

УДК 551.7

## БИГОРИЗОНТЫ – ИНФРАЗОНАЛЬНЫЕ БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ: ОПЫТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРАТИГРАФИИ ЮРСКОЙ СИСТЕМЫ ПО АММОНИТАМ

© 2012 г. М. А. Рогов\*, Д. Б. Гуляев\*\*, Д. Н. Киселев\*\*\*

\* Геологический институт РАН, Москва

e-mail: russianjurassic@gmail.com

\*\* Научно-производственный центр “Недра”, Ярославль

e-mail: dgulyaev@rambler.ru

\*\*\* Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского, Ярославль

e-mail: dnkiselev@mail.ru

Поступила в редакцию 08.02.2011 г., получена после доработки 07.06.2011 г.

Рассмотрены инфразональные подразделения – биогоризонты (фаунистические горизонты), являющиеся наиболее детальными коррелируемыми биостратонами. Основными признаками биогоризонтов считаются: (1) потенциальная неделимость на основе таксономической дифференциации руководящих ископаемых; (2) детерминированность как нижней, так и верхней границы в геологическом разрезе; (3) идентификация по единственному виду/подвиду-индексу. Выделение такого рода подразделений было начато еще в конце XIX века, а с 80-х годов XX века они широко вошли в практику биостратиграфических исследований юры и, позднее, мела. Биогоризонты имеют филогенетическую или иммиграционную палеобиологическую природу, их геологическая природа связана с седиментационными и постседиментационными процессами формирования (и как следствие – строения) осадочного разреза. Показаны особенности интеграции последовательностей биогоризонтов в зональную шкалу и способы формирования комплексной региональной шкалы биогоризонтов на основе параллельных последовательностей филогенетических, а также отдельных иммиграционных биогоризонтов. Критически рассмотрены проблемы, вызванные отсутствием общепринятых критериев выделения и использования биогоризонтов. Предлагается свод базовых номенклатурных правил выделения и описания биогоризонтов, призванных урегулировать их использование в стратиграфической практике.

*Ключевые слова:* инфразональная биостратиграфия, биогоризонты, фаунистические горизонты, аммониты.

*Будучи средней системой средней (мезозойской) группы пород, юрская система как нельзя более подходит для того, чтобы на ее примере показать, что может дать изучение одной системы в пределах всего мира для выяснения общих геологических проблем (Аркелл, 1960, с. 13).*

### ВВЕДЕНИЕ

Зональный метод в биостратиграфии активно развивается вот уже 150 лет, причем основные теоретические обобщения, касающиеся биостратиграфических зон, были сделаны сравнительно недавно, во второй половине XX века. Однако уже в конце XIX века стали появляться данные, свидетельствующие о том, что и более дробные – инфразональные – биостратиграфические подразделения могут успешно использоваться для расчленения и сопоставления разрезов.

В настоящее время минимальные по объему инфразональные биостратоны<sup>1</sup> – биогоризонты (фаунистические горизонты) (biohorizons, faunal horizons) – прочно вошли в практику биостратиграфических исследований юры и мела. Как и многие новшества в стратиграфии, палеобиоло-

<sup>1</sup> В этом значении иногда используется термин “интра-подзональные” (intra-subzonal) (Page, 1995 и др.). Однако, поскольку подзоны являются стратонами зонального ранга (как и подроды являются таксонами родового ранга), более удачным для биогоризонтов представляется применение не столь громоздкого понятия “инфразональные”.

