нижних четырех образцах (928/3–928/6), характеризующих слои 1 и 2 (рис. 4), выявлены относительно богатые ассоциации

Таблица II



Таблица II. Двустворки сем. Monotidae. Все образцы из (верхнего?) синемюра разреза Туор-Юрях (о. Котельный). Фотографии сделаны в полевых условиях А.Б. Кузьмичевым.

1 – *Inomonotis* cf. *inopinata* (Polubotko, 1968), ?левая створка; 2 – *Inomonotis* ex gr. *inopinata* (Polubotko, 1968), ?правая створка; 3 – *Otariria* cf. *limaeformis* Zakh., ?левая створка; 4 – *Otariria* *limaeformis* Zakh.: 4а – крупный фрагмент левой створки, 4б – ?правая створка; 5 – *Otariria* sp. juv. cf. *limaeformis* Zakh., ?правая створка; 6 – *Otariria* ex gr. *limaeformis* Zakh., фрагменты левых (с радиальными ребрами) и правых (гладкие) створок. Длина масштабных линеек 1 см.

Таблица III

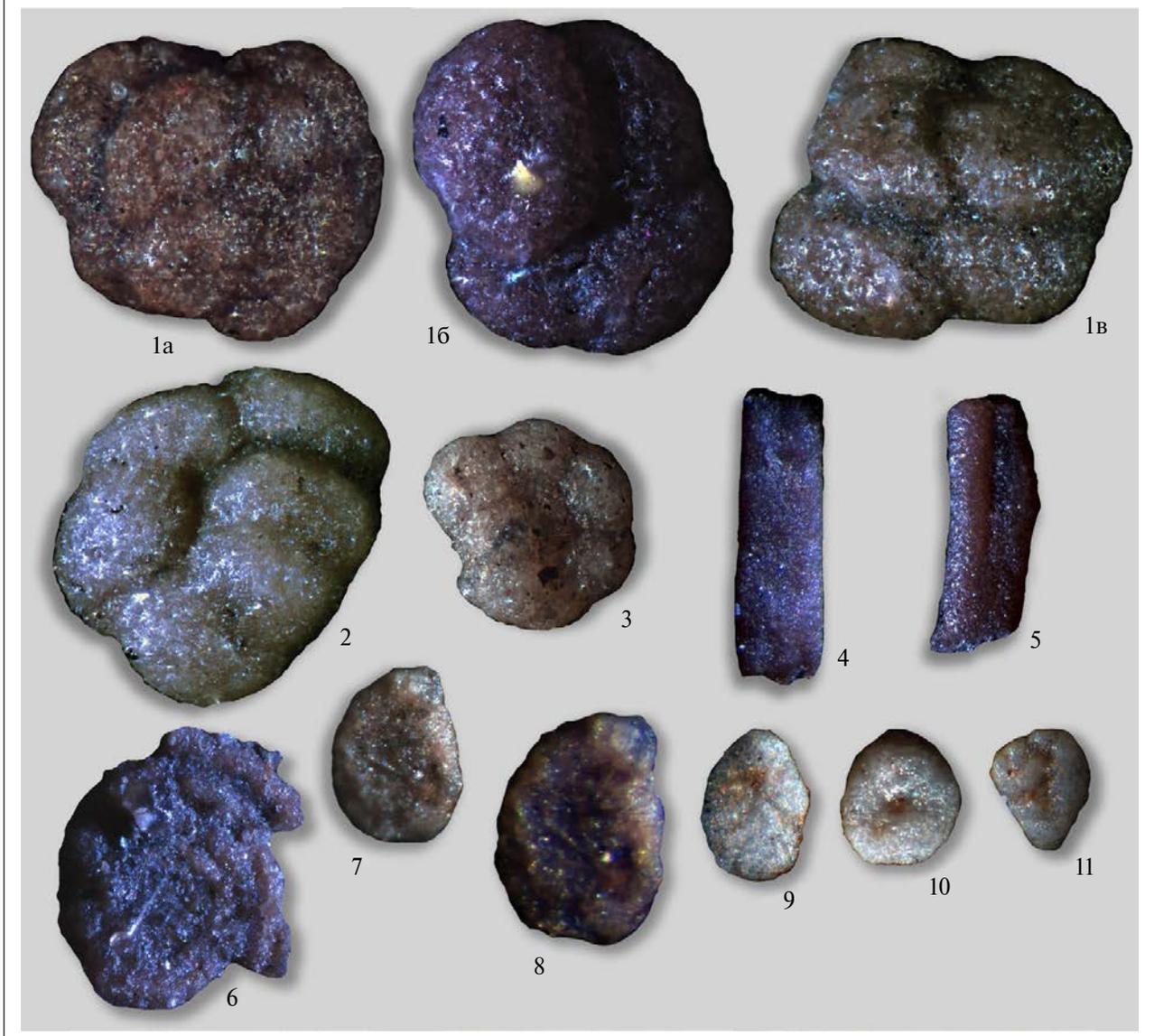


Таблица III. Комплексы фораминифер низов юры (фиг. 1–8) и “среднего” мела (фиг. 9–11) в нижнем течении р. Турор-Юрях (о. Котельный).

1–8 – комплекс фораминифер зоны *Trochammina inusitata*, *Turritellecta volubilis* JF2, обн. 928, обр. 6 (фиг. 1–3, 5–8), обр. 4 (фиг. 4): 1–3 – *Recurvoides praetaimurensis* Nikitenko: 1 – экз. № 928/6-1, $\times 130$, 1a – вид со спинной стороны, 1б – вид с брюшной стороны, 1в – вид сбоку; 2 – экз. № 928/6-2, $\times 130$, вид со спинной стороны; 3 – экз. № 928/6-3, $\times 140$, вид со спинной стороны, ювенильный экземпляр; 4, 5 – *Hyperammina odiosa* Gerke et Sossipatrova: 4 – экз. № 928/4-1, $\times 80$; 5 – экз. № 928/6-4, $\times 80$; 6 – *Ammodiscus siliceus* (Terquem), экз. № 928/6-5, $\times 40$; 7, 8 – *Saccammina kyrensis* Sapjanik: 7 – экз. № 928/6-6, $\times 50$; 8 – экз. № 928/6-7, $\times 55$; 9–11 – комплекс фораминифер зоны *Verneuilinoides borealis* KF10, обн. 924, обр. 1 (фиг. 9–11): 9, 10 – *Saccammina lathrami* Tappan: 9 – экз. № 924/1-1, $\times 70$; 10 – экз. № 924/1-2, $\times 65$; 11 – *Verneuilinoides borealis* Tappan, экз. № 924/1-1, $\times 100$.

фораминифер, насчитывающие от первых до многих десятков экземпляров в образце (в пересчете на 200 г породы). Сохранность микрофоссилий хорошая, выборки в подавляющем большинстве представлены целыми, иногда слабдеформированными (слегка сжатыми) раковинами (табл. III). Все это, а также соотношения между ювенильными и взрослыми

особями свидетельствуют об автохтонном характере захоронения микрофоссилий.

В образцах этой изученной части разреза доминируют представители *Recurvoides praetaimurensis*, относительно многочисленны *Hyperammina odiosa*, *Trochammina ex gr. inusitata*, более редки *Ammodiscus siliceus*, *Ammobaculites alaskaensis*, еди-

ничны *Saccamina kyrensis*, *Dentalina* ex gr. *gloria*, *Geinitzinita* sp. indet.

Данный фораминиферовый комплекс характерен для нижней части зоны *Trochammina inusitata*, *Turritellella volubilis* JF2, охарактеризованной на севере Сибири двустворками из комплекса зоны *Otariria limaeformis* и слоев с *Narрах* ex gr. *spinosus* (Никитенко, 2009; Никитенко и др., 2013). Ранее на Новосибирских островах подобная ассоциация фораминифер была определена в разрезах низовьев р. Тихая (Никитенко и др., 2017, 2018). Совместно с фораминиферами в обнажении были найдены двустворки *Otariria originalis*, *Pseudomytiloides* ex gr. *sinuosus* и *Narрах* ex gr. *laevigatus* (Преображенская и др., 1975; Корчинская, 1977; Косьюко и др., 1985; Никитенко и др., 2017, 2018). Таким образом, стратиграфическое положение этой части разреза по данным анализа фораминифер рассматривается в объеме верхнего синемюра—основания плинсбаха.

Кроме фораминифер, в основании разреза найдено ядро раковины остракоды. По общему очертанию раковины эта форма наиболее близка к роду *Paracypriis*. На севере Сибири представители этого рода известны в нижней части нижней юры (Никитенко, 1994, 2009).

Существенно другой комплекс фораминифер выявлен в нижней части разреза Второго обрыва в слое 13, образцы 934/1–934/2 (рис. 4). Фораминиферы редки, имеют хорошую сохранность и “угнетенный” облик: мелкогабаритные и тонкостенные. В комплексе определены единичные *Verneuilinoides borealis*, *Saccamina lathrami*, *Glomospira* ex gr. *corona*,

типичные для альбской (без нижней части) фораминиферовой зоны *Verneuilinoides borealis* KF10. Зона является межрегиональным маркером и прослеживается в разрезах Арктической Аляски (Тарпан, 1962), Канады (Wall, 1983), Баренцевского региона (Басов и др., 1989; Практическое..., 1991), Западной Сибири (Практическое..., 1991; Постановления..., 2006).

Макроостатки растений

Остатки растений из меловых угленосных отложений о. Котельный были впервые обнаружены Э.В. Толлем и К.А. Воллосовичем во время Русской полярной экспедиции 1900–1902 гг. (Спижарский, 1947; Визе, 1948) и изучаются уже более 100 лет (Nathorst, 1907; Василевская, 1957, 1975, 1977; Непомилуев и др., 1979; Ефремова и др., 1987; Кузьмичев и др., 2009а; Герман и др., 2010; Herman, Spicer, 2010). Флора Туор-Юряхского разреза позволяет несколько дополнить полученные ранее данные.

