

БИОФАЦИИ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР, ПАЛЕОБАТИМЕТРИЯ И СЕКВЕНС-СТРАТИГРАФИЯ СРЕДНЕЮРСКИХ–НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОКА РУССКОЙ ПЛИТЫ (РАЙОН ТАТАРСКО-ШАТРАШАНСКОЙ СКВАЖИНЫ 1, РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН)

© 2010 г. С. О. Зорина*, Г. Н. Старцева**

Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых
420097, г. Казань, ул. Зинина, 4
E-mail: office@geolnerud.net

** Саратовский государственный университет
410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83.

Поступила в редакцию 28.10.2009 г.

В основу проведенного палеобатиметрического моделирования положена специфика расселения бентосных фораминифер в среднеюрском–раннемеловом бассейне на северо-востоке Ульяновско-Саратовского прогиба (восток Русской плиты). Прослежена динамика изменения родового и видового состава известкового и агглютинирующего сообщества, появления новых видов, общей численности популяции фораминифер. Построены графики изменения данных параметров по средневерхнеюрской и нижнемеловой части разреза с разбивкой на батиметрические зоны. Батиметрические кривые характеризуют вариации палеоглубин бассейна для каждой из четырех выделенных в разрезе секвенций: батской–среднекекловейской, верхнекиммериджской–верхневожжской, верхнеготеривской–среднеаптской и среднеальбской. Пиковые значения всплесков биоразнообразия и численности фораминифер маркируют поверхности максимумов трансгрессий, разделяющие трансгрессивные системные тракты и тракты высокого стояния.

Ключевые слова: бентосные фораминиферы, батиметрия, поверхности максимумов трансгрессий, системные тракты, юра, мел, Русская плита.

ВВЕДЕНИЕ

Области практического использования результатов микрофаунистического анализа весьма обширны. Они включают биостратиграфическое расчленение толщ, фациальный и палеобиогеографический анализ, выявление палеоэкологических особенностей обитания микрофауны. За рубежом микропалеонтологический мониторинг является важным инструментом в нефтяной геологии и применяется как необходимый элемент секвенс-стратиграфических построений на всех стадиях разведки месторождений, а также при определении наиболее точного места заложения скважины для вскрытия наиболее продуктивной части пласта. Широкое применение находит математическая обработка количественных микропалеонтологических данных, по результатам которой выделяются сообщества организмов, обитающие в сходных экологических и батиметрических условиях (биофации).

Многими исследователями подчеркивается, что такие факторы как глубина, соленость, температура, энергия водных масс в морском бассейне, особенности субстрата и прижизненного поведения организмов, топография окружающей среды, влияние турбидитов, поступление и состав питательных веществ, контролируют зональность в рассе-

лении фораминифер. За последние годы построено большое количество палеоэкологических моделей, демонстрирующих приуроченность фораминиферных сообществ к определенным батиметрическим зонам в разных участках современного океана и древних осадочных бассейнов [18, 21, 24, 31, 34 и др.].

К числу количественных критериев, позволяющих оценить палеобатиметрию, относятся следующие: общая численность фораминифер, видовое и родовое разнообразие, число новых видов, отношение числа планктонных видов к числу бентосных, современное распределение исследуемых видов по глубинным зонам, процент кремнистых фораминифер в бентосной популяции, отношение числа видов с агглютированной раковиной к числу видов с известковой, отношение числа видов радиолярий к числу видов фораминифер и др. [15–17, 20, 23, 27].

В последние годы широкое развитие получило применение кластерного анализа для обработки количественных микрофаунистических данных [26]. Современными исследователями берутся в расчет детальные исследования экологии и морфологии раковин фораминифер, находящиеся в тесной зависимости между собой [25]. Это позволяет выделять палеобатиметрические зоны, заселенные фораминиферами не только с определенным строени-

ем раковины и составом стенки, но и отличающимися характером местообитания и типом питания. Интерпретация палеоглубины в основном основывается на батиметрической зональности, предложенной В. Берггеном [19].

В результате проведенных исследований вся ассоциация фораминифер может быть разделена на биотопы, распределяющиеся по различным батиметрическим зонам. Из сообщества, как правило, могут быть выделены отдельные наиболее стенобатные виды, характеризующие определенную глубину морского бассейна [30]. Данные виды представляют собой большую ценность, т.к. они являются палеобатиметрическими индикаторами и могут быть использованы для палеогеографических реконструкций и корреляций при сопоставлении смежных разрезов. Кроме того, изучение динамики общей численности фораминифер, их родового и видового разнообразия позволяет выделять поверхности максимумов трансгрессий (**Maximum Flooding Surfaces (MFS)**), интервалы понижения уровня моря и другие элементы, необходимые для секвенс-стратиграфических построений [26, 33].

Закономерности расселения ископаемой микрофауны в мезозойском эпиконтинентальном бассейне на Русской плите имеют специфику, связанную с особым строением осадочного бассейна. По терминологии Н.М. Страхова, этот бассейн представлял собой “плоское” море [13] проливно-го характера, с неровным рельефом дна и обилием островов [10].

Наряду с воздействием глобальной эвстазии, Русская плита в мезозое подвергалась разноамплитудным и разноранговым эпейрогеническим воздействиям [3, 5, 6], которые обуславливали перманентную смену конфигурации проливно-го моря, сопровождающуюся углублением одних участков бассейна, обмелением и осушением других. В нем практически отсутствовали глубоководные лито- и биофауны. Многими исследователями отмечается, что юрское–раннемеловое море на Русской плите было мелководным и нормально-соленым. Об этом свидетельствуют обильные и разнообразные комплексы ископаемой фауны: аммонитов, белемитов, брахиопод, двусторчатых моллюсков, морских ежей и лилий, фораминифер [11].

Северо-восток Ульяновско-Саратовского прогиба в средней юре–раннем мелу представлял собой участок Русской плиты, который подвергался совместному эвстатико-эпейрогеническому влиянию. Причем дифференцированные вертикальные тектонические движения определяли как начало этапов морского осадконакопления, так и появление гиатусов [5, 6]. В средней–поздней юре и раннем мелу данная территория была четырежды охвачена эвстатико-эпейрогеническими импульсами, в ходе которых сформировались четыре секвенции – батская-среднекелловейская, верхнекиммериджская-волжская, верхнеготеривская-среднеаптская и средне-

альбская. Между их формированием установлены гиатусы, длительность которых сопоставима или превышает временные интервалы накопления самих секвенций. Хроностратиграфическое положение секвенций обосновано палеонтологически [2, 4 и др.]. Песчано-глинистые осадки среднеюрской секвенции, карбонатно-глинистые отложения верхнеюрской секвенции и глинистые образования обеих нижнемеловых секвенций детально охарактеризованы макро- и микрофауной и расчленены на аммонитовые и фораминиферовые зоны. Ранее были опубликованы результаты секвенс-стратиграфического анализа среднеюрских–нижнемеловых отложений, выполненного с применением тектоно-эвстатического моделирования [3]. Количественная обработка данных микрофаунистического анализа для палеобатиметрических реконструкций, апробация и уточнение выполненных ранее секвенс-стратиграфических построений воспроизводится в настоящем сообщении.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА

Для проведения палеобатиметрических реконструкций и секвенс-стратиграфических построений из керна Татарско-Шатрашанской скважины № 1 (Правобережье Волги, Сурско-Свияжское междуречье, юго-запад Республики Татарстан (рис. 1)) было отобрано 177 образцов на микрофаунистический анализ: 77 – из средне-верхнеюрского и 100 – из нижнемелового интервала разреза. Микрофауна обнаружена в 50 образцах из юрской толщи и в 93 – из нижнемеловой. Не охарактеризованными фораминиферами оказались батские слои, базальная часть келловей, терминальные песчаные слои волжского яруса, битуминозная раннеаптская пачка – “аптская плита”, а также отдельные образцы из среднего апта.

Микрофаунистический анализ выполнен Г.Н. Старцевой по общепринятой методике. Группировка выделенных видов в отряды, необходимая для дальнейшего анализа фораминиферовой ассоциации, произведена по К.И. Кузнецовой [8].