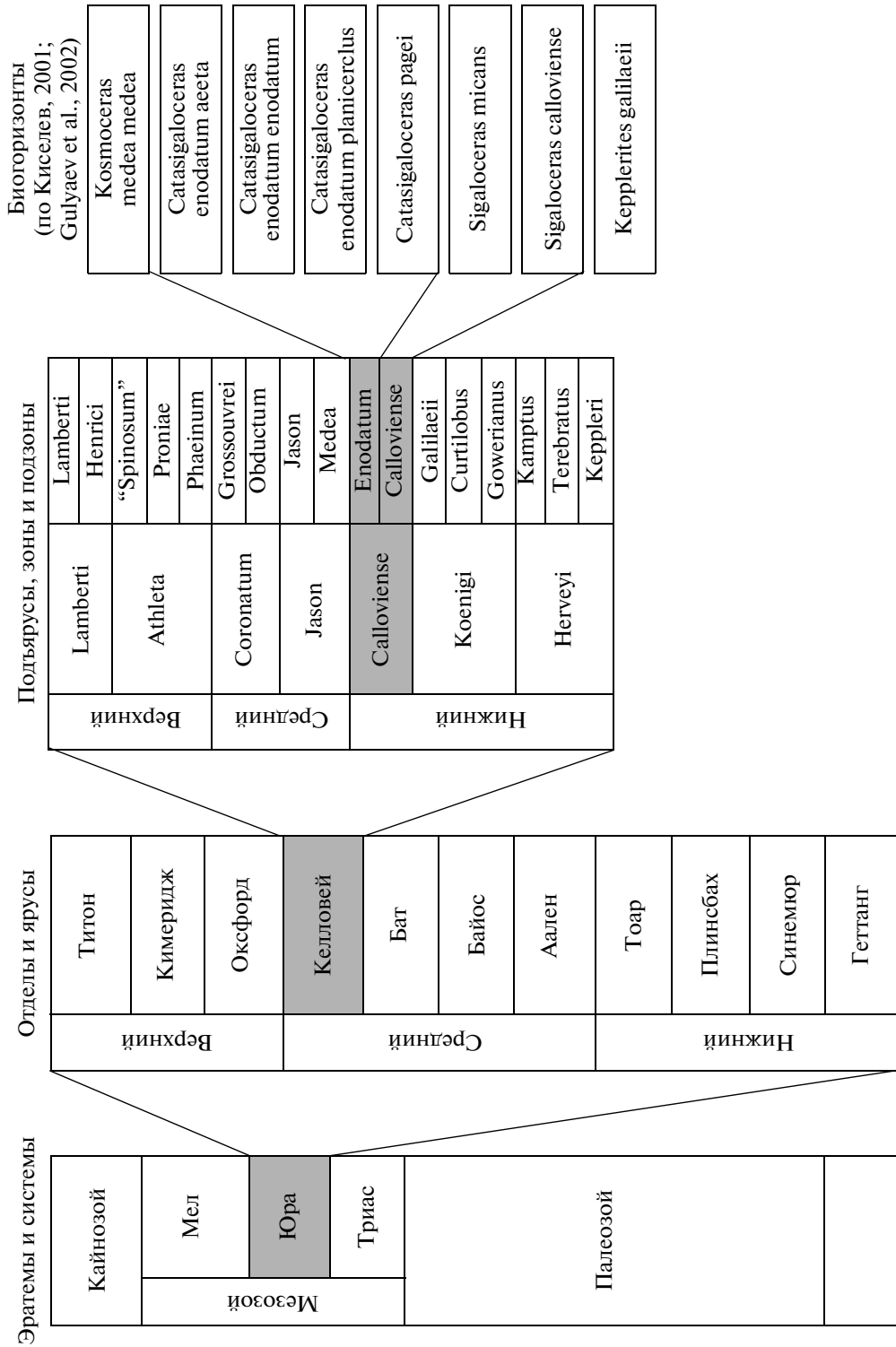


Рис. 1. Увеличение разрешающей способности стратиграфической шкалы при понижении ранга категорий стратонов.

