



РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕООБСТАНОВОК В РАЗРЕЗЕ НА Р. АНАБАР (БАТ–БОРЕАЛЬНЫЙ БЕРРИАС, СЕВЕР СИБИРИ) ПО ЛИТОЛОГИИ, ФОРАМИНИФЕРАМ И ПАЛИНОМОРФАМ

Е. Б. Пещевицкая¹, Б. Н. Никитенко^{1,2}, А. Ю. Попов^{1,2}

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН; ²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Представлены результаты комплексных палеофациальных исследований в разрезе бата – бореального берриаса на правом берегу р. Анабар (север Сибири), основанные на анализе литологических, литогеохимических и палеонтологических (фораминиферы, морские и наземные палиноморфы) данных. Детальное биостратиграфическое расчленение разреза позволило проследить в Анабарском районе динамику развития морского палеобассейна и особенности палеообстановок на прилегающих областях суши для узких временных интервалов.

Ключевые слова: бат – бореальный берриас, север Сибири, палеофации, литология, фораминиферы, палиноморфы.

RECONSTRUCTIONS OF PALEOENVIRONMENTS IN THE SECTION ON THE ANABAR RIVER (THE BATHONIAN–THE BOREAL BERRIASIAN, NORTH OF SIBERIA) BY LITHOLOGY, FORAMINIFERA AND PALYNOMORPHS

E. B. Pestchevitskaya¹, B. L. Nikitenko^{1,2}, A. Yu. Popov^{1,2}

¹A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS; ²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

The article presents the results of comprehensive paleofacial studies in the Bathonian–Boreal Berriasian section on the right bank of the Anabar River (north of Siberia), based on the analysis of lithological, lithogeochemical and paleontological (foraminifera, marine and terrestrial palynomorphs) data. The detailed biostratigraphic subdivision of the section made it possible to trace dynamics of the marine paleobasin in the Anabar Region and paleoenvironmental features on adjacent land areas for narrow time intervals.

Keywords: Bathonian–Boreal Berriasian, north of Siberia, paleofacies, lithology, foraminifera, palynomorphs.

