

УДК 568(15+16+113.3):551.583.7 551.76(571.1/.5)

МОРСКИЕ РЕПТИЛИИ И КЛИМАТ ЮРЫ И МЕЛА СИБИРИ

© 2019 г. М. А. Рогов^{1, 2, *}, Н. Г. Зверьков^{1, 3, 4}, В. А. Захаров¹, М. С. Архангельский^{5, 6}

¹ Геологический институт РАН, Москва

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

³ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

⁴ Палеонтологический институт РАН, Москва

⁵ Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, Саратов

⁶ Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Саратов

*e-mail: russianjurassic@gmail.com

Поступила в редакцию 27.08.2018 г.

Получена после доработки 10.10.2018 г.

Принята к публикации 25.10.2018 г.

Обобщены все имеющиеся к настоящему времени данные по климатам юры и мела Сибири, основанные на изотопных, палеонтологических и литологических индикаторах. Четко фиксируются позднеплинсбахское похолодание, раннетоарское потепление, уже в конце тоара сменившееся долговременным среднеюрским похолоданием, и долговременный теплый интервал в поздней юре. С конца рязанского века началось постепенное похолодание, которое, по всей видимости, продолжалось в течение всей раннемеловой эпохи за исключением кратковременного раннеаптского потепления. В начале позднего мела климат стал более теплым, пик потепления фиксируется на рубеже сеномана и турона. Затем в среднем—позднем туроне наступило относительное похолодание. Позднее, в коньяке—кампане, климат вновь потеплел, но в конце кампана наступило очередное похолодание. Описаны новые находки морских рептилий из тоарских, кимериджских, волжских и сантон-кампанских отложений севера Восточной Сибири. Ревизованы все имеющиеся данные по находкам морских позвоночных, известных из юры и мела Сибири, при этом все находки (из 51 местонахождения) привязаны к палеоширотам. Установлено, что большинство местонахождений остатков этих животных находились в заполярных палеоширотах (70°–87°). При этом прямой связи между колебаниями климата и распространением этих организмов обнаружить не удалось. С учетом новейших данных, свидетельствующих, что представители большинства групп крупных морских рептилий юры и мела были способны поддерживать более-менее постоянную температуру тела, а также могли предпринимать масштабные сезонные миграции, стоит с осторожностью относиться к привлечению остатков этих животных в качестве индикаторов теплого климата.

Ключевые слова: палеоклимат, Сибирь, юра, мел, морские рептилии, глендониты, Classopollis, $\delta^{18}\text{O}$.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-592X27413-39>

ВВЕДЕНИЕ

Находки остатков морских рептилий в мезозое Сибири известны уже почти 150 лет (первая находка сделана экспедицией А.Л. Чекановского в 1875 г. (Jakowlew, 1903)), но до сих пор они остаются недостаточно изученными. Большая часть таких находок лишь упомянута в различных публикациях, посвященных региональной геологии и стратиграфии, и только несколько экземпляров из юры бассейна р. Лена (Jakowlew, 1903; Меннер, 1948), нижнего мела р. Анабар (Ефимов, 2006; Ефимов, Ефимов, 2011) и о-ва Уединения (Рябинин, 1939) были изображены

и описаны. В то же время в работах, касающихся климатов мезозоя (в первую очередь высокоширотных), присутствие костей морских рептилий, как правило, служило в качестве показателя тепловодных условий (Hallam, 1985). Таким же образом интерпретировались и данные о находках ископаемых остатков этих организмов в различных горизонтах мезозоя Сибири (Гольберт, Полякова, 1966; Гольберт и др., 1968, 1978, 1984; Гольберт, 1979, 1983, 1987; Палеоклиматы..., 1977; Князев и др., 1991). Однако в последние годы были получены данные, ставящие под сомнение возможность использования морских

рептилий для реконструкции палеотемператур. С одной стороны, были описаны разнообразные комплексы рептилий из высокоширотных и, судя по обилию глендонитов, явно холодноводных верхнеаптских отложений Австралии (Kear, 2005, 2006a, 2006b) и Арктической Канады (Vavrek et al., 2014). С другой стороны, было показано, что по крайней мере некоторые их представители были способны поддерживать постоянную температуру тела (Bernard et al., 2010; Motani, 2010; Harrell et al., 2016; Wintrich et al., 2017a, 2017b; Fleischle et al., 2018). И, наконец, сейчас появляется все больше свидетельств того, что многие юрские и меловые морские рептилии обладали обширными (в том числе биполярными) ареалами и, вероятно, были способны принимать значительные сезонные миграции, сопоставимые с таковыми современных китообразных и некоторых рыб (Zverkov et al., 2015).

Обширные материалы по палеотермометрии морей юры и мела Сибири были получены преимущественно в 60-е–70-е годы XX века, когда отечественными исследователями началось изучение изотопного состава кислорода в рострах белемнитов (Берлин и др., 1966; Найдин и др., 1966; Найдин, Тейс, 1976; Тейс и др., 1968, 1978). Параллельно с этими работами были разработаны методы реконструкции палеотемператур по соотношению Са/Mg в раковинах моллюсков (Берлин, Хабаков, 1966; Берлин и др., 1970), при этом результаты изучения одних и тех же образцов белемнитов обоими методами показали достаточно хорошую сходимость (Берлин, Хабаков, 1970). В это же время были сделаны первые попытки уточнить особенности изменения климата мезозоя Сибири по палеоботаническим данным (Тесленко, 1963, 1964; Вахрамеев, 1964; Vakhrameev, 1987, 1991; Гольберт, Полякова, 1966; Ильина, 1969, 1985; Киричкова, 1985), в том числе с использованием данных по относительному содержанию в спорово-пыльцевых комплексах пыльцы *Classopollis* для выявления эпизодов потепления и похолодания (Вахрамеев, 1978, 1980). Наряду с вариациями температуры палеоботанические данные позволили выявлять степень аридности климата. В конце 1970-х годов М.Е. Капланом (1977, 1978, 1979) были обобщены материалы по распространению в юрских и меловых отложениях Сибири глендонитов – кальцитовых псевдоморфоз по метастабильному минералу икаиту, характерному для холодноводных обстановок, и на основании этого были сделаны выводы об особенностях изменения климата рассматриваемого региона.

Разнообразные данные по климатам юры и мела Сибири, полученные в 60-е–80-е годы XX века (в первую очередь данные по флоре, фацциям и палеотермометрии), были обобщены

А.В. Гольбертом (1987). За последующие 30 лет, несмотря на появление обширного нового материала, подобных обзоров больше не было опубликовано, за исключением небольших работ В.А. Захарова (Zakharov, 1994, 1997; Захаров, 2002; Захаров и др., 2010). Следует отметить, что напрямую использовать данные 1960-х–1980-х годов не всегда возможно, как в силу изменения требований пригодности образцов для изотопных исследований, так и из-за произошедшего в последние годы существенного пересмотра возраста некоторых стратиграфических интервалов, в первую очередь в средней юре.

В последние годы были получены новые изотопные данные, позволяющие уточнить наши представления об изменении температуры воды в Арктике в поздней юре–мелу (Price, Mutterlose, 2004; Nunn, 2007; Žák et al., 2011; Zakharov Y. et al., 2011; Dzyuba et al., 2013; Дзюба и др., 2018; Zakharov V. et al., 2014). Впрочем, следует заметить, что данные изотопной палеотермометрии в первую очередь могут говорить о тенденциях, а не о конкретных значениях температур. Особенно существенно это замечание как раз для высокоширотных разрезов. Во-первых, существенное влияние на изотопный состав кислорода оказывают колебания солености воды, весьма вероятные в мелководных эпиконтинентальных бассейнах Сибири, в том числе такие, которые не могут быть выявлены по изменению фаун (например, аналогичные по масштабу установленным в поздней юре Среднерусского моря; см. Wierzbowski et al., 2018). Во-вторых, в настоящее время в высоких широтах Северного полушария изотопный состав морских вод существенно отличается от среднеокеанического, будучи обогащенным легким изотопом кислорода (LeGrande, Schmidt, 2006). Такие же особенности изотопного состава кислорода в морских высокоширотных бассейнах позднего мезозоя устанавливаются в результате моделирования (Zhou et al., 2008) и предполагаются на основании изучения изотопного состава кислорода в рострах белемнитов и глендонитах (Price, Nunn, 2010). Для позднего мела перспективные палеоклиматические реконструкции были получены с использованием данных по морфологии листьев ископаемых покрытосеменных растений (Herman, Spicer, 1997; Herman et al., 2002; Герман, 2004; Spicer, Herman, 2010). Благодаря новым находкам удалось уточнить особенности стратиграфического и географического распространения юрских и меловых глендонитов в Арктике (Захаров и др., 2010; Rogov, Zakharov, 2010; Rogov et al., 2017; Morales et al., 2017). Несмотря на то, что часть факторов, контролирующих распространение глендонитов, остается предметом дискуссий (Zhou et al., 2015; Morales et al., 2017; Qu et al.,

2017; Stockmann et al., 2018), общепризнаны их приуроченность к холодноводным обстановкам и то, что исходным минералом для образования глендонитов является икаит (Grasby et al., 2017; Rogov et al., 2017; Vickers et al., 2018). В дополнение к полученным в последнее время новым данным по палеоклиматам, М.А. Роговым за минувшие 10 лет в разновозрастных отложениях мезозоя севера Восточной Сибири были сделаны многочисленные находки костей морских рептилий.

Таким образом, появление новых данных и необходимость критического пересмотра опубликованных ранее результатов обуславливают основные задачи настоящего исследования:

1) обобщение существующих данных по климатам юры и мела Сибири;

2) обзор имеющихся данных по находкам морских рептилий в юре и мелу Сибири с описанием новых находок¹;

3) сравнение полученных данных по климату юры и мела с особенностями распространения морских рептилий.

Возраст некоторых стратиграфических интервалов, в первую очередь в средней юре и нижнем мелу, из-за сложностей бореально-тетической корреляции в настоящее время является дискуссионным. Для юры границы подъярусов приводятся главным образом по работе В.А. Захарова и М.А. Рогова (2008), лишь для аалена в данной работе принимается двучленное деление, традиционное для Сибири (Шурыгин и др., 2011). Граница нижнего и верхнего байоса традиционно проводится в основании зоны *Borealis*. В последние годы высказывались предположения о раннебайосском возрасте аммонитовых зон, расположенных ниже зоны *Arcticus* (Меледина, 2014; de Lagausie, Dzyuba, 2017), но они основаны на косвенных данных и, на наш взгляд, остаются пока недостаточно обоснованными. Расчленение нижнего мела принимается в основном по Е.Ю. Барабошкину (2004), с учетом данных по Приполярному Уралу: зона *Bojarkensis*, которую традиционно считали готеривской, отнесена к терминальной части валанжина (Nunn et al., 2010), хотя нельзя исключить того, что ее верхняя часть может быть уже готеривской. К нижнему готериву также отнесен лишенный аммонитов интервал разреза, охарактеризованный в Сибири находками *Vuchia sublaevis*, чей готеривский возраст обоснован

данными по Калифорнии (Zakharov, 2015) и Восточно-Европейской платформе (Захаров, 1981). Расчленение верхнего мела принимается по данным В.А. Захарова (Zakharov et al., 2002; Захаров и др., 2003).

ОБЗОР КЛИМАТОВ ЮРЫ И МЕЛА СИБИРИ

Ранняя юра

Судя по палинологическим данным, на севере Восточной Сибири в начале юры существовал гумидный теплоумеренный сезонный климат. Флора начала ранней юры в Западной и Восточной Сибири была сравнительно однообразной, в ней преобладали хвойные и гинкговые, существенное место занимали беннеттитовые (Ильина, 1969). В бассейне р. Вилюй отмечаются находки представителей флоры, характерных для Индо-Европейской области. Одним из показателей климата ранней юры являются споры сфагновых мхов *Stereisporites*. Как и другие сфагновые, эти растения, судя по всему, нуждались в обильном застойном увлажнении и сравнительно умеренных температурах (Ильина, 1985). Анализ распределения спор *Stereisporites* в юре Сибири показал, что сфагноидные растения в этот период были особенно широко представлены в моменты развития флоры в условиях гумидного теплоумеренного климата (синемюр-плинсбах, аален, байос) и исчезали в периоды резкого потепления (ранний тоар) и аридизации (Ильина, 1985). Наибольшее распространение род *Stereisporites* в Сибири имел в позднем плинсбахе, в большом количестве он встречается также в неморских отложениях данного возраста, распространенных на юге Сибири (Ильина, 1985). В позднем плинсбахе отмечаются признаки похолодания. Похолодание сопровождалось выпадением из состава донных сообществ в первую очередь представителей субтетических и нижнебореальных родов двустворок, фораминифер, остракод (Zakharov, 1994; Захаров и др., 2006; Nikitenko, Shurygin, 1994). Для позднего плинсбаха Восточной Сибири также характерно исключительно широкое распространение глендонитов, которые неоднократно отмечались как в естественных обнажениях, так и в керне скважин (Рогов, 2015) (рис. 1). Уровни с верхнеплинсбахскими глендонитами протягиваются на сотни и тысячи километров и использовались как маркирующие для нужд геологического картирования (Кирина, 1966). В этом же стратиграфическом интервале отмечаются находки друпостоунов (Suan et al., 2011), хотя часть из них не связана с ледовым разносом (Князев и др., 1991). С учетом крайне низкого таксономического разнообразия аммонитов (которые

¹ Новые находки, описанные в настоящей работе, хранятся в коллекциях Саратовского государственного технического университета (г. Саратов, номер экземпляра начинается с "СГТУ"), ЦНИГР музея (г. Санкт-Петербург, номер экземпляра начинается с "ЦНИГР") и ГИН РАН (г. Москва, номер экземпляра начинается с "ГИН").

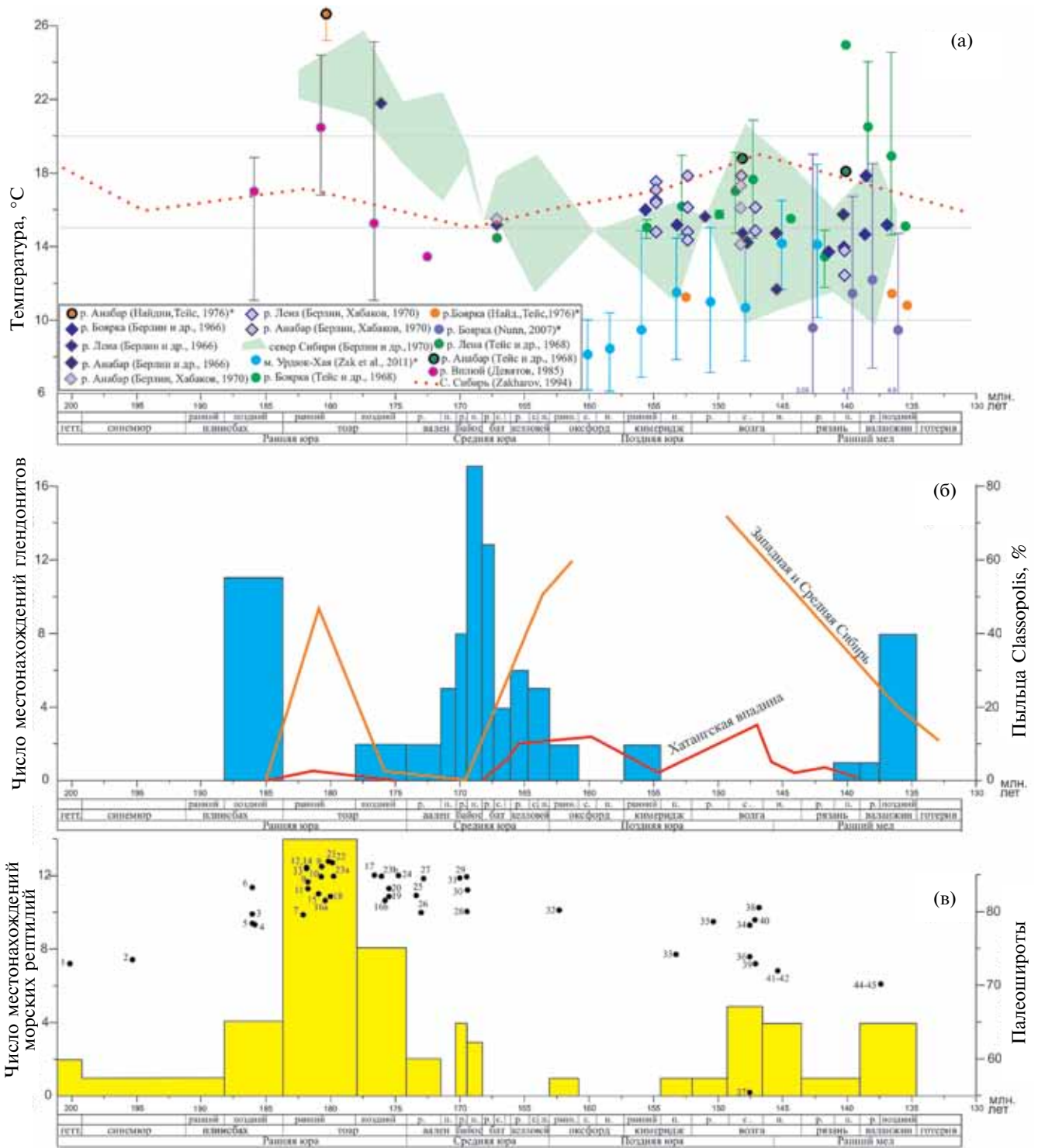


Рис. 1. Индикаторы климата юры–раннего мела Северной Сибири (а, б) и распространение находок морских позвоночных (в).