гии и палеобиогеографии, инфразональные био-стратиграфические подразделения были впервые предложены специалистами по юрской системе и сейчас наиболее широко используются в страти-

графии юры. Пока биогоризонты (в рассматриваемом здесь смысле) выделяются стратиграфами только в мезозое и главным образом по аммонитам, но постепенно увеличивается как число

| Биохорема      |                                     | Бореально-Атлантическая область<br>Восточно-Европейская провинция<br>(Европейская Россия)<br>(см. рис. 7) |                            |  |                            | Средиземноморско-Кавказская область<br>Субсредиземноморская провинция<br>(в основном центр и юг Западной Франции, Португалия)<br>(по Biostratigraphie..., 1997) |                    |                 |                |         |
|----------------|-------------------------------------|---|----------------------------|--|----------------------------|---|--------------------|-----------------|----------------|---------|
| Ярус           | Подъярус                            | Зона  | Подзона                    | Биогоризонты<br>(оттенками показаны биогоризонты<br>разных подпровинций) |                            | Биогоризонты  | Подзона            | Зона            | Подъярус       |         |
|                |                                     |   |                            |  |                            |   |                    |                 |                |         |
| Келловей       | Верхний (pars)                      | Athleta   | “Spinosum”                 |  | K. kuklikum                | Collotia collotiformis  | Collotiformis      | Athleta         | Верхний (pars) |         |
|                |                                     |   | Proniae                    | F. funiferus   | K. rowlstonense            | Orionoides piveteaui  | Trezeense          |                 |                |         |
|                |                                     |   |                            | F. patruus   | K. proniae                 | Sublunuloceras trezeense  |                    |                 |                |         |
|                |                                     | Phaeinum  | F. sp. nov.                | K. phaeinum  | Pseudopeltoceras leckenbyi | Rota  |                    |                 |                |         |
|                |                                     | Средний   | Coronatum                  | Grossouvrei  | F. allae                   | K. grossouvrei  | “Pseudopeltoceras” | Rehmannia rota  | Coronatum      | Средний |
|                |                                     |   |                            |  |                            | K. posterior  | Choffatia waageni  | Leuthardti      |                |         |
|                | Obductum                            |   | L. stenolobum              | K. crassum   | Erymnoceras leuthardti     | Baylei  |                    |                 |                |         |
|                | Jason                               | Jason   |                            | K. jason jason   |                            | Rehmannia richei  | Tyranniformis      |                 |                |         |
|                |                                     |   |                            |  | K. jason sedgwickii        | Rehmannia blyensis  | Stuebeli           |                 |                |         |
|                |                                     | Medea   | R. milashevici milashevici | K. medea magnum  | Chanasia turgida           |   |                    |                 |                |         |
|                |                                     |   |                            | K. medea medea   | Chanasia bannense          |   |                    |                 |                |         |
|                | Нижний (pars)<br>Calloviense (pars) | Enodatum  |                            | R. milashevici khudyaevi   | C. enodatum aeeta          | ?   | Patina             | Gracilis (pars) | Нижний (pars)  |         |
|                |                                     |   |                            | C. enodatum enodatum   | Hecticoceras posterius     |   |                    |                 |                |         |
| R. tcheffikini |                                     |   | A. difficilis              | C. enodatum planicerclus   | Collotia pamprouxensis     |   |                    |                 |                |         |
|                |                                     |   | P. cracoviensis            | C. pagei   | Hecticoceras boginense     |   |                    |                 |                |         |
|                |                                     |   |                            |  |                            |   |                    |                 |                |         |

Рис. 2. Корреляция на уровне биогоризонтов региональных (провинциальных) стратиграфических шкал средней части келловей разных палеобиогеографических областей. Здесь и на рис. 3–7 в кавычках приведены названия условных (предварительных) биогоризонтов. Темно-серой заливкой показана последовательность биогоризонтов по кардиоцератам, светло-серой – по перисфинктидам.

групп организмов, по которым устанавливаются такие стратоны, так и общий стратиграфический диапазон их использования. Применение инфразонального подхода позволило в несколько раз увеличить разрешающую способность биостратиграфии (рис. 1) и точность корреляции биостратиграфических шкал (рис. 2).

В то же время в использовании инфразональных биостратонов царит неоднозначность и даже некоторый хаос. В данной работе критически рассматривается история инфразональной биостратиграфии, анализируются основные признаки и природа биогоризонтов, оценивается их корреляционный потенциал, формулируются принципы их выделения и использования. Кроме того, предлагается свод номенклатурных правил, призванных если не ликвидировать, то хотя бы уменьшить неопределенность, существующую в настоящее время в инфразональной биостратиграфии.