Зональное фораминиферовое расчленение разреза выполнено согласно принятой схеме [12]. Зоны по фораминиферам калиброваны аммонитовой шкалой [2, 4]. Увязка последовательности биозон, установленной в скв. 1, с региональной последовательностью, позволила уточнить хроностратиграфическое положение разреза: выявить этапы непрерывного осадконакопления и временные промежутки, соответствующие гиатусам.

Для оценки палеобатиметрии выбраны критерии, наиболее подходящие для анализа выявленной ассоциации фораминифер. По каждой пробе были подсчитаны следующие параметры: общая численность популяции, родовое и видовое разнообразие, появление новых видов, число агглютинирую-

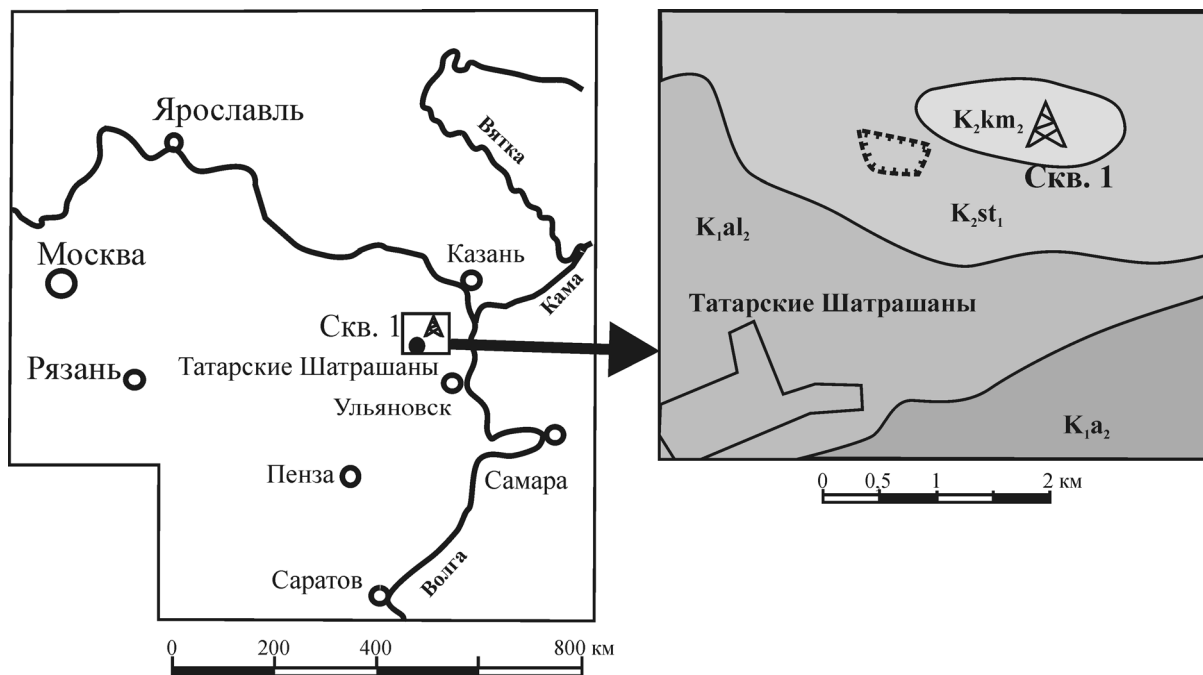


Рис. 1. Схема местоположения Татарско-Шатраншанской скв. 1.

щих и известковых форм. Затем на основе проведенных подсчетов были построены графики изменения данных параметров по разрезу.

На основе выработанных ранее представлений о закономерностях глубинного распределения фораминифер в рассматриваемом палеобассейне [11], произведено моделирование батиметрического расселения известкового и агглютинирующего бентоса в средней юре-раннем мелу на северо-востоке Ульяновско-Саратовского прогиба (рис. 2). Глубинная зональность принята по В. Бергрёну [19]: верхняя неритическая (0–50 м), средняя неритиче-

ская (50–100 м), нижняя неритическая (100–200 м) и верхняя батимальная (200–600 м) зоны. Более глубокие горизонты по микрофаунистическим и литологическим данным в исследованном разрезе не реконструируются.

ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР

Юрский известковый бентос (рис. 3), разделенный нами на лагенид и представителей отрядов *Rotaliida*, *Polymorphinida* и *Miliolida*, занимал всю

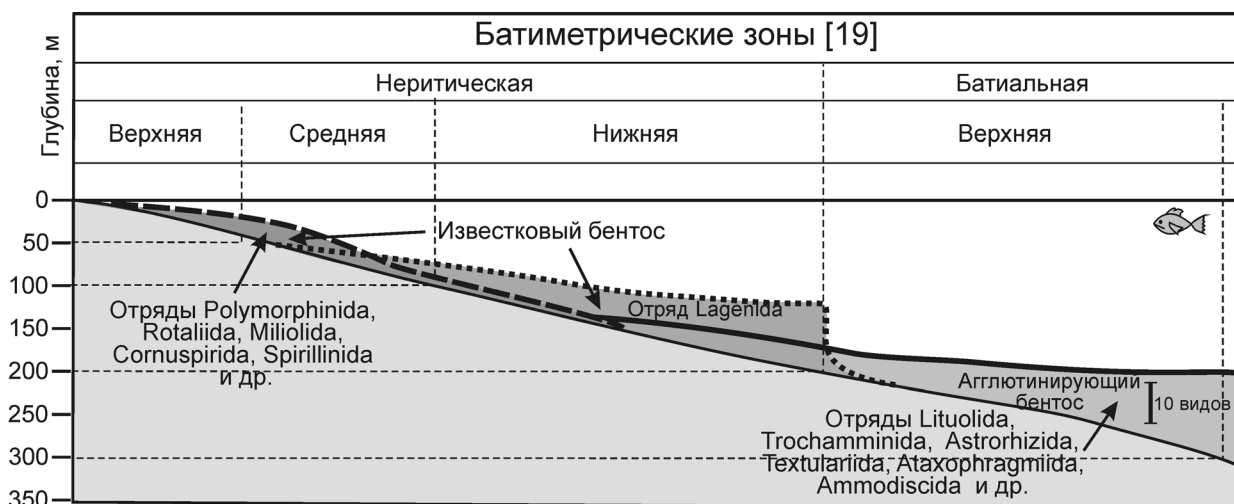


Рис. 2. Модель батиметрического расселения бентосных фораминифер в средней юре-раннем мелу на северо-востоке Ульяновско-Саратовского прогиба.