На рис. 1а кружками показаны результаты определения палеотемператур по изотопному составу кислорода, ромбами – по соотношению Ca/Mg; звездочками отмечены те работы, где приводились исходные данные по изотопному составу ростров белемнитов, расчеты по которым были сделаны авторами по стандартной формуле для кальцита (модификация (Anderson, Arthur, 1983), со средним изотопным составом воды, характерным для безледникового климата (–1‰), см. табл. S1). Заливкой показан диапазон температур по соотношению Ca/Mg. Содержание пыльцы Classopollis дано по Вахрамееву (1980) с уточнениями по данным Ильиной (1985), Марковой, Скуратенко (1983) и Никитенко и др. (2015). Палеошироты, к которым приурочены находки костей морских рептилий (показаны точками на рис. 1в, номера соответствуют номерам на рис. 3 и в табл. 1), рассчитаны с помощью сайта paleolatitude.org.

представлены только амальтеидами и иногда космополитными филлоцератидами) и данных, свидетельствующих о существенном позднеплинсбахском понижении температуры воды в средних и низких широтах Северного полушария (Rosales et al., 2004; Dera et al., 2011; Gómez Fernández et al., 2016; Arabas et al., 2017), это хорошо согласуется с представлениями о заметном похолодании климата в позднем плинсбахе не только в Арктике, но и в других регионах Земли. Сведения об изотопном составе раковин геттанг-плинсбахских моллюсков Восточной Сибири весьма немногочисленны. Имеющиеся в литературе указания на “плинсбахские” определения палеотемператур по рострам белемнитов (например, Берлин и др., 1970) основаны на ошибочных датировках и относятся к низам тоара, и лишь В.П. Девятовым (1983) для бассейна р. Вилюй приведены палеотемпературы, рассчитанные по изотопному составу кислорода в раковинах двустворок достоверно позднеплинсбахского—ааленского возраста (рис. 1). Эти данные также подтверждают сравнительно низкие палеотемпературы для позднего плинсбаха, существенно повышающиеся в начале тоара. В дальнейшем перспективным для определения палеотемператур по изотопному составу кислорода для дотоарского интервала является изучение двустворок, которые достаточно часто встречаются в разрезах геттанга—плинсбаха и нередко имеют хорошо сохранившиеся раковины.

С началом тоара связано значительное потепление, отчетливо фиксируемое по изменению комплексов как морских организмов, так и наземной растительности. Именно к раннему тоару приурочено появление в бассейнах Колымы и Вилюя теплолюбивых беннеттитовых *Ptilophyllum* (Киричкова, 1985; Vakhrameev, 1987), и тогда же в палинологических спектрах резко возрастает количество пыльцы теплолюбивых хвойных (Маркова, Скуратенко, 1983; Ильина, 1985; Захаров и др., 2006). Растения, характерные для Индо-Европейской области, отмечались в тоаре Кузнецкого, Чулымо-Енисейского, Канского и Иркутского бассейнов (Тесленко, 1964). При этом, судя по характеру накопления раннеюрских углей, раннетоарское потепление не сопровождалось аридизацией и происходило на фоне гумидного климата. Показательно, что, несмотря на потепление, тип растительности в Сибири в общем оставался таким же, как и в более ранние интервалы юры, а находки листьев *Ptilophyllum* отсутствуют в угленосных отложениях, где преобладали остатки папоротников, чекановские и гинкговых (Vakhrameev, 1987). В это время в Восточной Сибири произошел существенный сдвиг в северном направлении ареалов теплолюбивых таксонов двустворчатых

моллюсков, фораминифер, диноцист и исчезновение бореальных таксонов (Захаров и др., 2006). Раннетоарская трансгрессия привела также к улучшению связи между бассейнами в пределах Панбореальной надобласти, и на фоне потепления в морях Сибири появилось много таксонов-иммигрантов. По сравнению с поздним плинсбахом выросло разнообразие головоногих, но у двустворчатых моллюсков оно существенно снизилось (Меледина и др., 2005), по всей видимости, в связи с широким развитием черносланцевых фаций. В это время в Сибири впервые и сразу в большом количестве появились разнообразные белемниты (Меледина и др., 2005). Ранним тоаром датируются древнейшие находки аммонитов в Западной Сибири (Девятов и др., 2006). Начиная с основания тоара в разрезах Сибири полностью исчезают глендониты и дропстоуны. Более того, ни одной находки глендонитов из нижнего тоара в мире неизвестно. В литературе имеется значительное число определений изотопного состава кислорода в рострах тоарских белемнитов из различных районов Сибири (Гольберт и др., 1968; Гольберт, 1987; Берлин и др., 1970; Найдин, Тейс, 1976). Однако, как отмечали авторы этих работ, полученные палеотемпературы (как правило, выше 20°C) представляются завышенными, и, по всей видимости, влияние на изотопный состав кислорода в это время оказывало опреснение морских вод.

Раннетоарское потепление в Сибири было кратковременным (Ильина, 1985; Vakhrameev, 1987). В.А. Вахрамеев (Vakhrameev, 1987) отмечал, что теплолюбивые элементы флоры проникали в раннем тоаре лишь на участки вдоль морских побережий, тогда как для изменения характера флоры удаленных от берегов областей потепление, видимо, было слишком кратковременным.

Уже в позднем тоаре в Восточной Сибири отмечаются явные признаки похолодания. Из флоры исчезают теплолюбивые элементы. Почти отсутствуют папоротники, известные из Индо-Европейской области, увеличивается число хвойных, продуцировавших пыльцу *Pinaceae*, близкую по морфологии к современным родам *Picea* и *Pinus* (Ильина, 1969). Это похолодание отмечается и в Западной Сибири (Тесленко, 1963). На севере Восточной Сибири понижается разнообразие аммонитов, которые представлены в большинстве случаев только родом *Pseudolioseras*. В это время усилился эндемизм как аммонитовых, так и белемнитовых бореальных фаун (Меледина и др., 2005). В верхах тоара Восточной Сибири отмечаются сравнительно немногочисленные находки глендонитов (Никитенко, 2009; настоящая работа). По всей видимости, начавшееся в конце тоара похоло-

дание (которое фиксируется также в Северо-Западной Европе), оказавшее существенное влияние на климат всей средней юры Сибири, было вызвано в первую очередь палеогеографическими и тектоническими причинами, а именно практически полным прекращением связи Арктического бассейна с Северо-Западной Европой через пролив Викинг, что привело к изменению характера течений (Korte et al., 2015).

Средняя юра

В аалене похолодание, начавшееся в конце тоара, постепенно усиливалось. Это фиксируется по палеоботаническим данным, полученным по материалам из Западной и Восточной Сибири (Тесленко, 1963; Ильина, 1968, 1985), по палеотемпературным определениям, сделанным по рострам белемнитов, а также по постепенному увеличению числа находок глендонитов по сравнению с тоаром (рис. 1). Наземная флора аалена была бедна и однообразна. Из ее состава выпали как виды-иммигранты из южных фитоохорий, так и раннеюрские растения, которые не смогли адаптироваться к ухудшению температурного режима и, возможно, к усилению сезонности климата (Ильина, 1985, с. 169). В аалене на севере Сибири впервые появились бореальные двустворки *Retroscamatus*, которые в дальнейшем были одним из наиболее характерных элементов бентосных фаун в течение всей средней юры, и лишь в келловее они стали редкими. Аммониты аалена Восточной Сибири были представлены бедным комплексом, близким к позднетоарскому и состоящим из *Pseudoliosceras* и редких филлоцератид. К концу аалена сильно сократилось также разнообразие белемнитов и двустворчатых моллюсков (Меледина и др., 2005).

Во второй половине раннего байоса в Сибири фиксируется кратковременное потепление, к которому приурочено появление здесь растений южного происхождения. На севере Восточной Сибири в палинофлоре этого интервала отмечено присутствие и повышенное содержание спор, характерных для байоса Мангышлака (Ильина, 1985). К этому же временному интервалу приурочено появление редких аммонитов родов *Normannites* и *Lissoceras* (Меледина, 1991). Но по данным палеотермометрии это потепление не фиксируется (рис. 1), хотя для раннего байоса отмечается рост минимальных температур. В то же время находки глендонитов в нижнем байосе достаточно широко распространены. Если раннебайосское потепление и имело место, то, судя по всему, оно было очень кратковременным, и уже с начала позднего байоса (а скорее, с самого конца раннего байоса) отмечаются признаки существенного похолодания. В позднем байосе из палинокомплексов исчезают среднеазиатские

виды-иммигранты, сокращается разнообразие папоротников, широко распространяются плауновые; как и в позднем плинсбахе, становятся многочисленными сфагноидные мхи (Ильина, 1985). Аммонитовые фауны позднего байоса Восточной Сибири были представлены преимущественно эндемиками, к которым иногда добавлялись таксоны-иммигранты из северной Пацифики (Меледина и др., 2005), к этому же времени приурочено появление *Megasphaeroceras* на Земле Франца-Иосифа (Репин, 1999). В верхнебайосских отложениях Сибири необычайно широко распространены глендониты, которые встречаются в максимальном для юры числе местонахождений (рис. 1). При этом глендониты, как правило, присутствуют в разрезах в большом количестве и представлены разнообразными по морфологии образованиями, хотя их находки нередко приурочены к нескольким сравнительно узким стратиграфическим интервалам. По данным палеотермометрии отчетливо фиксируется тренд к понижению палеотемператур с тоара по поздний байос (рис. 1). В байосе бассейна р. Лена часто встречаются друпстоуны, которые И.И. Тучковым (1973) интерпретировались как показатели ледового разноса. Нами практически неокатанная галька наблюдалась как в верхнем байосе, так и в нижнем бате среднего течения р. Лена. Ее присутствие может быть связано с разносом сезонными льдами.

В начале бата вследствие значительного потепления климата, которое было особенно ощутимым в южных районах, происходит существенная перестройка флор Сибири. На юге Сибири в это время также началась аридизация климата, которая в дальнейшем продолжалась на севере Евразии в течение всей поздней юры (Abbink et al., 2001; Hu et al., 2017). В Канско-Ачинском бассейне отмечается повышенное содержание таксонов, присущих западноевропейским и южным палинофлорам, появляется пыльца *Classopollis*. На севере Восточной Сибири потепление было менее значительным, но и здесь отмечаются находки спор папоротников *Marattisporites*, *Lophotriletes torosus* Sach. et Pijna, единичные *Classopollis* (Ильина, 1985). В то же время из-за продолжающейся изоляции Арктического бассейна комплексы моллюсков (в первую очередь аммонитов) оставались сравнительно бедными и характеризовались высокой степенью эндемизма. Количество глендонитов по сравнению с байосом уменьшается, при этом и размер этих псевдоморфоз в бате был в среднем меньше, чем в байосе.

Начиная с позднего бата и особенно келловее, на фоне бореальной трансгрессии климат на юге Сибири становится все более аридным, а на севере Сибири остается в значительной степени

гумидным и теплоумеренным. На юге Западной и Восточной Сибири в условиях семиаридного климата широкое распространение приобрели хвойные с пыльцой *Classopollis*, которые позднее, в начале поздней юры, стали доминировать во флорах юга Сибири. О возросшей сухости климата свидетельствует прекращение угленакопления и седиментация сначала карбонатных пород, а затем пестроцветов в Канско-Ачинском бассейне и на юге Западно-Сибирской равнины (Ильина, 1985). В верхнем бате на севере Сибири отмечаются первые находки суббореальных космоцератид (Меледина и др., 1991), но в позднем бате—келловее, тем не менее, здесь резко доминировали бореальные кардиоцератиды. Лишь в Западной Сибири сравнительно нечастые находки космоцератид отмечаются во всех подъярусах келловее, отсюда известны также единичные находки других суббореальных аммонитов — пропланулитин (Алифинов, Меледина, 2010; Alifinov et al., 2016). В келловее находки глендонитов становятся все более редкими, и с начала оксфорда эти псевдоморфозы исчезают в разрезах Восточной Сибири. В.И. Ильина (1985), отмечавшая некоторое несоответствие между палеоботаническими свидетельствами заметного потепления в келловее севера Сибири и присутствием глендонитов, полагала, что в данном случае присутствие глендонитов может быть связано с увеличением глубины бассейна на фоне трансгрессии. По данным палеотермометрии, однако, о каком-то существенном потеплении говорить нельзя (рис. 1), поскольку увеличиваются максимальные температуры, но становятся более низкими минимальные температуры. Скорее можно предполагать, что на фоне некоторого потепления в высоких широтах усиливалась сезонность климата, а из-за подъема уровня моря мог вырасти и температурный градиент между придонными и приповерхностными водами.

Поздняя юра

В оксфордском веке продолжалось потепление, начавшееся в конце средней юры. В это время фиксируется массовое проникновение южных и западноевропейских растений на север Сибири, что связано с повышением температуры на фоне аридизации климата, которая продолжалась в Евразии в течение поздней юры. В то же время на востоке Сибири климат оставался гумидным, о чем свидетельствует максимум позднеюрского угленакопления, фиксируемый в это время в Южно-Якутском угольном бассейне (Ильина, 1985). В палинокомплексах нижнего оксфорда западного берега Анабарской губы отмечена пыльца *Classopollis* (до 12–20%), а в Усть-Енисейском районе ее содержание до-

стигает 31%, встречаются также глейхениевые, кейтониевые (Ильина, 1985). Теплолюбивые наземные палиноморфы в большом количестве (до 20% и более) встречаются в пробах из верхнего оксфорда—кимериджа наиболее глубокой части Енисей-Хатангского пролива (п-в Нордвик), и лишь в самом конце кимериджа и в волжское время здесь отмечается снижение содержания этих палиноморф (Никитенко и др., 2015). Для верхнеюрских отложений в целом характерно достаточно широкое распространение глауконита (Каплан, 1976). Если в оксфорде аммонитовые фауны Сибири оставались довольно бедными и были охарактеризованы в основном кардиоцератидами (и лишь в нижнем течении р. Лена вместе с ними встречались тихоокеанские филлоцератиды), то в кимеридже в Енисей-Хатангском проливе широко распространились суббореальные аулакостефаниды, которые в мелководных прибрежных фациях (реки Боярка, Хета) на некоторых уровнях составляли большую часть аммонитовых комплексов (Месежников, 1984). Севернее, на Восточном Таймыре, аулакостефаниды встречались уже лишь на некоторых уровнях, а в самых глубоководных и удаленных на восток в направлении к палеополюсу частях бассейна (п-в Нордвик) они уже не известны. В это же время единичные тетические аспидоцератиды проникли на Приполярный Урал (Захаров и др., 2005). Из кимериджа п-ва Нордвик известны самые северные для юры находки известкового наннопланктона (Rogov, Ustinova, 2018). В раннем кимеридже п-ва Нордвик на фоне трансгрессии появляются теплолюбивые представители фораминифер (Никитенко и др., 2015). В дальнейшем в течение волжского века постепенно усиливалась биогеографическая дифференциация морской биоты. О потеплении, продолжавшемся в Сибири в течение всей поздней юры, свидетельствуют и изотопные данные, полученные в последние годы по рострам белемнитов (Price, Mutterlose, 2004; Захаров и др., 2005; Zakharov et al., 2014; Nunn, 2007; Žák et al., 2011; Dzyuba et al., 2013; Дзюба и др., 2018). По палинологическим данным на Приполярном Урале для пограничного интервала юры и мела потепление фиксируется в самом конце волжского века (Дзюба и др., 2018). Находки глендонитов в верхней юре Сибири единичны, они известны в нижнем оксфорде, а недавно спорные глендониты были также встречены в кимеридже скважины АХ-3, пробуренной на восточном Таймыре; в волжском ярусе Сибири глендониты отсутствуют. Все эти данные хорошо согласуются с представлениями о сравнительно теплом климате, господствовавшим в позднеюрскую эпоху на севере Сибири; и лишь в конце волжского века, возможно,

началось незначительное похолодание (Захаров, Сакс, 1980). Следует отметить, что данные палеотермометрии по соотношению Ca/Mg находятся в противоречии с выводами о климате поздней юры, полученными другими методами, и показывают долговременное похолодание от позднего тоара до кимериджа (рис. 1). Это согласуется с представлениями о том, что отношение Ca/Mg в раковинах моллюсков неоднозначно коррелируется с температурой и не может уверенно использоваться в качестве индикатора палеотемператур (Rosales et al., 2004; Wanamaker et al., 2008). У современных двустворок взаимоотношения между Ca/Mg и температурой чувствительны к солености (Wanamaker et al., 2008), сезону роста раковины и различаются во внешнем и внутреннем слоях раковины (Schöne et al., 2013). В то же время в разрезе Нордвик минимальные палеотемпературы фиксируются в оксфорде и кимеридже. Небольшое понижение температур в раннем кимеридже, сменившееся потеплением на рубеже раннего и позднего кимериджа, которое в первую очередь привело к повышению температуры в нижней части водной толщи на фоне практически неизменных значений средних температур (Colombié et al., 2018), отмечается также в Европе. При этом в разных частях Арктического бассейна в течение кимериджа эпизоды потепления и похолодания не всегда совпадали, что может быть связано с особенностями циркуляции водных масс. Так, на Шпицбергене в раннем кимеридже могут быть намечены два эпизода потепления, фиксируемые по резкому преобладанию аулакостефанид в комплексах аммонитов. На рубеже раннего и позднего кимериджа здесь отмечается похолодание, о котором свидетельствуют находки глендонитов и резкое изменение аммонитовых комплексов, из которых в это время полностью исчезли суббореальные аулакостефаниды.