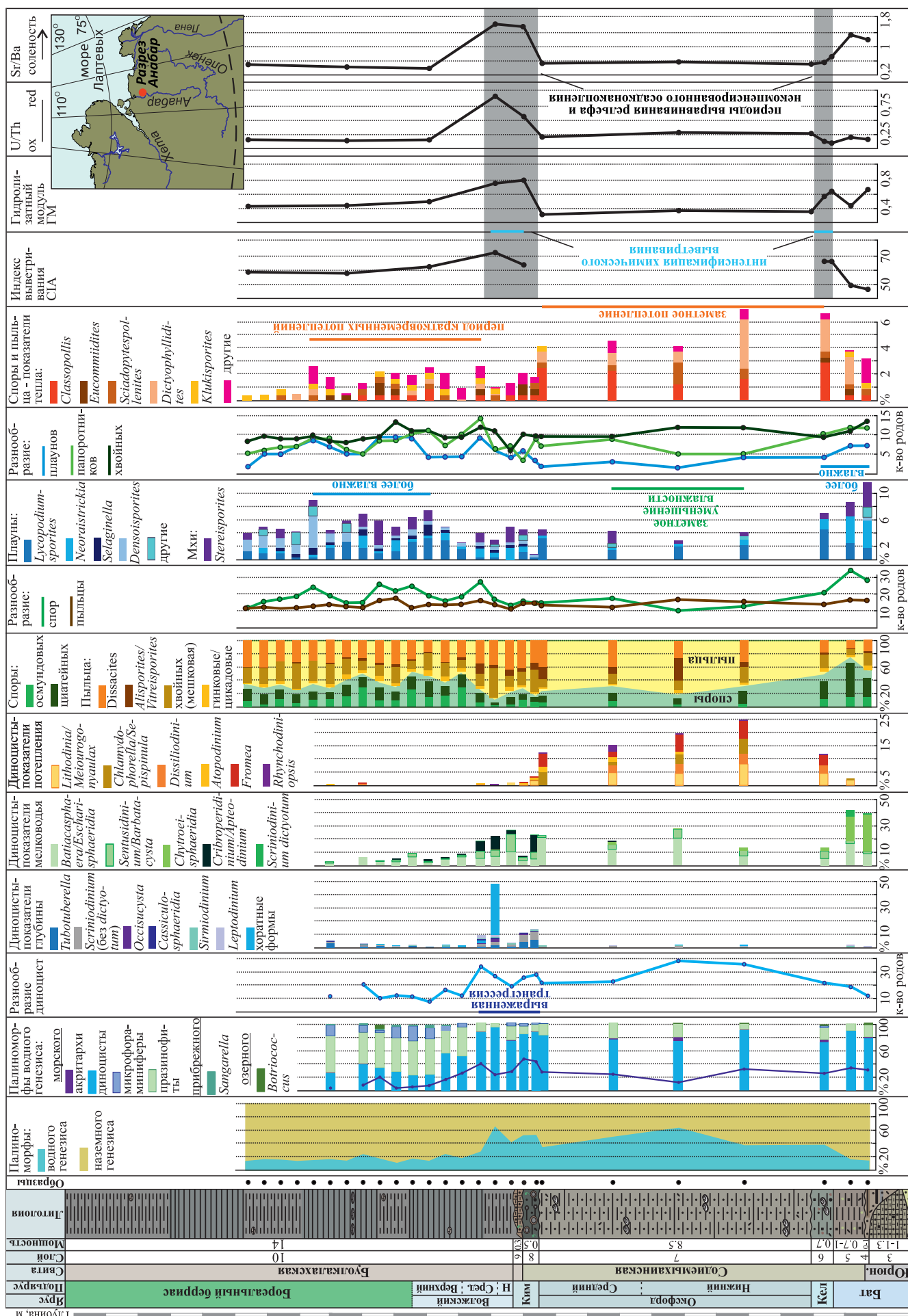
DOI 10.20403/2078-0575-2022-11c-29-35

Разрезы, сформировавшиеся в условиях мелководья, представляют интерес для реконструкции последовательной смены палеообстановок во времени, поскольку отличаются динамичным чередованием осадков разнообразного генезиса – от прибрежных до мелководных, удаленных от палеоберега. Примером такого разреза является разрез батско-берриасских толщ, обнажающийся на правом берегу р. Анабар в междуречье Средней и Соединенных (см. рисунок). В последние годы было предпринято комплексное изучение этого разреза с использованием разнообразных методов литологического и литогеохимического анализа, а также нескольких групп биофоссилий [10], что позволило уточнить лито- и биостратиграфическое расчленение разреза и обосновать его стратиграфическую полноту. Все это создает надежную основу для палеофациальных реконструкций, которые проведены авторами на основе анализа структурно-текстурных особенностей пород, их литогеохимических показателей и биофациального изучения сообществ фораминифер, а также ассоциаций микрофитопланктона и наземных палиноморф.

Микрофауна

Распределение микрофауны в ассоциациях бата–бореального берриаса крайне неравномер-

но как в количественном отношении, так и в таксономическом разнообразии, что связано с частой сменой обстановок. В конце бата формировались пляжевые и прибрежно-морские пески юронтгумусской свиты с редкими грубозернистыми *Ammodiscus*, *Saccammina* и единичными *Recurvoides* и *Trochammina* обычно плохой сохранности. Подобные ассоциации характерны для крайне мелководной, опресненной зоны палеобассейна. С началом крупной позднебатской и раннекелловейской трансгрессии (основание соединенных свиты) таксономическое разнообразие микрофауны несколько возрастает. В состав ассоциаций фораминифер с преобладанием *Trochammina* и *Recurvoides* входят таксоны, толерантные к изменениям широкого спектра абиотических параметров и встречающиеся обычно в мелководных обстановках. По мере развития трансгрессии в келловейские ассоциации фораминифер сменяются немногочисленными, но таксономически разнообразными известковистыми формами *Conorboides*, *Geinitzinita*, *Lenticulina*, *Astacolus*, *Lagena*, обитавшими в обстановках с нормальной соленостью. Эпизодически отмечаются ассоциации с доминированием агглютинирующих форм *Glomospirella*, *Ammodiscus*, *Trochammina*, *Hyperammina*, *Reophax*. Совместно с ассоциациями фораминифер встречены стенога- линные остатки макрофауны.