В разрезе Туор-Юряхской синклинали наиболее разнообразный флористический комплекс был найден в средней части пачки 2 Первого обрыва (образцы 928/11 и 928/14, см. рис. 4). В нижней части пачки 3 в Третьем обрыве собраны ископаемые папоротники, гинкговые *Sphenobaiera* и хвойные *Pityophyllum* (образец 936/1). Из нижней части пачки 4 Третьего обрыва происходят только отпечатки листьев *Sphenobaiera* (обр. 936/4). Распределение ископаемых растений по указанным местонахождениям показано в табл. 1. Сколько-нибудь существенных различий систематического состава

Таблица 1. Распределение ископаемых растений по местонахождениям в нижнем течении р. Туор-Юрях (см. рис. 4)

Таксон	Номер образца	928/11	928/14	936/1	936/4
<i>Osmunda</i> (?) sp. cf. <i>O. cretacea</i> Samylina			+		
<i>Coniopteris</i> aff. <i>saportana</i> (Heer) Vachrameev			+	+	
<i>Coniopteris</i> sp. (фертильная вайя)				+	
<i>Birisia onychioides</i> (Vassilevskaya et Kara-Mursa) Samylina	+	+	+	+	
<i>Arctopteris</i> cf. <i>kolymensis</i> Samylina			+		
<i>Asplenium rigidum</i> Vassilevskaya	+	+	+		
<i>Sphenopteris</i> sp. cf. <i>Coniopteris bicrenata</i> Samylina			+		
<i>Sphenopteris</i> sp. 1			+		
<i>Sphenopteris</i> sp. 2			+		
<i>Ginkgoites insperata</i> E. Lebedev			+		
<i>Ginkgoites volnovii</i> Vassilevskaya	+	+	+		
<i>Sphenobaiera</i> ex gr. <i>flabellata</i> Vassilevskaya				+	
<i>Sphenobaiera</i> ex gr. <i>longifolia</i> (Pom.) Florin					+
<i>Pityophyllum</i> ex gr. <i>nordensioeldii</i> (Heer) Nathorst	+	+	+		
<i>Pityophyllum</i> ex gr. <i>staratchinii</i> (Heer) Nathorst	+	+	+	+	
<i>Schizolepis</i> sp. aff. <i>S. cretaceous</i> Samylina			+		
<i>Desmiophyllum rigidum</i> Vassilevskaya	+				

Таблица IV

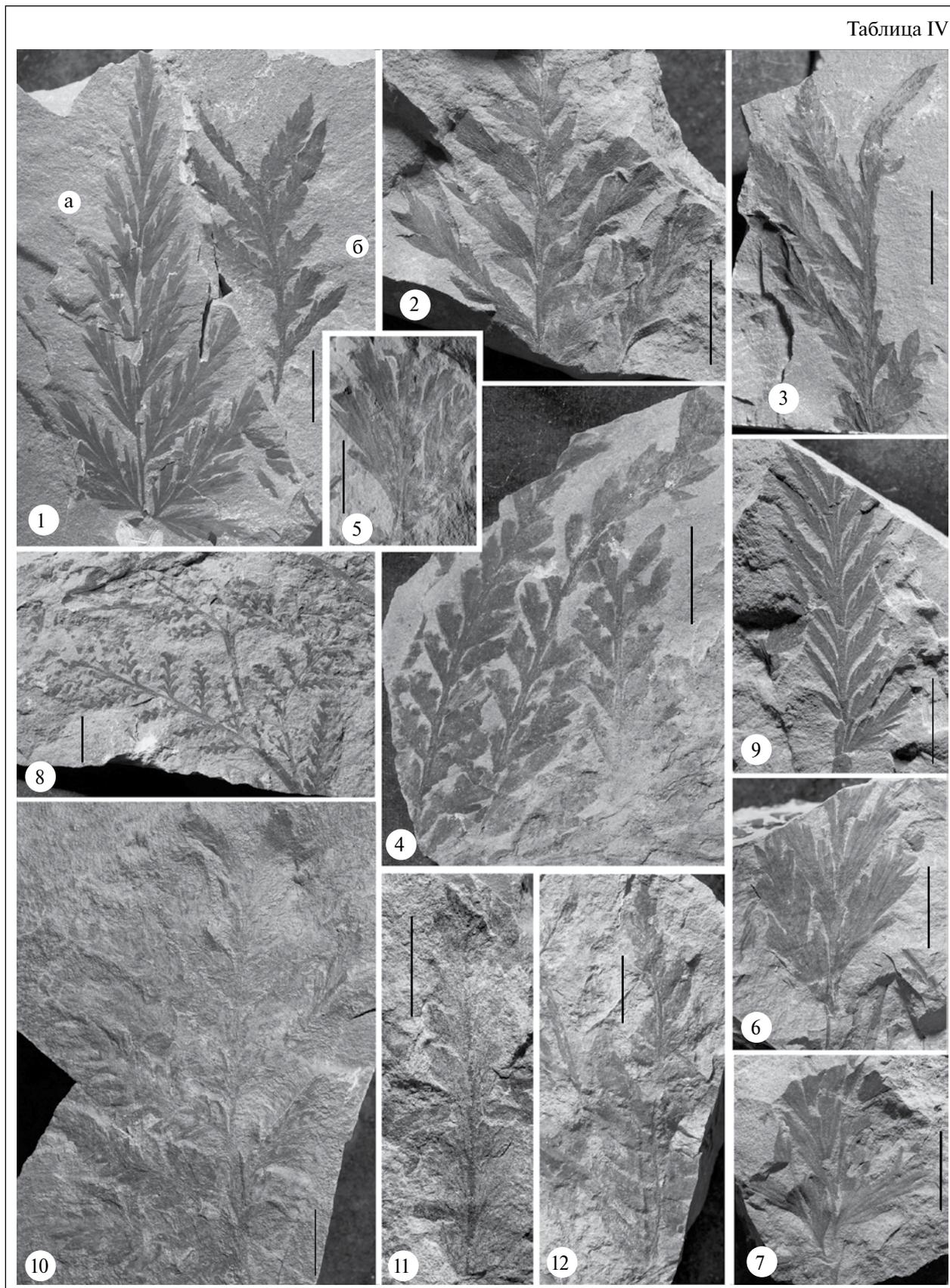


Таблица IV. Ископаемые растения из угленосной толщи в нижнем течении р. Туор-Юрях (о. Котельный).

1а, 9 – *Birisia onychioides* (Vassilevskaya et Kara-Mursa) Samylyna: 1 – экз. № 928-14-81-1, 9 – экз. № 928-14-57; 1б, 2–4 – *Coniopteris* aff. *saportana* (Heer) Vachrameev: 1б – экз. № 928-14-81-2, 2 – экз. № 928-14-21, 3 – экз. № 928-14-55, 4 – экз. № 936-1-33; 5–7 – *Asplenium rigidum* Vassilevskaya: 5 – экз. № 928-14-20, 6 – экз. № 928-14-46, 7 – экз. № 928-11-65; 8 – *Coniopteris* sp., фертильная вайя, экз. № 936-1-25; 10 – *Arctopteris* cf. *kolymensis* Samylyna, экз. № 928-14-82; 11 – *Sphenopteris* sp. 1, экз. № 928-14-48; 12 – *Osmunda* (?) sp. cf. *O. cretacea* Samylyna, экз. № 928-14-88. Длина всех масштабных линеек 1 см.

ископаемых растений из этих местонахождений не выявлено, поэтому все они рассматриваются как единый флористический комплекс.

В этот флористический комплекс входит 17 видов растений, относящихся к папоротникам, гинкговым, хвойным и голосеменным неясного систематического положения. Наиболее разнообразны папоротники (6 родов, 8 видов), среди которых по количеству отпечатков преобладают представители родов *Birisia* (табл. IV, фиг. 1а, 9) и *Coniopteris* (табл. IV, фиг. 1б, 2–4, 8); *Asplenium rigidum* (табл. IV, фиг. 5–7) не столь многочисленны. Остальные папоротники, представленные родами *Osmunda* (?) (табл. IV, фиг. 12), *Arctopteris* (табл. IV, фиг. 10) и *Sphenopteris* (табл. IV, фиг. 11; табл. V, фиг. 4в, 8в, 10), редки или единичны. Папоротники, вероятно, образовывали папоротниковые марши, произраставшие во влажных низменных, возможно приморских, местообитаниях. Из гинкговых (2 рода, 4 вида) многочисленны остатки *Ginkgoites volnovii* (табл. V, фиг. 6–10) и *G. insperata* (табл. V, фиг. 3, 4а, 5а), отпечатки листьев *Sphenobaiera* (табл. V, фиг. 1, 2) единичны. Среди хвойных (2 рода, 3 вида) к доминантам этого комплекса относятся два вида *Pityophyllum* (табл. V, фиг. 4б, 5б, 9, 11, 12), представленные большим количеством отпечатков. Интересно, что остатки *Ginkgo* и *Pityophyllum* часто встречаются вместе, устилая плоскости напластования (табл. V, фиг. 9). Эти растения, по всей видимости, населяли прирусловые рипарийные местообитания долины реки или ручья. К голосеменным неясного систематического положения отнесен *Desmiophyllum rigidum* (табл. V, фиг. 14), остатки которого в изученной коллекции единичны.