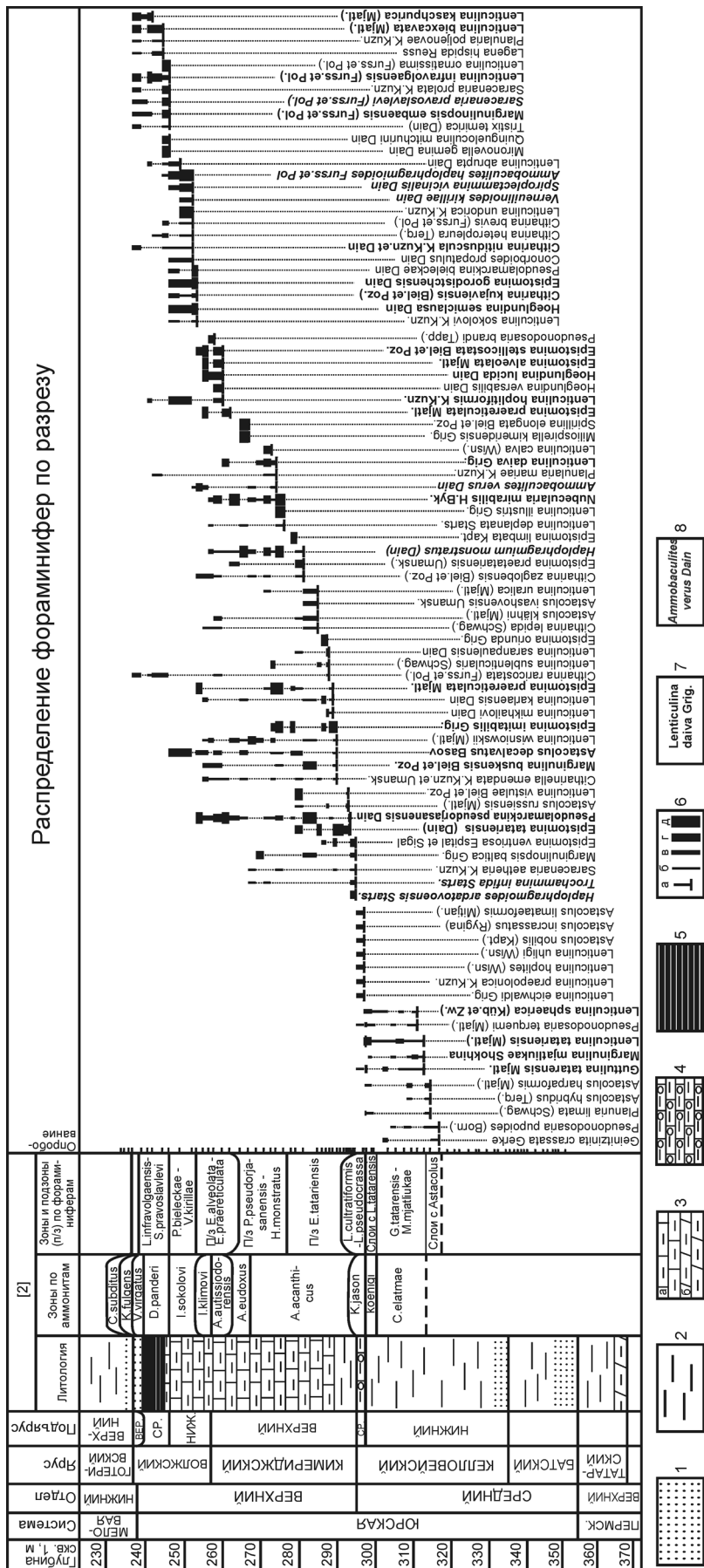


Рис. 3. Распределение доминирующих видов фораминифер по разрезу средней-верхней юры, вскрытому Татарско-Шатрашанской скважиной № 1. 1 – пески, песчанки; 2 – глины; 3 – мергели известковые(а), доломитовые (б); 4 – оолитовые мергели; 5 – горючие сланцы; 6 – распределение фораминифер по разрезу: а – первое появление; б-д – количество экземпляров; б – единично (1-5), в – редко (6-10), г – обычно (11-15), д – много (свыше 15); 7 – доминирующие представители известкового бентоса; 8 – доминирующие представители агглюнирующего бентоса.

шельфовую зону. Причем, обитание нодозариид связывается со спокойным гидродинамическим режимом при достаточном удалении от береговой линии [11], что соответствует средней и нижней неритическим зонам (50–200 м). Массовое же скопление толстостенных эпистомин и псевдоламаркин происходило в условиях с активной средой на небольших глубинах (0–50 м), т.е. в верхней неритической зоне. Вполне естественно, что четких границ между глубинами обитания каждой из трех групп фораминифер не существует. Однако динамика количественных параметров фораминиферной ассоциации позволяет проследить основные тенденции изменения глубины бассейна. Увеличение числа экземпляров, родов и видов, а также вновь появившихся видов с известковой раковиной свидетельствуют об углублении рассматриваемого бассейна с приближением к основанию нижней неритической зоны. В верхней батиали количество известкового бентоса резко сокращается [31].

Изменение численности агглютинирующего бентоса по разрезу также является показателем вариации глубины бассейна. Так, Ч. Лью с соавторами [26], изучавшие распределение палеоценовых бентосных фораминифер прибрежной равнины Нью-Джерси в зависимости от глубины бассейна, со ссылкой на более раннюю работу [25], отмечают, что фораминиферы с агглюнированной раковиной начинают появляться в нижней неритической зоне, численно увеличиваясь от верхней к нижней батиали. В среднеюрском-раннемеловом бассейне северо-востока Ульяновско-Саратовского прогиба данная закономерность также отчетливо прослеживается [11]. Расселение фораминифер с песчанистой стенкой раковины указывает на условия, в которых затруднено осаждение карбоната кальция. Палеоценоз с увеличением численности представителей отрядов *Lituolida*, *Trochamminida*, *Astrorhizida*, *Textulariida*, *Ataxophragmiida* и *Ammodiscida* занимал все более глубокие части бассейна. Принимая конкретные глубинные зоны, предложенные В. Берггреном [19], можно оценить область обитания данной группы бентосных фораминифер как нижнюю неритическую–верхнюю батиальную (т.е. 150–350 м) (рис. 2).

Видовое разнообразие и соотношение известкового и агглютинирующего бентоса в юрском и нижнемеловом комплексах достаточно существенно отличаются (рис. 3, 4). В средней-поздней юре в сообществе доминирует известковый бентос при подавляющем преобладании представителей отряда *Lagenida* и незначительном присутствии представителей отрядов *Polymorphinida* и *Rotaliida*. Агглютинирующий бентос представлен лишь несколькими видами родов *Ammodisculites* и *Harporhagmoides*. Для юры соотношение известкового и агглютинирующего бентоса оценено и визуализировано по трем группам фораминифер: лагенидам, остально-

му известковому бентосу и агглютинирующим фораминиферам (рис. 5). Динамика этих трех групп показана отдельно, т.к. каждая из них является батиметрическим индикатором [11]. В раннем мелу лагениды утратили доминирующую роль, уступив ее представителям агглютинирующего бентоса, поэтому на количественной кривой изображено процентное соотношение агглютинирующего и известкового бентоса без разделения на отряды (рис. 6).

После проведенного анализа экологических особенностей исследованного сообщества фораминифер, количественных подсчетов численности, родового и видового разнообразия выполнено расчленение разреза скв. 1 на палеобатиметрические зоны с построением батиметрических кривых.

Вариации динамики общей численности популяции и разнообразия бентосных фораминифер в разрезах секвенций легли в основу выделения важнейших секвенс-стратиграфических элементов [22, 29]. По пиковым значениям трех перечисленных параметров проведены поверхности максимумов трансгрессий, разделяющие трансгрессивные системные тракты и тракты высокого стояния [28, 32, 33].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Численность фораминифер в микрофаунистических пробах

По разрезу бат-среднекелловейской секвенции, мощностью 58.8 м, отобрано 37 образцов. Количество экземпляров фораминифер варьирует от 0 до 97 (рис. 5). В 21 образце из батских и нижнекелловейских слоев микрофауна не обнаружена.

Для нижнего келловей, представленного неравномерно алевритистыми безы известковистыми глинами, характерно менее 20 экземпляров на образец. Лишь на глубине 310.8 м численность скачкообразно увеличивается до 52. Пикообразный максимум (97 особей) популяции установлен в верхах нижнего келловей, на глубине 297.5 м.

Среднекелловейская пачка оолитовых мергелей, мощностью 1.4 м, охарактеризована тремя образцами, из которых нижние два содержат фораминиферы. Численность их составляет 27 и 75 экземпляров, соответственно.

По разрезу верхнекимеридж-волжской секвенции, вскрытой в интервале 237.4–296.0 м (мощностью 58.6 м), отобрано 40 образцов, из которых в 35 установлены фораминиферы. Численность их имеет общую тенденцию к увеличению снизу вверх по разрезу. В базальной глинистой пачке верхнего киммериджа численность фораминифер минимальна для секвенции и составляет 13–80 экземпляров. В перекрывающих верхнекимериджских-нижневолжских мергелях динамика численности носит изменчивый характер, резко варьируя от 17–43 особей до 90–120.