Разрез бата–бореального берриаса на р. Анабар, схема его расположения, палинологические и литогеохимические показатели палеофаций

1 – глина; 2 – алевроит глинистый; 3 – алевроит; 4 – алевроит песчаный; 5 – алевролит песчаный и песчаник алевроитистый; 6 – известковистые и сидеритовые конкреции (а), брекчированные внедрения (б), двустворки (в); 7 – глауконит (а), пирит (б), прослои и линзы угля (в), фосфоритовые конкреции и стяжения (г)

В оксфорде сообщества фораминифер отличаются значительными изменениями в количественных показателях и таксономическом разнообразии. Преобладают реофильные формы (*Glomospirella*, *Glomospira*, *Ammodiscus*), переносящие опреснение. Вместе с тем в ряде прослоев выявлены стеногалинные и теплолюбивые *Eomaronella*, *Epistomina*. Оксфордская толща также характеризуется линзовидным распределением стеногалинных моллюсков.

В конце оксфорда и в кимеридже на фоне развития общебореальной трангрессии в разрезе выявлены таксономически разнообразные ассоциации фораминифер, предпочитающих нормально соленые и теплые воды (*Recurvoides*, *Trochammina*, *Haplophragmoides*, *Pseudolamarckina*, *Ammodiscus*, *Evolutinella*, *Epistomina*). В базальной толще буоллахской свиты также характерны обильные находки белемнитов, остатков рыб. По мере развития трангрессии в ранне- и средневожское время таксономическое разнообразие фораминифер последовательно нарастает, преобладают формы, обитавшие на мелководье, удаленном от берега, с нормально солеными водами. В толще типичны находки остатков аммонитов, белемнитов и рыб.

В конце вожского времени и начале бореального берриаса в ассоциациях фораминифер преобладает один таксон (*Evolutinella*), что свидетельствует о неблагоприятных обстановках. В середине и конце бореального берриаса стабильно встречаются известковистые фораминиферы *Lenticulina*, *Marginulina*, но количественно доминируют агглютинирующие формы: *Evolutinella*, *Ammodiscus*, *Cribrostomoides*, *Recurvoides*, *Ammobaculites*, *Gaudryina*, *Hyperammina*, *Trochammina*, *Kutsevela*, *Saccammina*. Подобные ассоциации типичны для фораминиферной зоны *Gaudryina gerkei*. Высокое таксономическое разнообразие свидетельствует, что эта мелководно-морская часть бассейна имела стабильную нормально-морскую соленость.

Палинология

Ассоциации спор и пыльцы наземных растений (СПА) в изученном разрезе отличаются обилием и большим таксономическим богатством [10]. Практически во всех образцах доминирует пыльца голосеменных (см. рисунок). Резко преобладает мешковая пыльца, которую в основном продуцировали древние хвойные, видимо, составлявшие основное ядро древесных сообществ. Незначительное содержание пыльцы хейролепидиевых, таксодиевых и сциадопитисовых отражает особенности древесной флоры Сибирско-Канадской палеобиогеогра-

фической области с влажным и теплоумеренным климатом [1, 6 и др.]. Характерной особенностью сибирских палинофлор является также обилие спорциатейных/диптерисовых и осмундовых папоротников. На основе увеличения количества теплолюбивых компонентов в СПА реконструируется незначительное потепление в келловее и оксфорде (см. рисунок). Небольшие количественные пики указанных компонентов наблюдаются также в конце вожского века и начале бореального берриаса. Это согласуется с анализом латерального распространения спор и пыльцы в Северной Евразии: в поздневожское время небольшие квазисинхронные климатические максимумы и минимумы прослеживаются в Сибири, европейской части России, на севере Урала и Западной Европы [6]. Данный анализ также показал, что климатическое похолодание началось с середины вожского века, хотя оно и не было устойчивым и происходило скачкообразно, периодически сменяясь кратковременными потеплениями. Однако в разрезе на р. Анабар минимумы наблюдаются в кимеридже и первой половине вожского века. Это требует дополнительного объяснения, которое будет приведено далее при обсуждении комплексных результатов исследования.

Увеличение доли влаголюбивых компонентов СПА в бата–келловее и конце вожского века–начале бореального берриаса указывает на более влажный климат в эти периоды (см. рисунок). Это подтверждается повышенным содержанием спор плаунов и мхов, наиболее требовательных к влаге среди споровых растений. В эти периоды, видимо, была более развита речная и озерная сеть, что косвенно подтверждается увеличением роли осмундовых, которые здесь иногда преобладают среди папоротников. В ассоциациях микрофитопланктона постоянно присутствуют пресноводные зеленые водоросли речного/дельтового (*Ovoidites*, *Schizosporis*) и озерного (*Botriococcus*) генезиса.