Ранний мел

В начале мелового периода в Сибири климат постепенно холодает, хотя в целом остается довольно теплым и гумидным. На Приполярном Урале в течение рязанского и валанжинского веков флора развивалась в условиях теплого и влажного климата, что дало возможность сохраниться реликтовым формам и способствовало пышному развитию тропических папоротников и теплолюбивых хвойных (Гольберт и др., 1972). В бассейне р. Лена в начале раннего мела возросло разнообразие цикадовых и беннеттиевых (Киричкова, 1985), эти группы оставались многочисленными вплоть до апта. Климат здесь изменялся постепенно, что, по мнению В.А. Вахрамеева (Vakhrameev, 1991), подчеркивается широким распространением углей.

В морской биоте в рязанском и валанжинском веках в Сибири резко преобладали таксоны арктического происхождения, но на отдельных уровнях появлялись формы, близкие или идентичные тихоокеанским. Особенно следует отметить редкие находки в нижней части рязанского яруса на р. Хета аммонитов гималайитид *Sachsia*, а также тихоокеанских видов гетероморфных *Vochianites* в рязанских и валанжинских отложениях Северной Сибири (Шульгина, 1985; Рогов, Игольников, 2009; Zakharov et al., 2014). Данные палеотермометрии подтверждают снижение температуры морской воды в начале мела как на севере Восточной Сибири, что хорошо согласуется с данными о распространении глендонитов, так и западнее, на Приполярном Урале. Первые, еще редкие глендониты появляются в верхах рязанского яруса Северной Сибири, становясь многочисленными в конце валанжина (Rogov et al., 2017). В течение раннего мела в Сибири постепенно уменьшалось содержание пыльцы *Classopollis*. В целом с начала рязанского века до готерива наблюдается постепенное похолодание с минимальными температурами на рубеже валанжина и готерива. Этот временной интервал характеризовался падением разнообразия моллюсков, в бентосе в готериве доминировали типично высокобореальные двустворки рода *Vuchia*. В готерив-барремском палинологическом комплексе Западной Сибири количество пыльцы *Classopollis* еще более сокращается по сравнению с более ранними комплексами, и в барреме эта пыльца становится очень редкой (Хлонова и др., 1990).

К концу готерива морские отложения сохраняются только в Западной Сибири, а в барреме море покинуло и этот регион. В течение раннемеловой эпохи отмечается постепенное похолодание, которое, видимо, прерывалось незначительными раннеаптским и раннеальбским эпизодами потепления, из которых первое фиксируется по флоре, а второе по появлению аммонитов *Arcthoplites* (*Subarcthoplites*), *Pseudopulchellia* и двустворок *Inoceramus anglicus* Woods в Западной Сибири (Захаров и др., 2000). По всей видимости, в позднем альбе—начале сеномана похолодание достигло минимума (Вахрамеев, 1978). Проявление красноцветности в верхнеаптских озерных отложениях юго-западной, южной и юго-восточной частей Западной Сибири указывает на аридность климата. Северная граница аридного пояса в Западной Сибири в это время сместилась к югу по сравнению с ранними веками мелового периода, и в этом регионе установился сравнительно однообразный гумидный режим. Явная зональность распределения осадков, фиксирующаяся от позднего валанжина до ранне-

го апта, сгладилась в позднем апте (Гольберг, 1987). Сведения о климате альба противоречивы. По мнению А.В. Гольберга (1987), геологические индикаторы отчетливо указывают на то, что очень теплый гумидный климат (близкий к современному тропическому) в конце раннего мела был свойственен почти всей Западной Сибири вплоть до нынешнего полярного круга, что подтверждается наибольшим в мезо-кайнозойской истории Сибири развитием бокситообразования, отмеченным в этом интервале. Ранне-среднеальбская флора отличается максимальным для мела видовым разнообразием (около 100 видов) (Головнева, 2005). При этом флоры позднего альба на территории Сибири известны только в Западно-Сибирском регионе.

В Восточной Сибири на большую часть позднего альба приходится перерыв в осадконакоплении (Головнева, 2005). Ископаемые флоры этого возраста известны из прилегающих регионов, таких как остров Котельный (Herman, Spicer, 2010; Кузьмичев и др., 2009, 2018). С другой стороны, похолодание в позднем апте—раннем альбе подтверждается широким распространением в отложениях этого возраста глендонитов (в том числе на Северо-Востоке России; см. Rogov et al., 2017), в некоторых случаях встречающихся совместно с друпостоунами, интерпретируемыми как показатели ледового разноса (верхний апт—нижний альб Шпицбергена; см. Dalland, 1977). Выше нижнеальбских отложений глендониты в мелу не встречаются, появляясь в геологиче-

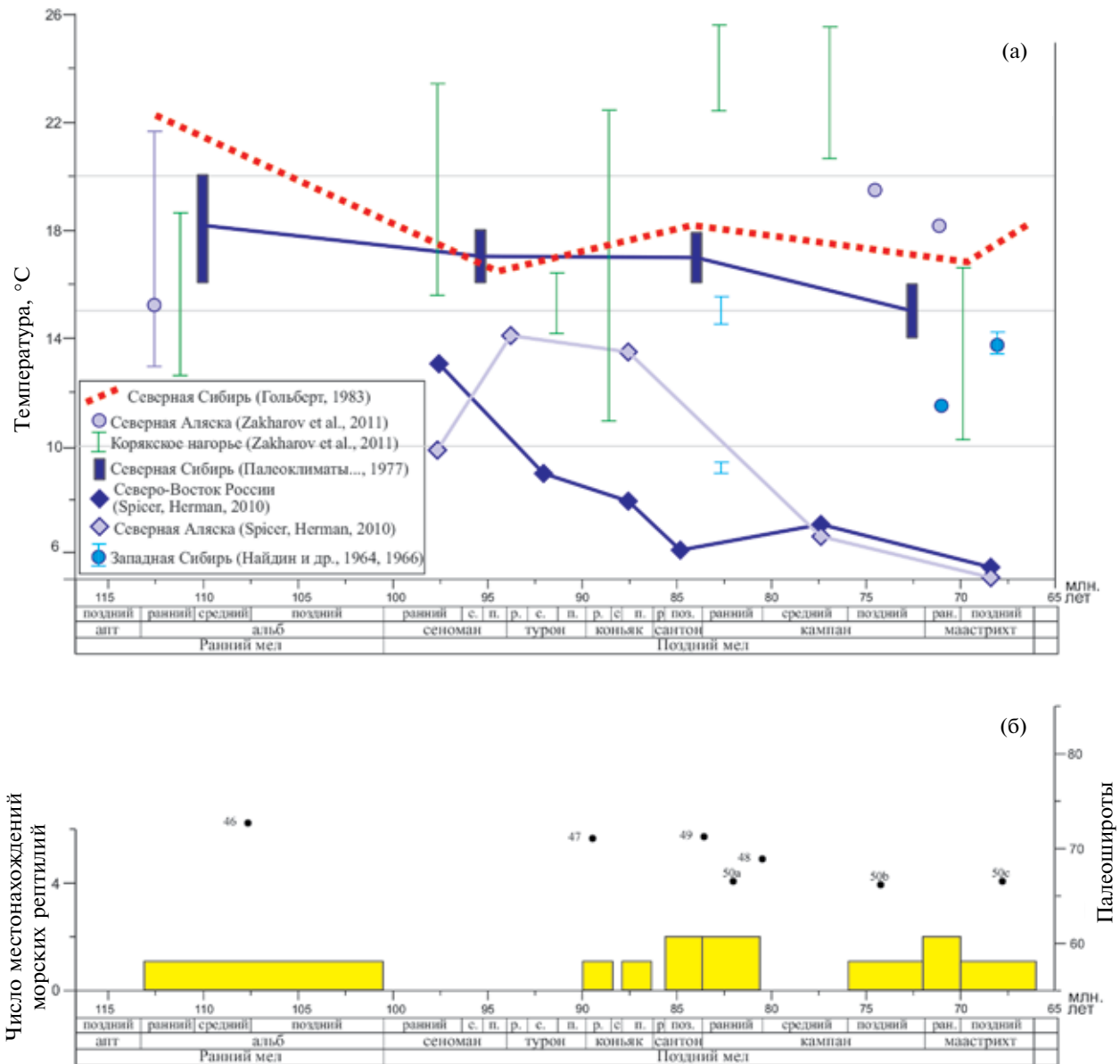


Рис. 2. Индикаторы климата второй половины раннего мела—позднего мела Северной Сибири (а) и распространение находок морских позвоночных (б).

ской летописи вновь лишь в конце палеогена. Изотопные палеотемпературные данные для апта–альба Арктики крайне немногочисленны. Лишь для Северной Аляски и Корякского нагорья имеется несколько определений (Zakharov Y. et al., 2011) (рис. 2), сделанных по арагониту из раковин аммонитов.

Поздний мел

В Сибири климат при переходе от раннего мела к позднему мелу изменился незначительно, лишь в Западной Сибири в сеномане фиксируется резкое смещение к югу областей бокситообразования, что, по мнению А.В. Гольберта (1987), свидетельствует о некотором похолодании и увлажнении климата. В то же время массовое углекислотное накопление, повышенная карбонатность терригенных пород и образование залежей оолитовых железных руд, а также широкое распространение каолинита указывают на сохранение достаточно теплого климата. Немного южнее рассматриваемого региона (в Казахстане) по данным распространения пыльцы *Classopollis* и анализу листьев покрытосеменных методом CLAMP в интервале от альба до сеномана фиксируется постепенное потепление (Вахрамеев, 1980; Herman et al., 2002; Герман, 2004). Флоры сеномана Западной Сибири очень близки к позднеальбским по составу и экологическому облику, при этом крупные и тонкие листья большинства растений говорят о значительной влажности воздуха. В целом климат южной части Западной Сибири в сеномане может быть оценен как гумидный (Головнева, 2005)². Флористические комплексы сеномана севера Восточной Сибири заметно отличаются от вышеописанных: они представлены растениями раннемелового облика с обилием папоротников, почти полным отсутствием цветковых, присутствием цикадофитов, древних гинкговых и хвойных. Климат юга Восточной Сибири в то время оставался теплым и гумидным, о чем свидетельствуют такие признаки, как высокое видовое разнообразие, преобладание среди древесных цветковых растений таксонов с крупными листьями, присутствие цельнокрайних форм (Головнева, 2005). В морских отложениях сеномана, развитых в Усть-Енисейской впадине, отмечается появление космополитного вида *Inoceramus pictus* Sow., а также иноцерамусов тихоокеанского происхождения, в это же время в Западно-Сибирском бассейне появля-

ются аммониты *Placenticerias* и *Borissiakoceras* (Захаров и др., 2003). В туроне Западной Сибири уменьшается количество растений с цельнокрайними листьями, преобладают виды с крупными листьями с зубчатым краем, большинство таксонов были листопадными, что свидетельствует о некотором похолодании климата. Среди таксонов также наблюдается замещение вечнозеленых представителей рода *Sequoia* на веткопадных представителей рода *Taxodium* (Головнева, 2005). Аналогичные изменения во флоре фиксируются и в Восточной Сибири. На севере Сибири, в бассейне р. Хета отмечается высокое разнообразие и обилие хвойных, тогда как цветковые растения здесь были сравнительно редки. Господство платановых и морфология листьев цветковых растений свидетельствуют о преобладании листопадной растительности и теплоумеренном гумидном климате (Головнева, 2005). Еще ближе к предполагаемому палеополюсу, на о-ве Новая Сибирь, климат по данным CLAMP-анализа туронской флоры был близок к теплоумеренному, со среднегодовыми температурами $+9.2 \pm 2.2^\circ\text{C}$ (Herman, Spicer, 2010).

В.А. Вахрамеев (1978) туронское похолодание, отмечаемое по флоре в Западной Сибири, объяснял влиянием крупной трансгрессии, захватившей всю Западно-Сибирскую низменность. В морской биоте турона устанавливается ряд событий, связанных в основном с появлением в Западной Сибири таксонов-космополитов среди двустворчатых моллюсков и фораминифер. При этом после сеноман-туронского пограничного интервала, в котором фиксируется пик потепления, в течение среднего–позднего турона наступило относительное похолодание (Захаров и др., 2003). Изотопный состав кислорода в раковинах моллюсков из турона Усть-Енисейской впадины неоднократно изучался, но какие-либо выводы о палеотемпературе воды на основании этих измерений сделаны не были, а низкие значения $\delta^{18}\text{O}$ были интерпретированы как результат опреснения (Тейс и др., 1978; Найдин и др., 1978). Полученные позднее при отдельном анализе кальцитовых и арагонитовых частей ростров белемнитов результаты (Найдин и др., 1978) также показывают значения $\delta^{18}\text{O}$, соответствующие явно завышенным температурам (табл. S1³), что может быть связано как с влиянием опреснения, так и с особенностями изотопного состава вод Западно-Сибирского бассейна. Туронское похолодание также устанавливается по анализу флор Северо-Востока Азии, причем

² Возраст поздне меловых флор Западной Сибири является дискуссионным. Согласно представлениям С.В. Шепетова (2018), флоры, которые, по мнению Л.Б. Головневой, отвечают интервалу от альба до маастрихта, соответствуют существенно более узкому стратиграфическому интервалу альб–сеноман (?турон).

³ Дополнительные материалы к русскоязычной онлайн версии статьи приведены на сайте <https://journals.ecovector.com/0869-592X>, к англоязычной версии – на сайте <https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/11506>

особенно отчетливо оно выражено в снижении среднегодовой температуры и температуры наиболее холодного месяца (Герман, 2004; Spicer, Herman, 2010). В коньяке–кампане климатические условия в целом оставались близкими к таковым сеномана–турона, но местами фиксируются признаки некоторого уменьшения влажности. Кратковременные относительно теплые интервалы в коньяк–кампанское время можно предполагать по находкам на р. Уса теплолюбивых двустворчатых моллюсков *Rusnodonte* и *Lorha* в верхах коньяка и терминальном сантоне (Маринов и др., 2002). Кампанской флоре Западной Сибири свойственны мелкие размеры листьев, что соответствует некоторой аридизации климата, наблюдаемой в сантон–кампанское время на большей территории Северной Азии. Однако потепление климата, происходившее в это время на Сахалине и в Анадырско–Корякском регионе и отмечаемое в целом в кампане (Вахрамеев, 1978), здесь не проявилось (Головнева, 2005). Мелколистность, связываемая с увеличением засушливости климата, фиксируется и в сантонско–кампанской флоре Вилуйской впадины. На севере Сибири в пограничном интервале сантона и кампана основными доминантами являлись платановые рода *Arthollia*, представители рода *Trochodendroides* и таксодиевые *Sequoia* (Головнева, 2005). Обилие крупных листьев *Pseudoprotophyllum*, представленных тем же видом, что в туроне Хатангской впадины, свидетельствует о сохранении влажного теплоумеренного климата на севере Сибири в позднем сантоне–раннем кампане (Головнева, 2012). На северо–востоке Западной Сибири в коньяке–кампане фиксируется потепление (Маринов и др., 2008), сменившееся кратковременным похолоданием в конце кампана (Захаров и др., 2003). В этой связи представляют интерес палеотемпературные определения, полученные по белемнитам из “птериевых слоев” основания кампана р. Сыня (Найдин и др., 1966). Здесь установлены палеотемпературы 9.1–9.3°C (по рострам *Raastinosamax*) и 14.4–15.6°C (по рострам мелких *Actinosamax*), что, вероятно, связано с различиями в образе жизни этих белемнитов (Найдин и др., 1966; Тейс, Найдин, 1973). Позднекампанское (?) похолодание отмечается также в Арктической Канаде (Super et al., 2018).