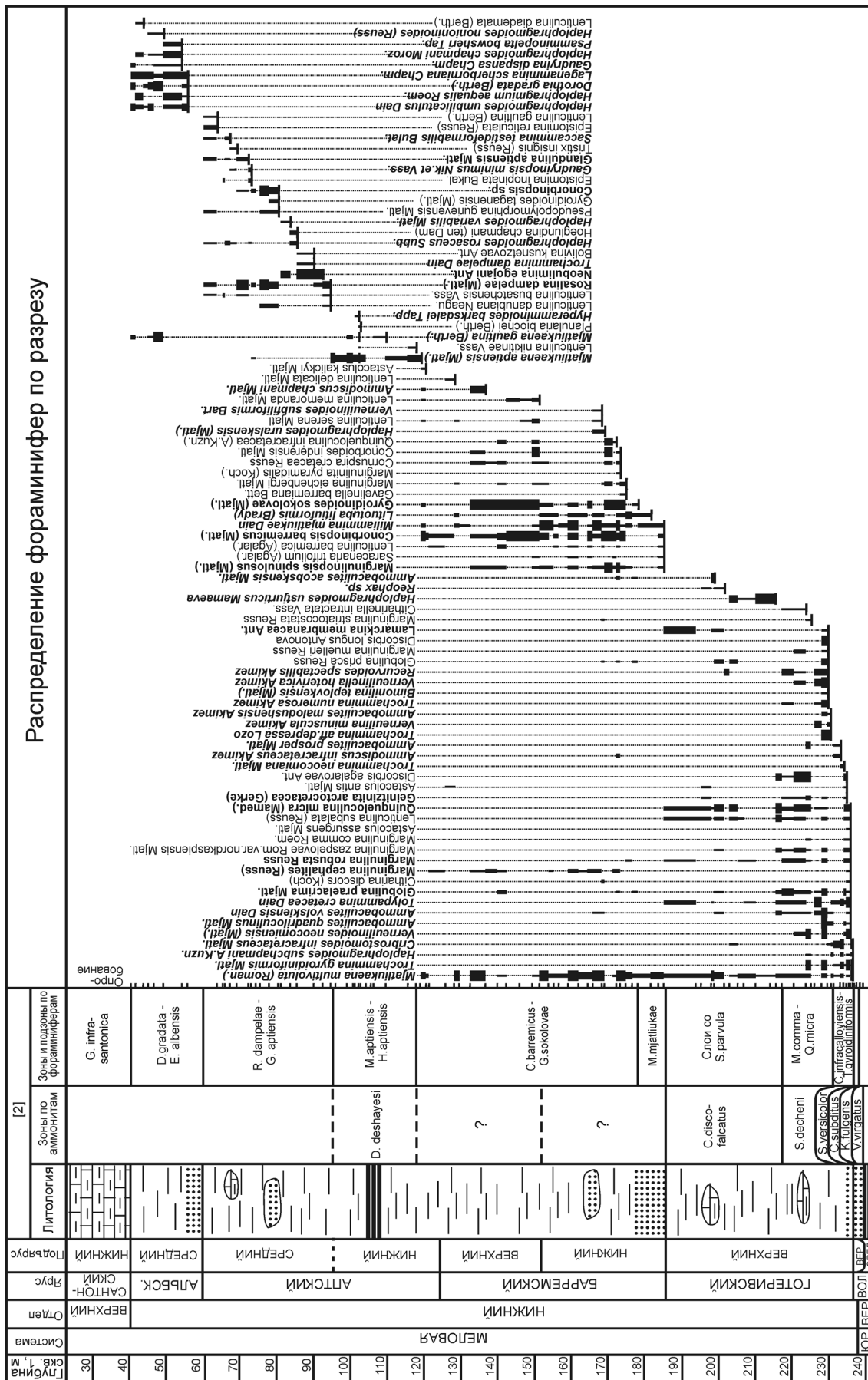


Рис. 4. Распределение фораминифер по разрезу нижнего мела Татарско-Шатрашанской скв. №1. Условные обозначения на рис. 3.

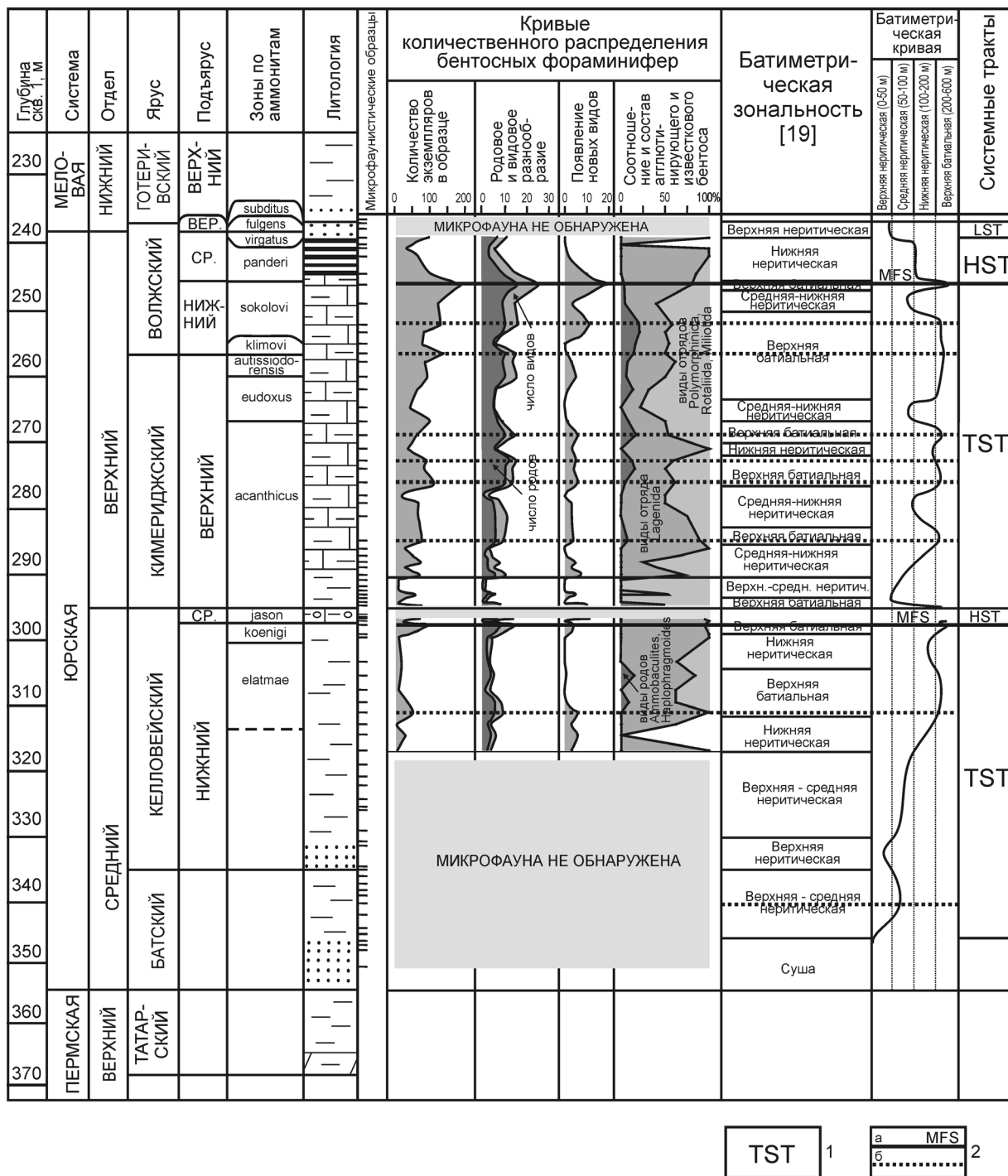


Рис. 5. Количественное распределение бентосных фораминифер по разрезу средней-верхней юры, батиметрическая зональность и системные тракты.

1 – системные тракты: TST – трансгрессивный системный тракт, HST – тракт высокого стояния, LST – тракт низкого стояния; 2 – поверхности максимумов трансгрессий (MFS): а – второго порядка, б – третьего порядка. Остальные условные, как на рис. 3.

Отмечено 10 локальных резких увеличений количества фораминифер и одно экстремально высокое (190 экземпляров) установлено в верхах нижневолжских мергелей, на глубине 246.4 м.

В средневолжской пачке битуминозных рассланцованных алевролитов, вскрытой в интерва-

ле 239.1–245.0 м, численность фораминифер варьирует в пределах 35–103 экземпляра. В одной из 5 проб, отобранных по пачке, фораминифер не оказалось. Песчаные слои, венчающие средневолжскую часть секвенции, также не содержат фораминифер.