### ИСТОРИЯ ИНФРАЗОНАЛЬНОЙ БИОСТРАТИГРАФИИ

А. Оппель (Oppel, 1856–1858) в своей знаменитой работе, посвященной юре Англии, Франции и Юго-Западной Германии и заложившей основы зональной стратиграфии, определил зону как горизонт, который даже в самых удаленных районах своего развития характеризуется одним и тем же комплексом видов. При этом он указал, что точность определения зон зависит среди прочего от количества хорошо описанных видов, особенно руководящих. В этой же работе Оппель уже использовал в качестве внутризональных подразделений так называемые горизонты, например горизонты *Ammonites calloviensis* и *A. bullatus* в зоне *A. macrocephalus* (Oppel, 1856–1858, s. 209). Вскоре В. Вааген (Waagen, 1869), установив первый филогенетический ряд батских и келловейских аммонитов, сформулировал концепцию эволюционных мутаций (качественных морфологиче-

ских преобразований) во времени и счел возможным определить зону как интервал, соответствующий длительности существования одной мутации. Это положение было развито М. Неймайром, отметившим, что оппелевские зоны юры хронологически соответствуют средней продолжительности одной мутации наиболее распространенных морских животных, главным образом головоногих (Neumaier, 1878, s. 40). Уже тогда для многих исследователей юрской системы стало ясным противоречие между исторической преемственностью зональных шкал и их детальностью. Зоны, ставшие к этому времени общепринятыми, очевидно, не представляли собой самых дробных подразделений и могли быть расчленены детальнее. Таким образом, к концу XIX века определились два разных подхода к зональной стратиграфии. Зоны принимались или как минимальные биостратиграфические подразделения, или как некий стабильный стратиграфический “каркас”, что подразумевало возможность выделения более дробных стратонтов.

Дальнейшее развитие взглядов на детальную стратиграфию связано в первую очередь с именем С. Бакмэна и его незаслуженно почти забытой концепцией “гемеры” (hemera). Гемера по сути являлась геохронологическим эквивалентом биогоризонта. Она определялась автором как “хронологический индикатор” минимального стратиграфического интервала, устанавливаемого по “расцвету” (аспе) одного или нескольких видов (Buckman, 1893, 1902). При изучении среднеюрских известняков Нижнего Оолита (Inferior Oolite Group) в районе Дорсета и Южного Сомерсета (Англия) Бакмэну путем тщательных послойных сборов аммонитов и сопоставления по ним разных разрезов удалось составить небывало детальную последовательность фаунистических комплексов (Buckman, 1893). Дело осложнялось тем, что породы Нижнего Оолита сильно сконденсированы и ни один из разрезов не является стратиграфически полным. Практически каждый прослой с аммонитами отделен от соседних явными или скрытыми перерывами. Чтобы справиться с такой сложной ситуацией, Бакмэн сначала установил послойную последовательность аммонитовых комплексов в каждом разрезе. Затем он начал соотносить идентичные комплексы из разных разрезов с определенными условными временными интервалами — гемерами, индексируя последние наиболее характерными видами или родами. Хронологическая последовательность гемер выстраивалась на основании сравнения последовательностей характерных комплексов во многих разрезах. Проведенное недавно переизучение среднеюрских разрезов, на которых работал Бакмэн, подтвердило его стратиграфические построения (Callomon, Chandler, 1990). Подчеркнем, что гемеры были для Бакмэна именно хро-

нологическими, а не стратиграфическими подразделениями, являясь временными эквивалентами зон в его понимании (Buckman, 1902). Позднее А. Трумэн (Trueman, 1923) из-за неоднозначности использования термина “зона” в разных работах Бакмэна предложил использовать “эпиболь” в качестве стратиграфического эквивалента гемеры.

