

СТРАТИГРАФИЯ

УДК 551.762 (4-015)

СТРАТИГРАФИЯ И ОСОБЕННОСТИ ЭКОСТРАТИГРАФИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
МОРФОГРУПП ФОРАМИНИФЕР ВЕРХНЕЙ ЮРЫ РАЗРЕЗА МАКАРЬЕВ

(р. Унжа, бассейн Волги)

К. Кольпэр¹, Б.Л. Никитенко^{2,1}, С.Н. Хафаева²

¹ Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

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

Проведены микропалеонтологические исследования верхов келловей—нижнего кимериджа эталонного разреза Макарьев (р. Унжа, Восточно-Европейская платформа). Разрез насыщен остатками аммонитов, содержит обильные ассоциации бентосных и планктонных фораминифер и является идеальным объектом для проведения стратиграфических и палеоэкологических исследований. Биостратиграфический анализ распределения фораминифер позволил проследить в этом разрезе стандартные фораминиферовые зоны для Восточно-Европейской платформы и усовершенствовать некоторые из них. Анализ вертикального и латерального распределения аммонитов и фораминифер и литостратиграфической конструкции разреза позволил уточнить стратиграфический объем и положение границ ряда литостратонов.

Предложена усовершенствованная версия стратиграфической схемы для Костромской зоны Московской впадины. Проведен анализ особенностей строения и структуры сообществ фораминифер, а также закономерностей изменений их во времени. Морфофункциональный анализ отдельных родов фораминифер позволил впервые выделить ряд морфогрупп, различающихся образом жизни и типом питания, что позволяет интерпретировать изменения палеообстановки. Изменения в морфогруппах позволили выделить четыре экостратиграфических интервала. Палеоэкологические данные по фораминиферам калибровались с изменениями геохимических факторов. В конце оксфорда и начале кимериджа в развитии ассоциаций фораминифер установлен кризисный этап. Подобный кризис сообществ фораминифер выявлен и на севере Сибири, и это событие носит глобальный характер. Анализ таксономического и количественного состава ассоциаций фораминифер, их структурных особенностей и последовательности трансгрессивно-регрессивных событий в конце келловей—раннем кимеридже позволил провести типизацию сообществ, относительно этого фактора, выявить колебания второго порядка (в середине среднего оксфорда и начале кимериджа).

Оксфорд, кимеридж, стратиграфия, фораминиферы, сообщества, палеоэкология, анализ морфогрупп, биофацции, Русское море, Восточно-Европейская платформа

STRATIGRAPHY AND ECOSTRATIGRAPHIC DISTRIBUTION OF FORAMINIFERAL
MORPHOGROUPS FROM THE UPPER JURASSIC OF THE MAKAR'YEV SECTION
(Unzha River, Volga River basin)

C. Colpaert, B.L. Nikitenko, and S.N. Khafaeva

Investigation of the Upper Callovian to Lower Kimmeridgian microfossils from the Makar'yev reference section (Unzha River, East European Platform) has been carried out. The section is characterized by ammonite debris and abundant associations of benthic and planktic foraminifera. It is a perfect object for stratigraphic and paleoecological researches. The biostratigraphic distribution of foraminifera from the Makar'yev section allows one to identify standard foraminifer zones of the East European Platform, as well as to upgrade some of them. The analysis of vertical and lateral ammonites and foraminiferal distribution, completed with lithostratigraphy, has precised the stratigraphic volume and position of boundaries of several lithological units.

An improved stratigraphic scheme for the Kostroma area of the Moscow Depression is proposed. Analysis of the composition, structure, and dynamic changes of the foraminiferal assemblages has been performed. The morphofunctional analysis of foraminiferal genera has for the first time identified how foraminiferal morphogroups differing in their life style and feeding strategy varied with short-term paleoenvironmental changes.

These morphogroup changes allow establishing four ecostratigraphic levels. These paleoecological data have been calibrated along with geochemical factors. They have shown a crisis of foraminiferal association during the Late Oxfordian and Early Kimmeridgian. A similar crisis has also been discovered in the north of Siberia, which may be an argument for its global distribution. The analysis of the taxonomic composition and the density of foraminiferal associations, in parallel with the structure of the association, has revealed a succession of transgressive and regressive events during the Late Callovian–Early Kimmeridgian. It allows the typification of each assemblage in relation with each event and underlines the occurrence of second-order sea level changes (middle Middle Oxfordian and the earliest Kimmeridgian).

Oxfordian, Kimmeridgian, stratigraphy, foraminifera, associations, paleoecology, morphogroup analysis, biofacies, Russian Sea, East European Platform

ВВЕДЕНИЕ

Разрезы верхней юры центральной части Восточно-Европейской платформы являются эталонным объектом для палеоэкологических исследований. В последние годы эти разрезы были подвергнуты всестороннему переизучению: литостратиграфическому, биостратиграфическому (главным образом по аммонитам), геохимическому и др. В итоге были предложены новое литостратиграфическое расчленение разрезов, усовершенствованная аммонитовая зонация, реконструированы палеотемпературы бассейна, количественная эвстатическая кривая, дана геохимическая характеристика по основным параметрам [Месежников и др., 1989; Унифицированная..., 1993; Sahagian et al., 1996; Hantzpergue et al., 1998; Riboulleau et al., 1998; Захаров, Rogov, 2003; Rogov, 2005; Price, Rogov, 2009; Glowniak et al., 2010; Wierzbowski, Rogov, 2011; Митта и др., 2012; и др.].

Один из таких ключевых разрезов обнажается в бассейне Волги, на р. Унжа, близ г. Макарьев (рис. 1). В разрезе Макарьев вскрыты глинистые толщи верхов келловея—нижней части киммериджа, и, несмотря на небольшие мощности стратиграфических подразделений, разрез охарактеризован многочисленными аммонитами и обильными комплексами фораминифер, что является причиной постоянного к нему внимания. Особенно интенсивно и комплексно этот разрез изучался в середине 80-х и конце 90-х годов прошлого века. В результате были разработаны и усовершенствованы биостратиграфические шкалы по аммонитам и фораминиферам оксфорда и киммериджа, разработана литостратиграфическая основа корреляционной части региональных шкал. Стратотипы ряда фораминиферовых зон и литостратиграфических подразделений были определены в разрезе Макарьев [Олферьев, 1986, 2012; Месежников и др., 1989; Унифицированная..., 1993; и др.].

Позднее этот разрез переизучался французскими и российскими специалистами в рамках международной программы «Peri-Tethys». Было составлено послышное детальное описание разреза, предложена уточненная аммонитовая шкала, оценены вариации геохимических параметров и реконструированы палеотемпературы. Во время полевых работ были также

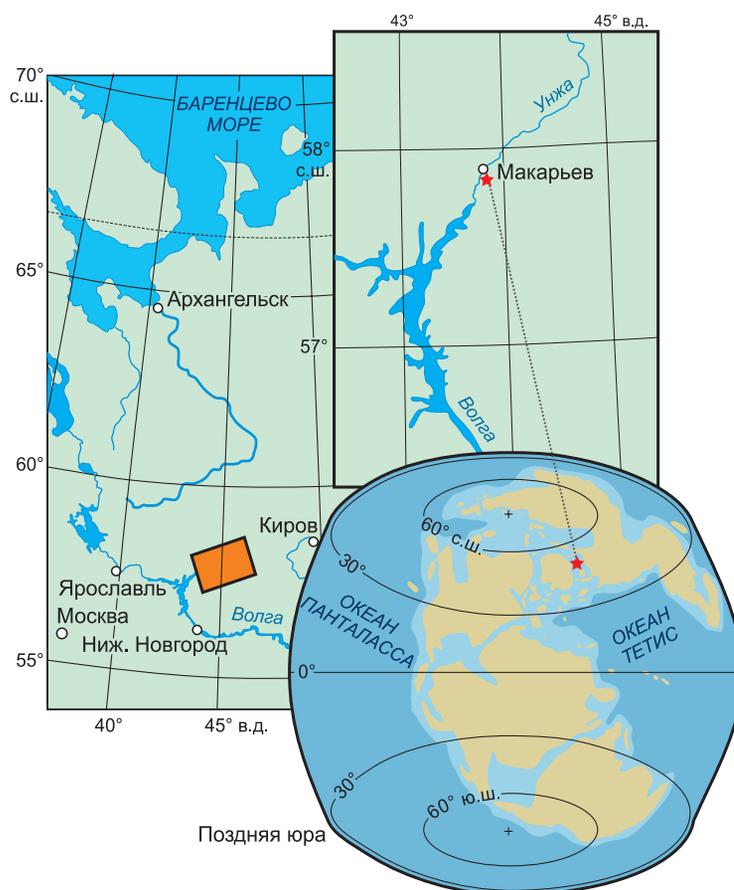


Рис. 1. Положение эталонного разреза Макарьев (верхи келловея—нижний киммеридж) и глобальная палеогеография мира в поздней юре [Никитенко и др., 2015].

Прямоугольник — район исследований.

отобраны микропалеонтологические образцы, анализ которых положен в основу этой статьи [Hantzpergue et al., 1998; Riboulleau et al., 1998]. Характеристики разреза Макарьев: литологическая, биостратиграфическая и геохимическая были увязаны с полученными микропалеонтологическими данными.

Основной целью проведенных исследований было совершенствование стратиграфии верхней юры данного региона и проведение биофациальных и экостратиграфических реконструкций по фораминиферам. Изучение верхнеюрской микрофауны европейской части России обычно ограничивалось монографическими, биостратиграфическими и палеобиогеографическими рамками [Кузнецова, 1979; Биостратиграфия..., 1982; Григялис, 1985а, б; Месежников и др., 1989; Практическое..., 1991; и др.]. В то же время микропалеонтологические данные широко используются при палеоэкологическом и биофациальном анализе юры разных регионов мира. В настоящей работе проведен морфофункциональный анализ отдельных родов фораминифер, и на этой основе впервые обособлено несколько морфогрупп, различающихся образом жизни, что позволяет интерпретировать изменения в палеообстановках разных временных уровней конца келловея—начала кимериджа. Палеоэкологические данные по фораминиферам увязывались с изменениями геохимических факторов [Hantzpergue et al., 1998; Riboulleau et al., 1998]. Совместный анализ распространения планктонных фораминифер и сообществ бентосных фораминифер в оксфорде и кимеридже позволит понять пути разноса планктона и причины их постепенного проникновения на север в арктические бассейны (бассейн Печоры).

Тектоническая активность в поздней юре на Восточно-Европейской платформе практически отсутствовала, что позволило на этих разрезах с помощью расчетных методов реконструировать количественную кривую эвстатических колебаний уровня моря [Sahagian et al., 1996]. Понятно, что на фоне крупных трансгрессий (или регрессий), происходили более частые колебания уровня моря (более мелкого порядка) не улавливаемые обычными или расчетными методами. Учитывая, что сообщества микрофауны чутко реагировали на изменения среды, анализ их изменений в зависимости от трансгрессивно-регрессивных событий, позволит выявить колебания второго порядка.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для стратиграфического и палеоэкологического анализов послужила обширная коллекция фораминифер, выделенная из образцов, собранных в процессе послойного изучения разреза верхнего келловея—нижнего кимериджа [Hantzpergue et al., 1998]. Для микропалеонтологических исследований было обработано 22 образца из слоев 18-1, послойно отобранных с интервалом от 10—20 см до 1 м. Для дезинтеграции образцы предварительно отмокали в воде, а затем их кипятили и отмывали в воде через сито с диаметром ячеек 56 мкм. При отборе микрофосилий фиксировались соотношение целых раковин и обломков, взрослых и ювенильных особей, особенности минералогического состава. Впоследствии количественные данные по фораминиферам были стандартизированы на 100 г породы. Отобранная коллекция фораминифер насчитывает несколько тысяч экземпляров.