Микрофитопланктон в разрезе на р. Анабар представлен диноцистами, прازیнофитами, акри-тархами и зелеными водорослями [10]. С бата до середины вожского века доминируют диноцисты, выше – прازیнофиты. Постоянное присутствие диноцист, которые часто достигают значительного количества и разнообразия, свидетельствует о нормально-морских условиях (см. рисунок). Это гони-аулакоидные диноцисты семейств *Cladopyxiaceae*, *Pareodiniaceae*, *Gonyaulacaceae*, *Areoligeraceae*. В конце вожского века и бореальном берриасе обильны прازیнофиты *Leiosphaeridia* (до 65 %). Среди диноцист по всему разрезу доминируют проксиматные формы (без радиальных выростов) пло-

хой сохранности, что характерно для бореальных областей и свидетельствует об относительно прохладных палеообстановках [2, 16 и др.]. Отдельно стоит отметить группы *Escharisphaeridia*–*Batiac-sphaera* и *Sentusidinium*–*Barbatocysta*. Они наиболее многочисленны и разнообразны практически по всему разрезу, что типично для нестабильных экологических обстановок и/или мелководья [16 и др.]. Незначительные глубины палеобассейна также подтверждаются обилием наземных палиноморф (см. рисунок). Их соотношение с морскими формами показывает, что наиболее мелководные обстановки существовали в бате и конце волжского века – бореальном берриасе. Здесь также значительно сокращается разнообразие диноцист. Отметим, однако, что в бате доминируют диноцисты с многочисленными *Chytroeisphaeridia* (18–28 %), а в волжско-берриасском интервале – празиофиты *Leiosphaeridia*. Принимая во внимание имеющиеся данные [17 и др.], можно полагать, что последнее, вероятно, связано с похолоданием и/или с опреснением. Небольшие глубины подтверждаются возрастанием роли *Cribroperidinium* и *Apteodinium* во время наиболее выраженного трансгрессивного тренда в кимеридже и первой половине волжского века. Эти роды считаются показателями неглубоких областей неритовой зоны и иногда нестабильных условий [16, 17 и др.]. Во время трансгрессии также увеличивается количество хоратных форм (с длинными радиальными выростами) и каватных диноцист подсемейства *Leptodiniioideae* (*Scriniodinium*, *Sirmiodinium*) и *Gonyaulacoideae* (*Tubotuberella*), что на севере Сибири отмечается как признак, свойственный относительно глубоководным условиям. Это зафиксировано в кимеридже и первой половине волжского века в разрезах Нордвик и Оленек [2, 16]. Однако там акме этих форм более яркое, что согласуется с более глубоководными обстановками, которые восстанавливаются как по палинологическим данным, так и по фораминиферам. Во время потепления в келловее и оксфорде в ассоциациях диноцист наблюдается небольшое увеличение количества определенных родов (см. рисунок). Вероятно, их можно рассматривать на севере Сибири как показатели более тепловодных условий.

Литология и литогеохимия

Анализ вещественно-текстурных характеристик содиемыхинской и буолкалахской свит позволил восстановить обстановки формирования отдельных слоев и пачек [7, 10]. Основание содиемыхинской свиты (верхи бата) маркируют гравийные линзы и скопления небольшой гальки, выше залегают алевроиты послойно глинистые с обильным растительным детритом. Особенности состава, структуры и текстур осадка позволяют предположить, что они формировались в морских обстановках, близких к базису действия нормальных волн с активным поступлением кластического материала. Келловей представлен

плохо сортированными алевроито-песчаными глинистыми породами с гравийной и мелкогалечной примесью, бобовинами шамозита, растительным детритом. Такого типа осадки часто маркируют начало трансгрессивных событий. Они формируются в мелководных обстановках с активным действием волн при крайне низком поступлении кластического материала с последующим увеличением глубин и некомпенсированным осадконакоплением.