Впоследствии Бакмэн распространил свой метод практически на всю юрскую систему Англии (Buckman, 1909–1930). Гемеры он объединял в “века” (ages), преимущественно отвечающие распространению определенных семейств или родов аммонитов. Созданную последовательность гемер и веков Бакмэн рассматривал как геохронологический календарь. Он подчеркивал, что гемера соответствует времени существования вида-индекса (Buckman, 1898). При этом Бакмэн отмечал, что, при отсутствии вида-индекса, для обозначения соответствующего временного интервала применять другое название нежелательно. Он приводит метафору (Buckman, 1902, p. 557): “...эпохой Эдварда VII можно датировать события, случившиеся в Австралии, так же, как и в Англии, даже если Эдвард VII никогда в Австралии не бывал”.

В своих поздних публикациях Бакмэн стал выделять инфразональные стратиграфические подразделения (которые он называет горизонтами, фаунистическими горизонтами или фаунами) по брахиоподам (Buckman, 1920, 1927). Установив первоначально два таких горизонта в пограничном интервале бата и келловей Шотландии (Buckman, 1920), он в дальнейшем на основании изучения материалов по Дорсету и Йоркширу увеличил их число до одиннадцати. В том же стратиграфическом интервале Бакмэн (Buckman, 1927) выделил пять горизонтов и по аммонитам.

К сожалению, Бакмэн дискредитировал свой метод, начав со временем конструировать далеко не всегда корректные последовательности гемер, основанные на материалах чужих сборов и гипотетических построениях. Но больше всего репутация метода Бакмэна пострадала от резкой критики крупнейшего специалиста по юрской стратиграфии и аммонитам В. Аркелла. Последний полагал, что такие мелкие подразделения, как гемеры, не могут быть прослежены на сколько-нибудь обширных территориях и совершенно не пригодны для корреляции, следовательно, в их выделении нет никакого смысла (Arkell, 1933, 1956). Время показало, что этот выдающийся ученый ошибался.

Как уже было сказано, после критики Аркеллом подхода Бакмэна подразделения зонального ранга рассматривались чаще всего не с позиций максимальной детальности в духе Ваагена, Неймайра и Бакмэна, а в первую очередь с точки зре-

ния широты их корреляционного потенциала, а также сохранения номенклатурной стабильности (преемственности). Будучи в большинстве случаев потенциально подразделяемыми, они, по сути, являлись (и являются до сих пор) чем-то вроде под-подъярусов. Такой подход М.С. Месежников (1993) метко окрестил “стратиграфическим импрессионизмом”<sup>2</sup>.

Тем не менее в стратиграфии юры все чаще использовались основанные на аммонитах одиночные или образующие последовательности инфразональные подразделения, называемые обычно горизонтами. Процесс этот шел стихийно, для выделения новых горизонтов применялись самые разные критерии. Большое значение имела работа М. Ховарта, посвященная ревизии аммонитов семейства *Amaltheidae* (Howarth, 1958). Хотя инфразональные подразделения Ховартом не выделялись, он подробно рассмотрел особенности эволюции амальтеид, придавая большое значение выявлению хроноподвидов, которым соответствовали последовательные стратиграфические интервалы. Будучи убежденным сторонником использования термина “подвид” исключительно для географических подвидов, Ховарт применял в данном случае термин “транзиент” (понятие *transient* – переходная форма – первоначально предложено Ф. Батером (Bather, 1927) как эквивалент “мутации” В. Ваагена). Впоследствии хроноподвиды стали широко использоваться для выделения и индексации биогоризонтов.

Пожалуй, первое развернутое определение *горизонта* (horizon) как минимального “инфраподзонального” биостратиграфического подразделения дал Дж. Кэлломон (Callomon, 1964, p. 271): “На нижнем пределе делимости стратиграфического подразделения должно соответствовать такому минимуму требований, что не может считаться даже подзоной. Оно может быть распознано в пределах неких естественных географических единиц, например единого бассейна седиментации или литофациальной провинции. Видимо, оно различимо на расстояниях около 300 км... Подходящий термин для таких подразделений – *горизонт*... Минимальным наблюдаемым стратиграфическим подразделением в аммонитовой шкале является слой или серия слоев в одном разрезе, которые могут быть идентифицированы по одному виду.”