При биостратиграфических исследованиях использовалась стандартная методика: изучалось стратиграфическое распределение таксонов, изменение количественных соотношений на разных уровнях. Границы фораминиферовых зон обычно фиксировали по обновлению комплексов, появлению новых таксонов, эпибол характерных видов. По своей природе прослеженные в этом разрезе зоны понимались как зоны комплексного обоснования.

Одним из инструментов изучения сообществ является анализ динамики таксономического разнообразия. Анализ изменения таксономического разнообразия и структурных перестроек в ассоциациях фораминифер позволяет выявить степень воздействия на микробиоту разнообразных абиотических факторов как глобальных, так и локальных, установить зависимость таксономической структуры, состава ассоциаций микробентоса от конкретных особенностей палеообстановок. Планктонные и бентосные фораминиферы являются хорошим индикатором среды обитания. По материалам изучения современных и ископаемых фораминифер установлено, что их расселение контролируется глубиной, соленостью, типом субстрата, газовым режимом, гидродинамикой и температурой [Фурсенко, Фурсенко, 1970; Фурсенко, 1974; Протисты..., 2000; Murgay, 2006; Approaches..., 2014; и др.]. Таким образом, анализ фораминиферовых сообществ позволяет усовершенствовать и детализировать последовательность трансгрессивно-регрессивных событий.

По изученному разрезу Макарьев были получены геохимические данные ($C_{орг}$; $\delta^{13}C$; $\delta^{18}O$), которые привлекались при последующем анализе микропалеонтологических данных. Также использовались известные тафономические характеристики разреза [Hantzpergue et al., 1998; Riboulleau et al., 1998] (рис. 2).

На основе морфофункционального анализа общего строения раковин, родовые таксоны фораминифер в ассоциациях были обособлены в отдельные морфогруппы (рис. 3), несущие разную палеоэкологическую нагрузку. Исследования современных и ископаемых фораминифер свидетельствуют, что

основные морфологические элементы строения раковин, их детали непосредственно связаны с образом жизни, особенностями трофических стратегий и окружающей среды [Основы..., 1959; Treatise..., 1964; Nagy, 1992; Tyszka, 1994; Протисты..., 2000; Murray, 2006; Reolid et al., 2008, 2010, 2012; Nagy et al., 2009; Никитенко, 2009; Murray et al., 2011; Mikhalevich, 2012; Approaches..., 2014; и др.]. Первые исследования по дифференциации в фораминиферных сообществах разных морфогрупп базировались на современных данных [Jones, Charnock, 1985], позднее эта методика совершенствовалась как на современном, так и ископаемом материале [Nagy, 1992; Tyszka, 1994; Nagy et al., 1995, 2009; Modern..., 2003; Olóriz et al., 2003; Bağ, 2004; Lemańska, 2005; Szydło, 2005; Valchev, 2006; Reolid et al., 2008, 2010, 2012, 2014; Nikitenko et al., 2013; Approaches..., 2014]. Анализ фораминиферных морфогрупп необходим при последующей интерпретации основных абиотических факторов среды (соленость, характер субстрата, газовый режим, гидродинамика, температура воды и глубина).

Исследование сообществ фораминифер конца келловея—первой половины кимериджа основывалось на анализе выделенных морфогрупп и образа жизни разных таксонов (эпифауна, неглубокая инфауна, эпифауна/глубокая инфауна и планктон). Типизация по морфогруппам базируется на ранее опубликованных работах [Nagy, 1992; Tyszka, 1994; Nagy et al., 1995, 2009; Reolid et al., 2008, 2010, 2012, 2014; Nikitenko et al., 2013] с дополнениями (см. рис. 3). Представители эпифауны обитали на поверхности осадка (или на сантиметр ниже этой поверхности), твердого субстрата, водорослей; неглубокая инфауна могла зарываться в глубину осадка до 5 см; разные представители эпифауна/глубокая инфауна могли обитать как на поверхности осадка, так и погружаться в осадок глубже 5 см; планктонные формы обитали в верхних слоях пелагиали, циркулируя от поверхности к глубине [Nagy, 1992; Tyszka, 1994; Протисты..., 2000; Murray, 2006; Reolid et al., 2008, 2010, 2012; Nagy et al., 2009; Mikhalevich, 2012; Approaches..., 2014].

СТРАТИГРАФИЯ

Изученный разрез Макарьев верхов келловея и нижнего кимериджа, несмотря на значительно сокращенные мощности подразделений, является стратиграфически наиболее полным и хорошо охарактеризованным макро- и микрофоссилиями среди естественных выходов и разрезов, вскрытых скважинами в Московской впадине.

Унжинская свита в изученном разрезе (слои 18—15) (см. рис. 2, 4) представлена глинами серыми и светло-серыми, в разной степени известковистыми, биотурбированными, с мелкими фосфатными конкрециями и крупными обломками древесины, в средней части с прослоем, обогащенным глауконитом и окатанными рострами белемнитов, редкими прослоями высокоуглеродистых глин, целыми раковинами и обломками аммонитов нижнего и среднего оксфорда мощностью 4.3 м [Hantzpergue et al., 1998]. В свите встречены комплексы фораминиферных зон верхнего келловея (зона *Lenticulina tumida*, *Epistomina elschankaensis*), нижнего и низов среднего оксфорда (зона *Ophthalmidium sagittum*, *Epistomina volgensis*) и верхов среднего—низов верхнего оксфорда (зона *Ophthalmidium strumosum*, *Lenticulina brestica*). Изученный разрез является стратотипическим для унжинской свиты [Олферьев, 1986; Унифицированная..., 1993].

Стратотип [Унифицированная..., 1993] вышележащей **кинешемской толщи** (слои 14—13; или слой 5, по [Месежникову и др., 1989]) (см. рис. 2, 4) представлен тонкослоистыми битуминозными черными глинами со следами жизнедеятельности, остатками аммонитов (*Amoeboceras ilovaikii*, *Amoeboceras alternoides*) верхов среднего—основания верхнего оксфорда мощностью 0.27—0.3 м [Месежников и др., 1989; Hantzpergue et al., 1998]. Кинешемская толща является литологическим реперным уровнем, позволяющим увязывать разрезы оксфорда Костромской зоны Московской впадины. В толще определены комплексы фораминифер верхов среднего—низов верхнего оксфорда (зона *Ophthalmidium strumosum*, *Lenticulina brestica*).

Вышележащая **коломенская толща** (слои 12—11; или слой 6, по [Месежникову и др., 1989]) (см. рис. 2, 4) сложена глинами в разной степени алевритистыми и слабоизвестковистыми, серыми, прослоями зеленоватыми, желтовато-рыжими с поверхности, с пиритом, фосфатными стяжениями и аммонитами средней части верхнего оксфорда *Amoeboceras alternoides*, *A. transitorium*, *A. cf. glosense*, *A. cf. koldeweyense*, *A. ex gr. serratum*, *A. cf. ovale* [Месежников и др., 1989; Hantzpergue et al., 1998]. Стратотип коломенской толщи был определен по скв. 17, интервал 64—70 м, г. Москва [Олферьев, 1986], гипостратотип был предложен по изученному разрезу на р. Унжа [Олферьев, 2012], где он охарактеризован аммонитами верхней части зоны *Amoeboceras alternoides/A. glosense* и нижней части зоны *A. serratum* и фораминиферами зон *Ophthalmidium strumosum*, *Lenticulina brestica* и *Epistomina uhligi*, *Lenticulina russiensis* [Месежников и др., 1989; Hantzpergue et al., 1998].

Однако в последних стратиграфических схемах юры Восточно-Европейской платформы, утвержденных Межведомственным стратиграфическим комитетом (МСК) России [Митта и др., 2012], страти-

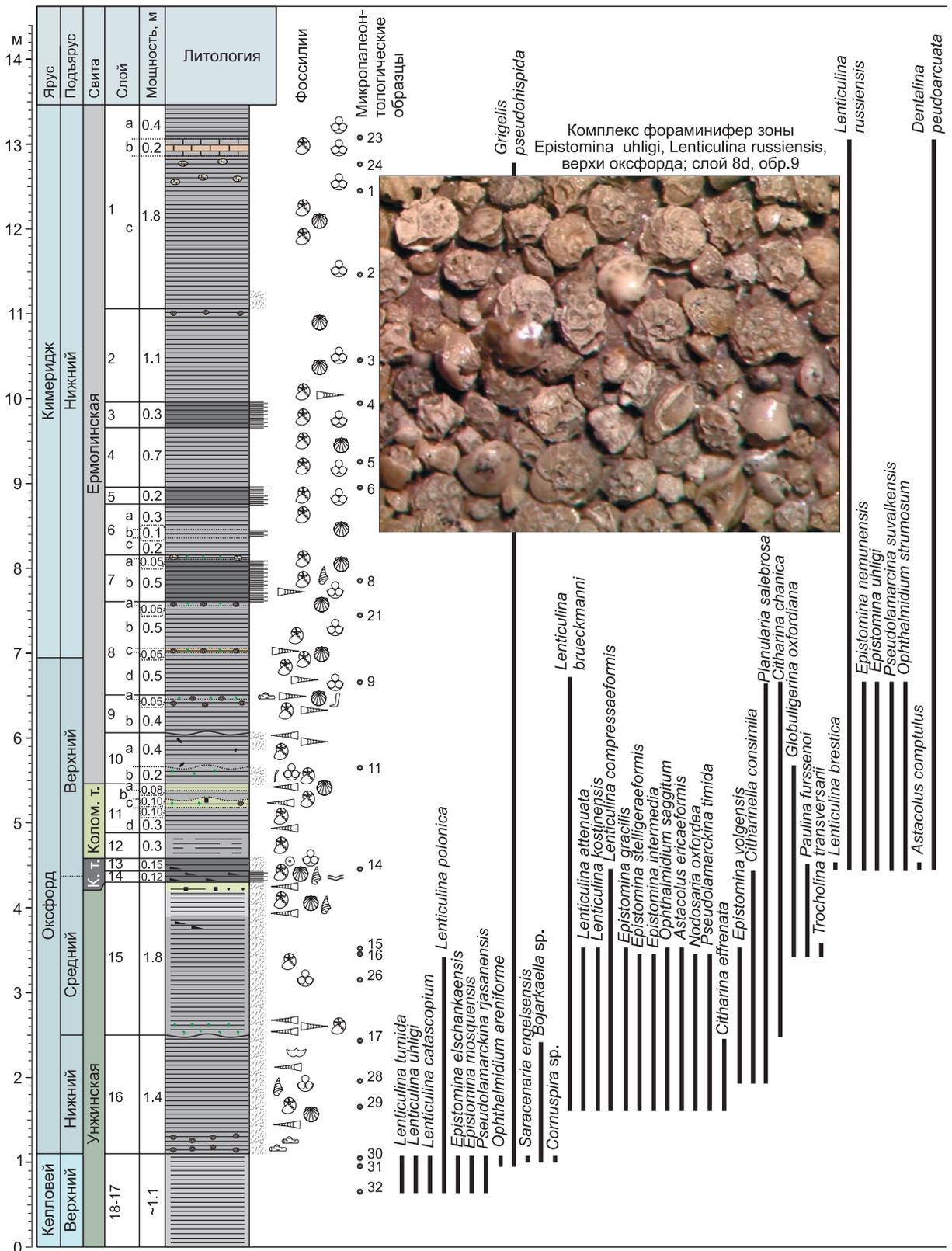


Рис. 2. Распределение основных таксонов фораминифер в верхнем келловее—нижнем кимеридже эталонного разреза Макарьев.