Граница кампана и маастрихта на севере Западной Сибири проходит в однородной терригенной песчано–алевритовой толще. В разрезе маастрихта на р. Танама отсутствуют признаки карбонатного осадконакопления. Самые северные разрезы, содержащие карбонатные породы этого возраста, вскрыты скважинами в Широком Приобье, что связывается с поступлением теплых вод через открывшийся

в маастрихте Тургайский пролив. Потепление в раннем маастрихте Западной Сибири отмечалось В.А. Мариновым с соавторами (2008). Для южной части Западной Сибири (р. Аят) имеется несколько определений изотопного состава кислорода по рострам белемнитов. Для раннего маастрихта получены значения 11.6°C, для позднего маастрихта 13.5–15.2°C (Найдин и др., 1964).

ОБЗОР НАХОДОК МОРСКИХ РЕПТИЛИЙ В ЮРСКИХ И МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СИБИРИ

В мезозойских отложениях Сибири остатки морских рептилий отмечались регулярно: во время геолого–съемочных, поисковых и иных работ исследователи нередко находили остатки “завров” и “гигантских ящеров”, при этом указывая как находки отдельных костей, так и “скелеты”. К сожалению, лишь немногие из этих находок были собраны и переданы в музеи, большинство так и осталось на месте обнаружения, а до нас дошли только записи в полевых дневниках и беглые упоминания в литературе (рис. 3; табл. 1).

В таблице 1 и на рис. 3 обобщены все доступные сведения о находках морских рептилий в юрских и меловых отложениях Сибири. Большинство находок имеет плинсбах–байосский возраст; информация о них получена главным образом благодаря работам В.В. Меннера (1948) и, в большей степени, Т.И. Кириной (1966, 1976), а также наблюдениям В.Г. Князева и В.П. Девятова (Князев и др., 1991, 2003; В.Г. Князев, устное сообщение). Отдельные находки отмечены в работах Р.А. Биджиева и Ю.И. Минаевой (1961), И.И. Тучкова (1973) и С.В. Мелединой и др. (1978).

Данные о находках морских рептилий в бате–келловее Сибири на настоящий момент отсутствуют.

Морские рептилии вновь появляются в ископаемой летописи Сибири в поздней юре. При этом в оксфорде и кимеридже отмечаются лишь единичные находки (табл. 1). Из волжского яруса известно несколько находок, первая из которых – позвонок и корактоид плезиозавра – была описана в начале прошлого века (Jakowlew, 1903). Позже, в 1961 г., позвонок ихтиозавра был найден В.А. Захаровым в разрезе средневожского подъяруса на р. Дябака–Тара (Таймыр). Последующие находки остатков ихтиозавров и плезиозавров были сделаны лишь недавно М.А. Роговым (табл. 1).

Важно отметить несколько находок из низов нижнего мела. Так, Рябининым (1939) был упомянут скелет плезиозавра из “валанжина” (т.е. в современном понимании это либо рязанский, либо валанжинский ярусы) Приполярного

Таблица 1. Находки остатков морских рептилий в юре и мелу Сибири

Номер место-нахождения	Возраст	Географическая привязка	Современные координаты	Палео-широта (с.ш.)*	Герпетофауна		Источник; место хранения и номер, где известно
					Первоначальное определение	Авторское переопределение	
1	Геттангский ярус–низы верхнеплинсабхского подъяруса (зимняя свита)	Анабарская губа (обн. 5, сл. 18, 20, 29, 54)	73.31487 N 113.16558 E	73.4	Кости и позвонки рептилий	Reptilia indet.	Князев и др., 1991; Князев, устное сообщение
2	Геттангский ярус, нижний подъярус	Бассейн р. Оленек, р. Кыра-Хос-Терюгтх	71.7793 N 120.8922 E	73.6	Кости и позвонки рептилий; позвонки ихтиозавров (определения С.М. Курзанова)	Ichthyosauria indet.	Князев, устное сообщение; Девятов, 1985
3	Плинсабахский ярус, верхний подъярус	р. Анабар	73.08663 N 112.9614 E	79.8	Кости и позвонки рептилий	Reptilia indet.	Князев, устное сообщение
4	Плинсабахский ярус, верхний подъярус	бассейн р. Оленек, р. Келимьяр (п.н. 7)	72.5545 N 122.4756 E	78.1	Позвонки рептилий	Reptilia indet.	Князев, устное сообщение
5	Плинсабахский ярус, верхний подъярус	Левобережье р. Лена между поселками Джардан и Говорово	70.2446 N 125.2661 E	78.2	Позвонки плезиозавра	Plesiosauria indet.	Биджиев, Минаева, 1961
6	Плинсабахский ярус, верхний подъярус (“глинистая пачка домера”)	бассейн р. Вилюй, р. Тенкенская Ньючуку, обн. 12	61.9545 N 116.6268 E	83.6	Ихтиозавры и плезиозавры	Ichthyosauria indet., Plesiosauria indet.	Кирина, 1966
7	Тоарский ярус, нижний подъярус	П-ов Нордвик (Юрюнг-Тумус)	73.89811 N 110.52246 E	79.5	Туловищный позвонок, близкий к Plesiosaurus robustus	Plesiosauria indet.	Рябинин, 1939; Стратиграфия..., 1972
8	Тоарский ярус	р. Молодо, 2,5 км ниже устья р. Муолдан	69.68264 N 123.55466 E	86.1	Позвонки морских рептилий	Reptilia indet.	Девятов, 1983
9	Тоарский ярус, нижний подъярус	п-ов Юрюнг-Тумус	73.89811 N 110.52246 E	84.3	Остатки плезиозавров, ребро Plesiosauridae	Plesiosauria indet.	Калинко, 1953
10	Тоарский ярус	Левый берег р. Келимьяр, в 3,5 км к югу от устья р. Хотугу-Муйоканда-Юрэгэ	71.35149 N, 125.75580 E	84.9	Позвонки ихтиозавров	Ichthyosauria indet.	Меледина и др., 1978
11	Тоарский ярус, нижний подъярус	Правый берег р. Вилюй у устья р. Иллигира (Улэгира), в 30 км выше пос. Сунтар	61.91617 N 117.24150 E	83.5	Разрозненные остатки Eretmosaurus zrasnickii Menner, Eretmosaurus (?) jakowlewii Menner	Plesiosauria indet.	Меннер, 1948; Кирина, 1966
12	Тоарский ярус, ? нижний подъярус	Устье р. Кутюр-Юрях, урочище Марха (обн. 9)	64.26977 N 116.39572 E	85.9	Разрозненные остатки Eretmosaurus zrasnickii Menner	Plesiosauria indet.	Меннер, 1948

13	Тоарский ярус, нижний подъярус	р. Марха в 7 км ниже пос. Улахан-Кюэль (обн. 16–19)	63.84607 N 116.52285 E	85.5	Кости конечностей крупных плезиозавров	Plesiosauria indet.	Кирина, 1966
14	Тоарский ярус, нижний подъярус	р. Марха ниже устья руч. Собо (обн. 9)	64.26977 N 116.39572 E	85.9	Кости рептилий	Reptilia indet.	Кирина, 1966
15	Тоарский ярус, нижний подъярус	р. Намана	61.50634 N 120.38496 E	82.7	Фрагмент проподия плезиозавра	Plesiosauria indet.	Меннер, 1948
16	Тоарский ярус, нижний подъярус (16a), верхний подъярус (16b)	Бассейн р. Виллой, р. Марха	63.6 N 116.5 E	81.9	Остатки плезиозавров и ихтиозавров	Plesiosauria indet., Ichthyosauria indet.	Кирина, 1966; Несов и др., 1988
17	Тоарский ярус, верхний подъярус	Бассейн р. Виллой, р. Ыгытта	63.38410 N 115.73305 E	85.1	Остатки плезиозавров и ихтиозавров	Plesiosauria indet., Ichthyosauria indet.	Кирина, 1966; Несов и др., 1988
18	Тоарский ярус, нижний подъярус	р. Синяя, обн. 53	62.00305 N 124.28066 E	82.4	Кости плезиозавров	Plesiosauria indet.	Кирина, 1966
19	Тоарский ярус, верхний подъярус	р. Синяя	62.00305 N 124.28066 E	82.4	Плезиозавры	Plesiosauria indet.	Кирина, 1966
20	Тоарский ярус, верхний подъярус	р. Виллой	61.9 N 117.37 E	83.5	Плезиозавры и ихтиозавры	Plesiosauria indet., Ichthyosauria indet.	Кирина, 1966
21	Тоарский ярус, нижний подъярус	Бассейн р. Виллой, р. Тюнг, обн. 26, 28, 29, 31	65.59725 N 119.28390 E	86.6	Остатки плезиозавров	Plesiosauria indet.	Кирина, 1966; Несов и др., 1988
22	Тоарский ярус, нижний подъярус	р. Анабар	72.05531 N 113.93715 E	86.2	Зубы ихтиозавров, кости морской черепахи Chelonia sp. (определение С.М. Курзанова)	Ichthyosauria indet. ?Testudinata indet.	Князев и др., 1991
23	Тоарский ярус, нижний подъярус (23a), верхний подъярус (23b)	Анабарский залив	73.44531 N 113.17315 E	84.8	Кости гигантских рептилий	Reptilia indet.	Князев и др., 2003; В.Г. Князев, устное сообщение
24	Тоарский ярус, верхний подъярус	Анабарская губа	73.31487 N 113.16558 E	84.9		Шейный позвонок плезиозавра Plesiosauria indet.	Сборы М.А. Рогова, 2008 г. (СИТУ МЕЗ, № 4/1211')
25	Тоар–аален (?)	К северу от р. Байбыкан, на р. Доружчан	64.21892 N 130.34969 E	82.3	Кости и скелеты плезиозавров и ихтиозавров	Plesiosauria indet., Ichthyosauria indet.	Кирина, 1976
26	Ааленский ярус, ? нижний подъярус	Правый берег р. Виллой ниже устья р. Илтигр	61.91617 N 117.24150 E	80.2	Фрагменты позвоночных столбов Eretmosaurus sp.	Plesiosauria indet.	Кирина, 1966
27	Ааленский ярус, нижний подъярус	Левый берег р. Молодо, в 5 км ниже устья р. Сюнгподэ	69.22141 N 123.03859 E	84.6	Часть позвоночного столба плезиозавра; позвонки крупных плезиозавров и ихтиозавров	Plesiosauria indet., Ichthyosauria indet.	Биджиев, Минаева, 1961; Стратиграфия..., 1976

Таблица 1. Окончание

Номер местонахождения	Возраст	Географическая привязка	Современные координаты	Палеоширота (с.ш.)*	Герпетофауна		Источник, место хранения и номер, где известно
					Первоначальное определение	Авторское переопределение	
28	Байосский ярус	Анабарский залив, Бус-Хая	73.17590 N 113.68652 E	80.3	Plesiosaurus sp., кости рептилий	Plesiosauria indet.	Емельянцеv, 1954; В.Г. Князев, устное сообщение
29	Байосский ярус	Район пос. Жиганск	66.77459 N 123.32153 E	84.8	Кости рептилий	Reptilia indet.	Тучков, 1973
30	Байосский ярус	Бассейн р. Виллой, устье р. Тюнг	63.77012 N 121.54607 E	82.8	Остатки ихтиозавров	Ichthyosauria indet.	Несов и др., 1988; возраст уточнен по (Стратиграфия..., 1976)
31	Байосский ярус, нижний подъярус	Бассейн р. Молодо	69.22141 N 123.03859 E	84.6	Кости ящеров	Reptilia indet.	Стратиграфия..., 1976
32	Оксфордский ярус, нижний подъярус	Бассейн р. Анабар, р. Половинная	72.53473 N 114.29077 E	80.5	Остатки скелета плезиозавра	Plesiosauria indet.	М.А. Алексеев, В.Г. Князев, устное сообщение
33	Кимериджский ярус	р. Левая Боярка (обн. 23)	70.3419 N 97.1829 E	74.8		Позвонки ихтиозавра Ophthalmosauridae indet.	Сборы М.А. Рогова, 2014 г. (СГТУ МЭЗ, № 4/122)
34	Волжский ярус, ? средний подъярус	К северу от Жиганска, р. Тунгус-Апата у ст. Хоронко	67.77603 N 122.56348 E	78.3	Позвонки и коракоид плезиозавра	Plesiosauria indet.	Jakowlew, 1903; Несов и др., 1988
35	Волжский ярус, нижний подъярус	Приверхоянский прогиб, реки Согоруу-Сасарангнаан и Отонньор-Юрэгэ	68.43151 N 123.17871 E	78.9	Позвонки плиозавров	Pliosauridae indet.	Биджиев, Михайлов, 1966
36	Волжский ярус, средний подъярус	горы Бырранга, р. Дябака-Гари	74.10932 N 97.56308 E	74.4	Позвонки ихтиозавров	Ichthyosauria indet.	Захаров, 1981; сборы В.А. Захарова
37	Волжский ярус, средний подъярус	Скважина Апрельевская-10	62.5 N 69.0 E	55			Сборы И.В. Панченко
38	Волжский ярус	Бассейн р. Оленек	72.10094 N 123.17871 E	80.7	Остатки морских рептилий	Reptilia indet.	Стратиграфия..., 1972
39	Волжский ярус, средний и верхний подъярусы	р. Левая Боярка (обн. 23)	70.570 N 97.306 E	72.7		Часть позвоночного столба Ichthyosauria indet.	Сборы М.А. Рогова, 2014 г. (СГТУ МЭЗ, № 4/125)

40	Волжский ярус, средний и верхний подъярус (?)	Мыс Урдюк-Хая	73.87060 N 113.16783 E	78.4	Ихтиозавры, плезиозавры	Ichthyosauria indet., Plesiosauria indet.	Захаров, 1981; Ильина, 1985; А.С. Алифиров, устное сообщение
41	Волжский ярус, верхний подъярус	р. Хета, обн. 18–19 по (Сакс и др., 1969)	70.54938 N 95.3228 E	72.1		Неполный скелет ихтиозавра сем. Ophthalmosauridae	Сборы М.А. Рогова, 2015 г.
42	Волжский ярус, верхний подъярус	р. Хета, в 4 км от обн. 18–19	70.53750 N 95.42722 E	72.1		Зуб Thalassophonea indet.	Сборы М.А. Рогова, 2015 г. (ЦНИГР 1/13307)
43	Валанжинский ярус, нижний подъярус	р. Анабар, устье р. Харабыл	72.82344 N 113.14541 E	70.0	Позвонки завров	Reptilia indet.	Сакс и др., 1963
44	Валанжинский ярус	р. Анабар, пос. Юрюнг-Хая	72.8108 N 113.2321 E	70.0	Фрагмент черепа ихтиозавра <i>Yasukovia</i> sp.	Ichthyosauria indet.	Ефимов, 2006; Ефимов, Ефимов, 2011 (?УПМ № 1351)
45	Валанжинский или рязанский (?) ярус	р. Сёртынья, Приполярный Урал	64.15895 N 60.64398 E	51 ²	Части скелета плезиозавра	Plesiosauria indet.	Рябинин, 1939
46	Альбский ярус	о-в Уединения	77.49461 N 82.46338 E	72.4	Остатки Plesiosaurus latispinus Owen	Elasmosauridae indet.	Рябинин, 1939; Сакс, Ронкина, 1957; возраст уточнен по: Самойлович и др., 1981 (ЦНИГР 1/5926)
47	Коньякский ярус, нижний подъярус	р. Янгода (Джангода), правый приток р. Атапа, бассейн р. Пясина	70.87972 N 88.41973 E	70.8	Позвонки плезиозавров сем. Elasmosauridae и Polycotyliidae	Elasmosauridae indet., Polycotyliidae indet.	Захаров и др., 1989
48	Туронский–маастрихтский ярусы	р. Танама, левый приток р. Енисей, урочище Сигирте-Надо (обн. 7)	70.38951 N 80.38766 E	68.4	Остатки мозазавров и ихтиозавров	Mosasauroidea indet.	Захаров и др., 1986; Захаров и др., 2003
49	Верхний сантон – нижний кампан	р. Хета, осыпь в типовом разрезе мутинской свиты	71.11677 N 99.73389 E	70.9		Plesiosauria indet., проксимальный фрагмент бедра, грудной позвонок и др. фрагменты костей	Сборы М.А. Рогова, 2015 г. (СГТУ МЭЗ, № 4/123, № 4/124); возраст – по Хоментовский и др., 1999
50a, b, c	Кампан (a, b), маастрихт (c)	р. Большая Лайда	68.82806 N 84.77202 E	66.3	Остатки крупных рептилий	Reptilia indet.	Маринов, Соболев, 2006

Примечание. * Палеошпироты получены с помощью веб-сайта paleolatitude.org (van Hinsbergen et al., 2015). 1 Материал к данной работе хранится в коллекции Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина. 2 Не показан на рис. 3.