Род *Schizolepis* представлен несколькими экземплярами из одного местонахождения (обр. 928/14). *Schizolepis* sp. aff. *S. cretaceous* (табл. V, фиг. 13) – это крупные рыхлые кистевидные полиспермы с двулопастными семенными чешуями, причем рассечение на лопасти идет до самого основания чешуи. Обнаруженные представители сходны с *S. cretaceous* из буор-кемюсской свиты (альб) Зырянского угленосного бассейна (Самылина, 1967), отличаясь от этого вида более крупными размерами полиспермов и семенных чешуй и более глубоким рассечением последних на лопасти. Вероятно, туор-юряхский *Schizolepis* представлен новым видом. В литературе неоднократно отмечалась ассо-

циация кистевидных полиспермов *Schizolepis* с листьями рода *Pityophyllum*, однако в органической связи их остатки найдены не были (Долуденко, Костина, 1985). Примечательно, что в местонахождении, где были найдены остатки *Schizolepis* sp. cf. *S. cretaceous*, и даже на тех же штуфах пород также многочисленны отпечатки листьев *Pityophyllum* ex gr. *nordenskioldii* и *P. ex gr. staratchinii*.

Исследованный флористический комплекс наиболее близок к балыктахской флоре из опорного разреза нижней подсвиты балыктахской свиты в среднем течении р. Балыктах (Кузьмичев и др., 2009а). В состав этой флоры входят следующие растения: *Asplenium rigidum* Vassilevskaya, *Birisia onychioides* (Vassilevskaya et Kara-Mursa) Samylyna, *Arctopteris* cf. *kolymensis* Samylyna, *Arctopteris* sp., *Coniopteris* cf. *nympharum* (Heer) Vachrameev, *C. saportana* (Heer) Vachrameev, *Cladophlebis* sp., *Cladophlebis* (?) sp., *Lobifolia* sp., *Sphenopteris* sp. cf. *Coniopteris compressa* Vassilevskaya, *Sphenopteris* sp., *Anomozamites arcticus* Vassilevskaya, *Ctenis* (?) sp., *Ginkgoites* ex gr. *sibirica* (Heer) Seward, *G. volnovii* Vassilevskaya, *Sphenobaiera flabellata* Vassilevskaya, *S. longifolia* (Pom.) Florin, *Karkeniania* sp.,? *Czekanowskia* ex gr. *rigida* Heer, *Phoenicopsis* ex gr. *angustifolia* Heer, *Ph. ex gr. speciosa* Heer, *Ixostrobus laxus* Vassilevskaya, *Leptostrobus* sp., *Brachyphyllum* (?) sp., *Podozamites* ex gr. *eichwaldii* Schimper, *P. latifolius* (Schenk) Heer, *Elatocladus* aff. *manchurica* (Yokoyama) Yabe, *Florinia borealis* Svesnikova et Budantsev (?), *Pityophyllum arcticum* Vassilevskaya, *P. ex gr. nordenskioldii* (Heer) Nathorst, *P. ex gr. staratchinii* (Heer) Nathorst, *Pityolepis tollii* Nathorst, *Pityospermum* sp., *Pityostrobus* sp., *Desmiophyllum rigidum* Vassilevskaya, *Desmiophyllum* sp., *Alatispermum malandinii* Vassilevskaya, *Carpolithes* sp. 1, *Carpolithes* sp. 2, *Stenorachis* sp.

Первоначально балыктахская флора датировалась юрским возрастом (Nathorst, 1907). Основываясь на гораздо более представительной коллекции ископаемых растений, Н.Д. Василевская (1977; Непомилуев и др., 1979) высказала мнение об апт-раннеальбском возрасте балыктахской свиты, отмечая при этом, что не исключает и только альбский ее возраст. Василевская (1977) полагает, что балыктахская флора близка к флористическому комплексу буор-кемюсской свиты бассейна р. Колыма и комплексам огонер-юряхской и, особенно,

Таблица V

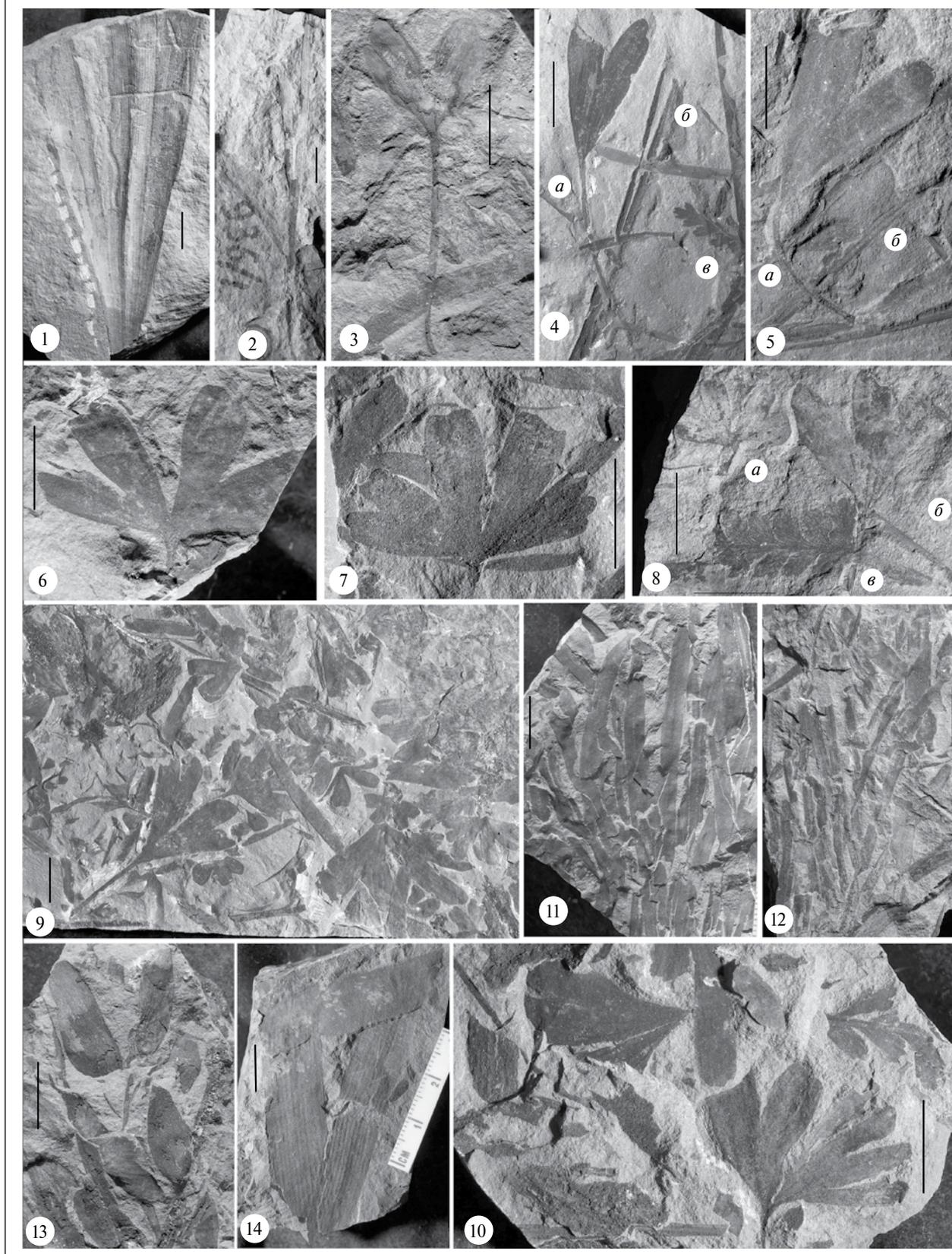


Таблица V. Ископаемые растения из угленосной толщи в нижнем течении р. Туор-Юрях (о. Котельный).

1 – *Sphenobaiera ex gr. longifolia* (Pom.) Florin, экз. № 936-4-14; 2 – *Sphenobaiera ex gr. flabellata* Vassilevskaya, экз. № 936-1-22; 3, 4а, 5а – *Ginkgoites insperata* E. Lebedev: 3 – экз. № 928-14-13-3, 4а – экз. № 928-14-15-1, 5а – экз. № 928-14-77-1; 4б, 5б, 11 – *Pityophyllum ex gr. nordenskioldii* (Heer) Nathorst: 4б – экз. № 928-14-15-2, 5б – экз. № 928-14-77-2, 11 – экз. № 928-14-51-2, скопление остатков листьев; 4в – *Sphenopteris sp. cf. Coniopteris bicrenata* Samylna, экз. № 928-14-15-3; 6, 7, 8а, 8б, 9, 10 – *Ginkgoites volnovii* Vassilevskaya: 6 – экз. № 928-14-42, 7 – экз. № 928-14-11, 8а – экз. № 928-14-77-3, 8б – экз. № 928-14-77-4, 9 – экз. № 928-14-88, скопление остатков листьев *G. volnovii* и *Pityophyllum ex gr. nordenskioldii* (Heer) Nathorst, 10 – экз. № 928-14-8, скопление остатков листьев *G. volnovii* и *Sphenopteris sp. cf. Coniopteris bicrenata* Samylna; 8в – *Sphenopteris sp. 2*, экз. № 928-14-77-2; 12 – скопление остатков листьев *Pityophyllum ex gr. staratschunii* (Heer) Nathorst, экз. № 928-14-78; 13 – *Schizolepis sp. aff. S. cretaceous* Samylna, экз. № 928-14-50; 14 – *Desmiophyllum rigidum* Vassilevskaya, экз. № 928-11-62. Длина всех масштабных линеек 1 см.