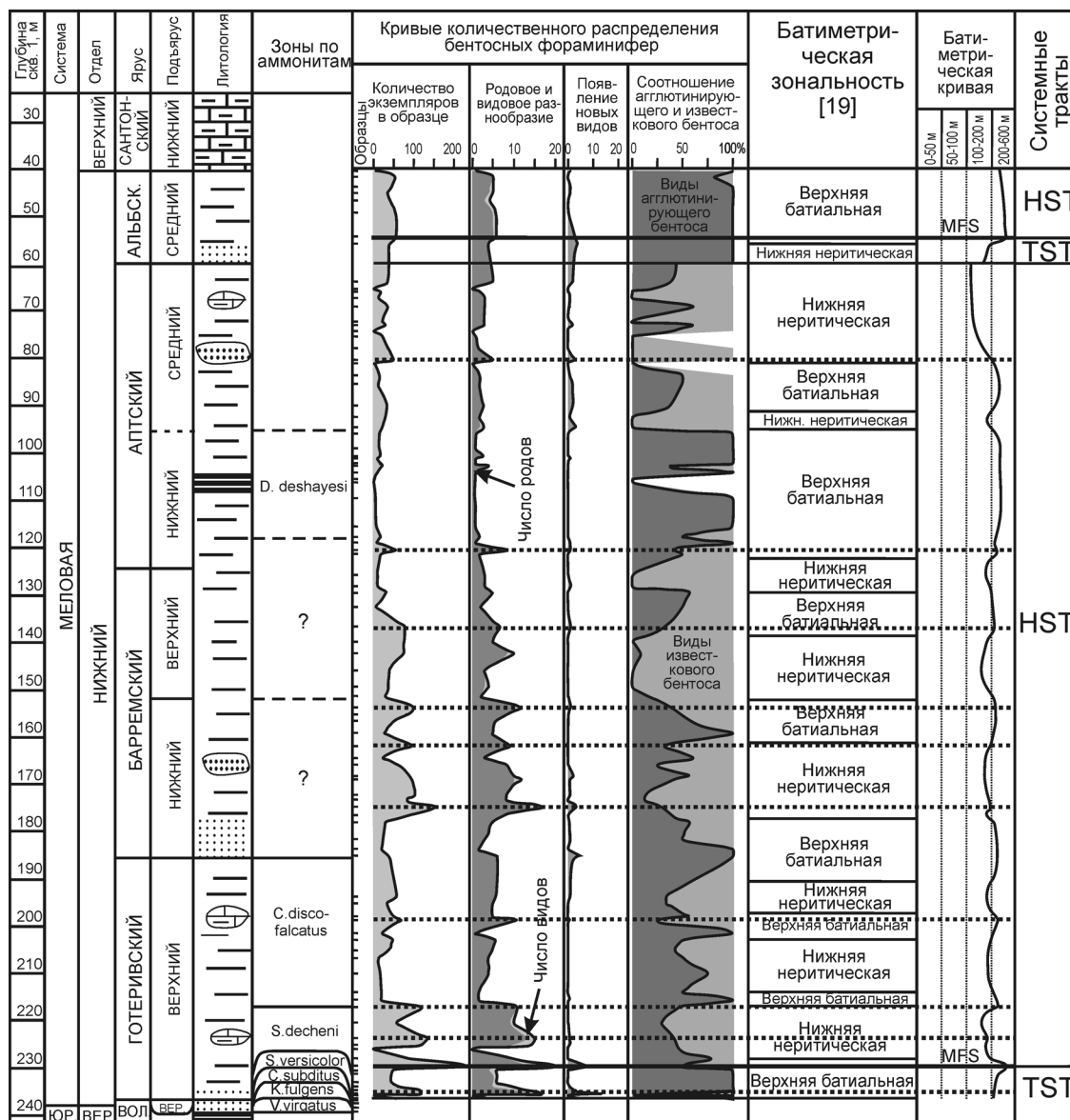


Рис. 6. Количественное распределение бентосных фораминифер по нижнемеловому разрезу, батиметрическая зональность и системные тракты. Условные обозначения на рис. 3, 5.

По разрезу верхнеготеривской-среднеаптской секвенции, вскрытой в интервале 59.0–237.4 м (мощностью 178.4 м), отобрано 92 пробы, в 84 из которых обнаружена микрофауна. Количество экземпляров заметно уменьшается снизу вверх по разрезу, варьируя от 3 до 225 (рис. 6).

Верхний готерив представлен темно-серыми безызвестковистыми глинами с редкими пластовыми конкрециями мергелей и алевролитов. Наибольшая численность фораминифер (21–225 экземпляров) установлена в нижней половине верхнего готерива, соответствующей зоне *decheni*. Максимум – 225 экземпляров – выявлен на глубине 229.9 м. На границе аммонитовых зон *decheni* и *discofalcatus* количество фораминифер резко снижается, со-

ставляя 12–71 экземпляров. В готеривской части разреза, помимо всплеска с максимальной численностью, выявлены 4 промежуточных пикообразных увеличения популяции.

В перекрывающих барремских темно-серых безызвестковистых глинах (с прослоями глауконит-кварцевых алевролитов) численность популяции вновь несколько возрастает и варьирует от 6 до 109 экземпляров. В барреме установлено 4 скачкообразных увеличения численности.

В аптских темно-серых безызвестковистых глинах количество экземпляров минимально для секвенции – от 3 до 50, а в битуминозных глинах и мергелях “аптской плиты” фораминиферы не установлены.

Среднеальбская секвенция, вскрытая в интервале 40.4–59.0 м (мощностью 18.6 м), представлена темно-серыми безызвестковистыми глинами с прослоями песков и опок. Все 8 микрофаунистических проб, отобранных по данной части разреза, содержат фораминиферы. Численность популяции варьирует от 3 до 58 экземпляров, максимум зафиксирован на глубине 54.5 м.

Биоразнообразие

Динамика родового и видового разнообразия, а также числа вновь появляющихся видов фораминифер практически синхронна изменению численности как юрского, так и раннемелового фораминиферных сообществ (рис. 5, 6).

Наибольшее количество родов (8), видов (14) и новых видов (4), выявленных в бат-среднекелловейской секвенции совпадает с максимумом численности, отмеченном на глубине 297.5 м.

Аналогичная картина синхронности этих трех параметров отмечается и для верхнекиммеридж-волжской секвенции. Пиковые значения численности фораминифер сопровождаются резким ростом числа родов, видов и вновь появившихся видов. Максимум палеопопуляции (246.6 м) отмечен не только наибольшим количеством особей, но и высочайшим биоразнообразием, достигнувшем 25 видов, относящихся к 15 родам.

Данная закономерность сохраняется и в нижнемеловой части разреза. Максимальное число фораминифер (225), установленное для верхнеготеривской-среднеаптской секвенции на глубине 229.9 м, совпадает со скачкообразным увеличением родового и видового биоразнообразия до 20 видов, принадлежащих 13 родам.

Состав и экологические особенности обитания фораминиферового сообщества

Важнейшей особенностью исследованной ассоциации юрских и раннемеловых фораминифер является полное отсутствие планктонных форм. Это первый признак относительной мелководности бассейна, замеченный исследователями уже довольно давно. Так, еще в 1955 году Т. Гримсдейл и Ф. Морховен [20] указывали, что число планктонных фораминифер увеличивается с глубиной. Например, на глубине 750 м, по данным этих авторов, число планктонных форм составляет 80%. Однако следует учитывать, что ниже глубины карбонатной компенсации это правило не работает из-за растворения известковых раковин [31]. В изученном разрезе не найдены и свидетельства усиления влияния поверхностных течений, которыми могли заноситься планктонные фораминиферы из открытого океана [11]. Вероятнее всего, это было связано с некоторым углублением бассейна. Подобные эпизо-

ды возникали в оксфордском веке на востоке Русской плиты, когда планктонные формы составляли 5–10% общей численности фораминифер.