<sup>2</sup> Этот (“импрессионистский”) подход сам по себе противоречит оптимизации одной из двух главных задач стратиграфии – стратиграфическому расчленению и, как показывает практика, вовсе не способствует решению другой главной задачи стратиграфии – стратиграфической параллелизации (корреляции), понижая ее точность за счет нередко весьма сомнительного увеличения корреляционного потенциала.

За короткий срок такие горизонты были выделены в пределах всех ярусов юры разных регионов. При этом считалось, что особенностями горизонтов являются не только незначительный стратиграфический объем, но и ограниченное географическое распространение (Callomon, 1964). Как указывали в обзоре стратиграфии юры Франции Р. Мутерд с коллегами (Mouterde et al., 1971), зоны зачастую отвечают распространению рода, а виды могут быть использованы для более дробного расчленения, хотя такие подразделения имеют более ограниченное географическое распространение. С этих же позиций выделялись горизонты и в работе Р. Сайкса и Дж. Кэлломона по бореальному оксфорду (Sykes, Callomon, 1979).

К началу 80-х годов XX века накопилось много данных по инфразональным последовательностям, и все более очевидной становилась необходимость их осмысления. Однако бурная деятельность специалистов по юрским аммонитам и стратиграфии не была замечена Международной комиссией по стратиграфии, которая на инфразональные подразделения почти не обращала внимания.

В середине 80-х годов появилось три работы, сыгравших ключевую роль в развитии представлений об инфразональной стратиграфии.

В статье, посвященной проблемам био- и хроностратиграфии, Кэлломон привел определение *фаунистического горизонта* (faunal horizon) (Callomon, 1984a, p. 624): “фаунистический горизонт – слой или серия слоев, характеризующихся ассоциацией ископаемых, внутри которой никакой дальнейшей стратиграфической дифференциации фауны или флоры (*sic!*) не наблюдается”. В вышедшей годом позже работе Кэлломона, посвященной эволюции аммонитов семейства *Sargodoceratidae* (Callomon, 1985), подчеркивается значение филогении как основы для инфразонального расчленения и “горизонт определяется как подразделение, в котором эволюционные изменения неразличимы, и, таким образом, в практических целях его длительностью можно пренебречь” (Callomon, 1985, p. 52).

Большое значение при выделении фаунистических горизонтов Кэлломон придавал хроноподвидам, для обозначения которых он предложил использовать нелиннеевские символы – буквы греческого алфавита<sup>3</sup>. Как будет показано ниже, такое предложение нельзя признать удачным. В качестве геохронологического эквивалента фаунистического горизонта Кэлломон использовал введенное Бакмэном понятие “гемера” (см. выше), в переводе с греческого означающее “день” или “время”.

<sup>3</sup> Буквы греческого алфавита в аналогичных целях использовались и ранее (по Phelps, 1985).