лукумайской и укинской свит Лено-Оленекского района севера Сибири. Основанием к этому служат находки в данной флоре таких характерных растений, как *Birisia onychioides*, *Asplenium rigidum*, *Arctopteris sp.*, *Anomozamites arcticus*, *Sphenobaiera flabellata*, *Ixostrobus laxus* и *Florinia borealis*. В.А. Самылина (1976) также высказала мнение о том, что флора балыктахской свиты наиболее близка к буор-кемюсской флоре из одноименной свиты Зырянского угленосного бассейна и средней и верхней подсвит омсукчанской свиты Омсукчанской угленосной площади Северо-Востока России (Самылина, 1964, 1967, 1976) и, следовательно, должна датироваться альбским веком, исключая конец альба. А.Б. Герман (Кузьмичев и др., 2009а; Герман и др., 2010; Herman, Spicer, 2010) поддержал мнение Василевской и Самылиной о том, что в целом балыктахская флора наиболее близка к альбской (исключая конец альба) буор-кемюсской флоре Северо-Востока России, а также к разновозрастной ей флоре Какповрак Северной Аляски (Spicer, Herman, 2001). Поскольку балыктахская флора обнаруживает некоторое сходство также с сиялпской флорой аптского возраста Зырянского и Омсукчанского бассейнов (Самылина, 1964, 1967, 1976), ее возраст был определен как апт (?)–альб (Кузьмичев и др., 2009а). Наиболее же вероятным представляется только альбский (исключая конец альба) возраст балыктахской флоры.

Большая часть растений флористического комплекса из угленосной толщи в нижнем течении р. Туор-Юрях входит также и в состав балыктахской флоры. В последней не были обнаружены *Osmunda* (?) sp. cf. *O. cretacea*, *Sphenopteris sp. cf. Coniopteris bicrenata*, *Coniopteris aff. saportana* (Heer) Vachrameev, *Ginkgoites insperata* и *Schizolepis sp. cf. S. cretaceous*. Два первых из этих растений характерны для буор-кемюсской флоры Северо-Востока России; виды *Coniopteris aff. saportana* и *Ginkgoites insperata* были описаны из альбской флоры Северного Приохотья (Лебедев, 1974); род *Schizolepis* широко распространен в мезозойских, особенно юрских и нижнемеловых, отложениях. Следовательно, новые находки ископаемых рас-

тений не противоречат альбскому возрасту флоры с р. Туор-Юрях. Исходя из сказанного, датировать исследованный комплекс следует альбским (исключая конец альба) веком раннего мела.

ДЕТРИТОВЫЕ ЦИРКОНЫ И ВУЛКАНОГЕННЫЙ МАТЕРИАЛ

Во время среднемасштабного геологического картирования разрез мелового комплекса р. Туор-Юрях был отнесен к нижнебалыктахской подсвите апт-альбского возраста, которая противопоставлялась верхнебалыктахской подсвите альбского возраста (Косько и др., 1985). Приведенные выше палеонтологические данные свидетельствуют о преимущественно альбском возрасте пород Туор-Юряхского разреза и не дают ясного указания на то, что они являются более древними, чем верхнебалыктахская подсвита. Предположительные признаки присутствия вулканогенного материала отмечены нами во время полевых наблюдений. В описанном выше разрезе присутствует несколько уровней, сложенных сильно разбухающей глиной. Подобные глины в восточных разрезах формировались за счет преобразования пеплового материала. Кроме того, в Туор-Юряхском разрезе на разных уровнях присутствуют прослои белого песка и алеволита, также очень похожие на туффитовые горизонты восточных разрезов. Один из таких горизонтов был нами опробован с целью выделения возможного вулканогенного материала и его датирования. Это образец 934/4 Второго обрыва (рис. 4).

Порода представляет собой неравномернозернистый белый алевритистый песок. Легкая фракция состоит преимущественно из кварца и полевых шпатов, концентрация которых достигает 30%. Встречается дипирамидальный вулканогенный кварц (“мармарошский диамант”) – несомненный признак пепловых риолитовых выбросов. Встречаются также крупные кристаллы прозрачного полевого шпата с матированной поверхностью, которые по оптическим свойствам были идентифицированы как санидин. Навеска песка класса +100–200 мкм была разделена в разбавленном бромформе на

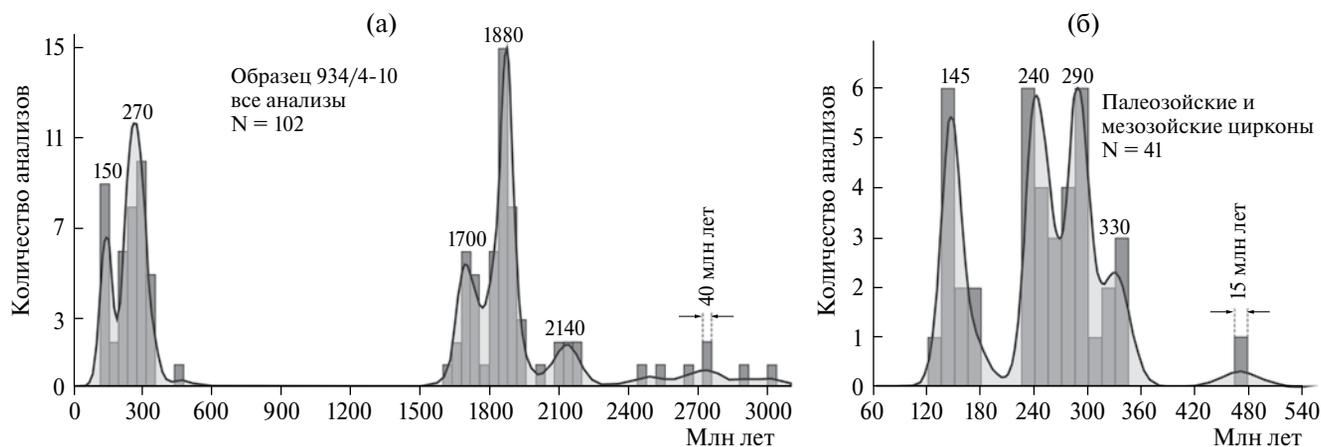


Рис. 9. Гистограммы возрастов детритовых цирконов образца 934/4-10 и кривые распределения плотности (KDE; Vermeesch, 2012).

(а) – все анализы, (б) – позднепалеозойские и мезозойские цирконы. Для палеозойских и мезозойских цирконов приведены значения возраста по $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, для раннедокембрийских – по $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

шесть фракций, различающихся по удельному весу, и та часть, которая полностью состояла из К-На полевого шпата, была датирована $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом в лаборатории Университета Аляски (Фэрбенкс) П. Лэйером. Эксперимент оказался неудачным, так как выяснилось, что полевой шпат гетерохронный.

После этого была предпринята попытка датировать цирконы из этого образца. Тяжелая фракция оказалась богатой разнообразными минералами. Большая часть сложена магнетитом, ильменитом и гранатом. Среди обломков ильменита встречаются хорошо сформированные кристаллы с лейкоксеновыми примазками, что свидетельствует о недалеком переносе. Преобладает необычный ярко-оранжевый гранат, который резко отличается от бледно-сиреневого альмандина, типичного для метаморфических пород (такой гранат также присутствует в образце). Остальные минералы (в порядке убывания): циркон, апатит, топаз, силлиманит (?), кианит, рутил, глиноземистая шпинель (бледно-голубая и темно-бурая). Апатит преимущественно окатанный. Необычно присутствие топаза, представленного бесцветными водяно-прозрачными эвгедральными кристаллами и их обломками. Топаз, часть граната и ильменита, вероятно, происходят из кислых эффузивов или их туфов. Такой состав минералов указывает на смесь аллохтонной кластики и обломков ближнего переноса, среди которых мы рассчитывали обнаружить альбские вулканические цирконы.

Циркон встречается всех цветов, размеров и форм, в том числе длинные эвгедральные бесцветные кристаллы, эвгедральные желтоватые короткопризматические кристаллы, удлиненные окатанные кристаллы и шаровидные зерна. По аналогии с детритовыми цирконами из палеогена о. Бельковский

(Кузьмичев и др., 2013), мы предполагали, что шаровидные зерна представляют собой палеопротерозойский гранулитовый циркон. Специфических игольчатых цирконов с центральными каналами, типичных для альбских игнимбритов верхнебалыктахской подсветы, в данном образце не встречено.

Изотопные U–Pb анализы циркона проведены в Геологическом институте СО РАН (г. Улан-Удэ) на аппаратуре и по методике, описанном в статье (Хубанов и др., 2016). Циркон 91500 (Wiedenbeck et al., 1995) использовался в качестве калибровочно-

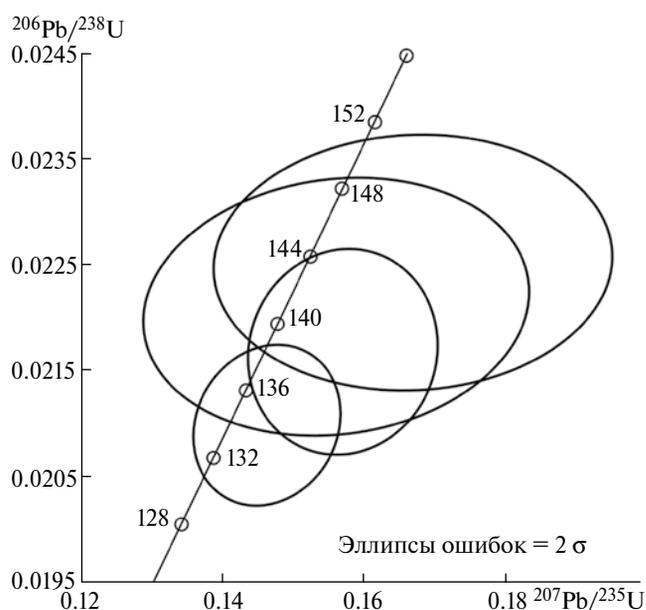


Рис. 10. Анализы наиболее молодых кристаллов циркона образца 934/4-10 на изотопной U–Pb диаграмме с конкордией.