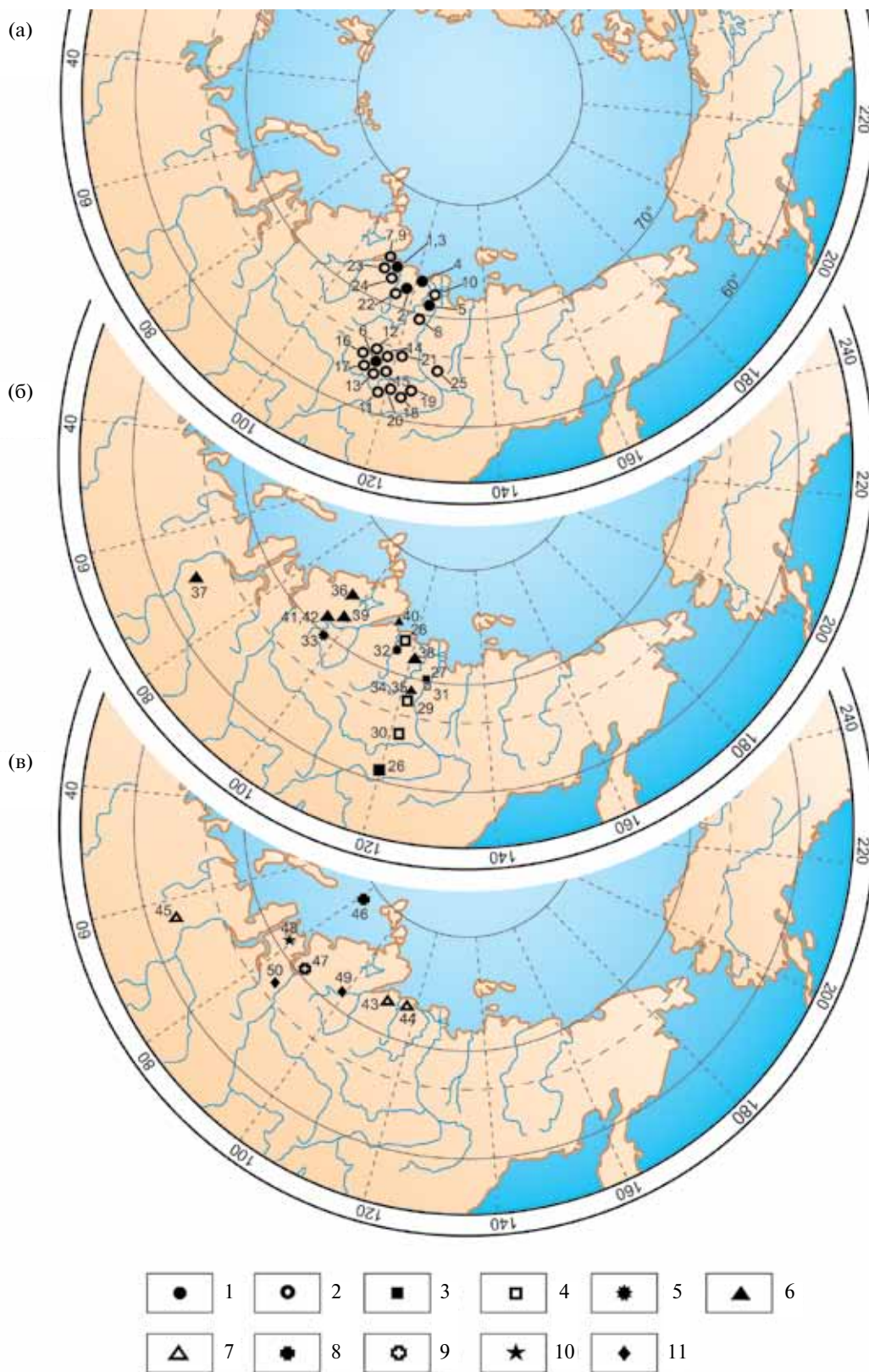


Рис. 3. Местонахождения морских рептилий в ранней юре (а), средней–поздней юре (б) и мелу (в). Условные обозначения: 1 – геттанг–плинсбах, 2 – тоар, 3 – аален, 4 – байос, 5 – оксфорд, кимеридж, 6 – волжский век, 7 – рязанский–валанжинский века, 8 – альб, 9 – коньяк, 10 – турон–?маастрихт, 11 – сантон–маастрихт.

Урала. В.М. Ефимов (2006) упомянул находку остатков ихтиозавра на р. Анабар, В.Н. Саксом и др. (1963) также были отмечены позвонки морских рептилий в валанжине бассейна р. Анабар.

В более молодых отложениях мела находки морских рептилий распределены спорадически. Известна одна находка из альба о-ва Уединения (Рябинин, 1939), пара позвонков из нижнего коньяка р. Янгода (Захаров и др., 1989), кости из турон-маастрихтских отложений на р. Танама (Захаров и др., 1989; Захаров, Хоментовский, 1989), из кампан-маастрихтских отложений р. Большая Лайда (Маринов, Соболев, 2006) и фрагменты костей плезиозавров из сантон-кампанской мутинской свиты на р. Хета (настоящая работа).

ОПИСАНИЕ НЕКОТОРЫХ НОВЫХ НАХОДОК
МОРСКИХ РЕПТИЛИЙ ИЗ ЮРЫ И МЕЛА
СИБИРИ

Во время полевых работ на Анабарской губе летом 2008 г. в эренской свите (тоар) М.А. Роговым был встречен изолированный шейный позвонок плезиозавра (рис. 4а). Тело позвонка имеет цилиндрическую форму, сочленовные поверхности округлые, ширина превышает высоту (соотношение 0.8); длина тела позвонка сопоставима с его высотой (рис. 5а–5в). Фасетки для ребер двойные. Невральная дуга срослась с телом позвонка без видимого шва, однако в месте их предпологаемого сочленения прослеживается четко выраженный латеральный киль (рис. 5б). Данный позвонок может быть определен как *Plesiosauria indet.*



Рис. 4. Фотографии остатков морских рептилий на местах их находки (сборы М.А. Рогова). (а) – шейный позвонок плезиозавра, Анабарская губа, эренская свита, верхний тоар; (б) – зуб плиозавра в конкреции, р. Хета, обн. 23, верхневолжский подъярус, зона Okensis; (в) – часть позвоночного столба и ребра ихтиозавра в конкреции, р. Левая Боярка, пограничный интервал средне- и верхневолжского подъярусов, осыпь; (г) – позвонки и ребро ихтиозавра в конкреции, р. Хета, обн. 18–19, верхневолжский подъярус, зона Okensis.

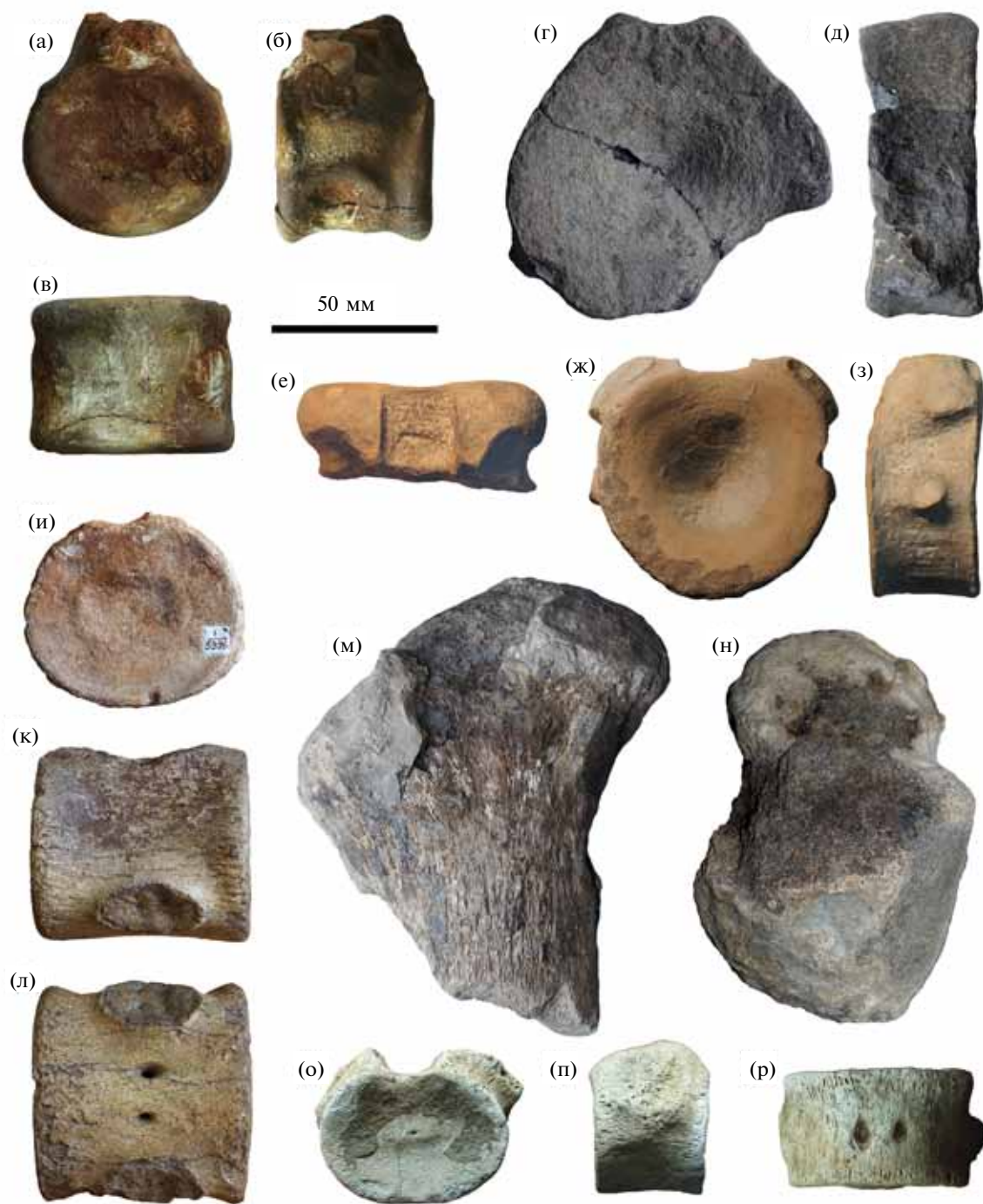


Рис. 5. Остатки морских рептилий.

(а–в) – *Plesiosauria* indet., шейный позвонок плезиозавра средних размеров, экз. СГТУ МЕЗ, № 4/121, Анабарская губа, эренская свита, верхний тоар, сборы М.А. Рогова (см. также рис. 4а); (г, д) – *Ichthyosauria* indet., позвонок из хвостового отдела, экз. СГТУ МЕЗ, № 4/122, р. Левая Боярка, обн. 23, кимериджский ярус, сборы М.А. Рогова; (е–з) – *Ichthyosauria* indet., позвонок из переднеугловишного отдела, р. Дябака-Тара, средневожский подъярус, сборы В.А. Захарова; (и–л) – шейный позвонок плезиозавра *Elasmosauridae* indet., экз. ЦНИГР 1/5926, о. Уединения, альбский ярус (см. Рябинин, 1939); (м, н) – проксимальная часть бедренной кости крупного плезиозавра, экз. СГТУ МЕЗ 4/124, р. Хета, осыпь в типовом разрезе мутинской свиты, сантонский–кампанский ярусы, сборы М.А. Рогова; (о, р) – грудной позвонок не крупного плезиозавра *Elasmosauridae* indet., экз. СГТУ МЕЗ, № 4/123, р. Хета, осыпь в типовом разрезе мутинской свиты, сантонский–кампанский ярусы, сборы М.А. Рогова.

Изолированный позвонок из хвостового отдела ихтиозавра средних размеров был найден М.А. Роговым в 2014 г. на р. Левая Боярка (обн. 23 по (Сакс и др., 1969)) в развале конкреций кимериджского возраста, хотя нельзя исключить и ранневолжский возраст рассматриваемой находки. Данный позвонок значительно укорочен и характеризуется округлыми очертаниями сочленовных поверхностей, сужающимися в верхней части, придавая ему слегка грушевидные очертания (рис. 5г), что наблюдается у представителей семейства *Ophthalmosauridae* (McGowan, Motani, 2003; Moon, Kirton, 2016). Схожие позвонки были описаны А.Н. Рябининым (1912) из кимериджа Печорского края.

В волжских отложениях р. Левая Боярка (обн. 23) был встречен фрагмент конкреции, содержащий часть позвоночного столба и ребра мелкого ихтиозавра (рис. 4в). Данную находку невозможно определить точнее, чем *Ichthyosauria indet.*

В 2015 г. М.А. Роговым остатки морских рептилий впервые были найдены в верхневолжских отложениях бассейна р. Хета: зуб плиозавра *Thalassophonea indet.* (рис. 4б; Zverkov et al., 2018) и кости ихтиозавра (рис. 4г), заключенные в массивные конкреции. Их описание будет опубликовано в другой работе после препарации и проведения детального изучения.

Изолированный позвонок ихтиозавра был найден В.А. Захаровым в 1961 г. на р. Дябака-Тара в средневолжских отложениях (аммонитовые зоны *Dorsoplanites maximus*–*Taimyrosphinctes excentricus*; бухиазона *Buchia taimyrensis*, см. Захаров, 1981). Данный позвонок (рис. 5е–5з) относится к переднотуловищному отделу, о чем свидетельствует характерное положение бугорков для причленения ребер: диапофизы слиты с фасетками невральных дуг и передним краем позвонка, парапофизы обособлены и располагаются на середине высоты позвонка (рис. 5з). Данный позвонок по форме очень похож на таковые *Arthropterygius* sp. (Zverkov et al., 2015, figs. 5E, 5F), однако подобная форма переднотуловищных позвонков характерна для большинства средне-позднеюрских и некоторых раннеюрских ихтиозавров, поэтому находку невозможно определить точнее, чем *Ichthyosauria indet.*

В осыпи типового разреза мутинской свиты (сантон–кампан) М.А. Роговым были встречены фрагменты костей плезиозавров. Достаточно хорошо сохранилась проксимальная часть бедренной кости сравнительно крупного плезиозавра (рис. 5е–5з). Головка кости имеет округлые очертания, она выпуклая, что указывает на зрелость животного. Дорсальный бугор достаточно хорошо развит и также имеет округлые очертания, однако он не до конца обособлен от головки поясом кортикальной кости. Данная кость

в равной степени могла принадлежать представителю широко распространенных в позднем мелу семейств *Elasmosauridae* либо *Polycotylidae*, подобные характеристики наблюдаются также и у некоторых более примитивных плезиозавров, по этой причине мы рассматриваем ее как *Plesiosauria indet.*

Там же был обнаружен грудной позвонок мелкого плезиозавра (рис. 5и–5л), который характеризуется пропорционально небольшой длиной и плоскими сочленовными поверхностями (платический тип). При этом ширина сочленовной поверхности превышает ее высоту, придавая ей овальные очертания (соотношение 0.73). Такие пропорции характерны для представителей семейства *Elasmosauridae*, что позволяет определять этот позвонок как *Elasmosauridae indet.* Данный позвонок представляет несомненный интерес, указывая на присутствие мелкоразмерных молодых плезиозавров наряду с крупными в высоких широтах в кампанское–маастрихтское время (см. ниже).

МОРСКИЕ РЕПТИЛИИ КАК ИНДИКАТОРЫ КЛИМАТА

В последние два десятилетия были получены многочисленные новые данные о мезозойских морских рептилиях, что позволило существенно пересмотреть взгляды не только на их эволюцию, но и на многие аспекты их биологии. К числу наиболее важных открытий можно отнести подтверждение высокого уровня метаболизма у большинства продвинутых представителей основных групп морских рептилий – у ихтиозавров, плезиозавров и мозазавров (Bernard et al., 2010; Motani, 2010; Harrell et al., 2016). Первые гипотезы о высоком уровне метаболизма у мезозойских морских рептилий были высказаны еще в прошлом веке (Buffrénil, Mazin, 1990), однако лишь недавно появились убедительные доказательства, подтверждающие выдвинутые ранее предположения. Так, анализ содержания стабильного изотопа кислорода $\delta^{18}\text{O}$ в зубах ихтиозавров и плезиозавров показал, что расчетная температура их тел могла колебаться в диапазоне от $35 \pm 2^\circ\text{C}$ до $39 \pm 2^\circ\text{C}$, что совпадает с температурой современных китообразных (Bernard et al., 2010). Аналогичные расчеты, проведенные для мозазавров, продемонстрировали, что средняя температура различных представителей этой группы составляла от 33.1°C до 36.3°C и не зависела от предполагаемой массы тела животных. Последнее позволило предположить, что эти рептилии были скорее эндотермными, чем гигантотермными, как это считали ранее (Bernard et al., 2010; Motani, 2010; Harrell et al., 2016).