Биостратиграфия по аммонитам зоны и разбивка на слои, по [Hantzpergue et al., 1998]. 1 — глины; 2 — глины битуминозные; 3 — глины известковистые; 4 — глины алевролитистые; 5 — конкреционные известковистые прослои; 6 — конкреции фосфатные (а), галька (б); 7 — глауконит (а), пирит (б); 8 — аммониты (а), рostrы белемнитов (б), двустворки (в); 9 — гастроподы (а), брахиоподы (б), криноидеи (в); 10 — следы жизнедеятельности: горизонтальные (а), вертикальные (б); серпулы (в); 11 — фораминиферы (а), обломки древесины (б); 12 — горизонтальная слоистость; 13 — слоистость, нарушенная биотурбацией.

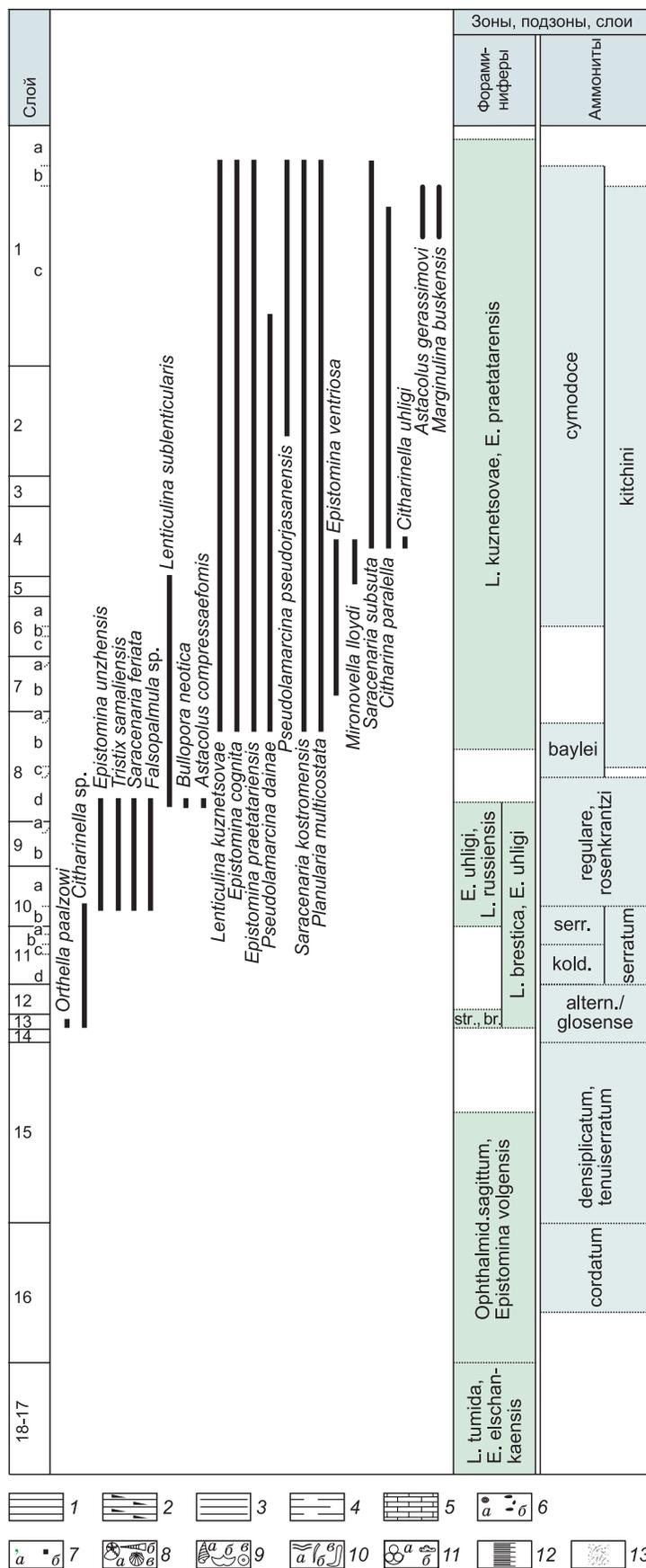


Рис. 2. (Окончание).

графический объем кинешемской толщи определен соответствующим полному объему аммонитовой зоны *Amoeboceras alternoides* (см. рис. 4), а коломенской толщи объему аммонитовой зоны *Amoeboceras serratum*. С учетом палеонтологических данных по изученным эталонным разрезам кинешемской и коломенской толщ стратиграфический объем кинешемской толщи отвечает только нижней части аммонитовой зоны *Amoeboceras alternoides/A. glosense*, объем коломенской толщи отвечает верхам аммонитовой зоны *Amoeboceras alternoides/A. glosense* и нижней части зоны *A. serratum* (см. рис. 2).

Перекрывается коломенская толща глинами серыми и темно-серыми (слои 10—1), местами биотурбированными и тонкослоистыми, с прослоями, обогащенными глауконитом, фосфатными конкрециями и галькой, с тонкими пропластками серых микритовых известняков в верхней части, с многочисленными аммонитами верхней части оксфорда и нижнего кимериджа (верхи аммонитовой зоны *Amoeboceras serratum*—зона *Rasenia cumodoce*) мощностью около 8 м [Hantzpergue et al., 1998] (см. рис. 2).

Местная литостратиграфическая номенклатура этой части разреза дискуссионна. Первоначально в центральных районах Московской синеклизы была выделена **ермолинская свита** (см. рис. 2, 4), сложенная глинами темно-серыми до черных, глауконитовыми, с пиритовыми стяжениями и фосфатными конкрециями, со стратотипом в скв. 39 (д. Ермолино, Мытищинский район), интервал 94.5—105.8 м и парастратотипами в обнажениях по правобережью р. Москва (ниже бывшего с. Коломенское), на р. Ока и в районе г. Бронницы. По стратиграфическому объему свита соответствовала верхней части верхнего оксфорда и нижнему кимериджу. Здесь же были встречены комплексы фораминифер с обильными *Epistomina uhligi* и *Lenticulina kuznetsovae*, *Epistomina praetariensis* [Олферьев, 1986].

Позднее [Унифицированная..., 1993] нижняя (оксфордская) часть ермолинской свиты была прослежена и на север Московской синеклизы в Костромском Заволжье. Здесь она была охарактеризована аммонитами верхней части зоны *Amoeboceras serratum*—зона *A. ravni/Ringsteadia* и фораминиферами зоны *Epistomina uhligi*, *Lenticulina rus-*

MG	Форма раковины	Образ обитания	Тип питания	Характерные формы
F	Раковина, иногда в начальной части спирально свернутая, позднее с неправильным расположением камер, образующим однорядный отдел округлых камер, соединенных трубками	Сессильная эпифауна	Растительноядные (?фильтраторы суспензии)	<i>Nubecularia, Bullopora</i> 
G	G1 Раковина трохоидная, двояковыпуклая (линзовидная)	Эпифауна	Фитофаги (консументы первого порядка)	<i>Epistomina, Epistominita</i> 
	G2 Раковина трохоидная, выпуклая со спинной стороны, плоская или вогнутая с брюшной стороны			<i>Pseudolamarckina, Paulina, Mironovella</i> 
H	Раковина спирально-плоскостная, спирально-коническая с неподразделенной второй трубчатой камерой	Эпифауна	Фитофаги (консументы первого порядка)/детритофаги (растительность)	<i>Trocholina, Spirillina, Cornuspira</i> 
I	Раковина уплощенная, дискообразная, спирально-плоскостная или с клубкообразно (квинквелокулиновое строение) свернутыми камерами, удлиненная	Эпифауна	Активные поедатели донных осадков, растительноядные и детритофаги	<i>Ophthalmidium, Labalina</i> 
J	J1 Раковина удлиненная, однорядная	Неглубокая инфауна	Активные поедатели донных осадков, бактериальные сапрофиты	<i>Nodosaria, Lingulonodosaria, Dentalina, Bojarkaella, Citharina, Citharinella, Marginulina, Geinitzinita, Tristix, Grigelis, Pseudonodosaria</i> 
	J2 Раковина удлиненная, уплощенная, начальный отдел может быть спирально-плоскостным			Активные поедатели донных осадков, всеядные
K	Раковина спирально-плоскостная, двояковыпуклая (линзообразная)	Эпифауна до глубокой инфауны	Активные поедатели донных осадков, всеядные	<i>Lenticulina</i> 
P	Раковина трохоидная, овальная, с инволютной брюшной стороной и шаровидными камерами	Планктон	Поедатели микрофитопланктона	<i>Globuligerina</i> 

Рис. 3. Морфогруппы фораминифер в конце келловея—начале кимериджа центральной части Русского моря.

Типы морфогрупп, по [Nagy, 1992; Tyszka, 1994; Reolid et al., 2008, 2010, 2012; Nikitenko et al., 2013] с дополнениями.

siensis. Тогда же нижнекимериджская часть разреза была впервые описана как макарьевская толща (стратотип по разрезу Макарьев), сложенная темно-серыми и черными глинами с фосфатными конкрециями и крупными конкрециями серого мергеля мощностью не более 8 м, с аммонитами *Amoeboceras kitchini*, фораминиферами зоны *Epistomina praetariensis*, *Lenticulina kuznetsovae* [Унифицированная..., 1993].

В 1999 г. Региональной межведомственной стратиграфической комиссией (РМСК) по центру и югу Русской платформы принято решение о повышении ранга макарьевской толщи до свиты, а также расширении ее стратиграфического диапазона от нижнего кимериджа до верхней части верхнего оксфорда (верхняя часть аммонитовой зоны *Amoeboceras serratum* и зона *A. ravni*) [Постановления..., 2006]. Таким образом, макарьевская свита (центр и восток Московской синеклизы, Костромское Заволжье) стала полным (литологическим и стратиграфическим) аналогом еролинской свиты (юг Московской синеклизы).

В 2012 г. бюро МСК России приняло решение упразднить еролинскую свиту «...как эквивалент макарьевской свиты» [Митта и др., 2012]. Вместе с этим следует отметить, что на стратиграфических схемах юры Восточно-Европейской платформы 2012 г. для глин «макарьевской свиты» была приведена палеонтологическая характеристика только кимериджской части разреза и определена мощность до 3 м [Митта и др., 2012]. Учитывая практически идентичный состав, одинаковый стратиграфический объем и географическое распространение еролинской и макарьевской свит, валидность того или иного литостратиграфического подразделения должна определяться правилом приоритета [Стратиграфический..., 2006; и др.].