Как отмечалось выше, сообщество юрских фораминифер северо-востока Ульяновско-Саратовского прогиба представлено преимущественно известковым бентосом. Господствующее положение занимали представители отряда Lagenida (рис. 3, 5) – лентикулины, планулярии, астакулосы, лингулины, денталины, гейнитзиниты, псевдонодозарии, маргинулины, маргинулинописисы, денталины, сарациннии, цитаринны, цитаринеллы, тристиксы, нодозарии, бояркеллы, лагены). Лагениды отличаются не только большим разнообразием родового и видового составов, но и массовостью экземпляров. Особенно заметно доминирование лагенид установлено для нижне-среднекелловейской и средне-волжской части разреза. Видовой состав остального известкового бентоса представлен представителями отрядов Rotaliida (эпистомины, псевдоламаркины, паулины, хеглундины, конорбоидесы, мионовеллы), Polymorphinida (гуттулины, глобулины, рамулины), Miliolida (квинквелокулины, сигмоилиниты, нубекулярии) и Spirillina (милиоспиреллы, спириллины) с преимущественным развитием одного-двух родов, но, как правило, большой численности. Если нижне- и среднекелловейская часть разреза характеризуется относительно стабильным процентным отношением упомянутого комплекса на фоне общего биоразнообразия фораминифер, то в верхнекиммериджской-волжской секвенции оно сильно меняется по разрезу. Четко выделяется базальный верхнекиммериджский глинистый интервал с явным преобладанием рода Epistomina в палеопопуляции. Выше по разрезу, в верхнекиммериджских-средневолжских мергелях и битуминозных алевролитах, процентный вклад числа видов – представителей отрядов Rotaliida, Polymorphinida и Miliolida в сообщество фораминифер – скачкообразно варьирует от 0 до 60%.

Агглютинирующий бентос юры представлен родами Ammobaculites, Haplophragmoides, Haplophragmium (отряд Lituolida), Trochammina (отряд Trochamminida), Lagenammina (отряд Astrothizida). В нижневолжской части разреза популяция пополняется родами Verneuilioides (отряд Ataxophragmiida) и Spiroplectammina (отряд Textulariida). Процентное отношение числа агглютинирующих видов в бентосной ассоциации весьма невелик: в нижнекелловейских осадках – не более 17, в верхнекиммериджских и нижневолжских достигает 20, в среднем по разрезу – 3–10 процентов.

В раннемеловом фораминифероном сообществе преобладание известкового бентоса (50–100%) отмечается лишь в отдельных интервалах разреза (рис. 4, 6) – в верхней половине зоны decheni, в средней части баррема и в среднем апте. В его составе так же, как и в юрском известковом бенто-

се, преобладают лагениды: лентикулины, астаколусы, маргинулины, маргинулиниты, маргинулинопсисы, цитарины, цитаринеллы, гейнитзиниты, сараценарии, планулярии, псевдополиморфины, дендалины. Подчиненную роль играют представители отрядов Polymorphinida (глобулины, glandулины), Rotaliida (дискорбисы, ламаркины, конорбинопсисы, конорбоидесы, гироидиноидесы, гавелинеллы, розалины, необулимины, боливины, эпистомины), Miliolida (квинквелокулины) и редко – Cornuspirida (корнуспиры). Данное соотношение отрядов в целом достаточно выдержано по разрезу.

Весьма многообразен раннемеловой агглютинирующий бентос. Содержание его составляет 100% популяции в основании и терминальных слоях верхнего готерива, нижнем апте и среднем альбе, а в среднем по нижнемеловому разрезу – не менее 30–40%. Основу данной группы фораминифер составляют представители отрядов Lituolida (хаплофрагмоидесы, хаплофрагмиумы, аммобакулитесы, кривостомоидесы), Trochamminida (трохаммины), Astrorhizida (лагенамины, саккаммины, гиперамминоидесы), Textulariida (милиаммины, бимонилины, гаудринописисы, доротии, псамминопелты), Ataxophragmiida (вернеулиноидесы, вернеулины, вернеулинеллы, гаудрины), Ammodiscida (мятлюкаены, аммодискусы, толипаммины, литуотубы).

Реконструкция палеоглубины, поверхностей максимумов трансгрессий и системных трактов

Экологические особенности обитания фораминифер, состав сообщества и расчет количественных параметров популяции явились основой для моделирования батиметрического расселения фораминифер в среднеюрском-раннемеловом бассейне на северо-востоке Ульяновско-Саратовского прогиба (рис. 2) [7]. Разбивка средне-верхнеюрского и нижнемелового разрезов на батиметрические зоны выполнена с учетом всех проанализированных параметров фораминиферной популяции (рис. 5, 6). Существенным фактором, который надо учитывать при оценке качества приведенных построений, является большое количество выявленных в разрезе (и скрытых) крупных (на уровне аммонитовых фаз) и менее значительных гиатусов.

Для нижней половины бат-среднекелловейской секвенции, в которой фораминиферы не установлены, оценка палеоглубины проведена путем интерпретации литологического состава с увязкой батиметрических данных, полученных по верхней половине разреза. Батиметрическая кривая демонстрирует достаточно плавное углубление бассейна в бате-среднем келловее от береговой линии до середины верхней батиали, т.е. от 0 до 250 м. Максимальная глубина бассейна (300 м) отмечена в конце раннего келловья наибольшей численностью и разнообразием фораминифер. Данный максимум глу-

бины соответствует положению поверхности максимума трансгрессии (MFS) второго порядка, иначе говоря, – это уровень наибольшей для данной секвенции глубины бассейна. Нижнекелловейская MFS разделяет бат-нижнекелловейский песчано-глинистый трансгрессивный системный тракт (TST) и среднекелловейский оолитово-мергельный тракт высокого стояния (HST). **Формирование** событийной пачки оолитовых мергелей, таким образом, происходило на глубине порядка 250 м и не вызвано резкими эвстатическими флуктуациями.

Плавное увеличение глубины бассейна в бате-среднем келловее сопровождалось двумя эпизодами промежуточного незначительного углубления, реконструированными в батском веке и во второй половине раннего келловья. Последний из приведенных промежуточных максимумов проводится по всплеску биоразнообразия и численности фораминифер, возникшему при углублении бассейна до верхней части верхней батиали. Подтверждением этого является появление в комплексе фораминифер агглютинирующих родов – *Ammobaculites* и *Haplophragmoides*. **Промежуточные максимумы** углубления соответствуют поверхностям максимумов трансгрессий третьего порядка и разделяют высокоранговые TST и HST.

Батиметрическая кривая, построенная по разрезу верхнекимериджской-волжской секвенции, отличается меньшей плавностью. Изменения глубины бассейна происходили с большей частотой, чем в бате-келловее. Проведенные реконструкции позволяют предполагать, что преобладающая глубина находилась в пределах 100–200 м, что соответствует нижней неритической зоне. В более мелководных условиях отлагались базальные и терминальные слои секвенции. Наибольшая глубина, соответствующая средней части верхней батиали (около 300 м), фиксируется по максимуму численности, биоразнообразия и числа вновь появившихся видов, отмеченному в мергелях на рубеже нижней и средневолжского подъярусов. Данный максимум является основанием для проведения MFS второго порядка, разделяющей верхнекимериджский-нижневолжский глинисто-мергельный TST и битуминозно-сланцевый средневолжский HST.

В пределах верхнекимериджского-нижневолжского TST достаточно уверенно выделяется 6 промежуточных всплесков биоразнообразия, численности и новых видов фораминифер, каждый из которых соответствует погружению дна бассейна в область верхней батиали (рис. 5). Подтверждением наступления эпизодических углублений является увеличение именно в этих интервалах разреза процента агглютинирующих видов – *Haplophragmium monstratus*, *Haplophragmium dervisae*, *Ammobaculites verus*, *Ammobaculites haplophragmioides* и *Trochammina infida*. **Этапы обмеления до уровня** средней неритической зоны совпадают с увеличением

процента мелководного известкового бентоса родов *Epistomina*, *Pseudolamarckina* и др.

Особое внимание в рассматриваемом разрезе привлекает средневожская пачка битуминозных сланцеватых алевролитов, имеющая широкое распространение на востоке Русской плиты. Она трансгрессивно залегает на разновозрастных образованиях оксфорда, киммериджа и вожского яруса [14]. Существует несколько предположений о природе данной событийной пачки, наиболее распространенным из которых считается влияние короткопериодного, но высокоамплитудного эвстатического цикла с резким падением уровня моря, вызвавшим осушение и заболачивание восточной части платформы [1, 35]. Затем последовала резкая трансгрессия с усилением биопродуктивности, углублением бассейна и развитием аноксии.