го стандарта, Plesovice (Slama et al., 2008) – в качестве контрольного стандарта. Обработка результатов изотопного анализа проводилась в программе Iolite 2.5 (Paton et al., 2010) с “VizualAge” модулем (Petrus, Camber, 2012). Всего проанализировано 108 кристаллов (три кристалла проанализированы дважды – в ядерной части и в оболочке), 84 анализа удовлетворяют критериям достоверности. Результаты анализа представлены на рис. 9 (табл. S1 с результатами анализа представлена в Supplementary data). Распределение возрастов оказалось бимодальным: 1) поздний палеозой–мезозой и 2) ранний докембрий; цирконы, кристаллизовавшиеся в мезо- и неопротерозое, а также в раннем и среднем палеозое, отсутствуют (рис. 9а). Наиболее хорошо оформленные эвгедральные кристаллы оказались преимущественно позднепалеозойскими, округлые цирконы с “гранулитовой” структурой зональности – палеопротерозойскими. Такое распределение возрастов почти идентично тому, что было получено нами ранее по синороженным поздневожским турбидитовым песчаникам о. Столбовой (Miller et al., 2008), и также свидетельствует о том, что вся кластика получена при размыве Яно-Колымского орогена и включенных в него фрагментов Сибирского кратона (см. обсуждение в статье Miller et al., 2008). Распределение возрастов позднепалеозойских и мезозойских цирконов более детально показано на рис. 9б. Первые, очевидно, происходят из островодужных вулканитов упомянутого орогена, вторые соответствуют по возрасту колымским батолитам. Возраст шести самых молодых кристаллов по $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ составляет 130 ± 4 , 140 ± 4 , 141 ± 6 , 142 ± 7 , 152 ± 7 , 154 ± 7 млн лет (2s, пропационные ошибки). Фактический возраст является несколько более древним и вряд ли выходит за пределы поздней юры: как видно на изотопной диаграмме (рис. 10), все анализы являются слабо дискордантными, что может отражать потери радиогенного свинца или некорректно введенную поправку на фракционирование урана и свинца в процессе абляции. В обоих случаях возраст по $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ оказывается несколько заниженным.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Нижний контакт мелового комплекса

Подосва среднего мела обнажена в Первом обрыве. Слой 1 этого обнажения, несомненно, имеет раннеюрский возраст. Он сложен морскими породами и содержит инситные скопления юрских двустворок (табл. II), акритархи и фораминиферы. Породы этого возраста наблюдались нами и на других участках о. Котельный. Их отличительным признаком является присутствие алеврит-сидеритовых прослоев. Во время полевого изучения разреза было очевидным,

что уголь слоя 4 (Нижний уголь) в этом же обрыве принадлежит континентальному угленосному средне-меловому комплексу. Граница между морскими нижнеюрскими породами и континентальными средне-меловыми была проведена предположительно между слоями 2 и 3. Такой вариант подтвердился палеонтологическими данными: именно вдоль этой границы происходит резкая смена состава палиноморф и фораминифер, и из разреза выпадают средне-верхнеюрские и неокомские отложения.

Во время полевого изучения разреза присутствие столь длительного стратиграфического перерыва на этом уровне было неочевидным (рис. 6). По степени литификации, условиям залегания и текстурным особенностям глины слоя 2 не отличаются от глины слоя 3. Более того, в верхах слоя 2 также наблюдались нечеткие отпечатки ископаемых растений.

В качестве возможного уровня стратиграфического несогласия мы рассматривали также кровлю слоя 1. Эта граница литологически более отчетливая, приуроченная к исчезновению из разреза конкрециевидных алеврит-сидеритовых прослоев. Полностью расчистить обнажение и наблюдать эту границу в коренном залегании не удалось из-за мерзлоты. Судя по хаотической ориентировке фрагментов массивных конкрециевидных прослоев, верхние горизонты слоя 1 и нижние горизонты слоя 2 на всем протяжении обнажения находятся в оползшем состоянии, что не исключает углового несогласия на их границе.

По мнению первых двух авторов настоящей работы, нельзя полностью исключить, что стратиграфический перерыв, а возможно, и угловое несогласие приурочено именно к границе слоев 1 и 2 и что юрские фораминиферы и палиноморфы слоя 2 переотложены из подстилающих пород. Отдельные интервалы разреза среднего мела полностью или почти полностью сложены глиной, смытой в бассейн с окружающих возвышенностей (Кузьмичев и др., 2009а). В частности, глины слоя 2 Туор-Юряхского разреза могли бы быть полностью или частично переотложены из юрских пород, которые, очевидно, обрамляли первые меловые депрессии во время их заложения. Проблема представляется нам важной, так как влияет на интерпретацию разрезов планируемых буровых скважин на шельфе, где у исследователей будет очень ограниченный материал для стратиграфического изучения разреза. Тема заслуживает постановки специальных более детальных исследований, которые вполне возможно осуществить на примере нижних горизонтов мела Лагерной синклинали (рис. 1).

*Корреляция восточных
и западных разрезов меловых отложений
о. Котельный*

Балыктахская свита среднего мела в разрезах, расположенных восточнее Туор-Юряхского разлома, разделена на две подсвиты. Обе они сложены песчано-глинистыми угленосными отложениями, но верхняя содержит также игнимбриты. Считается, что нижняя подсвита имеет апт-альбский возраст, верхняя — альбский (Непомилуев и др., 1979; Косьюко и др., 1985). В западных разрезах вулканитов нет, что послужило основанием к их картированию в качестве нижнебалыктахской свиты. Отсутствие вулканитов — не вполне надежный критерий для такой интерпретации западных разрезов. Во-первых, западные и восточные разрезы разделены долгоживущим Туор-Юряхским сдвигом и могли быть разобщены во время накопления пород на значительное расстояние. Во-вторых, неявные признаки присутствия вулканического материала в породах мы наблюдали и в западных разрезах. В-третьих, по палеонтологическим данным Туор-Юряхский разрез меловых пород имеет преимущественно альбский возраст, к доальбским слоям, возможно, относится лишь пачка 2 (нижние 14 м).

Датирование цирконов из песчаника (обр. 934/4–934/10) Туор-Юряхского разреза обнаружило присутствие в нем только аллохтонной кластики, перемещенной из Яно-Колымского орогена, аналогичной той, что была выявлена при датировании цирконов из синорогенных песчаников о. Столбовой. Отсутствие цирконов, синхронных осадконакоплению, подтверждает мнение геологов НИИГА о том, что в западных разрезах обнажена только нижняя часть балыктахской свиты. Дипирамидальный кварц, эвгдральный мелкий топаз и некоторые другие минералы ближнего сноса, присутствующие в тяжелой фракции изученного образца, скорее всего, действительно происходят из кислых вулканических пород. Мы планируем продолжить изучение минералов тяжелой фракции из обломочных пород разных уровней западных разрезов нижнебалыктахской подсвиты для окончательного решения вопроса.

*Палеогеография среднемелового бассейна
осадконакопления на о. Котельный*

Накоплению среднемеловых отложений на о. Котельный предшествовал перерыв в осадконакоплении. Самые молодые “доорогенные” породы, известные на этом острове, а именно среднеюрские глауконитовые пески с раковинами *Cadoceras* в низовьях реки Драгоценная, первоначально описаны как келловейские (Косьюко и др., 1985), а позднее интерпретированы как батские (Меледина, 1999). Они распространены локально на востоке остро-

ва и, вероятно, не перекрывали его целиком. Морские толщи берриаса–валанжина с многочисленными остатками микрофауны, двустворок и единичными аммонитами вскрыты картировочным бурением на юго-западе Земли Бунге (Никитенко и др., 2017, 2018). Возможно, эти отложения, как и батские, были распространены шире и ко времени накопления среднемеловых пород были размыты. Переотложенные пыльца и споры неокомского возраста выявлены нами ранее среди альбских пород (Кузьмичев и др., 2009а). Тем не менее вероятно, что в конце юры, неокоме и на протяжении значительной части апта о. Котельный преимущественно сохранял приподнятое положение.

Новый этап прогибания и осадконакопления начался в конце апта в континентальной обстановке и выразился в накоплении угленосных отложений. Прогиб заполнялся обломочным материалом, который транспортировался реками с юга на север от Яно-Колымского орогена к Арктическому океану, который к этому времени уже появился. Прогибание компенсировалось поступающим обломочным материалом, и обстановка осадконакопления существенно не менялась. Весь среднемеловой комплекс — это осадки заболоченной флювиальной равнины. В начале альба она изредка заливалась морем, что указывает на прибрежное положение этого континентального бассейна. Более мористые фации, вероятно, располагались севернее.

В современной структуре от среднемелового осадочного бассейна сохранились только фрагменты его наиболее прогнутой части. Не вызывает сомнений, что первоначальный бассейн имел существенно большие размеры и был заполнен мощной толщей отложений. Угольные пласты в разрезе мела представлены длиннопламенными углями (Косьюко и др., 1985), что предполагает их погружение на глубину 2–3 км. Значительная часть перекрывающей осадочной последовательности, ныне эродированной, вероятно, также принадлежала меловому комплексу.