Гистология ископаемых костей морских рептилий также свидетельствует в пользу активного метаболизма. Исходя из сильно васкуляризированной фиброламеллярной кости и редкого расположения колец роста, ювенильные особи плезиозавров отличались высокими темпами роста, при которых значительное увеличение размеров животного происходило в течение первого года жизни (Wintrich et al., 2017a); при этом оценка степени метаболизма в состоянии покоя плезиозавров демонстрирует такие же значения, как у птиц (Fleischle et al., 2018). Также в пользу быстрого роста и активного метаболизма плезиозавров могут говорить недавно установленные особенности их кровообращения (Wintrich et al., 2017b). Аналогичные данные по быстрым темпам роста на основе структуры хорошо васкуляризированной фиброламеллярной кости получены для ихтиозавров (Houssaye, 2013; Houssaye et al., 2014).

Если для ихтиозавров рождение живых детенышей было установлено более века назад, то для плезиозавров и мозазавров свидетельства живорождения получены лишь относительно недавно, при этом для всех этих групп предполагается переход к живорождению на ранних стадиях адаптации к жизни в воде. Также высказаны предположения, что живорождение как преадаптация могло развиться еще у наземных предков некоторых морских рептилий (O'Keefe, Chiappe, 2011; Motani et al., 2014; Field et al., 2015). До сих пор неясно, мигрировали ли морские рептилии для рождения детенышей в какие-либо специально выбранные ими места. То, что юные плезиозавры появлялись на свет в том числе в морях высоких широт, подтверждается находками остатков очень молодых особей плезиозавров в высокоширотных разрезах (Martin, 2002; Martin et al., 2007; Kear, 2007; Campbell et al., 2013; Vavrek et al., 2014), в том числе это отмечается и по нашим данным (экз. СГТУ МЭЗ 4/124). С учетом быстрого роста на ранних этапах развития, установленного для плезиозавров (Wintrich et al., 2017a), представляется более вероятным то, что эти рептилии могли появиться на свет в высоких широтах, нежели чем то, что молодые особи приплывали туда в раннем возрасте из более низкоширотных областей.

Комплексы морских рептилий были описаны из высокоширотных и, судя по обилию глендонитов, явно холодноводных верхнеаптских отложений Австралии (Kear, 2006a, 2006b) и Арктической Канады (Vavrek et al., 2014). Остается неясным, проводили ли они в холодных водах высоких широт все время или совершали сезонные миграции, подобно китообразным (Rasmussen et al., 2007; Stevick et al., 2010; Mate et al., 2015). Тем не менее для некоторых морских рептилий были получены данные

о широких ареалах, охватывавших как низкие, так и высокие палеошироты. В ряде работ последних лет намечены предполагаемые пути распространения морских рептилий в позднеюрское (Gasparini, Fernández, 2005; Fernández, Maxwell, 2012; Zverkov et al., 2015) и позднемеловое (Григорьев и др., 2015) время.

Таким образом, в настоящее время морские рептилии представляются как высокоспециализированные активные хищники, полностью утратившие связь с сушей на ранних этапах своей эволюционной истории и достаточно быстро освоившие пелагиаль. Способность к живорождению, высокий уровень метаболизма и быстрый рост позволяли им занимать вершины пищевых цепей в морских экосистемах в течение всего мезозоя. Все это ставит под сомнение предположение, что холодный климат мог как-либо ограничивать их ареалы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами были проанализированы все доступные данные по климатам юры и мела Сибири и по распространению морских рептилий в этом регионе. Большинство местонахождений морских рептилий Сибири приходится на высокие палеошироты (70°–87° с.ш.). При этом прямой связи между колебаниями климата и распространением морских рептилий обнаружить не удалось. Хотя максимальное число их местонахождений соответствует наиболее тепловодным эпохам (ранний тоар и волжский век), они сравнительно часто встречались также во время похолоданий (поздний плинсбах, аален–байос), но неизвестны в некоторых явно более тепловодных интервалах (келловей). Меловые находки очень немногочисленны, при этом они известны из сравнительно “холодного” валанжина, но до сих пор не отмечались в рязанском ярусе. В альбско-позднемеловом интервале остатки морских рептилий встречаются сравнительно редко и остаются малоизученными. Современное понимание биологии морских рептилий существенно отличается от взглядов прошлого века – в работах последних лет показано, что для ряда групп продвинутых морских рептилий юры и мела был характерен высокий уровень метаболизма и гомойотермия. С учетом всего вышесказанного, можно сделать вывод, что находки морских рептилий не могут быть использованы в качестве индикаторов теплого климата.

Благодарности. Большую помощь в проведении полевых работ, во время которых был собран материал, послуживший основой для подготовки данной статьи, оказали коллеги из Санкт-Петербурга и Москвы –

сотрудники СПбГУ (А.К. Худoley), ОАО “Газпромнефть НТЦ” (В.Е. Васильев), ВСЕГЕИ (Е.И. Берзон, Ф.А. Триколиди, Г.В. Шнейдер), ИО РАН (В.Е. Вержбицкий). Важные сведения о находках остатков морских позвоночных в юре и мелу Сибири были предоставлены В.Г. Князевым (ИГАБМ СО РАН, Якутск), М.А. Алексеевым (ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург), В.А. Мариновым (ООО “Тюменский нефтяной научный центр”, Тюмень), А.Е. Игольниковым и А.С. Алифировым (ИНГГ СО РАН, Новосибирск). Ценные замечания к ранней версии рукописи были сделаны анонимными рецензентами, а к переработанному варианту статьи – Е.М. Тесаковой и А.Б. Германом. Всем указанным выше коллегам авторы выражают свою глубокую признательность.

Источники финансирования. Обобщение всех данных по климатам Сибири в юре и мелу выполнено при поддержке гранта РНФ 17-17-01171, изучение морских рептилий – при поддержке Программы Президиума РАН № 19 (темы ГИН РАН № 0135-2018-0042 и 0135-2018-0035).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алифиров А.С., Меледина С.В.* Келловейские аммониты Западной Сибири: хронология и хорология // Новости палеонтологии и стратиграфии. 2010. Вып. 14. С. 61–84.
- Барабашкин Е.Ю.* Нижнемеловой аммонитовый зональный стандарт Борейального пояса // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2004. Т. 79. Вып. 5. С. 44–68.
- Берлин Т.С., Хабаков А.В.* Химико-аналитическое определение отношения кальция и магния в рострах белемнойдей как метод оценки температур среды обитания в морях мелового периода СССР // Геохимия. 1966. № 11. С. 1359–1364.
- Берлин Т.С., Хабаков А.В.* Результаты сравнения Са/Mg отношений и температур по изотопам O^{18}/O^{16} в рострах юрских и раннемеловых белемнитов // Геохимия. 1970. № 8. С. 58–67.
- Берлин Т.С., Найдин Д.П., Сакс В.Н. и др.* Климаты в юрском и меловом периодах на Севере СССР по палеотемпературным определениям // Геология и геофизика. 1966. № 10. С. 17–31. (*Berlin T.S., Naydin D.P., Saks V.N., Teis R.V., Khabokov A.V.* Jurassic and Cretaceous climate in northern USSR, from paleotemperature determinations // *Int. Geol. Rev.* 1967. V. 9 (8). P. 1082–1092. DOI: 10.1080/00206816709474824)
- Берлин Т.С., Киприкова Е.Л., Найдин Д.П. и др.* Некоторые проблемы палеотемпературного анализа (по рострам белемнитов) // Геология и геофизика. 1970. № 4. С. 36–43.
- Биджиев Р.А., Минаева Ю.И.* Стратиграфия юрских отложений северной части Приверхоянского краевого прогиба // Геология и геофизика. 1961. № 11. С. 47–62.
- Биджиев Р.А., Михайлов Н.П.* Волжский ярус на севере Приверхоянского прогиба // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1966. Т. XLI. № 3. С. 55–64.
- Вахрамеев В.А.* Юрские и раннемеловые флоры Евразии и палеофлористические провинции этого времени // Труды ГИН АН СССР. 1964. Вып. 102. 264 с.
- Вахрамеев В.А.* Климаты Северного полушария в меловом периоде и данные палеоботаники // Палеонтол. журн. 1978. № 2. С. 3–17.
- Вахрамеев В.А.* Пыльца *Classopollis* как индикатор климата юры и мела // Советская геология. 1980. № 8. С. 48–56. (*Vakhrameyev V.A. Classopollis pollen as an indicator of Jurassic and Cretaceous climate // Int. Geol. Rev.* 1982. V. 24 (10). P. 1190–1196. DOI 10.1080/00206818209451058.)
- Герман А.Б.* Позднемеловой климат Евразии и Аляски по палеоботаническим данным // Труды ГИН РАН. 2004. Вып. 559. 157 с.
- Головнева Л.Б.* Фитостратиграфия и эволюция альб-кампанской флоры на территории Сибири // Меловая система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. СПб.: СПбГУ, 2005. С. 177–197.
- Головнева Л.Б.* Позднемеловая флора Хатангской впадины (северная Сибирь) // Палеоботаника. 2012. Т. 3. С. 32–61.
- Гольберт А.В.* К термической характеристике мезозойских и кайнозойских климатов Северной Азии // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1979. № 11. С. 141–148.
- Гольберт А.В.* Эволюция климата Сибири в мезозое и кайнозое и причины его изменений // Новые данные по стратиграфии и палеогеографии нефтегазоносных бассейнов Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1983. С. 25–32.
- Гольберт А.В.* Основы региональной палеоклиматологии. М.: Недра, 1987. 222 с.
- Гольберт А.В., Полякова И.Д.* К методике региональных палеоклиматических реконструкций // Геология и геофизика. 1966. № 4. С. 26–34.
- Гольберт А.В., Маркова Л.Г., Полякова И.Д. и др.* Палеоландшафты Западной Сибири в юре, мелу и палеогене. М.: Наука, 1968. 150 с.
- Гольберт А.В., Климова И.Г., Сакс В.Н.* Опорный разрез неокома Западной Сибири в Приполярном Зауралье. Новосибирск: Наука, 1972. 184 с.
- Гольберт А.В., Дагис А.С., Могучева Н.К. и др.* Климат Сибири в позднем триасе // Актуальные вопросы региональной геологии Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1978. С. 138–152.
- Гольберт А.В., Казаков А.М., Николаев В.И. и др.* Температурный режим триасовых морей Северо-Восточной Азии в связи с проблемой нефтегазоносности // Проблемы геологии и нефтегазоносности верхнепалеозойских и мезозойских отложений Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1984. С. 87–97.
- Григорьев Д.В., Архангельский М.С., Меркулов С.М.* О находке *Clidastes propython* Cope (Squamata, Mosasauridae) в верхнем мелу Саратовской области // Палеонтол. журн. 2015. № 5. С. 60–68. <https://doi.org/10.7868/s0031031x15050086>

- Девятков В.П.* Условия осадконакопления в тоарском веке на востоке Сибирской платформы // Новые данные по стратиграфии и палеогеографии нефтегазоносных бассейнов Сибири. Новосибирск: СНИИГиМС, 1983. С. 33–41.
- Девятков В.П.* Нижняя юра Вилюйской синеклизы (стратиграфия, фации, палеогеография). Дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, 1985. 182 с.
- Девятков В.П., Князев В.Г., Кутыгин Р.В. и др.* Первая находка нижнеюрских аммонитов (*Dactyloceras*) в Западной Сибири // Докл. АН. 2006. Т. 406. № 3. С. 346–349.
- Дзюба О.С., Пещевецкая Е.Б., Урман О.С. и др.* Разрез Маурья как ключевой для приграничных юрско-меловых отложений мелководно-морского генезиса в Западной Сибири // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 7. С. 1075–1105. <https://doi.org/10.15372/GiG20180710>
- Емельянец Т.М.* Геологическое строение и перспективы нефтеносности восточного побережья Анабарской губы и западного окончания хребта Прончищева // Труды Института геологии Арктики. 1954. Т. 78. С. 76–100.
- Ефимов В.М.* Перспективы поиска потомков ихтиозавров рода *Jasukovia* в меловых отложениях России // Природа Симбирского Поволжья. 2006. Вып. 7. С. 212–214.
- Ефимов В.М., Ефимов В.В.* Новые находки останков морских рептилий в мезозое Сибири // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов. Т. I. Мезозой. Новосибирск: ИНГ СО РАН, 2011. С. 84–87.
- Захаров В.А.* Бухиды и биостратиграфия бореальной верхней юры и неокома // Труды ИГиГ СО АН СССР. 1981. Вып. 458. С. 1–270.
- Захаров В.А.* Климат Северо-Восточной Азии в мезозое (обзор) // Сборник памяти В.А. Вахрамеева. М.: Геос, 2002. С. 262–269.
- Захаров В.А., Рогов М.А.* Юрская система // Состояние изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России. Задачи дальнейших исследований (Постановления МСК и его постоянных комиссий. Вып. 38). СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. С. 86–92.
- Захаров В.А., Сакс В.Н.* Палеоэкология Арктического бассейна в юре и неокоме // Палеонтология. Стратиграфия. Доклады советских геологов. XXVI сессия МГК. Л.: Недра, 1980. С. 126–132.
- Захаров В.А., Хоментовский О.В.* Новые данные по стратиграфии морского верхнего мела Усть-Енисейской впадины // Труды ИГиГ СО АН СССР. 1989. Вып. 722. С. 176–184.
- Захаров В.А., Меледина С.В., Шурыгин Б.Н.* Стратиграфия, биогеография, биоэкология и палеонтология юры и мела в Сибири // Мезозой и кайнозой Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1981. С. 18–44.
- Захаров В.А., Занин Ю.Н., Зверев К.В. и др.* Стратиграфия верхнемеловых отложений Северной Сибири. Усть-Енисейская впадина. Новосибирск: ИГ СО АН СССР, 1986. 82 с.
- Захаров В.А., Бейзель А.Л., Зверев К.В. и др.* Стратиграфия верхнемеловых отложений Северной Сибири (разрез по р. Янгоде). Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1989. 70 с.
- Захаров В.А., Маринов В.А., Агалаков С.Е.* Альбский ярус Западной Сибири // Геология и геофизика. 2000. Т. 41. С. 769–791.
- Захаров В.А., Лебедева Н.К., Маринов В.А.* Биотические и абиотические события в позднем мелу Арктической биогеографической области // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. С. 1093–1103.
- Захаров В.А., Боден Ф., Дзюба О.С. и др.* Изотопные и палеоэкологические свидетельства высоких палеотемператур в кимеридже Приполярного Урала // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. С. 3–20.
- Захаров В.А., Шурыгин Б.Н., Ильина В.И. и др.* Плинсбах-тоарская биотическая перестройка на севере Сибири и в Арктике // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 14. № 4. С. 61–80.
- Захаров В.А., Рогов М.А., Брагин Н.Ю.* Мезозой Российской Арктики: стратиграфия, биогеография, палеогеография, палеоклимат // Вклад России в Международный полярный год 2007/08. Строительство и история развития литосферы. Гл. ред. Леонов Ю.Г. М.—СПб.: Paulsen Editions, 2010. С. 331–383.
- Ильина В.И.* Сравнительный анализ спорово-пыльцевых комплексов юрских отложений южной части Западной Сибири. М.: Наука, 1968. 111 с.
- Ильина В.И.* Климат Западной и Средней Сибири в раннеюрскую эпоху по палинологическим данным // Геология и геофизика. 1969. № 10. С. 10–17.
- Ильина В.И.* Палинология юры Сибири // Труды ИГиГ СО АН СССР. 1985. Вып. 638. 237 с.
- Калинко М.К.* Геология и нефтегазоносность полуострова Нордвик (Юрюнг-Тумус) // Труды НИИГА. 1953. Т. 75. 168 с.
- Каплан М.Е.* Литология морских мезозойских отложений севера Восточной Сибири // Труды ВНИГРИ. 1976. Вып. 357. 231 с.
- Каплан М.Е.* Псевдоморфозы кальцита в осадочных породах и их палеогеографическое значение // Докл. АН СССР. 1977. Т. 237. № 6. С. 1467–1470.
- Каплан М.Е.* Кальцитовые псевдоморфозы в юрских и нижнемеловых отложениях Восточной Сибири // Геология и геофизика. 1978. № 12. С. 62–70.
- Каплан М.Е.* Кальцитовые псевдоморфозы (псевдогейлуссит, яровит, тинолит, глендонит, геннойши, беломорские рогульки) в осадочных породах. Происхождение псевдоморфоз // Литология и полезные ископаемые. 1979. № 5. С. 125–141. (*Kaplan M.E.* Calcite pseudomorphs (pseudogaylussite, jarrowite, thinolite, glendonite, gennoishi, White Sea hornlets) in sedimentary rocks: origins of the pseudomorphs // Lithology and Mineral Resources. 1980. V. 14. P. 623–636.)
- Кирина Т.И.* Стратиграфия нижнеюрских отложений западной части Вилюйской синеклизы // Труды ВНИГРИ. 1966. Вып. 249. С. 18–71.
- Кирина Т.И.* О пограничных слоях нижней и средней юры в Вилюйской синеклизе и прилегающей части