Иных взглядов на инфразональную стратиграфию придерживался Фелпс (Phelps, 1985). В качестве минимального биостратиграфического подразделения он использовал *зонулу*<sup>4</sup> (zonule), которую рассматривал фактически как под-подзону (в некоторых случаях Фелпс выделяет даже “подзонулу” (Phelps, 1985, fig. 9), однако не называя их таковыми). Фелпс указал, что горизонт — термин очень широкого толкования. По Фелпсу, зоналу является минимальным прослеживаемым в пределах палеобиогеографической провинции биостратоном, хотя ее применение может быть ограничено и меньшим районом с высокой степенью эндемизма. Зонула должна быть легко распознаваема по диапазону распространения характерного вида. Фелпс (Phelps, 1985, p. 343) предложил перечень соподчиненных критериев, на основании которых следует выделять зонулы: (а) постепенная монофилетическая эволюция в пределах региона; (б) сальтационная (скачкообразная) эволюция небольшой популяции (с последующей миграцией) без перекрытия стратиграфического распространения вида-предка и вида-потомка; (в) сальтационная (скачкообразная) эволюция небольшой популяции с перекрытием стратиграфических диапазонов вида-предка и вида-потомка; (г) акме-уровень короткоживущего вида; (д) акме-уровень долгоживущего вида. В этой связи для выделения зонул предпочтение отдается обитавшим в мелководных бассейнах группам аммонитов. В целом детальность расчленения была принесена в жертву корреляционному потенциалу, и зонулы стали подразделениями более дробными, чем подзоны, но уже не обязательно потенциально неделимыми. Однако, справедливо критикуя использование в качестве самого дробного подразделения “горизонт” — один из наиболее неоднозначных стратиграфических терминов, применяемых в самых разных значениях, Фелпс использовал не менее спорный термин. Впервые в геологическую практику термин “зонула” был введен Ц.Л. и М.А. Фентонами (Fenton, Fenton, 1928) скорее не как стратиграфическое, а как палеоэкологическое понятие. Хотя зонула была принята в качестве “наименьшего подразделения зоны” сначала в североамериканском кодексе 1961 года (Жамойда и др., 1969)<sup>5</sup>, а потом и в Международном стратиграфическом справочнике (1978), в практике геологических

исследований зонулы использовались крайне редко<sup>6</sup>.

К концу XX века были разработаны инфразональные аммонитовые шкалы практически для всей юры Северо-Западной Европы и Средиземноморья, а также для отдельных интервалов юры других регионов. В результате почти на порядок повысилась детальность стратиграфического расчленения и точность корреляции, что, в свою очередь, открыло новые перспективы для палеонтологических и геосторических исследований.

Обобщение существующих представлений об использовании инфразонального метода в стратиграфии юры было предпринято К. Пэйджем (Page, 1995). Вместо предложенного Дж. Кэлломоном понятия “фаунистический горизонт” он в том же смысле использовал термин “*биогоризонт*”<sup>7</sup> (biohorizon). Биогоризонты и зонулы он рассматривал как принципиально разные инфразональные подразделения (Пэйдж использует термин “интра-подзональные” (intra-subzonal)).

Зонулу Пэйдж рассматривал как “наименьший компонент хроностратиграфической иерархии, определяемый, как и стратоны более высокого ранга, стратотипом нижней границы” (Page, 1995, p. 802), что не имело отношения к первоначальному пониманию зонулы Фентонами и не совсем согласовывалось с практикой использования зонулы Фелпсом. Пэйдж определил зонулу как хроностратиграфический эквивалент биогоризонта в совокупности с потенциальным перерывом. Однако позднее он (Page, 2003) вернулся к пониманию зонулы, предложенному Фелпсом (Phelps, 1985). Хотя Пэйдж продолжал рассматривать зонулу в качестве минимального подразделения хроностратиграфической иерархии, на практике она у него перестала быть хроностратиграфическим эквивалентом одного биогоризонта с потенциальным перерывом, а могла соответство-

<sup>6</sup> Термин “зонула” в смысле, близком к предлагавшимся в предпоследнем издании Международного стратиграфического справочника (1978), в основном употреблялся для обозначения очень небольших по объему биостратонов специалистами по четвертичной системе. В настоящее время (Международный..., 2002) использование зонул признано нежелательным.

<sup>7</sup> В Международном стратиграфическом справочнике (1978, 2000) и в Стратиграфическом кодексе России (1992, 2006) биогоризонт определяется как некая граница раздела (датированный уровень — datum plane), не имеющая мощности (это особо подчеркивается). Подобным образом биогоризонты используются преимущественно специалистами по микрофоссилиям. Однако в практику биостратиграфических исследований главным образом юры и мела биогоризонты (они же — горизонты или фаунистические горизонты), выделяемые по аммонитам, давно вошли в качестве минимальных, но имеющих некий стратиграфический объем в конкретных разрезах биостратонов. В британском руководстве по стратиграфии (Whittaker et al., 1991) биогоризонт принимается именно в этом смысле.