Алевроито-песчаные послойно глинистые осадки оксфорда со слабой косою слоистостью содержат примесь мелкой гальки, растительного детрита и нарушены горизонтальными следами илоедов. Они формировались в условиях умеренной гидродинамики при активном поступлении кластического материала, что характерно для обстановок выше базиса действия нормальных волн вблизи дельтовой системы. Базальный пласт буолкалахской свиты (кимеридж) сложен глауконитовым алевроитовым песком с карбонатно-фосфатными конкрециями. Выше отмечаются некоторое снижение доли кластического материала, активная биотурбация осадка и интенсивное его замещение дигенетическим кальцитом. Формирование осадка происходило изначально в прибрежной зоне морского палеобассейна с периодами колебания глубин и последующей трансгрессией с длительным крайне некомпенсированным осадконакоплением. Нижне-средневожские аргиллитоподобные глины (тонкоотмученные с биотурбацией и пиритовыми конкрециями) отвечают нормально-морским обстановкам ниже базиса действия штормовых волн и маркируют этап наиболее глубоководных условий седиментации. Выше залегают глинисто-алевроитовые осадки, свойственные переходной зоне между базисами действия штормовых и нормальных волн.

Особенности основных материнских толщ в источниках сноса восстанавливались на основе литохимических и геохимических показателей [8]. Активное химическое выветривание материнских пород при жарком гумидном климате отражается в высоких значениях индекса химического выветривания CIA (>70) [15]. В изученном разрезе минимальные значения CIA (46,4–48,9) характерны для батских осадков (см. рисунок). В отложениях келловей значения CIA резко возрастают (66,5–66,8), что свидетельствует об осадконакоплении в умеренно теплом и влажном климате. В вышележащей алевроито-песчаной пачке CIA не оценивался вследствие некорректности его применения для псаммитовых осадков. Для базального глауконитового пласта буолкалахской свиты (кимеридж) CIA составляет 63,5. Особенности условий его осадконакопления характеризует также сам процесс глауконитообразования, который связывают с относительно теплым климатом при умеренной гумидности [5]. Максимальный CIA (72,9) определен в тонкоотмученных глинах нижне-средневожского подъяруса. В вышележащей части буолкалахской свиты значения по-

степенно снижаются до 62,1 и далее до 57,5–58,3, что может быть связано с похолоданием и/или значительным поступлением обломочных полевых шпатов, снижающих значения индекса [8].

Динамика CIA хорошо коррелируется с изменениями гидролизатного петрохимического модуля ГМ, предложенного Я. Э. Юдовичем и М. П. Кетрис [12]. Относительно высокие показатели ГМ (0,67) матрикса базального конгломерата содиомыхайнской свиты (см. рисунок), вероятно, связаны с присутствием продуктов разрушения измененной подстилающей толщи. Значение ГМ (0,32–0,44) залегающих выше батских глинистых алевроитов и оксфордских алевроито-песчаных осадков позволяет отнести их к сиаллитам нормально-гидролизатного класса, отвечающим умеренному выветриванию материнских толщ. На их фоне выделяется келловейский пласт с ГМ 0,53–0,64, что позволяет отнести породы к гипогидролизатам. Максимальные значения ГМ (0,74–0,83) характерны для базального пласта буолкалахской свиты и перекрывающих его глини и фиксируют период интенсивного химического выветривания. ГМ вышележащих отложений снижается (0,48–0,44), что свидетельствует об общем снижении интенсивности выветривания.

Окислительно-восстановительные условия придонных вод восстанавливаются по соотношению U/Th (бескислородные >1,25; окислительные <0,75) [14]. Окислительные условия характерны для большей части разреза (см. рисунок). Минимальные значения в келловее связаны с формированием основных обломочных компонентов в мелководных прибрежных условиях и незначительным поступлением кластического материала в период трансгрессивного этапа существования пласта. Наименее окислительные придонные условия фиксируются для базальной части буолкалахской свиты (см. рисунок).

Нормальная соленость вод палеобассейна для этого пласта установлена по индексу Sr/Ba, предложенному в ряде работ [13 и др.]. Уменьшение Sr/Ba в келловейских осадках фиксирует существенное опреснение и отражает мелководный близбереговой характер формирования их основной части. Низкие значения Sr/Ba в алевроито-песчаной пачке оксфорда согласуются с вещественно-текстурными характеристиками, показывающими близость дельтовой системы. Повышение Sr/Ba характерно для кимериджа и нижней части волжского яруса (см. рисунок), что отвечает нормально-морским условиям палеобассейна. Отметим, что значения, полученные для кимериджского пласта, большей частью характеризуют условия формирования слагающих его глауконитовых глобул. Снижение Sr/Ba в верхней части разреза может указывать на существенное опреснение морских вод.

Комплексные результаты исследования и выводы

Комплексный анализ микропалеонтологических, палинологических, литологических, геохимических

данных и детальная биостратиграфическая основа позволили проследить в Анабарском районе как динамику развития морского палеобассейна, так и особенности палеообстановок на прилегающих областях суши для узких временных интервалов.