Первые сведения о еролинской свите опубликованы в 1986 г. [Олферьев, 1986], а о макарьевской толще в 1993 г. [Унифицированная..., 1993], причем полный стратиграфический объем еролинской свиты сразу рассматривался как верхняя часть оксфорда—нижний кимеридж, тогда как макарьевская

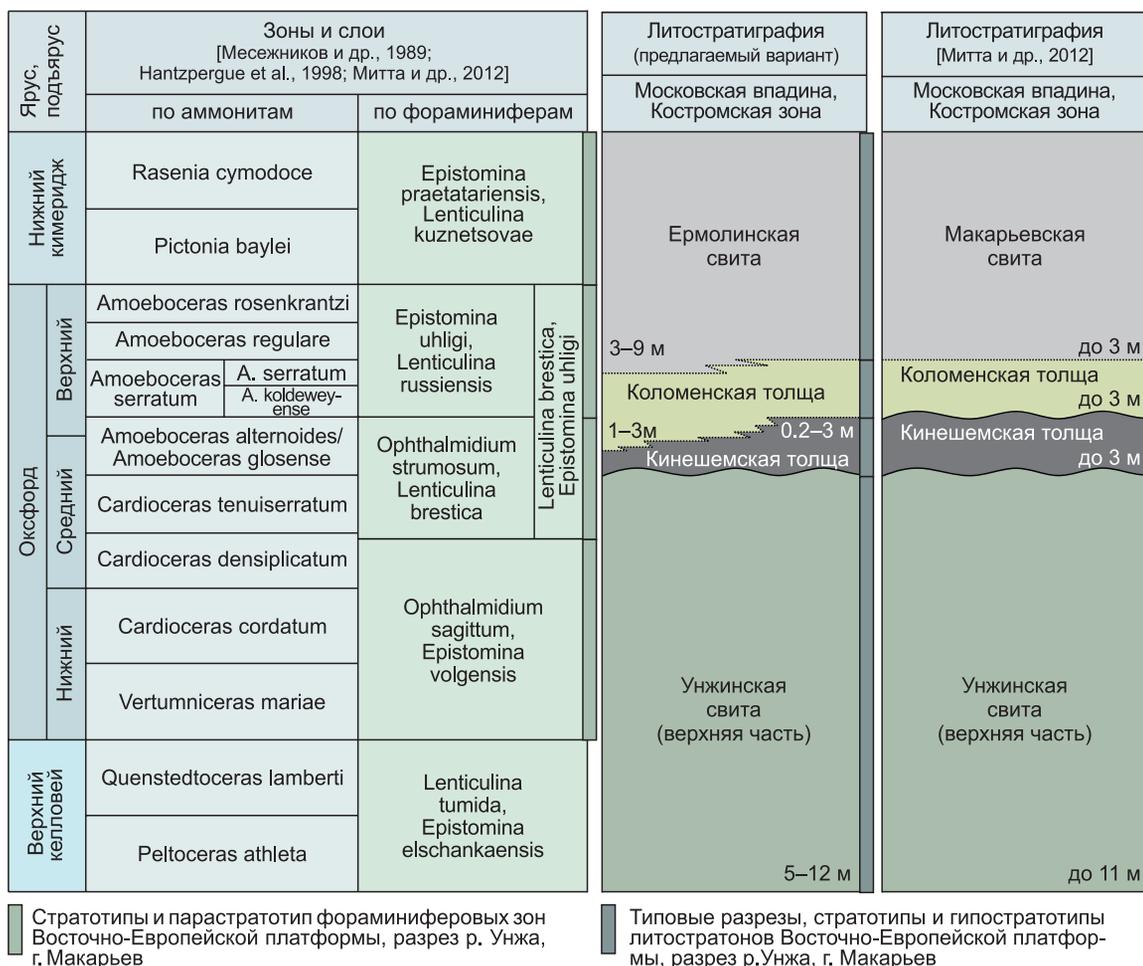


Рис. 4. Зональные шкалы по аммонитам и фораминиферам верхнего келловей—нижнего кимериджа и литостратиграфическая конструкция разрезов Костромской зоны Московской впадины Восточно-Европейской платформы.

толща первоначально рассматривалась как только нижнекимериджская и лишь позднее, без объяснений ее стратиграфический диапазон был уравнен с ермолинской свитой [Постановления..., 2006]. Таким образом, мы предлагаем восстановить как валидную ермолинскую свиту и рассматривать ее в стратиграфических схемах вместо макарьевской свиты. Разрез Макарьев, слои 10—1, предлагается рассматривать как гипостратотип ермолинской свиты в Костромской зоне Московской впадины (см. рис. 2, 4).

ЗОНАЛЬНАЯ ШКАЛА ПО ФОРАМИНИФЕРАМ

Современная биостратиграфическая шкала по фораминиферам келловея и верхней юры европейской части Центральной России сложилась к началу 80-х годов прошлого века [Биостратиграфия..., 1982]. Типовые разрезы фораминиферовых зон оксфорда и нижнего кимериджа были предложены в обнажениях близ г. Макарьев на р. Унжа [Биостратиграфия..., 1982; Практическое..., 1991]. Относительная редкость отбора микропалеонтологических образцов не позволяет уточнить стратиграфическое положение границ и объем фораминиферовых зон. Однако ранее выделенные здесь биостратоны прослеживаются уверенно. В основании разреза (слои 17 и 18, см. рис. 2) в унжинской свите выделяется богатый комплекс известковистых фораминифер, содержащий *Lenticulina tumida*, *L. uhligi*, *Lenticulina* spp., *Epistomina elschankaensis*, *E. mosquensis*, *Pseudolamarckina rjasanensis*, *Dentalina bruckmanni* Mjatl., *Ophthalmidium areniforme*, *Geinitzinita crassata*, *Nodosaria* spp., *Planularia guttus*, *Citharina mosquensis*, *Bullopore tenua*, *Vaginulina dimida*, *Marginulina cribrocostata*, *Saraceneria engelsensis*, *Astacolus* spp., *Cornuspira* sp., *Bojarkaella* sp., *Grigelis pseudohispida*, *Nubeculinella parasitica*. Подобные ассоциации характерны для фораминиферной зоны *Lenticulina tumida*, *Epistomina elschankaensis*, соответствующей по стратиграфическому объему верхнему келловею [Биостратиграфия..., 1982; Практическое..., 1991; Hantzpergue et al., 1998; Митта и др., 2012].

Вышележащая фораминиферная зона *Ophthalmidium sagittum*, *Epistomina volgensis* (нижний и нижняя часть среднего оксфорда) охватывает слой 16 и нижнюю половину слоя 15 (см. рис. 2) унжинской свиты [Hantzpergue et al., 1998]. Нижняя граница характеризуется появлением *Ophthalmidium sagittum*, *Epistomina gracilis*, *E. stelligeriformis*, *E. intermedia*, а также эпиболой *Epistomina volgensis*. В верхней (среднеоксфордской) части зоны отмечаются обильные планктонные фораминиферы *Globuligerina oxfordiana*. Точное положение верхней границы зоны установить не удалось из-за редкости отбора образцов, она может располагаться в верхней части среднего—основании верхнего оксфорда (верхи слоя 15—слой 14). Но, учитывая находки планктонных фораминифер в образцах 15 и 16, которые обычно характерны для вышележащей зоны, можно предположить, что уровень верхней границы фораминиферной зоны *Ophthalmidium sagittum*, *Epistomina volgensis* приходится несколько выше образца 15 из 16-го слоя (см. рис. 2).

Фораминиферная зона *Ophthalmidium strumosum*, *Lenticulina brestica* может быть обособлена в слое 13 (обр. 14) кинешемской толщи. Нижняя граница этой зоны четко выражена и охарактеризована появлением видов-индексов, а также *Labalina milioliniformis*, *Astacolus comptulus*, *Epistomina uhligi*, *Epistomina nemunensis*, *Orthella paalzowi*, *Lenticulina bulbiformis*, *L. comae*. Стратиграфическое положение этого уровня соответствует низам верхнего оксфорда, средней части аммонитовой зоны *Amoeboceras glosense* [Hantzpergue et al., 1998] (см. рис. 2). Полный стратиграфический объем зоны отвечает самым верхам аммонитовой зоны *Cardioceras densiplicatum*, и зонам *Cardioceras tenuiserratum*, *Amoeboceras alternoides/A. glosense* (верхи среднего и низы верхнего оксфорда) [Месежников и др., 1989; Практическое..., 1991]. Фораминиферные ассоциации этой зоны встречаются в прикровельной части унжинской свиты, в высокоуглеродистой кинешемской толще распространены количественно обедненные комплексы, и вновь обильными ассоциации становятся в низах коломенской толщи.

Вышележащая часть изученного разреза (основание ермолинской свиты, слои 10, 9 и низы 8) охарактеризованы комплексами фораминифер зоны *Epistomina uhligi*, *Lenticulina russiensis* (см. рис. 2). Большинство встреченных видов в комплексе унаследовано от ассоциации нижележащей фораминиферной зоны: *Marginulinopsis primaformis*, *Dentalina pseudoarcuata*, *Pseudolamarckina suvalkensis*, *Epistomina raslovensis*, *Epistomina uhligi*, *Epistomina nemunensis*, *Lenticulina russiensis* и др. Некоторые виды продолжают свое существование с верхнего келловея; *Planularia salebrosa*, *Citharina chanica*, *Nodosaria variabilis*, *Lenticulina hebetate*, *Saraceneria* sp. с нижнего оксфорда. Стратиграфическое положение этой части разреза определяется находками аммонитов зоны *Amoeboceras serratum* и нерасчлененной зоны *A. regulare*, *A. rosenkrantzi* [Месежников и др., 1989; Практическое..., 1991; Hantzpergue et al., 1998]. У верхней границы зоны происходит существенное обновление видового состава, таксономическая и структурная перестройка комплексов, исчезают многие оксфордские виды. Точное положение верхней границы зоны установить не удалось из-за редкости отбора образцов, она может располагаться внутри слоя 8 (в интервале 8d—8b, между образцами 9 и 21), самые верхи оксфорда—основание кимериджа. Однако, по ранее опубликованным данным, она фиксировалась в верхах оксфорда [Биострати-

графия..., 1982] или совмещалась с границей оксфорда—кимериджа [Месежников и др., 1989; Практическое..., 1991; Митта и др., 2012].

Если нижняя граница фораминиферовой зоны *Ophthalmidium strumosum*, *Lenticulina brestica* определяется по появлению новых таксонов, то верхняя граница опознается только по практически полному исчезновению *Ophthalmidium strumosum* и ряда других видов [Месежников и др., 1989; Практическое..., 1991], т. е. в значительной степени контролируется фаціальными обстановками, и часто (специфические фации, редкость отбора образцов) однозначное определение этого уровня затруднено.

В этом случае предлагается выделять зону *Lenticulina brestica*, *Epistomina uhligi*, объемлющую фораминиферные зоны *Ophthalmidium strumosum*, *Lenticulina brestica* и *Epistomina uhligi*, *Lenticulina russiensis* (см. рис. 2, 4). Для этого биостратона в качестве типового, предлагается изученный разрез по р. Унжа, близ г. Макарьев, верхняя часть слоя 15—слой 8d (или слои 4б—7з [Месежников и др., 1989]), верхи унжинской свиты, кинешемская и коломенская толщи, основание ермолинской свиты, верхи среднего—верхний оксфорд (см. рис. 2). Характерный комплекс фораминифер представлен *Ophthalmidium strumosum*, *Lenticulina brestica*, *L. russiensis*, *L. sublenticularis*, *L. bulbiformis*, *L. comae*, *Labalina milioliniformis*, *Astacolus comptulus*, *Epistomina uhligi*, *E. nemunensis*, *E. unzhensis*, *Orthella paalzowi*. Нижняя и верхняя границы определяются структурными изменениями в комплексах, значительным обновлением таксономического состава и эпиболоми видов-индексов. Географическое распространение комплекса фораминиферовой зоны охватывает восточную часть Европы, Западный Казахстан.

Фораминиферная зона *Epistomina praetariensis*, *Lenticulina kuznetsovae* в настоящее время рассматривается в объеме нижней части нижнего кимериджа [Практическое..., 1991; Митта и др., 2012]. В изученном разрезе комплексами фораминифер этой зоны охарактеризованы слои 8б—1 (см. рис. 2), верхняя часть ермолинской свиты. Совместно с фораминиферами найдены многочисленные аммониты нижнего кимериджа [Hantzpergue et al., 1998]. Нижняя граница зоны проводится по значительному обновлению комплекса, появлению таких зональных форм, как *Lenticulina kuznetsovae*, *Astacolus gerasimovi*, *Epistomina cognita*, *Pseudolamarckina dainae*, *Saracenaria kostromensis*, *Mironovella lloydi* и др., а также эпиболе *Epistomina praetariensis*. В нижней части зоны количественная представительность фораминифер низкая, таксономическое разнообразие невысокое. Выше по разрезу комплексы становятся обильными и таксономически разнообразными.

ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРАМИНИФЕР

В келловее—кимеридже изученного разреза встречаются только известковистые фораминиферы. Изученные бентосные формы принадлежат к семействам *Vaginulinidae*, *Robuloididae*, *Nodosariidae*, *Ceratobuliminidae*, *Epistominidae*, *Ophthalmidiidae*, *Hemigordiopsidae*, *Miliolidae*, *Ichthyolariidae*, *Involutinidae*, *Spirillinidae*, *Cornuspiridae* и *Polymorphinidae*; планктонные фораминиферы относятся к семейству *Globuligerinidae* (см. рис. 2, 3). Следует отметить, что изученные ассоциации количественно весьма обильны (сотни и тысячи экземпляров), раковины фораминифер очень хорошей сохранности, часто не заполнены осадком и не несут следов транспортировки или сортировки (см. рис. 2). Все это позволяет сделать вывод, что изученные выборки не являются аллохтонными и происходили из ископаемых популяций. Изученная часть территории в конце келловее—начале кимериджа находилась в центральной части Русского моря (см. рис. 1), что обусловило достаточно стабильные факторы среды. Как отмечалось выше, сообщества микробентоса на профиле дна контролируются различными абиотическими факторами (соленостью, типом субстрата, газовым режимом, гидродинамикой и температурой), в той или иной степени связанными с изменениями глубины по мере удаления от берега. Судя по всему, соленость в течение конца келловее—начала кимериджа была нормально-морской. Об этом свидетельствуют многочисленные находки во всех слоях типично стеногалинных групп макро- и микрофауны: аммонитов, белемнитов, двустворок, фораминифер и остракод. Тип субстрата был практически неизменен в это время и представлен глинами, известковистыми глинами, прослоями высокоуглеродистых глин и глинистыми илами [Месежников и др., 1989; Hantzpergue et al., 1998]. Наличие определенных групп макро- и микробентоса, особенности морфологии, структура сообществ микрофоссилий свидетельствуют, что в оксфорде—раннем кимеридже были относительно хорошо аэрируемые придонные воды, но в целом гидродинамический режим не был активным (за исключением отдельных кратковременных моментов), так как обильные остатки микробентоса не несут следов транспортировки или сортировки. В отдельные, короткие моменты в оксфорде возникали стагнационные обстановки с пониженным содержанием кислорода в осадке, со специфическими сообществами микробентоса и формировались черные, в разной степени битуминозные, глины. Палеотемпературы имели общую тенденцию роста от позднего келловее до кимериджа. В оксфорде разброс данных несколько больше, чем в кимеридже [Hantzpergue et al., 1998; Riboulleau et al., 1998]. Таким образом, основным фактором, воз-

действующим на последовательность сообществ фораминифер, их таксономический состав и структуру были трансгрессивно-регрессивные события.

Сообщества фораминифер оксфорда несут унаследованный характер от позднекелловейских сообществ и характеризуются высоким таксономическим разнообразием, доминированием представителей Ceratobuliminacea (*Epistomina*, *Pseudolamarckina*), Ophthalmididae (*Ophthalmidium*), Globuligerinidae (*Globuligerina*), высокой популяционной плотностью доминирующих таксонов. В качестве субдоминантов встречаются Vaginulinidae (*Lenticulina*, *Astacolus*, *Planularia*, *Citharina*, *Marginulina*, *Marginulinopsis* и др.) и Nodosariidae (*Nodosaria*, *Dentalina*, *Grigelis* и др.). Представители Ichthyolariidae, Polymorphinidae, Robuloididae, Cornuspiridae, Hemigordiopsidae и др. обычно играли незначительную роль. В конце оксфорда сообщества фораминифер характеризуются ярко выраженными доминантами, сильной расчлененностью и представлены 19 родами из 7 семейств [Nikitenko, Khafaeva, 2000; Colpaert et al., 2016].

Ассоциации фораминифер в начале кимериджа характеризуются как относительно невысоким таксономическим разнообразием (7—13 родов из 3—5 семейств), так и низкой количественной представительностью микробентоса. Упрощается структура сообществ. Исчезают представители семейств Ichthyolariidae, Polymorphinidae и некоторые другие. Роль других, например Ophthalmididae, становится крайне незначительной. Только во второй половине раннего кимериджа восстанавливается таксономическая представительность в ассоциациях фораминифер и повышается количественная представительность [Nikitenko, Khafaeva, 2000; Colpaert et al., 2016].

Анализ морфогрупп и особенности распределения фораминифер в экологических группах позволяют обособить несколько этапов в эволюции сообществ.

Верхи келловей—нижняя часть среднего оксфорда, интервал с преобладанием морфогрупп MG-G—MG-I—MG-J (рис. 5). В конце келловей и раннем оксфорде в Русском море фиксируется крупная трансгрессия, завершившаяся на границе раннего и среднего оксфорда регрессией. В изученном разрезе это событие выражено резкой границей, размывной поверхностью (граница слоев 16—15) с обломками аммонитов, обильными скоплениями разноориентированных окатанных ростров белемнитов [Hantzpergue et al., 1998]. В начале среднего оксфорда начинается следующий трансгрессивный этап.

В конце келловей и начале среднего оксфорда формировались тонкие серые в разной степени известковистые илы. Содержание органического углерода в осадке не превышало 2 %, достигая в отдельных редких прослоях до 16.89 %. Среднегодовые палеотемпературы Русского моря в это время варьировали от 6 до 9 °С, редко достигая 11 °С. Близ верхней границы (?) нижнего и первой половине среднего оксфорда отмечается позитивный экскурс $\delta^{13}\text{C}$, достигающий 2 ‰ [Hantzpergue et al., 1998; Riboulleau et al., 1998]. Это событие прослеживается в разных регионах Северного полушария [Pearce et al., 2005; Louis-Schmid et al., 2007; Nunn et al., 2009; и др.].

Количественная представительность фораминифер в ассоциациях постепенно нарастает с конца келловей по начало среднего оксфорда, варьируя от многих десятков экземпляров до более чем 1300 экземпляров. Таксономическое разнообразие меняется от 6 до 14 родов, постепенно нарастая в келловее и раннем оксфорде, достигая максимума к концу раннего оксфорда и снижаясь к середине среднего оксфорда. Таксономический состав в сообществах достаточно изменчив, количество появляющихся родов меняется от 1 до 7, наиболее таксономически нестабильные сообщества отмечаются в конце раннего оксфорда.

В конце келловей и первой половине среднего оксфорда ассоциации бентосных фораминифер характеризуются резким преобладанием эпифауны. Среди этой группы доминируют представители морфогруппы MG-G (*Epistomina*, гораздо реже встречаются *Pseudolamarckina*) (см. рис. 3, 5). Значительную роль в ассоциациях играют виды рода *Ophthalmidium* (морфогруппа MG-I). Постоянным компонентом были представители *Lenticulina* (морфогруппа MG-K), которые могли обитать как на поверхности грунта, так и погружаясь в него. Эпизодически встречаются и немногочисленные прикрепленные формы эпифауны: *Nubecularia* и *Bullopore* (морфогруппа MG-F) и типично теплолюбивые представители морфогруппы MG-H (*Cornuspira*).

Представители инфауны таксономически наиболее разнообразны в сообществах (морфогруппа MG-J): *Bojarkaella*, *Dentalina*, *Nodosaria*, *Citharina*, *Citharinella*, *Marginulina*, *Geinitzinita* (подгруппа MG-J1) и более редкие *Astacolus*, *Planularia* (подгруппа MG-J2) и изредка являются доминантами в ассоциациях этого этапа.

Верхняя часть среднего оксфорда—нижняя часть верхнего оксфорда, интервал с преобладанием морфогрупп MG-G—MG-P—MG-J (см. рис. 5). Вторая половина среднего оксфорда и начало позднего оксфорда характеризуются серией трансгрессивно-регрессивных событий. Во второй половине среднего оксфорда, после регрессивного события второго порядка, отмечается продолжительная трансгрессия, завершившаяся в начале позднего оксфорда. В это время формировались тонкие серые, биотурбированные, в разной степени известковистые илы, с редкими прослоями, обогащенными органическим веществом. На максимуме трансгрессии в самом конце среднего и начале позднего оксфорда

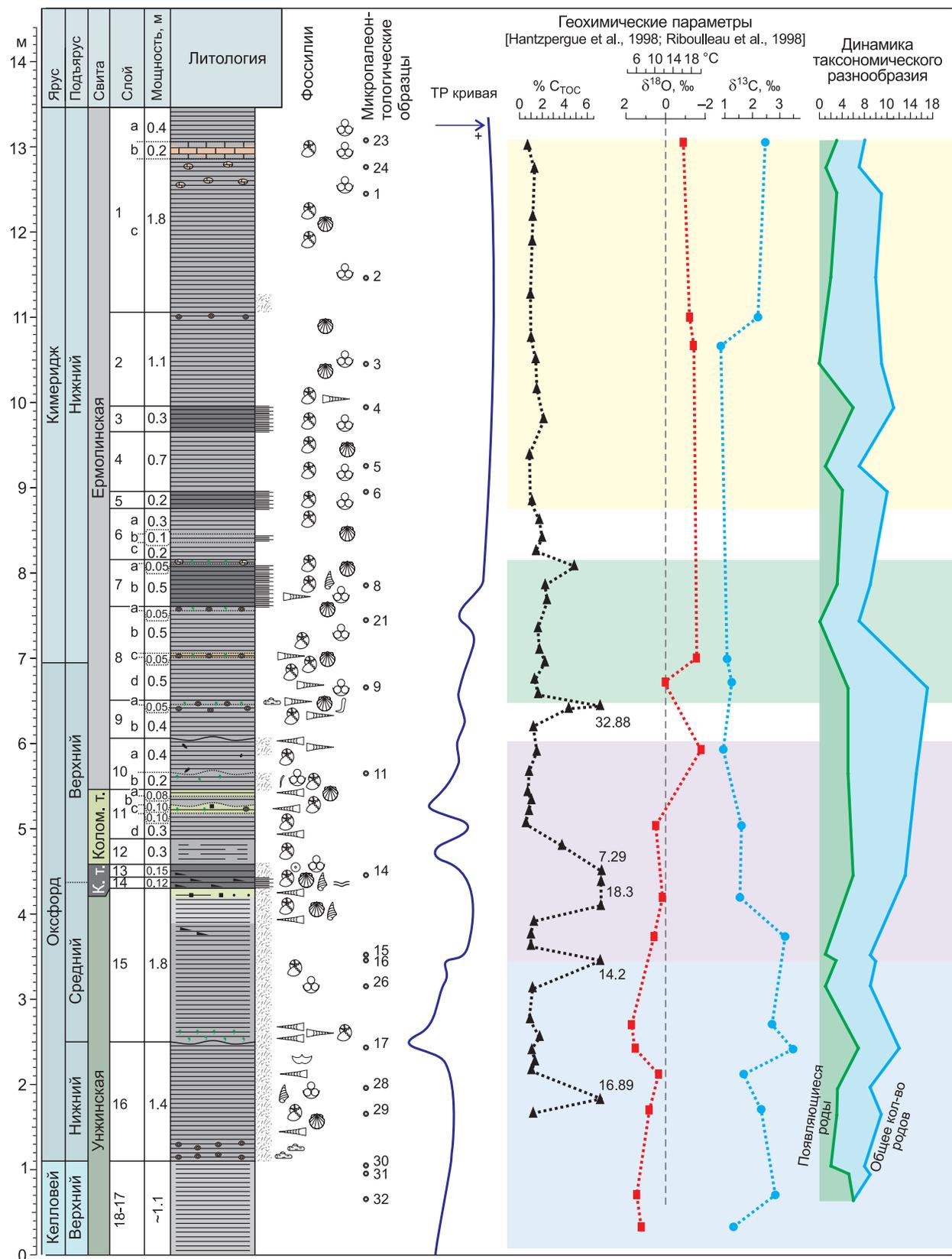
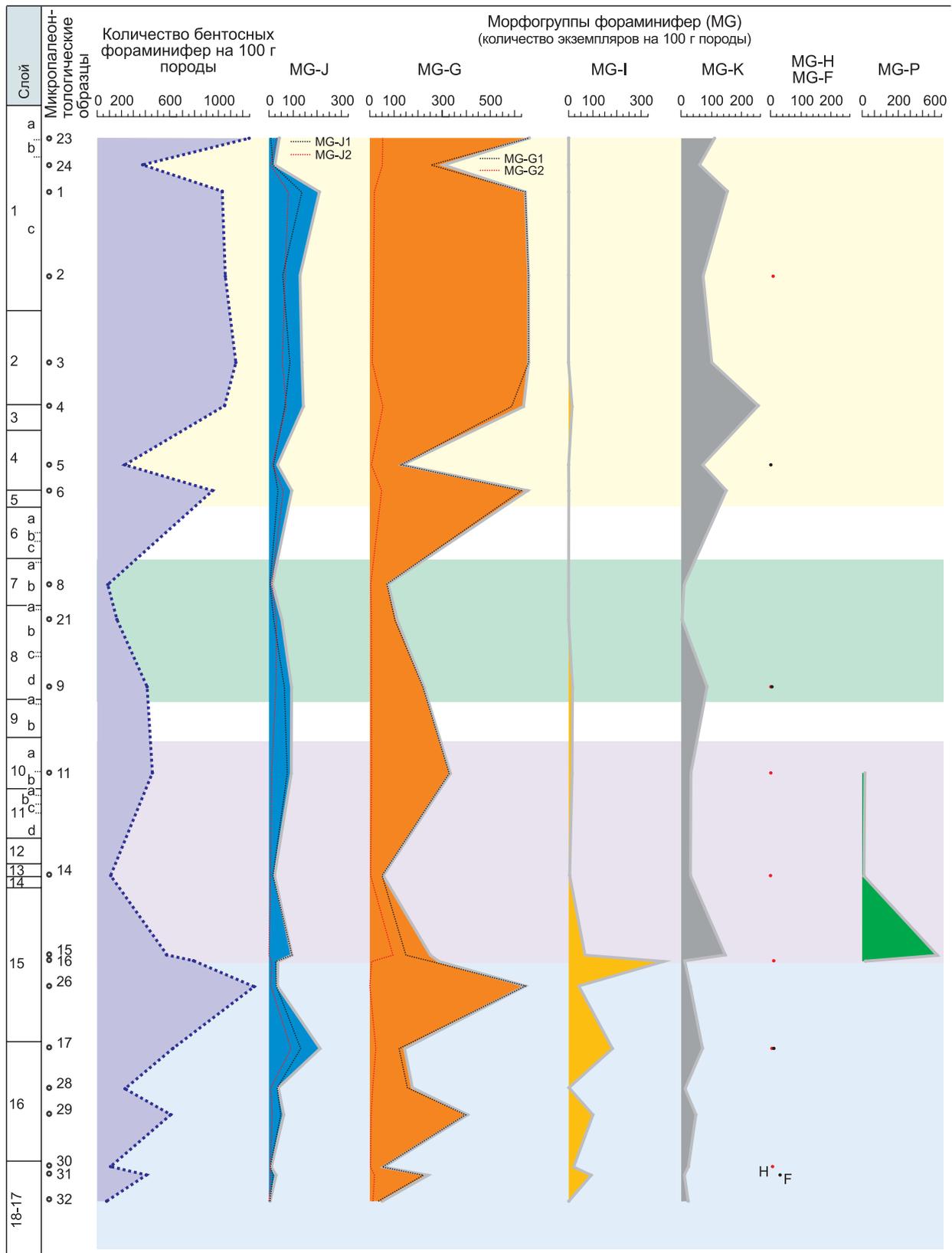