По аналогии с Лагерной синклиналию (Кузьмичев и др., 2009а), которая расположена на простирании описываемых выходов, мы предполагаем, что Туор-Юряхская мульда также имеет асимметричное строение: восточное крыло, приуроченное к крупноамплитудному сбросо-сдвигу, является более крутым (рис. 2, профиль). Описанная структура, а также мульдообразная форма сохранившихся выходов мелового комплекса вызваны конседиментационными, а также более поздними перемещениями по Туор-Юряхскому разлому. Как показывают наблюдения на других участках, по мере удаления от разлома меловые слои постепенно выполаживаются. Фациальные различия нижних горизонтов мела в описанной нами ранее Лагерной синклинали указывают на то, что бассейн заложился вдоль одностороннего

грабена и был изначально вытянут в меридиональном направлении. Область наибольшего прогибания была смещена к востоку в направлении материнского сброса. Наклоненные к востоку косые серии в песках слоя 11 Третьего обрыва отчасти подтверждают такое предположение. Такая структура показывает, что меловой комплекс не перекрывал равномерным плащом весь о. Котельный, но заполнял конседиментационные приразломные прогибы. Описанные в трех обрывах разрезы расположены приблизительно вдоль первичной седиментационной зональности бассейна. Несмотря на это, они демонстрируют значительные изменения фаций и мощностей. Можно предполагать еще более существенные изменения вкрест этой зональности (то есть с запада на восток).

Средний мел о. Котельный и нижний сейсмокомплекс осадочного чехла моря Лаптевых

Самый нижний и самый отчетливый сейсмический горизонт на шельфе морей Лаптевых и Восточно-Сибирского отделяет слоистый разрез осадочного чехла, структура которого видна на сейсмических профилях, от пород акустического фундамента. Считается, что этот сейсмический раздел отвечает началу рифтогенеза и заложению глубоких впадин на шельфе, с которыми связывают углеводородный потенциал региона. Исключительную яркость и отчетливость этой границы на сейсмической записи объясняют несогласным залеганием нижнего сейсмокомплекса чехла на пенепленизированной поверхности литифицированных и дислоцированных пород, которые определяются как акустический фундамент. Мощность нижнего сейсмокомплекса достигает нескольких километров.

Возраст нижних горизонтов этого комплекса определяется геологами по-разному. Так, Д. Франке (Franke, Hinz, 2012 и более ранние работы) до недавнего времени датировал подошву комплекса ранним эоценом и связывал рифтогенез с началом спрединга в Евразийском бассейне. С.С. Драчев (Drachev, 2011 и более ранние работы) считает, что рифтогенез начался в позднем мелу. М.К. Косько (Kos'ko, Trufanov, 2002) и другие (например, Заварзина, Шкарубо, 2012) датируют нижнюю границу сейсмического чехла средним мелом (аптом). Последнюю точку зрения развивают также А.М. Никишин, Н.А. Малышев, Е.И. Петров и их коллеги (Nikishin et al., 2014, 2017), обосновывая ее качественно новыми сейсмическими данными, которые позволяют увязать структуру осадочных бассейнов всей территории Восточной Арктики. С оговорками к этой идее также в последние годы присоединился Д. Франке (Franke, 2013). Мы также считаем, что эта точка зрения лучше всего отражает геологическую историю Новосибирских островов (Kuzmichev, 2009).

Однако результаты изучения Туор-Юряхского разреза среднего мела плохо согласуются с указанной выше характеристикой подошвы нижнего сейсмического горизонта моря Лаптевых, основанной на геофизических данных. В изученном разрезе средне-меловые глины лежат без явного углового несогласия на нижнеюрских глинах и мало отличаются от последних по степени литифицированности и деформированности. Следует обсудить, насколько применимы наши наблюдения в естественных обнажениях Туор-Юряхской синклинали к интерпретации сейсмической записи в акватории моря Лаптевых.

1. Первое, что необходимо отметить, это разный масштаб наблюдений. Мощности нижнего сейсмокомплекса (несколько километров) несопоставимы с мощностями меловых пород о. Котельный (десятки или первые сотни метров). Вполне вероятно, что первоначально мощность мелового комплекса на о. Котельном также достигала километров, но анализ распределения фаций и мощностей как более древних мезозойских отложений, так и более молодых третичных осадков указывает на то, что территория острова Котельный в мезозое и кайнозое прогибалась в меньшей степени, чем депрессии моря Лаптевых. Поэтому можно предполагать, что средне-меловые отложения в глубоких прогибах шельфа представлены иными фациями и что там присутствуют также и морские осадки.

2. Вывод об одинаковой степени литификации юрских и меловых пород в Туор-Юряхском разрезе вряд ли может быть распространен на весь регион. В южной части о. Котельный (район мыса Медвежий), по наблюдениям авторов, верхнетриасовые породы представлены аргиллитами и не отличаются по степени литификации от палеозойских пород. Если бы меловые отложения сохранились на этой территории, то контраст между ними и верхним триасом был бы весьма существенным. Кроме того, этот вывод (“средне-меловая глина лежит на нижнеюрской глине”) касается только нескольких метров приконтактного интервала. В целом меловой разрез сложен контрастным переслаиванием разнообразных пород, включающих пласты угля и вулканиты. Этим он резко отличается от подстилающих сравнительно однородных глинистых пород верхнего триаса и нижней юры. А это значит, что на сейсмической записи, разрешающая способность которой обычно измеряется десятками метров, подошва средне-меловых пород может выглядеть достаточно резкой.

3. Хотя с точки зрения “сухопутного геолога” средне-меловой комплекс деформирован очень слабо, при интерпретации сейсмических разрезов, вертикальный масштаб которых обычно увеличен раз в 10, он, вероятно, был бы отнесен к складчатому фундаменту. Близкая степень дислоцированности меловых и триасово-юрских пород может быть объяснена ло-

кальными причинами. В обнажениях о. Котельный мы имеем дело с фрагментами наиболее прогнутых частей меловых прогибов, которые сохранились в ядрах мультисинклиналей, обязанных своим происхождением сдвиговым перемещениям по Туор-Юрхскому разлому. Как уже отмечалось, на удалении от сдвига меловые породы выколаживаются. Возможно, они перекрывали ранее значительную часть о. Котельный и на большой площади залегали субгоризонтально. Таким образом, ситуация с залеганием меловых пород до эрозии в целом была близка той, что мы наблюдаем в осадочном чехле на шельфе.

4. Унаследованное положение меловых прогибов о. Котельный, которые вложены в ядра домеловых синклинальных структур, не соответствует ситуации, описываемой на шельфе. Более того, логично предположить, что глубокие впадины на шельфе имели более устойчивую тенденцию к прогибанию и что там это свойство выражено еще в большей степени. Однако, на наш взгляд, наблюдаемая на о. Котельный “унаследованность” структур вызвана не тектоническими, а палеогеоморфологическими причинами. В конце юры и в начале мела палеозойские, триасовые и юрские породы подверглись деформациям. На протяжении неокома и части апта большая часть территории острова, вероятно, сохраняла приподнятое над уровнем моря положение и подвергалась эрозии. Очевидно, что в наибольшей степени были эродированы синклинали, сложенные мягкими мезозойскими глинистыми породами, и что именно на месте синклиналей образовались обширные понижения в рельефе, заполненные впоследствии средне-меловыми осадками.

Таким образом, проведенные наблюдения не могут рассматриваться как доказательства некорректности представлений об апт-альбском возрасте нижних горизонтов осадочного чехла моря Лаптевых. Но все же эти наблюдения и сомнения, которые они вызывают, следует иметь в виду интерпретаторам сейсмических разрезов. Дело в том, что на Новосибирских островах действительно присутствует комплекс пород, который полностью соответствует описанию нижнего сейсмокомплекса и его контакта с акустическим фундаментом. Это эоценовый комплекс, который наблюдался нами на нескольких участках в западной части о. Котельный (неопубликованные данные авторов) и на о. Бельковский (Кузьмичев и др., 2013). В этих пунктах отложения эоцена с резким угловым несогласием залегают непосредственно на палеозойских породах. На значительных площадях в подошве эоцена сохранилась кора выветривания, в которой палеозойские породы покрашены в зеленый или красный цвет и глинизированы. Это свидетельствует о пенецилизации региона, предшествовавшей накоплению осадков. Полностью литифицированные палеозойские доломиты, песчаники и аргиллиты резко контрастируют по физическим

свойствам с рыхлыми палеогеновыми песками и глинами. В отличие от средне-меловых впадин, никакой структурной унаследованности палеогеновых прогибов от предыдущих этапов геологической истории не наблюдается. Такая интерпретация не является новой. В течение многих лет ее отстаивал Д. Франке (Franke, Hinz, 2012 и более ранние работы).

Справедливости ради следует отметить, что северо-восточнее, на о. Беннетта (по сути уже в пределах Восточно-Сибирского моря), по нашим наблюдениям, меловой комплекс действительно залегает с резким угловым несогласием на коре выветривания, образовавшейся на нижнепалеозойских породах. Этот комплекс на о. Беннетта сложен трапповыми базальтами, и только в основании разреза присутствуют угленосные континентальные осадочные породы. Не вызывает сомнений, что в этой части шельфа граница сейсмического чехла и акустического фундамента действительно совпадает с подошвой нижне-меловых пород, сложенных здесь преимущественно базальтами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выше показано, с какими трудностями мы столкнулись при поисках в разрезе уровня, к которому можно было бы приурочить стратиграфическое несогласие между нижнеюрскими и средне-меловыми отложениями. При этом данный уровень мы наблюдали в обрыве при относительно полной обнаженности. При бурении на островах или на шельфе фактического материала для изучения и датирования пород будет несоизмеримо меньше. Геологи могут столкнуться с тем, что микрофауна и палинологические комплексы могут оказаться переотложенными из более древних слоев, и такую возможность следует иметь в виду при стратиграфическом исследовании разреза скважин. Хотя изученная стратиграфическая граница нижней юры и среднего мела выглядит в разрезе достаточно неявно, в конце неокома в регионе произошли существенные изменения палеогеографии, которые могут быть надежно идентифицированы в разрезах. Они заключаются в следующем. (1) Со среднего мела начинают накапливаться континентальные угленосные толщи. Присутствие в разрезе пласта угля однозначно указывает на то, что это посленеокомские породы. (2) На рубеже юры и мела (если точнее, то в волжском веке) происходит резкая смена палеогеографии. На более ранних этапах мезозоя транспортировка обломочного материала осуществлялась с севера на юг (в направлении Пацифики) (Кузьмичев, Данукалова, 2015). Начиная с волжского века направление транспорта меняется на противоположное (в сторону Арктического океана). Смена источников обломочного материала уверенно определяется по детритовым цирконам.