Спорово-пыльцевые данные в целом свидетельствуют о достаточно влажном и умеренно теплом климате, характерном для Сибирско-Канадской палеобиогеографической области. Наиболее прохладные условия восстанавливаются для бата и бореального берриаса, что согласуется с литохимическими показателями.

Микропалеонтологические, палинологические и литологические данные свидетельствуют о мелководных условиях накопления содиомыхайнской и буолкалахской свит в Анабарском районе. Значительное разнообразие и обилие фораминифер и микрофитопланктона наряду с низкими значениями U/Th свидетельствуют о хорошо аэрируемых обстановках как в придонном слое, так и в толще воды. Наименьший окислительный потенциал придонных вод типичен для кимериджского и нижне-средневолжского времени (см. рисунок).

Наиболее мелководные обстановки характерны для конца бата, поздневолжского времени и начала бореального берриаса, но имеются и отличия. Повышенные значения Sr/Ba и обилие диноцист в бате свидетельствуют о морских условиях с нормальной соленостью. В волжско-берриасском интервале наблюдаются показатели опреснения: низкие значения Sr/Ba, доминирование празиофитов в ассоциациях микрофитопланктона. Вероятно, это связано с увеличением стока пресных вод с континента, что может быть обусловлено как активизацией речной сети в результате общего режима тектонического воздымания в регионе [3, 11 и др.], так и увеличением влажности, которое восстанавливается на основе спорово-пыльцевых данных. Возможно, опреснение захватывало только поверхностные слои, поскольку сообщества фораминифер свойственны нормально-морским условиям.

Келловейский пласт имеет специфические литологические характеристики базального трансгрессивного горизонта. Его основная часть формировалась в мелководных условиях при низком поступлении обломочного материала. В дальнейшем произошло увеличение глубин при сохранившемся некомпенсированном осадконакоплении. Это хорошо согласуется с имеющимися представлениями [4] с учетом современного взгляда на границы келловейского яруса. Усиление химического выветривания (индексы CIA, ГМ) предполагает теплые и влажные условия, что подтверждается спорово-пыльцевыми данными. Невысокие значения Sr/Ba свидетельствуют о существенном поступлении пресных вод с континента. Однако это не привело к широкому развитию празиофитов, как в бореальном берриасе, возможно, из-за тепловодных обстановок, неблагоприятных для указанных микроорганиз-

мов. Тепловодные условия также подтверждаются микропалеонтологическими данными.

Уменьшение химического выветривания в оксфорде, вероятно, связано с сокращением гумидности (спорово-пыльцевые данные). Литологические характеристики осадков свидетельствуют об активном поступлении кластического материала с континента. Это согласуется с общей активизацией тектонического режима [3, 11 и др.]. Понижение солености (Sr/Ba) может быть связано с более мелководными условиями, что восстанавливается по сообществам фораминифер.

Максимальные глубины палеобассейна наблюдаются в кимеридже и первой половине волжского века. Литологическая специфика кимериджского пласта объясняется его формированием при неоднократной миграции береговой линии с последующим преобразованием осадка в более глубоководных областях при длительном крайне некомпенсированном осадконакоплении. Комплексы фораминифер и литохимические характеристики осадка свидетельствуют о продолжении периода относительного потепления. Однако количество теплолюбивых компонентов в спорово-пыльцевых ассоциациях низкое. Вероятным объяснением этого несоответствия может служить изменение направления течений и, соответственно, источников сноса. Вдольбереговые течения с юго-западных меняются на северные в результате трансгрессии и попадания района в зону влияния течений вдоль перегиба подводного рельефа от мелководья к более глубоководной области. Следовательно, спорово-пыльцевые ассоциации отражают растительность северных территорий. Существование возможных источников сноса на севере в позднеюрский период предполагалось ранее на основе анализа минералогического состава обломочного вещества [4, 9 и др.]. Аналогичные минералогические особенности (ультраосновные породы) зафиксированы нами на основе геохимических характеристик осадка [8].

Выраженный регрессивный тренд наблюдается в конце волжского века и бореальном берриасе. Особенности состава спор и пыльцы свидетельствуют о постепенном похолодании климата, которое носило скачкообразный характер. Возможно, с этим следует связывать снижение интенсивности химического выветривания (ГМ, CIA), поскольку климатические условия оставались влажными (спорово-пыльцевые данные). В то же время ассоциации фораминифер показывают, что прибрежные мелководные участки могли временами хорошо прогреваться.