Рис. 5. Распределение фораминиферовых морфогрупп в разрезе верхнего келловей—нижнего киммериджа разреза Макарьев и изменение их структуры в сравнении с динамикой таксономического разнообразия, вариациями геохимических параметров и трансгрессивно-регрессивными событиями.

Усл. обозн. см. рис. 2.



отлагались тонкослоистые, черные, битуминозные глины. По мере развития последовавшей вслед за трансгрессией регрессией (вторая половина фазы *alternoides/glosense*) начинают формироваться черные биотурбированные глины, переходящие на максимуме регрессии в серые слабоизвестковистые алевролитистые глины [Hantzpergue et al., 1998]. Последующая трансгрессия (начало фазы *serratum*) была кратковременна и быстро (средняя часть фазы *serratum*) сменилась регрессией. С конца фазы *serratum* отмеча-

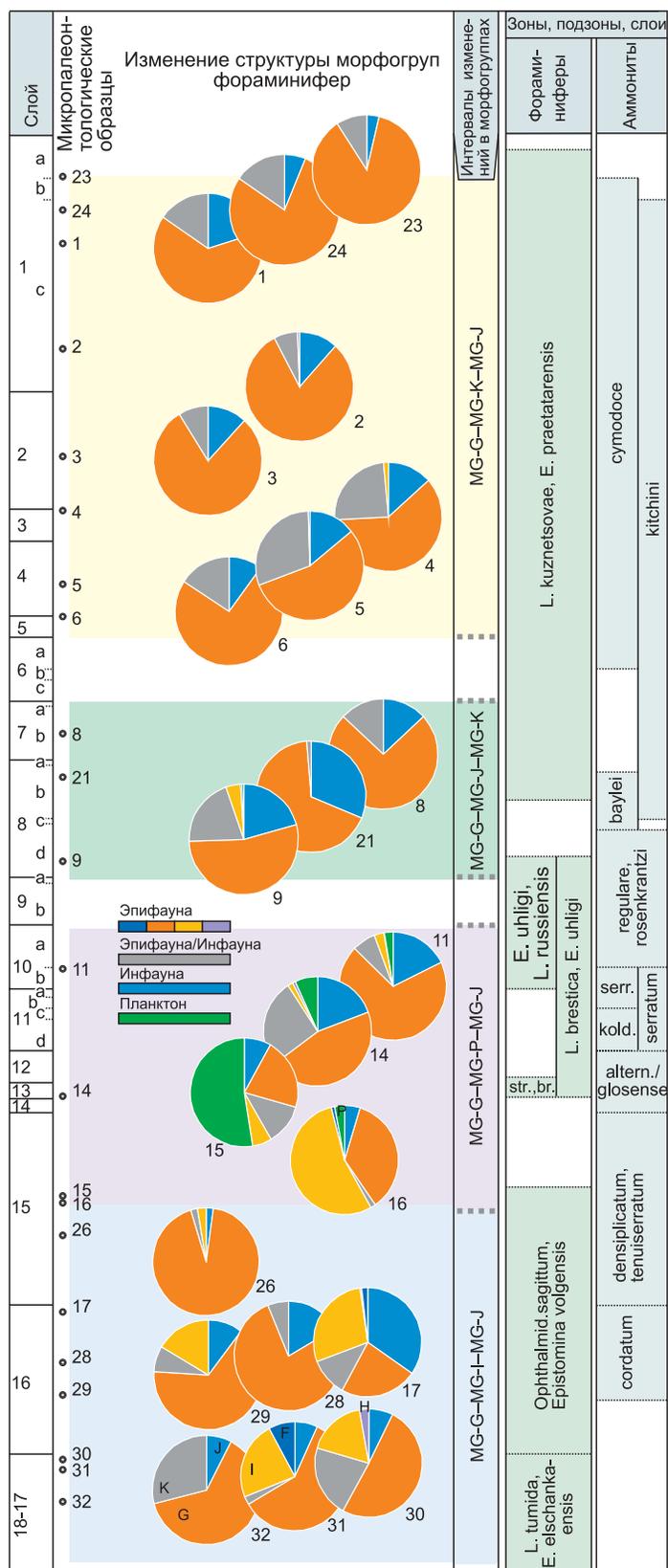


Рис. 5. (Окончание)

нифер, но уже к середине интервала они становятся редкими. Среди эпифауны по-прежнему многочисленны *Epistomina* и *Pseudolamarckina*, гораздо более редки *Paulina* и *Rectoepistominoides* и другие, входящие в морфофизику MG-G. Постоянным компонентом сообществ продолжают оставаться

ется продолжительный трансгрессивный этап. В это время формировались серые и зеленоватые глины, иногда с глауконитом и часто биотурбированные. В толще отмечаются небольшие размывы, иногда с переложенными рострами белемнитов [Hantzpergue et al., 1998].

Содержание органического углерода в глинах не более 1.5 %, повышаясь в отдельных прослоях и на момент формирования битуминозных глин до 7.29—18.3 %. Во второй половине среднего и начале позднего оксфорда отмечается рост палеотемператур Русского моря, которые достигали 10—11 °С, в конце позднего оксфорда отмечаются еще более высокие значения (около 20 °С) палеотемператур. Во второй половине среднего и верхнем оксфорде значения $\delta^{13}\text{C}$ с 3 ‰ снижаются до 0.95—53 ‰ [Hantzpergue et al., 1998; Riboulleau et al., 1998] (см. рис. 5).

Количественная представительность фораминифер в ассоциациях снижается достаточно резко с 800 до 120 экземпляров на время формирования битуминозных глин и затем постепенно возрастает до 450 экземпляров. Несмотря на значительные флуктуации количественного состава, таксономическое разнообразие в ассоциациях последовательно нарастает с 9 до 17 родов фораминифер. Сообщества фораминифер достаточно стабильны, количество появляющихся родов меняется от 1 (при минимальном разнообразии) до 6.

Характерной особенностью этого этапа является то, что вместе с трансгрессией и потеплением получили широкое распространение планктонные фораминиферы в суббореальных и бореальных (Русское море) бассейнах, ранее обитавшие в тетических, субтетических и суббореальных морях. Позднее обширная трансгрессия и климатические изменения позволили планктонным фораминиферам распространиться далеко на север в Арктические бассейны (бассейн р. Печоры). В изученных ассоциациях планктонные фораминиферы рода *Globuligerina* (морфофизику MG-P) являются постоянным компонентом, варьируя от 615 до 8 экземпляров и иногда являются резко доминирующим таксоном (см. рис. 5).

В самом начале интервала MG-G—MG-P—MG-J представители морфофизику MG-I (*Ophthalmidium* и др.) еще встречаются в значительных количествах и даже являются доминантами в ассоциациях фораминифер,

виды рода *Lenticulina* (морфогруппа MG-K). Редко, но стабильно встречаются теплолюбивые формы (*Cornuspira*, *Trocholina*) из морфогруппы MG-H (см. рис. 3, 5).

Количество инфауны (морфогруппа MG-J) в сообществах фораминифер несколько снижается, особенно значительно на моменты формирования высокоуглеродистых глин. Однако представители этой группы таксономически наиболее разнообразны в ассоциациях: *Bojarkaella*, *Dentalina*, *Grigelis*, *Nodosaria*, *Citharina*, *Citharinella*, *Marginulina*, *Lingulonodosaria*, *Tristix* (подгруппа MG-J1) и *Astacolus*, *Saracenaria*, *Marginulinopsis*, *Falsopalmula*, *Planularia* (подгруппа MG-J2).

Верхи оксфорда—основание кимериджа, интервал с преобладанием морфогрупп MG-G—MG-J—MG-K (см. рис. 5). На самый конец оксфорда и начало кимериджа приходится начальный этап крупной трансгрессии, на фоне которой отмечались регрессивные события второго порядка. В это время формировались тонкие серые и темно-серые, часто горизонтально-слоистые глины с прослоями, обогащенными глауконитом [Hantzpergue et al., 1998].

Содержание органического вещества в глинах варьирует от 1 до 2 %, повышаясь до 4,9 % в темно-серых глинах. Палеотемпературы Русского моря в это время достаточно высокие и меняются от 12 до 19,7 °С. Значения $\delta^{13}\text{C}$ стабильные 1,1—1,21 ‰ [Hantzpergue et al., 1998; Riboulleau et al., 1998].