- Приверхоанского прогиба // Труды ВНИГРИ. 1976. Вып. 388. С. 42–71.
- Киричкова А.И.* Фитостратиграфия и флора юрских и нижнемеловых отложений Ленского бассейна. Л.: Недра, 1985. 223 с.
- Князев В.Г., Девятков В.П., Шурыгин Б.Н.* Стратиграфия и палеогеография ранней юры востока Сибирской платформы. Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1991. 100 с.
- Князев В.Г., Девятков В.П., Кутыгин Р.В. и др.* Зональный стандарт тоарского яруса Северо-Востока Азии. Якутск: ЯФ изд-ва СО РАН, 2003. 103 с.
- Кузьмичев А.Б., Захаров В.А., Данукалова М.К.* Новые данные о стратиграфии и условиях формирования верхнеюрских и нижнемеловых отложений о. Столбовой (Новосибирские острова) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2009. Т. 17. № 4. С. 47–66.
- Кузьмичев А.Б., Александрова Г.Н., Данукалова М.К. и др.* Туор-Юрхский разрез “среднего” мела на острове Котельный (Новосибирские острова): как выглядит на суше предполагаемое основание осадочного чехла моря Лаптевых? // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2018. Т. 26. № 4. С. 86–115. <https://doi.org/10.7868/s0869592x18040051>
- Маринов В.А., Соболев Е.С.* Новые данные по стратиграфии верхнего мела Усть-Енисейского района (север Западной Сибири) // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография бореального мезозоя. Новосибирск: Гео, 2006. С. 22–24.
- Маринов В.А., Захаров В.А., Найдин Д.П. и др.* Стратиграфия верхнего мела бассейна р. Усы (Полярное Предуралье) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2002. Т. 77. № 3. С. 26–40.
- Маринов В.А., Амон Э.О., Игольников А.Е. и др.* Основные черты палеогеографии Западно-Сибирского эпиконтинентального морского бассейна в сеноне // Литосфера. 2008. № 5. С. 3–14.
- Маркова Л.Г., Скуратенко А.В.* “Теплый” тоарский палинокомплекс в нижней юре Томской области и его значение для стратиграфии и межрегиональных сопоставлений // Новые данные по стратиграфии и палеогеографии нефтегазовых бассейнов Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1983. С. 41–45.
- Меледина С.В.* Байосские аммониты севера средней Сибири // Труды ИГиГ СО АН СССР. 1991. Вып. 769. С. 113–124.
- Меледина С.В.* О корреляции зон байоса и бата Сибири в свете новых палеонтологических данных // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22. № 6. С. 45–56. <https://doi.org/10.7868/s0869592x14060040>
- Меледина С.В., Нальняева Т.И., Шурыгин Б.Н.* Стратиграфия ниже- и среднеюрских отложений бассейна р. Оленек // Новые данные по стратиграфии и фауне юры и мела Сибири. Новосибирск: Изд-во ИГиГ СО АН СССР, 1978. С. 146–157.
- Меледина С.В., Шурыгин Б.Н., Злобина О.Н. и др.* Чекуровская свита (бат–келловей) в стратотипе // Труды ИГиГ СО АН СССР. 1991. Вып. 769. С. 5–37.
- Меледина С.В., Шурыгин Б.Н., Дзюба О.С.* Палеобиогеография и зональная стратиграфия нижней и средней юры Сибири на основе стадийности в развитии моллюсков // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. С. 239–255.
- Меннер В.В.* Остатки плезиозавров из среднеюрских отложений Восточной Сибири // Труды ИГН АН СССР. Геол. сер. 1948. Вып. 98 (80). С. 1–50.
- Месежников М.С.* Кимериджский и волжский ярусы севера СССР. Л.: Недра, 1984. 224 с.
- Найдин Д.П., Тейс Р.В.* К вопросу об изотопном составе кислорода юрских (тоар–аален) морей Евразии // Геохимия. 1976. № 12. С. 1857–1868.
- Найдин Д.П., Тейс Р.В., Задорожный И.К.* Некоторые новые данные о температурах маастрихтских бассейнов Русской платформы и сопредельных областей по изотопному составу кислорода в рострах белемнитов // Геохимия. 1964. № 10. С. 971–979.
- Найдин Д.П., Тейс Р.В., Задорожный И.К.* Изотопные палеотемпературы верхнего мела Русской платформы и других районов СССР // Геохимия. 1966. № 11. С. 1286–1299.
- Найдин Д.П., Тейс Р.В., Киселевский М.А.* Изотопы кислорода конкреций и заключенных в них органических карбонатов (верхний мел бассейна Пясины, Западный Таймыр) // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 1978. № 1. С. 22–33.
- Несов Л.А., Иванов А.О., Хозацкий Л.И.* О находках остатков ихтиозавров в СССР и проблеме смены фаун в середине мела // Вестник ЛГУ. Сер. 7. 1988. Вып. 1 (7). С. 15–25.
- Никитенко Б.Л.* Стратиграфия, палеобиогеография и биофауны юры Сибири по микрофауне (фораминиферы и остракоды). Новосибирск: Параллель, 2009. 680 с.
- Никитенко Б.Л., Князев В.Г., Пещевицкая Е.Б. и др.* Верхняя юра побережья моря Лаптевых: межрегиональные корреляции и палеообстановки // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. С. 1496–1519.
- Палеоклиматы Сибири в меловом и палеогеновом периодах. М.: Недра, 1977. 107 с.
- Репин Ю.С.* Аммонитовые зоны юры о. Гукера (Земля Франца-Иосифа) // Докл. АН. 1999. Т. 367. № 3. С. 389–393.
- Рогов М.А.* Глендониты в юрских отложениях Северного полушария // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. VI Всероссийское совещание: научные материалы. Махачкала: АЛЕФ, 2015. С. 232–236.
- Рогов М.А., Игольников А.Е.* Аммониты рода *Vochianites* из нижнего мела Панбореальной надобласти и их значение для палеобиогеографических реконструкций // Современные проблемы изучения головоногих моллюсков. Морфология, систематика, эволюция, экология и биостратиграфия. Материалы Всероссийского совещания (Москва, 2–4 апреля 2009 г.). Ред. Леонова Т.Б., Барсков И.С., Митта В.В. М.: ПИН РАН, 2009. С. 124–126.
- Рябинин А.* Позвонки ихтиозавра из кимериджа Печорского края // Труды Геологического Музея имени Петра Великого Императорской Академии Наук. 1912. Т. VI. С. 43–48.

- Рябинин А.Н.* О новых находках Plesiosauria в Советской Арктике и шейном позвонке *Plesiosaurus latispinus* Owen с о. Уединения в Карском море // Проблемы Арктики. 1939. № 9. С. 49–55.
- Сакс В.Н., Ронкина З.З.* Юрские и меловые отложения Усть-Енисейской впадины // Труды НИИГА. 1957. Вып. 90. 232 С.
- Сакс В.Н., Ронкина З.З., Шульгина Н.И. и др.* Стратиграфия юрской и меловой системы севера СССР. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 227 с.
- Сакс В.Н., Ронкина З.З., Басов В.А. и др.* Послойное описание опорного разреза // Опорный разрез верхнеюрских отложений бассейна р. Хеты (Хатангская впадина). Ред. Сакс В.Н. Л.: Наука, 1969. С. 14–63.
- Самойлович Ю.Г., Рождественская И.И., Федоров И.П. и др.* Новые данные по стратиграфии малых островов Карского моря // Материалы по литологии и палеогеографии Карского и Баренцева морей. Л.: НИИГА, 1981. С. 66–84.
- Стратиграфия СССР. Юрская система. М.: Недра, 1972. 524 с.
- Стратиграфия юрской системы севера СССР. М.: Наука, 1976. 436 с.
- Тейс Р.В., Найдин Д.П.* Палеотермометрия и изотопный состав кислорода органических карбонатов. М.: Наука, 1973. 255 с.
- Тейс Р.В., Найдин Д.П., Сакс В.Н.* Определение позднейюрских и раннемеловых палеотемператур по изотопному составу кислорода в роствах белемнитов // Труды ИГиГ СО АН СССР. 1968. Вып. 48. С. 51–71.
- Тейс Р.В., Киселевский М.А., Найдин Д.П.* Изотопный состав кислорода и углерода органических карбонатов и конкреций позднего мела Северо-Западной Сибири // Геохимия. 1978. № 1. С. 111–118.
- Тесленко Ю.В.* Климат Западной Сибири в юрском периоде // Труды ИГиГ СО АН СССР. 1963. Вып. 20. С. 81–84.
- Тесленко Ю.В.* О следах проникновения элементов юрских флор Индо-Европейской палеофлористической области на территории Сибири // Стратиграфия верхнего палеозоя и мезозоя южных биогеографических провинций. М.: Недра, 1964. С. 132–137.
- Тучков И.И.* Палеогеография и история развития Якутии в позднем палеозое и мезозое. М.: Наука, 1973. 206 с.
- Хлонова А.Ф., Папулов Г.Н., Пуртова С.И. и др.* Неморской мел Западной Сибири // Континентальный мел СССР. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 62–75.
- Хоментовский О.В., Захаров В.А., Лебедева Н.К. и др.* Граница сантона и кампана на севере Сибири // Геология и геофизика. 1999. Т. 40. С. 512–529.
- Шульгина Н.И.* Борейальные бассейны на рубеже юры и мела // Труды ВНИИОкеангеология. 1985. Т. 193. 161 с.
- Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Меледина С.В. и др.* Комплексные зональные шкалы юры Сибири и их значение для циркулярных корреляций // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 8. С. 1051–1074. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2011.07.007>
- Щенетов С.В.* К вопросу о стратиграфии и флоре меловых отложений Чулымско-Енисейского района, Западная Сибирь // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2018. Т. 26. № 4. С. 130–143. <https://doi.org/10.7868/s0869592x18040075>
- Abbink O., Targarona J., Brinkhius H. et al.* Late Jurassic to earliest Cretaceous palaeoclimatic evolution of the southern North Sea // Global and Planetary Change. 2001. V. 30. P. 231–256. [https://doi.org/10.1016/s0921-8181\(01\)00101-1](https://doi.org/10.1016/s0921-8181(01)00101-1)
- Alifirov A.S., Beisel A.L., Meledina S.V.* The Callovian and Late Jurassic ammonite-based chronostratigraphy of West Siberia: important findings, biostratigraphic review, and basin correlation West Siberia–South England // Swiss J. Palaeontology. 2016. V. 135. № 1. P. 11–21. <https://doi.org/10.1007/s13358-015-0107-9>
- Anderson T.F., Arthur M.A.* Stable isotopes of oxygen and carbon and their application to sedimentologic and paleoenvironmental problems // Stable Isotopes in Sedimentary Geology. Eds. Arthur M.A., Anderson T.F., Kaplan I.R. et al. SEPMS Short Course. 1983. № 10. P. 1–151.
- Arabas A., Schlögl J., Meister C.* Early Jurassic carbon and oxygen isotope records and seawater temperature variations: insights from marine carbonate and belemnite rostra (Pieniny Klippen Belt, Carpathians) // Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. 2017. V. 485. P. 119–135. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.06.007>
- Bernard A., Lécuyer C., Vincent P. et al.* Regulation of body temperature by some Mesozoic marine reptiles // Science. 2010. V. 328. № 5984. P. 1379–1382. <https://doi.org/10.1126/science.1187443>
- Buffrénil V. de, Mazin J.-M.* Bone histology of the ichthyosaurs: comparative data and functional interpretation // Paleobiology. 1990. V. 16. P. 435–447. <https://doi.org/10.1017/s0094837300010174>
- Campbell J.A., Schröder-Adams C.J., Haggart J.W. et al.* First records of a Plesiosaurian (Reptilia: Sauropterygia) and an Ichthyosaur (Reptilia: Ichthyosauria) from Yukon, Canada // Canadian Field-Naturalist. 2013. V. 127. № 3. P. 234–239. <https://doi.org/10.22621/cfn.v127i3.1489>
- Colombié C., Carcel D., Lécuyer C. et al.* Temperature and cyclone frequency in Kimmeridgian Greenhouse period (late Jurassic) // Global and Planetary Change. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.08.005>
- Dalland A.* Erratic clasts in the Lower Tertiary deposits of Svalbard – evidence of transport by winter ice // Norsk Polarinstitut Årbok. 1977. P. 151–166.
- de Lagausie B., Dzyuba O.S.* Biostratigraphy of the Bajocian–Bathonian boundary interval in northern Siberia: new data on belemnites from the Yuryung-Tumus Peninsula // Bulletin de la Societe Geologique de France. 2017. T. 188. № 3. P. 1–9. <https://doi.org/10.1051/bsgf/2017004>
- Dera G., Brigaud B., Monna F. et al.* Climatic ups and downs in a disturbed Jurassic world // Geology. 2011. V. 39. № 3. P. 215–218. <https://doi.org/10.1130/G31579.1>
- Dzyuba O.S., Izokh O.P., Shurygin B.N.* Carbon isotope excursions in Boreal Jurassic–Cretaceous boundary sections and their correlation potential // Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. 2013. V. 381. P. 33–46. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2013.04.013>