Выполненные нами построения позволяют несколько скорректировать вышеприведенные заключения. Анализ количественных параметров фораминиферового сообщества подтверждает обмеление бассейна в конце ранневожского времени до глубины 80–100 м. Но максимальное развитие трансгрессии и углубление бассейна до 250 м произошло не в начале средневожской фазы *panderi*, а несколько ранее, еще в ранневожское время. С началом же фазы *panderi*, согласно нашим построениям, связан этап очередного обмеления до глубин порядка 100 м. Именно в этих условиях мелкого моря формировались битуминозные средневожские сланцы, а на северо-востоке Ульяновско-Саратовского прогиба – это в основном рассланцованные алевролиты – показатели мелких глубин. Мелководность (до 100 м) средневожского моря на Русской плите именно в фазу *panderi* была отмечена Н.М. Страховым [13] и подтверждена И.Г. Сазоновой и Н.Т. Сазоновым [10]. Обмеление бассейна на фоне одновременно развивающейся трансгрессии – достаточно редкое явление. На возможность такого результата совместного воздействия глобальной эвстазии и региональной эпейрогении указывалось в ряде публикаций [3, 9]. В данном случае на глобальное падение уровня моря, с которым связано общее обмеление бассейна, наложилось региональное средневожское прогибание [5], вызвавшее растекание мелководных масс на значительные территории.

В конце вожского века глубина бассейна не превышала 50 м, а сильная активность водной среды не могла обеспечить обитание и сохранность бентосных фораминифер. Средне- и верхневожские песчаники, фрагментарно сохранившиеся от размыва на северо-востоке Ульяновско-Саратовского прогиба, представляют собой тракт низкого стояния, завершающий строение верхнекиммериджской-вожской секвенции.

Верхнеготеривская-среднеаптская часть разреза сформировалась в нижней неритической и верхней батиальной зонах (рис. 6). Об этом свидетельствует значительное количество и высокое разнообра-

зие агглютинирующих фораминифер в палеопопуляции, характерное для глубин ниже 200 м, т.е. для верхней батиали. Преобладание в отдельных интервалах разреза известкового бентоса, указывает на перемещение области осадконакопления в нижнюю неритическую зону. Таким образом, разрез был сформирован попеременно в нижней неритической и верхней батимальной зонах. При этом средняя глубина палеобассейна оценивается в 200 м.

Устойчивое смещение в верхнюю батимальную зону установлено для нижнеаптской части разреза. Фораминифероное сообщество представлено практически исключительно агглютинирующими формами, численность которых постепенно снижается, по-видимому, из-за нарастания аноксии. Пачка нижнеаптских битуминозных глин и мергелей (“аптская плита”) может соответствовать пику углубления, но в силу отсутствия в ней фораминифер, об этом можно судить лишь на уровне предположений (ориентировочно 250 м). Среднеаптские осадки отмечены признаками незначительного обмеления – в разрезе появляются прослой и линзы кварцевых песков и алевритов, несколько увеличивается численность и биоразнообразие фораминифероной популяции и начинает вновь преобладать известковый бентос. Все это свидетельствует об уменьшении глубины бассейна в среднем апте до 100–150 м.

Максимальная глубина позднеготеривского-среднеаптского бассейна (до 350 м) реконструируется для верхнеготеривских осадков, соответствующих зоне *decheni*. **Максимум численности и биоразнообразия фораминифер вызван самым интенсивным для секвенции углублением, с которым совпадает единственная MFS второго порядка. С менее значительными всплесками количества фораминифер связаны 10 промежуточных MFS (третьего порядка).** Каждая из них указывает на локальное углубление бассейна. Если всплеск численности и биоразнообразия приходится на преобладание в популяции известкового бентоса, то данная MFS соответствует углублению до основания нижней неритической зоны. При доминировании агглютинирующих фораминифер локальный численный максимум связан с углублением в пределах верхней батимальной зоны. **MFS второго порядка разделяет редуцированный верхнеготеривский TST и весьма длительный верхнеготеривский-среднеаптский HST.**

Среднеальбские осадки, по-видимому, являются более глубоководными, чем среднеаптские. Популяция фораминифер включает многочисленные и разнообразные агглютинирующие виды. Базальная – алевритистая часть секвенции скорее всего сформировалась в нижней неритической зоне. С одной стороны, литологические признаки указывают на более мелководную зону бассейна, но состав фораминифероного сообщества, представленного только агглютинирующими формами, свидетельствует

о близости верхней батиали. Формирование среднеальбских глин происходило в условиях верхней батиальной зоны с максимальным углублением до 350 м, которое реконструируется по увеличению численности и биоразнообразия агглютинирующего бентоса. По данному максимальному для среднеальбской секвенции углублению проведена MFS второго порядка, разделяющая базальный TST и перекрывающий глинистый HST.

ВЫВОДЫ

1. Анализ количественных параметров, рассчитанных по юрской и раннемеловой популяциям бентосных фораминифер скв. 1, в совокупности с особенностями палеоэкологии известкового и агглютинирующего бентоса, позволяет оценить вариации глубины палеобассейна и построить батиметрическую кривую.

2. Северо-восток Ульяновско-Саратовского прогиба в средней-поздней юре представлял собой участок эпиконтинтального шельфового моря со средними глубинами 100–200 м, с углублениями на отдельных этапах до 250 м и обмелениями до 0–50 м. В раннем мелу средняя глубина бассейна составляла 200 м, периодически уменьшаясь до 150 м и увеличиваясь до 350 м.

3. Глубина бассейна, в котором происходило формирование среднеюрской песчано-глинистой секвенции, постепенно увеличивалась от 0 (в бате) до 250 м (в среднем келловее). Область осадконакопления сначала находилась на суше, а к среднему келловее сместилась в верхнюю батиаль. Максимальная глубина (300 м) фиксируется в конце раннего келловее. Среднекелловейские оолитовые мергели сформировались на глубине не более 250 м.

4. Верхнекиммериджские-волжские осадки отлагались преимущественно в нижнеритической-верхнебатиальной области шельфа (100–250 м). Максимальная глубина бассейна (около 300 м) реконструируется в конце ранневолжского времени. За этим достаточное резким углублением в средневолжское время последовало трансгрессирующее обмеление, сопровождавшееся аноксией. Данные процессы способствовали формированию пачки битуминозных сланцев, пользующейся региональным распространением. В конце средневолжского-поздневолжском времени глубина бассейна не превышала 50 м.

5. Верхнеготеривские-среднеаптские глины формировались в нижней неритической и верхней батиальной зонах, глубина бассейна незначительно варьировала относительно отметки 200 м, в целом оставаясь постоянной. Наиболее существенное углубление (до 350 м) произошло в фазу *decheni*, после чего последовала относительная стабилизация глубины. Нижнеаптская битуминозная пачка сформировалась в верхней батиальной зоне на глубине порядка 250 м.