Исследования выполнены при поддержке проектов РНФ 22-17-00054 и РФФИ 20-05-00076, при научно-методической поддержке ФНИ (FWZZ-2022-0005, FWZZ-2022-0004).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахрамеев В. А. Юрские и меловые флоры и климаты Земли. – М.: Наука, 1988. – 215 с.
2. Верхняя юра побережья моря Лаптевых: межрегиональные корреляции и палеообстановки / Б. Л. Никитенко, В. Г. Князев, Е. Б. Пещевицкая, Л. А. Глинских // Геология и геофизика. – 2015. – Т. 56, № 8. – С. 1496–1519.
3. Девятков В. П., Никитенко Б. Л., Шурыгин Б. Н. Палеогеография Сибири в юрском периоде на этапах основных перестроек // Новости палеонтологии и стратиграфии. – 2011. – Вып. 16–17. – С. 87–101. – (Прил. к журн. «Геология и геофизика»; т. 52).
4. Каплан М. Е., Меледина С. В., Шурыгин Б. Н. Келловейские моря Северной Сибири (условия осадконакопления и существования фаций). – Новосибирск: Наука, 1979. – 79 с.
5. Николаева И. В. Минералы группы глауконита в осадочных формациях. – Новосибирск: Наука, 1977. – 322 с.
6. Пещевицкая Е. Б., Лидская А. В., Ростовцева Ю. И. Кимеридж-волжские палинологические комплексы разреза Еганово (Московская область) и возможности их использования для биостратиграфии, корреляции и фациального анализа // Стратиграфия и геологическая корреляция. – 2022. – Т. 30, № 2. – С. 71–100.
7. Попов А. Ю., Никитенко Б. Л. Особенности состава, строения и условий формирования верхов средней–верхней юры нижнего течения р. Анабар // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: матер. IX Всерос. науч.-практ. конф. В 2 т. Т. 2. – Якутск: СВФУ, 2019. – С. 106–109.
8. Попов А. Ю., Вакуленко Л. Г., Никитенко Б. Л. Петрографические и литогеохимические особенности верхов средней юры – низов нижнего мела нижнего течения реки Анабар (Восточная Сибирь, Арктика) // Геология и геофизика. – 2022. – Т. 63, № 9. – С. 1233–1252.
9. Ронкина З. З. Вещественный состав и условия формирования юрских и меловых отложений севера Центральной Сибири. – Л.: Недра, 1965. – 164 с.
10. Стратиграфия, литология и геохимия прибрежных и мелководно-морских разрезов верхов средней юры – низов мела р. Анабар (Арктическая Сибирь) / Б. Л. Никитенко, В. П. Девятков, Е. Б. Пещевицкая и др. // Геология и геофизика. – 2022. – Т. 63, № 5. – С. 673–708.
11. Тектоника и этапы геологической истории Енисей-Хатангского бассейна и сопряженного Таймырского орогена / А. П. Афанасенков, А. М. Никишин, А. В. Унгер и др. // Геотектоника. – 2016. – № 2. – С. 23–42.
12. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Основы литохимии. – СПб.: Наука, 2000. – 479 с.
13. Яночкина З. А. Статистические методы изучения пестроцветов. – М.: Недра, 1966. – 142 с.
14. Jones B., Manning D. A. C. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of pa-



laeoredox conditions in ancient mudstones // *Chem. Geol.* – 1994. – Vol. 111. – P. 111–129.

16. **Nikitenko B. L., Pestchevitskaya E. B., Khafae-va S. N.** High-resolution stratigraphy and palaeoenvironments of the Volgian-Valanginian in the Olenek key section (Anabar-Lena region, Arctic Eastern Siberia) // *Rev. Micropalaeontol.* – 2018. – Vol. 61. – P. 271–312.

15. **Nesbitt H. W., Young G. M.** Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // *Nature.* – 1982. – Vol. 299. – P. 715–717.

17. **Palynology:** Principles and applications / Eds. J. Jansonius, D. C. McGregor. – Salt Lake City: Publishers Press, 1996. – Vol. 1. – 462 p.; Vol. 3. – 1330 p.

© Е. Б. Пещевицкая, Б. Л. Никитенко, А. Ю. Попов, 2022