Количественная представительность фораминифер в ассоциациях на этом этапе самая невысокая в оксфорде—кимеридже, последовательно снижаясь с 420 в начале этапа до 100 экземпляров. Таксономическое разнообразие в ассоциациях фораминифер резко снижается с 19 до 7 родов. Ассоциации практически не обновляются, число появляющихся родов меняется от 0 до 3.

В начале этого этапа (конец оксфорда) еще отмечается высокое таксономическое разнообразие фораминифер в морфогруппе MG-J (неглубокая инфауна), здесь наиболее характерны и многочисленны: *Bojarkaella*, *Tristix*, *Geinitzinita*, *Marginulina*, *Citharina*, *Dentalina*, *Grigelis*, *Lingulonodosaria*, *Pseudonodosaria* (подгруппа MG-J1) и гораздо более редки *Marginulinopsis*, *Astacolus*, *Planularia* (подгруппа MG-J2). Однако на более высоких уровнях (начало кимериджа) количественно начинают преобладать представители подгруппы MG-J2: *Astacolus*, *Marginulinopsis*, *Saracenaria*. Таксономическое разнообразие и количественная представительность в подгруппе MG-J1 резко снижается (*Grigelis*, *Nodosaria*).

В ассоциациях по-прежнему продолжают доминировать представители эпифауны, среди которых наиболее многочисленны *Epistomina* и *Pseudolamarckina*, гораздо более редки *Mironovella* (морфогруппа MG-G). Эпизодически встречаются единичные представители морфогрупп MG-H (*Bullopore*) и MG-H (*Trocholina*). Постоянным компонентом сообществ продолжают оставаться виды рода *Lenticulina* (морфогруппа MG-K) (см. рис. 3, 5).

Таким образом в конце оксфорда и начале кимериджа отмечается кризисный этап в развитии ассоциаций фораминифер. Резко снижается количественная представительность и уменьшается таксономическое разнообразие, в некоторых экологических группах происходит таксономическая перестройка.

Нижняя часть кимериджа, интервал с преобладанием морфогрупп MG-G—MG-K—MG-J (см. рис. 5). В первой половине кимериджа продолжает свое развитие трансгрессия, начавшаяся в конце оксфорда. В это время продолжают накапливаться тонкие серые и темно-серые глины, местами с тонкой горизонтальной слоистостью [Hantzpergue et al., 1998].

Содержание органического вещества в этих глинах невысоко и составляет 0,9—2,0 %. Среднегодовые палеотемпературы Русского моря в это время достаточно высокие и стабильные 18,3—16,5 °С. В верхней части разреза (верхи слоя 2—слой 1) отмечается позитивный экскурс значений $\delta^{13}\text{C}$, достигающий 2,5‰ [Hantzpergue et al., 1998; Riboulleau et al., 1998]. Некоторое повышение значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ также отмечается в разрезах нижнего кимериджа Шотландии [Nunn et al., 2009].

После кризиса количественная представительность фораминифер в ассоциациях быстро повышается и варьирует от первых сотен до 1250 экземпляров. Постепенно восстанавливается и таксономическое разнообразие в сообществах до 8—13 родов. Во второй половине раннего кимериджа сообщества фораминифер достаточно стабильны, количество появляющихся родов меняется от 0 до 3.

Для сообществ фораминифер этого этапа характерно резкое преобладание представителей эпифауны морфогруппы MG-G (*Epistomina*, *Pseudolamarckina*). Немногочисленны и спорадически встречаются *Ophthalmidium* (морфогруппа MG-I), *Bullopore* (морфогруппа MG-F), теплолюбивые *Trocholina* (морфогруппа MG-H). Виды рода *Lenticulina* (морфогруппа MG-K), которые могли обитать как на поверхности грунта, так и погружаясь в него, становятся субдоминантами и играют значительную роль в сообществах.

Среди инфауны по-прежнему таксономически разнообразны представители подгруппы MG-J1: *Nodosaria*, *Citharina*, *Citharinella*, *Grigelis*, *Pseudonodosaria*, *Marginulina*, *Tristix*, но количественно они уже соответствуют родам из подгруппы MG-J2: *Astacolus*, *Saracenaria*, реже встречаются *Marginulinopsis* и *Planularia* (см. рис. 3, 5).

Анализ таксономического и количественного состава ассоциаций фораминифер, их структурных особенностей и последовательности трансгрессивно-регрессивных событий в конце келловея—раннем

кимеридже позволяет провести типизацию сообществ. На начальных трансгрессивных этапах сообщества характеризуются относительно высоким таксономическим разнообразием, обычно доминируют представители *Epistomina* или реже *Ophthalmidium*, также обычно присутствует несколько субдоминантов: *Ophthalmidium*, *Nodosaria*, *Astacolus*. На этих начальных стадиях, когда гидродинамика вод достаточно активна в ассоциациях иногда значительна роль сессильного эпибентоса [Colpaert et al., 2016].

По мере развития трансгрессии сообщества характеризуются высоким таксономическим разнообразием, резким доминированием одного таксона (обычно *Epistomina*), при высокой популяционной плотности поселений, часто значительна роль *Lenticulina* или *Mironovella*. В среднем оксфорде в таких сообществах часто обильны планктонные фораминиферы (*Globuligerina*).

Положительный экскурс $\delta^{13}\text{C}$ в начале среднего оксфорда хорошо увязывается с постепенным потеплением климата, развивающейся трансгрессией и ростом биопродуктивности бассейна (см. рис. 5). В сообществах регрессивных событий нет ярко выраженных доминантов, отмечается несколько доминирующих таксонов *Ophthalmidium*, *Epistomina*, *Lenticulina*, *Marginulina*, также характерно высокое таксономическое разнообразие. На максимуме трансгрессии в самом начале позднего оксфорда, когда формировались высокоуглеродистые илы сообщества фораминифер таксономически разнообразны, но количественно резко обеднены, наиболее многочисленны виды *Epistomina*, *Globuligerina* и *Lenticulina*.

Также кризисные сообщества фораминифер отмечаются в начале кимериджа. Ассоциации фораминифер характеризуются низкой популяционной плотностью доминантов (*Epistomina*, *Mironovella*) и субдоминантов (*Nodosaria*, *Astacolus*) и невысоким таксономическим разнообразием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены вопросы стратиграфии верхов келловея—нижней части кимериджа Костромской зоны Московской впадины. Анализ вертикального и латерального распределения аммонитов и фораминифер позволил уточнить стратиграфический объем и положение границ кинешемской и коломенской толщ. Предложено восстановить как валидную ранее описанную ермолинскую свиту (вместо синхронной макарьевской) согласно правилу приоритета.

В изученном эталонном разрезе Макарьев (см. рис. 1, 2) прослежены стандартные зоны для келловея и верхней юры Восточно-Европейской платформы [Биостратиграфия..., 1982; Месежников и др., 1989; Практическое..., 1991; Митта и др., 2012]. Биостратиграфический анализ зональных фораминиферовых комплексов позволил усовершенствовать зональную шкалу. Так, учитывая, что граница между фораминиферовыми зонами *Ophthalmidium strumosum*, *Lenticulina brestica* и *Epistomina uhligi*, *Lenticulina russiensis* в настоящее время фиксируется только по исчезновению характерных видов и в значительной степени контролируется фаціальными обстановками, и часто однозначное определение этого уровня затруднено. В этом случае предлагается выделять зону *Lenticulina brestica*, *Epistomina uhligi* (со стратотипом в разрезе Макарьев), объемлющую фораминиферовые зоны *Ophthalmidium strumosum*, *Lenticulina brestica* и *Epistomina uhligi*, *Lenticulina russiensis* (см. рис. 2, 4).

Согласно данным М.С. Месежникова с соавторами [1989], в разрезе Макарьев граница фораминиферовых зон *Ophthalmidium sagittum*, *Epistomina volgensis* и *Ophthalmidium strumosum*, *Lenticulina brestica* совпадает с границей аммонитовых зон *Cardioceras densiplicatum* и *Cardioceras tenuiserratum*. Но в то же время в синхронном разрезе Джармыш-1, расположенном на Мангышлаке и также очень хорошо охарактеризованном аммонитами и фораминиферами, граница этих фораминиферовых зон фиксируется в верхней части аммонитовой зоны *Cardioceras densiplicatum*. Вполне вероятно, что совпадение границ фораминиферовых и аммонитовых биостратонов в стратотипическом разрезе Макарьев связано с сокращенным по мощности разрезом и частотой отбора микропалеонтологических образцов [Месежников и др., 1989]. Учитывая это, предлагается рассматривать стратиграфическое положение границы фораминиферовых зон *Ophthalmidium sagittum*, *Epistomina volgensis* и *Ophthalmidium strumosum*, *Lenticulina brestica* в верхней части аммонитовой зоны *Cardioceras densiplicatum* (см. рис. 4).

Проведен анализ особенностей строения и структуры сообществ фораминифер, а также закономерностей изменений их во времени. Морфофункциональный анализ отдельных родов фораминифер позволил выделить ряд морфогрупп (см. рис. 3), различающихся образом жизни (эпифауна, неглубокая инфауна, эпифауна/глубокая инфауна, планктон) и типом питания, что позволяет интерпретировать изменения палеообстановок конца келловея—начала кимериджа. Изменения в морфогруппах позволили выделить четыре экостратиграфических интервала (см. рис. 5). Палеоэкологические данные по фораминиферам калибровались с изменениями геохимических факторов [Hantzpergue et al., 1998; Riboulleau et al., 1998]. Так, положительный экскурс $\delta^{13}\text{C}$ в начале среднего оксфорда хорошо увязывается с постепенным потеплением климата, развивающейся трансгрессией и ростом биопродуктивности Русского моря.

В конце оксфорда и начале кимериджа в развитии ассоциаций фораминифер отмечается кризисный этап. Резко снижается количественная представительность и уменьшается таксономическое разно-

образии, в некоторых экологических группах происходит таксономическая перестройка. В кимеридже после кризиса количественная представительность фораминифер в ассоциациях быстро повышается. Постепенно восстанавливается также и таксономическое разнообразие в сообществах. На близком временном уровне подобный кризис сообществ фораминифер выявлен и на севере Сибири [Никитенко и др., 2005, 2015; Никитенко, 2009] и, таким образом, это событие носит глобальный характер.

Анализ таксономического и количественного состава ассоциаций фораминифер, их структурных особенностей и последовательности трансгрессивно-регрессивных событий в конце келловоя—раннем кимеридже позволил провести типизацию сообществ относительно этого фактора. Совместный анализ изменений в сообществах фораминифер и колебаний уровня моря дал возможность выявить колебания второго порядка в середине среднего оксфорда и начале кимериджа, что позволило детализировать ТР кривую региона.

Авторы искренне признательны В.А. Захарову за предоставление образцов из разреза Макарьев на микропалеонтологические исследования, а также В.Г. Князеву и Л.А. Глинских, участвовавших в дискуссии и сделавших ряд ценных замечаний.

Работа выполнялась по программам НИР, Президиума РАН и при поддержке Российского научного фонда (проект № 14-37-00030).

ЛИТЕРАТУРА

Биостратиграфия верхнеюрских отложений СССР по фораминиферам / Ред. А.А. Григалис. Вильнюс, Мокслас, 1982, 172 с.

Григалис А.А. Фораминиферы юрских отложений Юго-Западной Прибалтики. Вильнюс, Мокслас, 1985а, 239 с.

Григалис А.А. Зональная стратиграфия балтийской юры по фораминиферам (методы анализа фораминиферовых зон). М., Недра, 1985б, 131 с.

Захаров В.А., Рогов М.А. Бореально-тетические миграции моллюсков на юрско-меловом рубеже и положение биогеографического экотона в Северном полушарии // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2003, т. 11, № 2, с. 54—74.

Кузнецова К.И. Стратиграфия и палеобиогеография поздней юры бореального пояса по фораминиферам. М., Наука, 1979, 124 с.