2. Нижняя граница средне мелового комплекса в Туор-Юряхском разрезе не соответствует характеристике нижнего сейсмического горизонта моря Лаптевых, который описывается как наиболее отчетливая и яркая сейсмическая граница в основании слабо деформированного осадочного чехла, перекрывающего пенепленизированную поверхность дислоцированных литифицированных пород акустического фундамента. Такой характеристике в гораздо большей степени отвечает подошва эоцена, наблюдавшаяся нами на островах Котельный и Бельковский. Хотя мы привели доводы в пользу того, что выводы, сделанные по наблюдениям в естественных обнажениях на суше, могут быть неприменимы к шельфовым прогибам, мы считаем преждевременным окончательно отказываться от распространенной ранее идеи о том, что главный этап формирования осадочного чехла в рифтогенных прогибах восточной части моря Лаптевых – это эоцен.

3. Средне меловой комплекс на Новосибирских островах традиционно датируется как апт-альбский, аналогичным образом датируются и нижние горизонты первого сейсмокомплекса осадочного чехла моря Лаптевых. Однако в изученном разрезе к апту может быть отнесена только нижняя часть осадочной последовательности мощностью не более 14 м. В целом балыктахская свита, мощность которой составляет около 700 м (Кузьмичев и др., 2009а), имеет альбский возраст.

Благодарности. Данная работа выполнена в рамках тем госзадания Геологического института РАН № 0135-2016-0001 (палинологическое и палеоботаническое изучение, Г.Н. Александрова и А.Б. Герман), № 0135-2015-0020 (А.Б. Кузьмичев и М.К. Данукалова) и № 0135-2018-0042 (изучение двустворчатых моллюсков, В.А. Захаров). Лабораторная обработка материалов полевых исследований проведена при поддержке РФФИ (грант № 16-05-00176). Изучение фораминифер проводилось при поддержке Российского научного фонда (грант № 14-37-00030). Датирование обломочных цирконов осуществлялось при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 17-77-10123, М.К. Данукалова). Катодоллюминесцентное изучение обломочных цирконов осуществлялось при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации с привлечением оборудования ЦКП МФТИ (грант № RFMEFI59414X0009). Авторы чрезвычайно признательны Н.Ю. Брагину, который самым тщательным образом изучил рукопись и сделал много полезных комментариев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Басов В.А., Василенко Л.В., Соколов А.Р., Яковлева С.П. Зональное расчленение морского мезозоя Баренцевского бассейна // Ярусные и зональные шкалы бореального мезозоя СССР. М.: Наука, 1989. С. 60–74.

Василевская Н.Д. Новые данные о мезозойской флоре о. Котельного // Докл. АН СССР. 1957. Т. 112. № 6. С. 1101–1103.

Василевская Н.Д. Раннемеловая флора о-ва Котельного и ее место среди разновозрастных флор Арктики // Мезозой Северо-Востока СССР. Тез. докл. Межведомственного стратиграфического совещания. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1975. С. 111.

Василевская Н.Д. Раннемеловая флора острова Котельного // Мезозойские отложения Северо-Востока СССР. Л.: НИИГА, 1977. С. 57–75.

Визе В.Ю. Моря советской Арктики. Очерки по истории исследования. М., Л.: Изд-во Главсевморпути, 1948. 41 с.

Воеводова Е.М. Нижнемеловые спорово-пыльцевые комплексы Северо-Востока СССР – Зырянского и Хасынского месторождений угля // Атлас нижнемеловых спорово-пыльцевых комплексов некоторых районов СССР. М.: Недра, 1964. С. 125–130.

Вольнов Д.А., Войцеховский В.Н., Иванов О.А. и др. Новосибирские острова // Геология СССР. Т. XXVI. Острова Советской Арктики. Ред. Ткаченко Б.В., Егиазаров Б.Х. М.: Недра, 1970. С. 324–374.

Вольнов Д.А., Лопатин Б.Г., Сороков Д.С. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1000000 (новая серия). Лист S-53–55 – Новосибирские острова. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1999. 208 с.

Герман А.Б., Александрова Г.Н., Кузьмичев А.Б. Фито-стратиграфические и палеоклиматические исследования неморского мела Новосибирских островов (острова Котельный и Новая Сибирь) // Строение и история развития литосферы. Вклад России в Международный полярный год 2007/08. Ред. Леонов Ю.Г. М., СПб.: Paulsen Editions, 2010. С. 384–402.

Данукалова М.К., Толмачева Т.Ю., Мянник П. и др. Новые данные о стратиграфии ордовикских–силурийских отложений центральной части острова Котельный (Новосибирские острова) и сопоставление с разновозрастными разрезами Восточной Арктики // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2015. Т. 23. № 5. С. 22–49.

Долуденко М.П., Костина Е.И. *Schizolepis fanica* – мезозойский представитель семейства Pinaceae // Ботанический журн. 1985. Т. 70. № 4. С. 464–471.

Дорофеев В.К., Благовещенский М.Г., Смирнов А.Н., Ушаков В.И. Новосибирские острова. Геологическое строение и минералогия. Ред. Ушаков В.И. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1999. 130 с.

Ефимова А.Ф., Кинасов В.П., Паракецов К.В. и др. Полевой атлас юрской фауны и флоры Северо-Востока СССР. Магадан: Магаданское книжное издательство, 1968. 382 с.

Ефремова В.И., Шульгина Н.И., Абрамова Л.Н. Арктические острова // Стратиграфия СССР. Меловая система. М.: Недра, 1987. 2-й полутом. С. 56–62.

Заварзина Г.А., Шкарубо С.И. Тектоника западной части шельфа моря Лаптевых // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7. № 4. http://www.ngtp.ru/rub/4/39_2012.pdf

- Захаров В.А.* Новые Monotidae нижнего лейаса с побережья Охотского моря и их стратиграфическое значение // Геология и геофизика. 1962. № 3. С. 23–31.
- Ильина В.И.* Палинология юры Сибири. М.: Наука, 1985. 237 с.
- Короткевич В.Д.* О палинологических комплексах нижнемеловых угленосных отложений Новосибирских островов // Тр. НИИГА. 1958. Вып. 8. С. 66–72.
- Корчинская М.В.* К биостратиграфии триасовых отложений острова Котельного (Новосибирские острова) // Мезозойские отложения северо-востока СССР. Л.: НИИГА, 1977. С. 43–49.
- Косько М.К., Непомилуев В.Ф.* Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1:200000. Серия Новосибирские острова. Листы S-54-I, II, III. Л.: ВСЕГЕИ, 1982.
- Косько М.К., Бондаренко Н.С., Непомилуев В.Ф.* Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Новосибирские острова. Листы T-54-XXXI, XXXXII, XXXXIII; S-53-IV, V, VI, XI, XII; S-54-VII, VIII, IX, XIII, XIV, XV. Объяснительная записка. Ред. Устрицкий В.И. М.: Мингео, 1985. 162 с.
- Кузьмичев А.Б., Данукалова М.К.* Источники детритовых цирконов в девонских–юрских песчаниках Новосибирских островов: возможные варианты палеотектонической реконструкции // Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты. Материалы XLVII Тектонического совещания. Т. 1. М.: ГЕОС, 2015. С. 234–238.
- Кузьмичев А.Б., Соловьев А.В., Гоникберг В.Е. и др.* Синколлизионные мезозойские терригенные отложения о. Большой Ляховский (Новосибирские острова) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 14. № 1. С. 33–53.
- Кузьмичев А.Б., Александрова Г.Н., Герман А.Б.* Апт-альбские угленосные отложения на о. Котельный (Новосибирские острова): новые данные о строении разреза и игнимбритовом вулканизме // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2009а. Т. 17. № 5. С. 69–94.
- Кузьмичев А.Б., Захаров В.А., Данукалова М.К.* Новые данные о стратиграфии верхнеюрских и нижнемеловых отложений о. Столбовой (Новосибирские острова) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2009б. Т. 17. № 4. С. 55–74.
- Кузьмичев А.Б., Александрова Г.Н., Герман А.Б. и др.* Палеоген-неогеновые отложения острова Бельковский (Новосибирские острова): к характеристике осадочного чехла в восточной части шельфа моря Лаптевых // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2013. Т. 21. № 4. С. 91–116.
- Лебедев Е.Л.* Альбская флора и стратиграфия нижнего мела Западного Приохотья. М.: Наука, 1974. 148 с. (Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 254).
- Любомирова К.А., Кисляков В.Н.* Результаты палинологического изучения нижнемеловых отложений северной части Лено-Анабарского прогиба // Палинологические исследования отложений палеозоя и мезозоя Севера СССР и Прикаспия. Л.: ВНИГРИ, 1985. С. 70–78.
- Меледина С.В.* Аммониты из борейального верхнего бата острова Котельный // Геология и геофизика. 1999. Т. 40. № 10. С. 1397–1404.
- Невесская Л.А., Попов С.В., Гончарова И.А. и др.* Двустворчатые моллюски России и сопредельных стран в фанерозое. М.: Научный мир, 2013. 524 с. (Тр. ПИН РАН. Т. 294).
- Непомилуев В.Ф., Преображенская Э.Н., Труфанов Г.В. и др.* Нижнемеловые отложения о. Котельного // Сов. геология. 1979. № 3. С. 104–109.
- Никитенко Б.Л.* Ранне- и среднеюрские остракоды севера Сибири: основные закономерности эволюции и зональная шкала // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1994. Т. 2. № 4. С. 38–55.
- Никитенко Б.Л.* Стратиграфия, палеобиогеография и биофауна юры Сибири по микрофауне (фораминиферы и остракоды). Новосибирск: Параллель, 2009. 680 с.
- Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н., Князев В.Г. и др.* Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и борейальный зональный стандарт // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 8. С. 1047–1082.
- Никитенко Б.Л., Князев В.Г., Пещевицкая Е.Б. и др.* Высокорастворимая стратиграфия верхней юры побережья моря Лаптевых // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 4. С. 845–872.
- Никитенко Б.Л., Девятков В.П., Лебедева Н.К. и др.* Стратиграфия юры и мела архипелага Новосибирские острова (море Лаптевых и Восточно-Сибирское море). Фациальное районирование и литостратиграфия // Геология и геофизика. 2017. Т. 58. № 12. С. 1867–1885.
- Никитенко Б.Л., Девятков В.П., Лебедева Н.К. и др.* Биостратиграфия и особенности органического вещества юры и мела архипелага Новосибирские острова (море Лаптевых и Восточно-Сибирское море) // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 2.
- Пещевицкая Е.Б.* Диноцисты и палиностратиграфия нижнего мела Сибири. Новосибирск: Гео, 2010. 230 с.
- Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. Вып. 36. 64 с.
- Практическое руководство по микрофауне СССР. Фораминиферы мезозоя. Т. 5. Гл. ред. Соколов Б.С. Л.: Недра, 1991. 375 с.
- Преображенская Э.Н., Труфанов Г.В., Вольнов Д.А. и др.* Мезозойские отложения о. Котельного // Геология и полезные ископаемые Новосибирских островов и о. Врангеля. Л.: НИИГА, 1975. С. 28–37.
- Самылина В.А.* Мезозойская флора левобережья р. Колымы (Зырянский угленосный бассейн). Часть I. Хвощевые, папоротники, цикадовые, беннетитовые // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 8. Палеоботаника. 1964. Вып. V. С. 40–79.
- Самылина В.А.* Мезозойская флора левобережья р. Колымы (Зырянский угленосный бассейн). Часть II. Гинкговые, хвойные. Общие главы // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 8. Палеоботаника. 1967. Вып. VI. С. 134–175.
- Самылина В.А.* Меловая флора Омсукчана (Магаданская область). Л.: Наука, 1976. 207 с.
- Спижарский Т.Н.* Новосибирские острова // Геология СССР. Том XXVI. Острова Советской Арктики. М. —