- Fernández M.S., Maxwell E.E.* The genus *Arthropterygius* Maxwell (Ichthyosauria: Ophthalmosauridae) in the Late Jurassic of the Neuquén Basin, Argentina // *Geobios*. 2012. V. 45. P. 535–540. <https://doi.org/10.1016/j.geobios.2012.02.001>
- Field D.J., LeBlanc A., Gau A. et al.* Pelagic neonatal fossils support viviparity and precocial life history of Cretaceous mosasaurs // *Palaeontology*. 2015. V. 58. Pt. 3. P. 401–407. <https://doi.org/10.1111/pala.12165>
- Fleischle C.V., Wintrich T., Sander P.M.* Quantitative histological models suggest endothermy in plesiosaurs // *PeerJ*. 2018. V. 6. <https://doi.org/10.7717/peerj.4955>
- Gasparini Z., Fernández M.* Jurassic marine reptiles of the Neuquén Basin: records, faunas and their palaeobiogeographic significance // *Geol. Soc. London. Spec. Publ.* 2005. V. 252. P. 279–294. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2005.252.01.14>
- Gómez J.J., Comas-Rengifo M.J., Goy A.* Palaeoclimatic oscillations in the Pliensbachian (Early Jurassic) of the Asturian Basin (Northern Spain) // *Clim. Past*. 2016. V. 12. P. 1199–1214. <https://doi.org/10.5194/cp-12-1199-2016>
- Grasby S.E., McCune G.E., Beauchamp B. et al.* Lower Cretaceous cold snaps led to widespread glendonite occurrences in the Sverdrup Basin, Canadian High Arctic // *GSA Bull.* 2017. V. 129. № 7–8. P. 771–787. <https://doi.org/10.1130/B31600.1>
- Hallam A.* A review of Mesozoic climates // *J. Geol. Soc.* 1985. V. 142. P. 433–445.
- Harrell T.L., Perez-Huerta A., Suarez C.A.* Endothermic mosasaurs? Possible thermoregulation of Late Cretaceous mosasaurs (Reptilia, Squamata) indicated by stable oxygen isotopes in fossil bioapatite in comparison with coeval marine fish and pelagic seabirds // *Palaeontology*. 2016. V. 59. Pt. 3. P. 351–363. <https://doi.org/10.1111/pala.12240>
- Herman A.B., Spicer R.A.* New quantitative palaeoclimate data for the Late Cretaceous Arctic: evidence for a warm polar ocean // *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 1997. V. 128. P. 227–251. [https://doi.org/10.1016/s0031-0182\(96\)00080-6](https://doi.org/10.1016/s0031-0182(96)00080-6)
- 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. P. 409–422. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.02.034>
- Herman A.B., Spicer R.A., Kvaček J.* Late Cretaceous climate of Eurasia and Alaska: a quantitative palaeobotanical approach // *Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen*. 2002. Bd. 15. P. 93–108.
- Houssaye A.* Bone histology of aquatic reptiles: what does it tell us about secondary adaptation to an aquatic life // *Biol. J. Linn. Soc.* 2013. V. 108. P. 3–21. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2012.02002.x>
- Houssaye A., Scheyer T.M., Kolb C. et al.* A new look at ichthyosaur long bone microanatomy and histology: implications for their adaptation to an aquatic life // *PLoS ONE*. 2014. V. 9. № 4. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095637>
- Hu J., Ma Y., Wang Z. et al.* Palaeoenvironment and palaeoclimate of the Middle to Late Jurassic revealed by geochemical records in northern margin of Qaidam Basin // *J. Palaeogeography*. 2017. V. 19. № 3. P. 480–490.
- Jakowlew N.* Ueber Plesiosaurierreste aus der Wolgastufe an der Lena in Siberien // *Записки Минералогического общества*. Сер. 2. 1903. Т. 41. С. 13–16.
- Kear B.P.* Marine reptiles from the Lower Cretaceous (Aptian) deposits of White Cliffs, southeastern Australia: implications of a high latitude, cold water assemblage // *Cretaceous Res.* 2005. V. 26. P. 769–782. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2005.04.006>
- Kear B.P.* Plesiosaur remains from Cretaceous high-latitude non-marine deposits in southeastern Australia // *J. Vertebrate Paleontology*. 2006a. V. 26. P. 196–199. [https://doi.org/10.1671/0272-4634\(2006\)26\[196:prfchn\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1671/0272-4634(2006)26[196:prfchn]2.0.co;2)
- Kear B.P.* Marine reptiles from the Lower Cretaceous of South Australia: elements of a high-latitude cold-water assemblage // *Palaeontology*. 2006b. V. 49. P. 837–856. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4983.2006.00569.x>
- Kear B.P.* A juvenile pliosaurid plesiosaur (Reptilia: Sauropterygia) from the Lower Cretaceous of south Australia // *J. Paleontology*. 2007. V. 81. P. 154–162. [https://doi.org/10.1666/0022-3360\(2007\)81\[154:ajpprs\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1666/0022-3360(2007)81[154:ajpprs]2.0.co;2)
- Korte C., Hesselbo S.P., Ullmann C.V. et al.* Jurassic climate mode governed by ocean gateway // *Nature Communications*. 2015. V. 6. <https://doi.org/10.1038/ncomms10015>
- LeGrande A.N., Schmidt G.A.* Global gridded data set of the oxygen isotopic composition in seawater // *Geophys. Res. Lett.* 2006. V. 33. doi: 10.1029/2006GL026011
- Martin J.E.* Juvenile marine reptiles from the Late Cretaceous of the Antarctic Peninsula, Belgium, and South Dakota // *Proc. South Dakota Acad. Sci.* 2002. V. 81. P. 53–57.
- Martin J.E., Sawyer J.F., Reguero M. et al.* Occurrence of a young elasmosaurid plesiosaur skeleton from the Late Cretaceous (Maastrichtian) of Antarctica // *Antarctica: A Keystone in a Changing World*. Online Proc. 10th Int. Symp. of Antarctic Earth Sciences. USGS Open-File Report 2007-1047. 2007. Short Research Paper 066. P. 1–4. <https://doi.org/10.3133/ofr20071047srp066>
- Mate B.R., Ilyashenko V.Yu., Bradford A.L. et al.* Critically endangered western gray whales migrate to the eastern North Pacific // *Biology Letters*. 2015. V. 11. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0071>
- McGowan C., Motani R.* Handbook of paleoherpetology. Ed. Sues H.-D. Munchen: Verlag Dr. Fr. Pfeil, 2003. 178 p.
- Moon B.C., Kirton A.M.* Ichthyosaurs of the British Middle and Upper Jurassic. Part 1. Ophthalmosaurus // *Monograph Palaeontograph. Soc.* 2016. V. 170. Pt. 647. 84 p. <https://doi.org/10.1080/02693445.2016.11963958>
- Morales C., Rogov M., Wierzbowski H. et al.* Glendonites track methane seepage in Mesozoic polar seas // *Geology*. 2017. V. 45. P. 503–506. <https://doi.org/10.1130/g38967.1>
- Motani R.* Warm-Blooded “Sea Dragons”? // *Science*. 2010. V. 328. № 1361. P. 1361–1362. <https://doi.org/10.1126/science.1191409>
- Motani R., Jiang D.Y., Tintori A. et al.* Terrestrial origin of viviparity in Mesozoic marine reptiles indicated by Early Triassic embryonic fossils // *PLoS One*. 2014. V. 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088640>

- Nikitenko B.L., Shurygin B.N.* Lower Toarcian black shales and Pliensbachian–Toarcian crisis of the biota of Siberian paleoseas // Proc. Int. Conf. on Arctic Margins (ICAM), Anchorage, Alaska, September, 1992. Anchorage, Alaska, 1994. P. 39–44.
- Nunn E.V.* Late Jurassic to Early Cretaceous stable isotope and geochemical records from the northern high latitudes: implications for palaeoclimate. PhD thesis. Plymouth: School of Earth Ocean & Environmental Sciences, Faculty of Science, 2007. 441 p.
- Nunn E.V., Price G.D., Gröcke D.R. et al.* The Valanginian positive carbon isotope event in Arctic Russia: evidence from terrestrial and marine isotope records and implications for global carbon cycling // Cretaceous Res. 2010. V. 31. P. 577–592. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2010.07.007>
- O’Keefe F.R., Chiappe L.M.* Viviparity and K-selected life history in a Mesozoic marine plesiosaur (Reptilia, Sauropterygia) // Science. 2011. V. 333. № 6044. P. 870–873. <https://doi.org/10.1126/science.1205689>
- Price G.D., Mutterlose J.* Isotopic signals from late Jurassic–early Cretaceous (Volgian–Valanginian) sub-Arctic belemnites, Yatria River, Western Siberia // J. Geol. Soc. 2004. V. 161. P. 959–968. <https://doi.org/10.1144/0016-764903-169>
- Price G.D., Nunn E.V.* Valanginian isotope variation in glendonites and belemnites from Arctic Svalbard: transient glacial temperatures during the Cretaceous greenhouse // Geology. 2010. V. 38. № 3. P. 251–254. <https://doi.org/10.1130/g30593.1>
- Qu Y., Teichert B.M.A., Birgel D. et al.* The prominent role of bacterial sulfate reduction in the formation of glendonite: a case study from Paleogene marine strata of western Washington State // Facies. 2017. V. 63. № 2. <https://doi.org/10.1007/s10347-017-0492-1>
- Rasmussen K., Palacios D.M., Calambokidis J. et al.* Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: insights from water temperature into the longest mammalian migration // Biology Lett. 2007. V. 3. P. 302–305. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2007.0067>
- Rogov M.A., Ustinova M.A.* High-latitude Late Jurassic nanofossils and their implication for climate and palaeogeography // Norwegian J. Geol. 2018. V. 98. P. 17–23. <https://doi.org/10.17850/njg98-1-02>
- Rogov M.A., Zakharov V.A.* Jurassic and Lower Cretaceous glendonite occurrences and their implication for Arctic paleoclimate reconstructions and stratigraphy // Earth Sci. Frontiers. 2010. V. 17. Spec. Iss. P. 345–347.
- Rogov M.A., Ershova V.B., Shchepetova E.V. et al.* Earliest Cretaceous (late Berriasian) glendonites from Northeast Siberia revise the timing of initiation of transient Early Cretaceous cooling in the high latitudes // Cretaceous Res. 2017. V. 71. P. 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2016.11.011>
- Rosales I., Quesada S., Robles S.* Paleotemperature variations of Early Jurassic seawater recorded in geochemical trends of belemnites from the Basque–Cantabrian basin, northern Spain // Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. 2004. V. 203. № 3–4. P. 253–275. [https://doi.org/10.1016/s0031-0182\(03\)00686-2](https://doi.org/10.1016/s0031-0182(03)00686-2)
- Schöne B.R., Radermacher P., Zhang Z. et al.* Crystal fabrics and element impurities (Sr/Ca, Mg/Ca, and Ba/Ca) in shells of *Arctica islandica* – implications for paleoclimate reconstructions // Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. 2013. V. 373. P. 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.05.013>
- Spicer R.A., Herman A.B.* The late Cretaceous environment of the Arctic: a quantitative reassessment based on plant fossils // Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. 2010. V. 295. P. 423–442. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.02.025>
- Stevick P.T., Neves M.C., Johansen F. et al.* A quarter of a world away: female humpback whale moves 10 000 km between breeding areas // Biology Lett. 2010. V. 7. P. 299–302. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0717>
- Stockmann G., Tollefsen E., Skelton A. et al.* Control of a calcite inhibitor (phosphate) and temperature on ikaite precipitation in Ikka Fjord, southwest Greenland // Applied Geochemistry. 2018. V. 89. P. 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.11.005>
- Suan G., Nikitenko B.L., Rogov M.A. et al.* Polar record of Early Jurassic massive carbon injection // Earth Planet. Sci. Lett. 2011. V. 312. P. 102–113. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2011.09.050>
- Super J.R., Chin K., Pagani M. et al.* Late Cretaceous climate in the Canadian Arctic: multi-proxy constraints from Devon Island // Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. 2018. V. 504. P. 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.03.004>
- Vakhrameev V.A.* Climates and the distribution of some gymnosperms in Asia during the Jurassic and Cretaceous // Rev. Palaeobot. Palynol. 1987. V. 51. P. 205–212. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(87\)90030-3](https://doi.org/10.1016/0034-6667(87)90030-3)
- Vakhrameev V.A.* Jurassic and Cretaceous floras and climates of the Earth. Cambridge: University Press, 1991. xix+318 p.
- van Hinsbergen D.J.J., de Groot L.V., van Schaik S.J. et al.* A Paleolatitude Calculator for Paleoclimate Studies // PLoS ONE. 2015. V. 10. № 6. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126946>
- Vavrek M.J., Wilhelm B.C., Maxwell E.E. et al.* Arctic plesiosaurs from the Lower Cretaceous of Melville Island, Nunavut, Canada // Cretaceous Res. 2014. V. 50. P. 273–281. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2014.04.011>
- Vickers M., Watkinson M., Price G.D. et al.* An improved model for the ikaite-glendonite transformation: evidence from the Lower Cretaceous of Spitsbergen, Svalbard // Norwegian J. Geology. 2018. V. 98. № 1. P. 1–15. <https://doi.org/10.17850/njg98-1-01>
- Wanamaker Jr. A. D., Kreutz K. J., Wilson T. et al.* Experimentally determined Mg/Ca and Sr/Ca ratios in juvenile bivalve calcite for *Mytilus edulis*: implications for paleotemperature reconstructions // Geo-Marine Letters. 2008. V. 28. P. 359–368. <https://doi.org/10.1007/s00367-008-0112-8>
- Wierzbowski H., Bajnai D., Wacker U. et al.* Clumped isotope record of salinity variations in the Subboreal Province at the middle–late Jurassic transition // Global and Planetary Change. 2018. V. 167. P. 172–189. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.05.014>
- Wintrich T., Hayashi S., Houssaye A. et al.* A Triassic plesiosaurian skeleton and bone histology inform on evolution of a unique body plan // Science Advances. 2017a. V. 3. № 12. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701144>
- Wintrich T., Scaal M., Sander P.M.* Foramina in

plesiosaur cervical centra indicate a specialized vascular system // *Fossil Record*. 2017b. V. 20. № 2. P. 279–290. <https://doi.org/10.5194/fr-20-279-2017>

Žák K., Košťák M., Man O. et al. Comparison of carbonate C and O stable isotope records across the Jurassic/Cretaceous boundary in the Tethyan and Boreal Realms // *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 2011. V. 299. P. 83–96. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.10.038>

Zakharov V.A. Climatic fluctuations and other events in the Mesozoic of the Siberian Arctic // *Proc. Int. Conf. on Arctic Margins (ICAM)*, Anchorage, Alaska, September, 1992. Anchorage, Alaska, 1994. P. 23–28.

Zakharov V.A. Climates of the Siberian Arctic through Mesozoic time // *Climates: past, present and future*. Second European Paleontological Congress. Abstracts. Vienna, 1997. P. 79.

Zakharov V.A. Upper Tithonian–Hauterivian biostratigraphy of the Paskenta area (Northern California) as a key for Boreal-Tethyan correlation // *Int. Sci. Conf. on the Jurassic/Cretaceous boundary*, September 7–13, 2015, Samara (Russia). Togliatti: Cassandra, 2015. P. 83–88.

Zakharov V.A., Lebedeva N.K., Khomentovsky O.V. Upper Cretaceous Inoceramid and dinoflagellate biostratigraphy of the Northern Siberia // *Tethyan/Boreal Cretaceous correlation. Mediterranean and Boreal Cretaceous paleobiogeographic areas in Central and Eastern Europe*. Ed. Michalik J. Bratislava: Veda, 2002. P. 137–172.

Zakharov V.A., Rogov M.A., Dzyuba O.S. et al. Palaeoenvironments and palaeoceanography changes across the Jurassic/Cretaceous boundary in the Arctic realm: case study of the Nordvik section (north Siberia, Russia) // *Polar Res.* 2014. V. 33. <https://doi.org/10.3402/polar.v33.19714>

Zakharov Y.D., Shigeta Y., Popov A.M. et al. Cretaceous climatic oscillations in the Bering area (Alaska and Koryak Upland): isotopic and palaeontological evidence // *Sedimentary Geology*. 2011. V. 235. № 1. P. 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2010.03.012>

Zhou J., Poulsen C.J., Pollard D. et al. Simulation of modern and middle Cretaceous marine $\delta^{18}\text{O}$ with an ocean–atmosphere general circulation model // *Paleoceanography*. 2008. V. 23. PA3223, <https://doi.org/10.1029/2008PA001596>

Zhou X., Lu Z., Rickaby R.E. et al. Ikaite abundance controlled by porewater phosphorus level: potential links to dust and productivity // *J. Geology*. 2015. V. 123. № 3. P. 269–281. <https://doi.org/10.1086/681918>

Zverkov N.G., Arkhangelsky M.S., Pardo-Pérez J.M. et al. On the Upper Jurassic ichthyosaur remains from the Russian North // *Proc. Zoological Inst.* 2015. V. 319. № 1. P. 81–97.

Zverkov N.G., Fischer V., Madzia D. et al. Increased pliosaurid dental disparity across the Jurassic–Cretaceous transition // *Palaeontology*. 2018. V. 61. Iss. 6. P. 825–846. <https://doi.org/10.1111/pala.12367>

Рецензенты А.Б. Герман, Е.М. Тесакова

MARINE REPTILES AND CLIMATES OF THE JURASSIC AND CRETACEOUS OF SIBERIA

M. A. Rogov^{1, 2, *}, N. G. Zverkov^{1, 3, 4}, V. A. Zakharov¹, M. S. Arkhangelsky^{5, 6}

¹ *Geological Institute of RAS, Moscow, Russia*

² *Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia*

³ *Moscow State University, Moscow, Russia*

⁴ *Paleontological Institute of RAS, Moscow, Russia*

⁵ *Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia*

⁶ *Saratov State University, Saratov, Russia*

*e-mail: russianjurassic@gmail.com

All available data on the Jurassic and Cretaceous climates of Siberia, based on isotope, palaeontological and lithological markers are summarized. Late Pliensbachian cooling, early Toarcian warming, followed by late Toarcian to Middle Jurassic cooling and long-term Late Jurassic warming are well-recognized. Gradual cooling started since the late Ryazanian and continued during the whole Early Cretaceous except the short early Aptian warming event. At the beginning of the Late Cretaceous climate became warmer with warming peak at the Cenomanian–Turonian transition. During the middle and late Turonian climate became colder. During the Coniacian–Campanian time interval climate became warmer, but at the end of the Campanian new cooling event occurred. New records of marine reptiles from the Toarcian, Kimmeridgian, Volgian and Santonian–Campanian of the north of Eastern Siberia are described. All data concerning marine reptile occurrences in the Jurassic and Cretaceous of Siberia are reviewed; these records (from 51 localities) are mostly located at high palaeolatitudes. The analysis has revealed that most of the localities containing fossil reptile remains were located in the Transpolar palaeolatitudes (70°–87°). There are no direct relationship between climate oscillations and distribution of these animals. Taking into account recent data arguing that nearly all groups of the Jurassic and Cretaceous big marine reptiles were able to maintain constant body temperature and also were capable make long-range seasonal migrations, any conclusions concerning usage of these animals as markers of warm climate should be treated with a caution.

Keywords: palaeoclimate, Siberia, Jurassic, Cretaceous, marine reptiles, glendonites, *Classopollis*, $\delta^{18}\text{O}$.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-592X27413-39>