Месежников М.С., Азбель А.Я., Калачева Е.Д., Ротките Л.М. Средний в верхний оксфорд Русской платформы. Л., Наука, 1989, 183 с.

Митта В.В., Вукс В.Я., Глинских Л.А., Дзюба О.С., Захаров В.А., Кириков В.П., Костылева В.В., Маленкина С.Ю., Никитенко Б.Л., Пещевецкая Е.Б., Рогов М.А., Ростовцева Ю.И., Сельцер В.Б., Тесакова Е.М. Унифицированная региональная стратиграфическая схема юрских отложений Восточно-Европейской платформы. Объяснительная записка. М., ПИН РАН—ФГУП «ВНИГНИ», 2012, 64 с. Прил. на 14 листах.

Никитенко Б.Л. Стратиграфия, палеобиогеография и биофауны юры Сибири по микрофауне (фораминиферы и остракоды). Новосибирск, Параллель, 2009, 680 с.

Никитенко Б.Л., Левчук Л.К., Хафаева С.Н. Этапность развития и особенности фациальной дифференциации сообществ фораминифер конца средней—поздней юры Западной Сибири // Геология и геофизика, т. 46 (5), 2005, с. 546—567.

Никитенко Б.Л., Князев В.Г., Пещевецкая Е.Б., Глинских Л.А. Верхняя юра побережья моря Лаптевых: межрегиональные корреляции и палеообстановки // Геология и геофизика, т. 56 (8), 2015, с. 1496—1519.

Олферьев А.Г. Стратиграфия юрских отложений Московской синеклизы // Юрские отложения Русской платформы (сборник научных трудов). Л., ВНИГРИ, 1986, с. 48—61.

Олферьев А.Г. Стратиграфические подразделения юрских отложений Подмосковья // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол., 2012, т. 87, вып. 4, с. 32—55.

Основы палеонтологии. Общая часть. Простейшие / Под ред. Д.М. Раузер-Черноусовой, А.В. Фурсенко. М., Изд-во АН СССР, 1959, 482 с.

Постановления межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий / Ред. А.И. Жамойда. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, вып. 36, 2006, 64 с.

Практическое руководство по микрофауне СССР. Фораминиферы мезозоя / Под ред. А.Я. Азбель, А.А. Григалиса. Л., Недра, 1991, 373 с.

Протисты: руководство по зоологии / Ред. А.Ф. Алимов. СПб., Наука, 2000, ч. 1, 679 с.

Рогов М.А. Ассоциации моллюсков позднеюрского моря Восточно-Европейской платформы // Биосфера—экосистема—биота в прошлом Земли. Палеобиогеографические аспекты. М., Наука, 2005, с. 178—199.

- Стратиграфический** кодекс России. Издание третье / Ред. А.И. Жамойда. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2006, 96 с.
- Унифицированная** стратиграфическая схема юрских отложений Русской платформы / Ред. С.П. Яковлева. СПб., Изд-во ВНИГРИ, 1993, 71 с.
- Фурсенко А.В., Фурсенко К.Б.** О фораминиферах лагуны Буссе и условиях их существования // Общие вопросы изучения микрофауны Сибири, Дальнего Востока и других районов. М., Наука, 1970, с. 114—135.
- Фурсенко К.Б.** Некоторые особенности комплексов бентосных фораминифер шельфовых областей Татарского пролива и южной части Охотского моря // Среда и жизнь в геологическом прошлом. Новосибирск, Наука, 1974, с. 16—30.
- Approaches** to study living foraminifera. Collection, maintenance and experimentation / Eds. H. Kitazato, J.M. Bernhard, Springer, 2014, 227 p.
- Вақ К.** Deep-water agglutinated foraminiferal changes across the Cretaceous/Tertiary and Paleocene / Eocene transitions in the deep flysch environment; eastern Outer Carpathians (Bieszczady Mts, Poland). Grzybowski Foundation Special Publication, 2004, v. 8, p. 1—56.
- Colpaert C., Nikitenko B., Khafaeva S., Wall A.F.** The evolution of Late Callovian to Early Kimmeridgian foraminiferal associations from the central part of the Russian Sea (Makar'yev section, Volga River Basin, Russia) // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2016, v. 451, p. 97—109.
- Głowniak E., Kiselev D.N., Rogov M., Wierzbowski A., Wright J.K.** The Middle Oxfordian to lowermost Kimmeridgian ammonite succession at Mikhalevino (Kostroma District) of the Russian Platform, and its stratigraphical and paleobiogeographical importance // *Volumina Jurassica*, 2010, v. VIII, p. 5—48.
- Hantzpergue P., Baudin F., Mitta V., Olfieriev A., Zakharov V.** The Upper Jurassic of the Volga basin: Ammonite biostratigraphy and occurrence of organic-carbon rich facies. Correlations between boreal-subboreal and submediterranean provinces / Eds. S. Crasquin-Soleau, E. Barrier // *Peri-Tethys Memoir 4: epicratonic basins of Peri-Tethyan platforms. Mémo. Mus. natn. Hist. nat.* 1998, v. 179, p. 9—33.
- Jones R.W., Charnock M.A.** Morphogroups of agglutinating foraminifera. Their life position, feeding habits and potential applicability in (paleo)ecological studies // *Revue de Paléobiologie*, 1985, v. 4, p. 311—320.
- Lemańska A.** Comparison of deep-water agglutinated foraminifera from the hemipelagic variegated shales (Lower Turonian—Lower Santonian) and the turbiditic Coluda beds (Upper Santonian—Campanian) in the Lanckorona—Wadowice area (Silesian Unit, Outer Carpathians, Poland) // *Studia Geologica Polonica*, 2005, v. 124, p. 259—272.
- Louis-Schmid B., Rais P., Bernasconi S.M., Pellenard P., Collin P.-Y., Weissert H.** Detailed record of the mid-Oxfordian (Late Jurassic) positive carbon-isotope excursion in two hemipelagic sections (France and Switzerland): A plate tectonic trigger? // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2007, p. 248, p. 459—472.
- Mikhalevich V.I.** Post-Cambrian testate foraminifera as a system in its evolution. Nova Science Publishers, Inc., New York, 2012, 335 p.
- Modern foraminifera** / Ed. B. K. Sen Gupta. Kluwer Academic Publishers, 2003, 371 p.
- Murray J.W.** Ecology and applications of benthic foraminifera. Cambridge University Press, 2006, 426 p.
- Murray J.W., Alve E., Jones B.W.** A new look at modern agglutinated benthic foraminiferal morphogroups: their value in palaeoecological interpretation // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2011, v. 309, p. 229—241.
- Nagy J.** Environmental significance of foraminiferal morphogroups in Jurassic North Sea deltas // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 1992, v. 95, p. 111—134.
- Nagy J., Gradstein F.M., Kaminski M.A., Holbourn A.E.** Foraminiferal morphogroups, paleoenvironments and new taxa from Jurassic to Cretaceous strata of Thakkhola, Nepal / Eds. M.A. Kaminski, S. Geroch, M.A. Gasinski // *Proceedings of the Fourth IWAF*. Grzybowski Foundation Special Publication, 1995, v. 3, p. 181—209.
- Nagy J., Reolid M., Rodríguez-Tovar F.J.** Foraminiferal morphogroups in dysoxic shelf deposits from the Jurassic of Spitsbergen // *Polar Res.*, 2009, v. 28, p. 214—221.
- Nikitenko B.L., Khafaeva S.** Transgressive—regressive events and the Oxfordian—Kimmeridgian foraminiferal communities of the Russian Platform // *Application of micro- and meioorganisms to environmental problems*. Avalon Inst. Appl. Sci., Winnipeg, 2000, p. 88—90.
- Nikitenko B.L., Reolid M., Glinskikh L.** Ecostratigraphy of benthic foraminifera for interpreting Arctic record of Early Toarcian biotic crisis (Northern Siberia, Russia) // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2013, v. 376, p. 200—212.

Nunn E.V., Price G.D., Hart M.B., Page K.N., Leng M.J. Isotopic signals from Callovian—Kimmeridgian (Middle—Upper Jurassic) belemnites and bulk organic carbon, Staffin Bay, Isle of Skye, Scotland // *J. Geol. Soc. London*, 2009, v. 166, p. 633—641.

Olóriz F., Reolid M., Rodríguez-Tovar F.J. Palaeogeographic and stratigraphic distribution of mid-late Oxfordian foraminiferal assemblages in the Prebetic Zone (Betic Cordillera, Southern Spain) // *Geobios* 36, 2003, p. 733—747

Pearce C.R., Hesselbo S.P., Coe A.L. The mid-Oxfordian (Late Jurassic) positive carbon-isotope excursion recognised from fossil wood in the British Isles // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2005, v. 221, p. 343—357.

Price G.D., Rogov M. A. An isotopic appraisal of the Late Jurassic greenhouse phase in the Russian Platform // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2009, v. 273, p. 41—49.

Reolid M., Rodríguez-Tovar F.J., Nagy J., Olóriz F. Benthic foraminiferal morphogroups of mid to outer shelf environments of the Late Jurassic (Prebetic Zone, southern Spain): characterisation of biofacies and environmental significance // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2008, v. 261, p. 280—299.

Reolid M., Nagy J., Rodríguez-Tovar F.J. Ecostratigraphic trends of Jurassic agglutinated foraminiferal assemblages as a response to sea-level changes in shelf deposits of Svalbard (Norway) // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2010, v. 293, p. 184—196.

Reolid M., Sebane A., Rodríguez-Tovar F.J., Marok A. Foraminiferal morphogroups as a tool to approach the Toarcian anoxic event in the Western Saharan Atlas (Algeria) // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2012, v. 323—325, p. 87—99.

Reolid M., Marok A., Sebane A. Foraminiferal assemblages and geochemistry for interpreting the incidence of Early Toarcian environmental changes in North Gondwana palaeomargin (Traras Mountains, Algeria) // *J. African Earth Sci.*, 2014, v. 95, p. 105—122.

Riboulleau A., Baudin F., Daux V., Hantzpergue P., Renard M., Zakharov V. Evolution de la paléotempérature des eaux de la plate-forme russe au cours du Jurassique supérieur // *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes / Earth Planet. Sci.*, 1998, v. 326, p. 239—246.

Sahagian D., Pinous O., Olfieriev A., Zakharov V. Eustatic curve for the Middle Jurassic-Cretaceous based on Russian Platform and Siberian stratigraphy: Zonal resolution // *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 1996, v. 80 (9), p. 1433—1458.

Szydło A. Benthic foraminiferal morphogroups and taphonomy of the Cieszyn beds (Tithonian—Neocomian, Polish Outer Carpathians) // *Studia Geologica Polonica*, 2005, v. 124, p. 199—214.

Treatise on invertebrate paleontology. Part C. Protista 2. Sarcodina. Chiefly “Thecamoebians” and Foraminiferida / Ed. R.C. Moore. Geological Society of America and University of Kansas Press, 1964, 510 p.

Tyszka J. Response of Middle Jurassic benthic foraminiferal morphogroups to dysoxic/anoxic conditions in the Pieniny Klippen Basin, Polish Carpathians // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 1994, v. 110, p. 55—81.

Valchev B. Benthic foraminiferal morphogroups from the Paleocene of the coastal part of East Stara Planina Mts. // *Geologica Balcanica*, 2006, v. 35, № 3—4, p. 41—48.

Wierzbowski H., Rogov M. Reconstructing the palaeoenvironment of the Middle Russian Sea during the Middle—Late Jurassic transition using stable isotope ratios of cephalopod shells and variations in faunal assemblages // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2011, v. 299, p. 250—264.

*Рекомендована к печати 26 апреля 2016 г.
А.В. Каныгиным*

*Поступила в редакцию
30 марта 2016 г.*