- Л.: Государственное изд-во геолог. литературы, 1947. С. 323–365.
- Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2004. 114 с.
- Хубанов В.Б., Буянтуев М.Д., Цыганков А.А. U–Pb изотопное датирование цирконов из Pz3–Mz магматических комплексов Забайкалья методом магнитно-секторной масс-спектрометрии с лазерным пробоотбором: процедура определения и сопоставление с SHRIMP данными // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 1. С. 241–258.
- Bint A.N. Fossil Ceratiaceae: a restudy and new taxa from the mid-Cretaceous of the Western Interior, USA // *Palynology*. 1986. V. 10 (1). P. 135–180.
- Drachev S.S. Tectonic setting, structure and petroleum geology of the Siberian Arctic offshore sedimentary basins // *Arctic Petroleum Geology*. Eds. Spencer A.M., Embry A.F., Gautier D.L. et al. *Geol. Soc. London Mem.* 2011. V. 35. P. 369–394.
- Fensome R., Crux J., Gard G. et al. The last 100 million years on the Scotian Margin, offshore eastern Canada: an event-stratigraphic scheme emphasizing biostratigraphic data // *Atlantic Geology*. 2008. V. 44. P. 93–126.
- Franke D. Rifting, lithosphere breakup and volcanism: Comparison of magma-poor and volcanic rifted margins // *Mar. Petrol. Geol.* 2013. V. 43. P. 63–87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2012.11.003>
- Franke D., Hinz K. Geology of the shelves surrounding the New Siberian Islands from seismic images: Laptev Sea and East Siberian Sea, Russian Arctic // *Regional Geology and Tectonics: Phanerozoic Rift Systems and Sedimentary Basins*. Eds. Roberts D.G., Bally A.W. Elsevier, 2012. P. 279–297.
- Franke D., Hinz K., Block M. et al. Tectonics of the Laptev Sea region in north-eastern Siberia // *Polarforschung*. 2000. V. 68. P. 51–58.
- Herman A.B., Spicer R.A. Mid-Cretaceous floras and climate of the Russian high Arctic (Novosibirsk Islands, Northern Yakutiya) // *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 2010. V. 295. № 3–4. P. 409–422.
- Kos'ko M., Korago E. Review of geology of the New Siberian Islands between the Laptev and the East Siberian seas, North East Russia // *Geology, geophysics and tectonics of Northeastern Russia: a tribute to Leonid Parfenov*. Eds. Stone D.B., Fujita K., Layer P.W. et al. *Stephan Mueller Spec. Publ.* 2009. Ser. 4. P. 45–64.
- Kos'ko M.K., Trufanov G.V. Middle Cretaceous to Eopleistocene sequences on the New Siberian islands: an approach to interpret offshore seismic // *Mar. Petrol. Geol.* 2002. V. 19. P. 901–919.
- Kuzmichev A.B. Where does the South Anjui suture go in the New Siberian Islands and Laptev Sea?: implications for kinematics of the Amerasia Basin Opening // *Tectonophysics*. 2009. V. 463. P. 86–108.
- Miller E., Soloviev A., Gehrels G. et al. Jura–Cretaceous deposits on the New Siberian Islands and Chukotka, Russia: separated by birth of Arctic ocean? // *Norwegian J. Geol.* 2008. V. 88. P. 201–226.
- Nathorst A.G. Über Trias- und Jurapflanzen von der Insel Kotelny // *Научные результаты Русской полярной экспедиции 1900–1903 гг. под начальством барона Э.В. Толля. Отдел С: геология и палеонтология. Вып. 2. Зап. Импер. Акад. наук. 1907. Сер. VIII. Т. XXI. № 2. С. 1–13.*
- Nikishin A.M., Malyshev N.A., Petrov E.I. Geological Structure and History of the Arctic Ocean. Houten, The Netherlands: EAGE Publications bv, 2014. P. 1–88.
- Nikishin A.M., Petrov E.I., Malyshev N.A., Ershova V.P. Rift systems of the Russian eastern arctic shelf and arctic deep water basins: link between geological history and geodynamics // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017. V. 8. № 1. P. 11–43.
- Nøhr-Hansen H. Dinoflagellate cyst stratigraphy of the Barremian to Albian, Lower Cretaceous, North-East Greenland // *Grønlands Geologiske Undersøgelse Bull.* 1993. V. 166. P. 1–171.
- Nøhr-Hansen H. Dinoflagellate cyst stratigraphy of the North Leif I-05 well, Hopedale Basin, Labrador Shelf, offshore eastern Canada // *Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse*. 2004. Rapport 2004/109. P. 1–117.
- Nøhr-Hansen H., McIntyre D.J. Upper Barremian to Upper Albian (Lower Cretaceous) dinoflagellate cyst assemblages, Canadian Arctic Archipelago // *Palynology*. 1998. V. 22. P. 143–166.
- Paton C., Woodhead J.D., Hellstrom J.C. et al. Improved laser ablation U–Pb zircon geochronology through robust downhole fractionation correction // *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2010. V. 11. Q0AA06, doi:10.1029/2009GC002618.
- Petrus J.A., Kamber B.S. VizualAge: a novel approach to laser ablation ICP-MS U–Pb geochronology data reduction // *Geostandards and Geoanalytical Res.* 2012. V. 36. P. 247–270.
- Slama J., Kosler J., Condon D.J. et al. Plesovice zircon – a new natural reference material for U–Pb and Hf isotopic microanalysis // *Chem. Geol.* 2008. V. 249. P. 1–35.
- Spicer R.A., Herman A.B. The Albian–Cenomanian flora of the Kukpowruk River, western North Slope, Alaska: stratigraphy, palaeofloristics, and plant communities // *Cretaceous Res.* 2001. V. 22. P. 1–40.
- Tappan H. Foraminifera from the Arctic Slope of Alaska. Part 3, Cretaceous Foraminifera // *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 1962. № 236-C. P. 91–209.
- Vermeesch P. On the visualisation of detrital age distributions // *Chem. Geol.* 2012. V. 312–313. P. 190–194.
- Wall J.H. Jurassic and Cretaceous foraminiferal biostratigraphy in the Eastern Sverdrup Basin, Canadian Arctic Archipelago // *Bull. Can. Petrol. Geol.* 1983. V. 31. № 4. P. 246–281.
- Wiedenbeck M., Alle P., Corfu F. et al. Three natural zircon standards for U–Th–Pb, Lu–Hf, trace element and REE analyses // *Geostandards Newsletter*. 1995. V. 19. P. 1–23.
- Zippi P.A. Freshwater algae from the Mattagami Formation (Albian), Ontario: paleoecology, botanical affinities, and systematic taxonomy // *Micropaleontology*. 1998. V. 44. Suppl. 1. P. 1–78.

Рецензент Н.Ю. Брагин