6. Среднеальбские отложения являются более глубоководными, чем подстилающие среднеаптские. Базальные слои среднего альба отлагались в нижней неритической зоне, затем произошло углубление бассейна и смещение области осадконакопления в верхнюю батиаль. Максимум глубины, зафиксированный в нижней половине среднеальбского разреза, оценивается в 350 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаврилов Ю.О., Копяевич Л.Ф.* О геохимических, биохимических и биотических следствиях эвстатических колебаний // *Стратиграфия. Геол. корреляция.* 1996. Т. 4, № 4. С. 3–14.
2. *Зорина С.О.* Опорный разрез средней юры–мела Татарско-Шатрашанской скважины 1 (северо-восток Ульяновско-Саратовского прогиба) // *Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология.* 2005. № 1. С. 70–80.
3. *Зорина С.О.* О взаимосвязи литологического строения морских осадочных разрезов с эвстатическими колебаниями и тектоническими движениями // *Отчетственная геология.* 2007. № 6. С. 52–55.
4. *Зорина С.О.* Стратиграфия средне- и верхнеюрских отложений востока Русской плиты // *Стратиграфия. Геол. корреляция.* 2007. Т. 15, № 3. С. 32–41.
5. *Зорина С.О.* Цикло- и секвенс-стратиграфия средне-, верхнеюрских отложений востока Русской плиты // *Стратиграфия и седиментология нефтегазовых бассейнов.* 2008. № 1. С. 31–49.
6. *Зорина С.О.* Секвенс-стратиграфия нижнемеловых отложений востока Русской плиты // *Геология и геофизика.* 2009. Т. 50, № 5. С. 566–575.
7. *Зорина С.О., Старцева Г.Н.* Палеоэкология бентосных фораминифер и палеобатиметрическая зональность юры по разрезу Татарско-Шатрашанской скважины 1 // *Новые идеи в науках о Земле: тез. докл. IX Междунар. конф.* Т. 1. М.: РГГРУ, 2009. С. 58.
8. *Кузнецова К.И.* Дифференциация фораминиферных сообществ и динамика их систематического состава в юрское время // *Стратиграфия. Геол. корреляция.* 1998. Т. 6, № 1. С. 36–48.
9. *Рубан Д.А.* Соленаккумуляция в трансгрессирующих бассейнах // *Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли: мат-лы 5-го Всерос. литологического совещ.* Т. II. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 207–209.
10. *Сазонова И.Г., Сазонов Н.Т.* Палеогеография Русской платформы в юрское и раннемеловое время. Труды ВНИГНИ. Вып. LXII. Л.: Недра, 1967. 260 с.
11. *Старцева Г.Н.* К вопросу о палеоэкологии позднеюрских фораминифер Среднего Поволжья // *Образ жизни и закономерности расселений современной и ископаемой микрофауны.* М.: Наука, 1975. С. 201–204.
12. *Старцева Г.Н.* Детальное расчленение верхнеюрских отложений Среднего Поволжья по данным изучения фораминифер // *Юрские отложения Русской платформы.* Л.: ВНИГРИ, 1986. С. 30–40.
13. *Страхов Н.М.* Основы теории литогенеза. М.: Изд-во АН СССР, 1960. Т. 1. 212 с. Т. 2. 574 с.
14. Унифицированная стратиграфическая схема юрских отложений Русской платформы / С.П. Яковле-

- ва, ред. Объясн. записки. СПб.: ВНИГРИ, 1993. 28 листов, 71 с.
15. *Bandy O.L.* Distribution of foraminifera, radiolaria, and diatoms in the sediments of the Gulf of California // *Micropaleontology*. 1961. V. 7, № 1. P. 1–26.
 16. *Bandy O.L., Arnal R.E.* Distribution of Recent foraminifera of west coast of Central America // *AAPG Bull.* 1957. V. 41, № 9. P. 2037–2053.
 17. *Bandy O.L., Rodolfo K.S.* Distribution of foraminifera and sediments, Peru-Chile Trench Area // *Deep Sea Research*. 1964. V. 11. P. 817–837.
 18. *Beavington-Penney S.J., Racey S.* Ecology of extant Nummulitids and other larger benthic foraminifera: Applications in paleoenvironmental analysis // *Earth-Science Reviews*. 2004. V. 67. P. 219–265.
 19. *Berggren W.A.* Marine micropaleontology: An introduction // *Introduction to Marine Micropaleontology* / B.U. Haq and A. Boersma (Eds.) Elsevier, 1978. P. 1–17.
 20. *Grimsdale T.F., Morkhoven F.P.C.M.* The ratio between pelagic and benthic foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks // 4th World Petroleum Congress. Proc. Sec. I/D. Paper 4. P. 473–491.
 21. *Hallock P., Glenn E.C.* Larger foraminifera: A tool for paleoenvironmental analysis for Cenozoic depositional carbonate facies // *Palaos*. 1986. V. 1. P. 55–64.
 22. *Hentz N.P., Zeng H.* High-frequency Miocene sequence stratigraphy, offshore Louisiana: Cycle framework and influence on production distribution in a mature shelf province // *AAPG Bull.* 2003. V. 87, № 2. P. 197–230.
 23. *Ingle J.C.Jr.* Foraminiferal biofacies variation and Miocene-Pliocene boundary in Southern California // *Amer. Paleont. Bull.* 1967. V. 52, № 236. P. 211–290.
 24. *Jawad A., Fazli R.K., Shah N.K., et al.* Foraminiferal Biostratigraphy and paleoenvironments of the Paleocene Lockhart from Kotal Pass, Kohat, Northern Pakistan // *Pakistan J. Hydrocarbon Res.* 2005. V. 15. P. 9–23.
 25. *Koutsoukos E.A.M., Hart M.B.* Cretaceous foraminiferal morphogroup distribution patterns, paleocommunities and trough structures: a case study from Sergipe Basin, Brazil // *Trans. Royal Soc. Edinburgh: Earth Science*. 1990. V. 81. P. 221–246.
 26. *Liu C., Browning J.V., Miller K.G., Olsson R.K.* Paleocene benthic foraminiferal biofacies and sequence stratigraphy, Island Beach Borehole, New Jersey // *Foraminiferal biofacies and sequence stratigraphy. Proceedings of the Oceanic Drilling Program, Scientific Results* / K.G. Miller and S.W. Snyder (Eds.) 1997. V. 150X. P. 267–275.
 27. *Lowman S.W.* Sedimentary facies in Gulf Coast // *AA PG Bull.* 1949. V. 33. P. 1939–1997.
 28. *Mitchum R.A., Sangree J.B., Vail P.R., Wornardt W.W.* Recognizing sequences and system tracts from well logs, seismic data, and biostratigraphy: examples from the Late Cenozoic of the Gulf of Mexico // *Siliciclastic sequence stratigraphy: recent developments and applications* / P.Weimer and H.Posamentier (Eds.). AAPG Memoir 58. 1993. P. 163–197.
 29. *Naish T., Kamp P.J.J.* Foraminiferal depth paleoecology of Late Pliocene shelf sequences systems tracts, Wanganui Basin, New Zealand // *Sedimentary Geology*. 1997. V. 110. P. 237–255.
 30. *Picou E.B. Jr., Perkins B.F., Rosen N.C., Nault M.J.* Gulf of Mexico basin biostratigraphic index microfossils: a geoscientists guide, foraminifers and nannofossils, Oligocene through Pleistocene: Gulf Coast Section. SEPM Foundation. 1999. Parts I and II. 215 p.
 31. *Sharma V., Takayanagi Y.* Paleobathymetric history of Late Neogene foraminiferal assemblages of the Kakegawa area, Central Asia // *Tohoku University, Sci. Rep., 2nd ser. (Geol.)*. V. 52, № 1-2. P. 77–90.
 32. *Van Wagoner J.B., Mitchum C.R., Campion K.M., Rahmanian V.D.* Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies. AAPG Methods in Exploration. Series 7. 1990. 55 p.
 33. *Wescott W.A., Krebs W.N., Sikora P.J. et al.* Modern applications of biostratigraphy in exploration and production // *The Leading Edge. Geologic*. September 1998. P. 1204–1210.
 34. *Wilson J.L.* Carbonate Facies in Geologic History. Berlin: Springer Verlag, 1975. 471 p.
 35. *Zorina S.O., Ruban D.A.* Kimmeridgian-Tithonian sea-level fluctuations in the Uljanovsk-Saratov Basin (Russian Platform) // *Central European Geology*. 2007. V. 50. P. 59–78.

Рецензент Э.О. Амон

Benthic foraminiferal biofacies, depth estimates and sequence stratigraphy of the Middle Jurassic and Lower Cretaceous deposits of Tatarsko-Shatrashanskaya borehole, Eastern Russian Plate

S. O. Zorina*, G. N. Startseva**

* *Central Scientific Research Institute of Geology of Industrial Minerals*

** *Saratov State University*

The specificity of benthic foraminifera moving during the Middle Jurassic and Earlier Cretaceous in the basin of Northeastern Uljanovsk-Saratov Depression (east of Russian Plate) is the basis for paleobathymetric modeling which is run. The dynamics of change in generic and species composition of calcareous and agglutinating community, the emergence of new species and the total population of foraminifera are studied. Graphs of changes in these parameters for the Medium-Upper Jurassic and Lower Cretaceous part of the section with bathymetric zonation are constructed. Bathymetric curves characterize the variation of depth in the basin for each of the four sequences: Bathonian-Middle Callovian, Upper Kimmeridgian-Middle Volgian, Upper Hauterivian-Middle Aptian and Middle Albian. Pointer bursts of biodiversity and abundance of foraminifera mark maximum flooding surfaces separating transgressive systems tracts and highstand systems tracts.

Key words: *benthic foraminifera, bathymetry, maximum flooding surfaces, systems tracts, Jurassic, Cretaceous, Russian Plate.*