<sup>4</sup> До работы М. Фелпса зонулы почти не использовались в стратиграфии юры. Лишь Р. Имлей (Imlay, 1984) выделил в байосе Аляски несколько зонул, но для него они являлись скорее синонимами подзон.

<sup>5</sup> А.И. Жамойда и соавт. (1969, с. 56) писали: “Фентоны... предложили термин-синоним [для подзоны] зонула, но он используется реже. В некоторых работах он употребляется как еще более мелкое и локальное подразделение, чем подзона. В Англии в этом же смысле используется термин горизонт”.

вать нескольким (иногда 3–4) последовательным биогоризонтам.

Вслед за Кэлломоном, Пэйдж определил биогоризонт (Page, 1995, p. 802) как “слой или серию слоев, охарактеризованных комплексом ископаемых, внутри которого дальнейшая стратиграфическая дифференциация фауны (или флоры) не может быть произведена. Из этого следует, что биогоризонт эффективно определяется как в кровле, так и в подошве в конкретном разрезе”. Это принципиально отличает его от договорных (конвенционных) подразделений хроностратиграфической иерархии, устанавливаемых по нижней границе в стратотипе. Допускается потенциальная несмыкаемость биогоризонтов, что более точно отвечает их реальному объему в конкретных геологических разрезах, где, как правило, присутствуют интервалы, которые по тем или иным причинам (редкость или отсутствие фоссилий, их плохая сохранность и т.п.) нельзя однозначно отнести к определенным биогоризонтам.

Пэйдж (Page, 1995, p. 802–803) также рассмотрел другие важные особенности биогоризонтов. (1) Выделение биогоризонта непосредственно связано с идентификацией вида/подвида-индекса, который является минимальным распознаваемым сегментом филолинии. Только присутствие вида-индекса дает основание установить соответствующий биогоризонт, остальной комплекс имеет вспомогательное значение. (2) Биогоризонт отвечает дискретному, но, как правило, очень короткому интервалу геологического времени. (3) Поскольку границы большинства последовательных биогоризонтов не совпадают, это предполагаемое несоответствие отображается как интервал между подразделениями. (4) Последовательность биогоризонтов в первую очередь устанавливается по последовательности фаунистических комплексов и только потом – на основании их географической выдержанности или морфологического своеобразия. (5) Установленная последовательность биогоризонтов может быть интегрирована в стандартную зональную шкалу. Однако текущее состояние стратиграфических знаний неизбежно предполагает возможное несоответствие границ биогоризонтов и существующих границ подразделений зонального ранга. (6) Название биогоризонта обычно включает последовательный номер<sup>8</sup> и название пригодно-индекса.

По Пэйджу, сопоставление последовательностей биогоризонтов обеспечивает большую точ-

ность корреляции по сравнению с использованием зональных схем, потому что (1) могут быть скоррелированы как подошва, так и кровля каждого биогоризонта; (2) интервалы между биогоризонтами настолько же важны для корреляции, как и сами биогоризонты; (3) коррелируемой единицей может быть горизонт вместе с интервалом выше и/или ниже его или даже совокупность нескольких биогоризонтов; (4) как следует из вышесказанного, при сопоставлении последовательностей биогоризонтов могут быть необходимы дополнительные пояснения; (5) правильно скоррелированные биогоризонты образуют своего рода временные срезы событийной стратиграфии.

Пэйдж подробно разобрал природу биогоризонтов, выделив семь процессов или факторов, которые позволяют их распознавать (Page, 1995, p. 805): (1) филогенетическая эволюция аммонитов в пределах морского бассейна или биогеографической провинции, в ходе которой формируются последовательные хроноподвиды; (2) дивергентная эволюция аммонитов; (3) эволюция аммонитов в изучаемой провинции или ее части после иммиграции новой формы в исследуемый район; (4) наличие морфологически сложных и “быстро эволюционирующих” групп, в которых легко различаются малейшие эволюционные изменения в последовательных популяциях; (5) иммиграция в изучаемый район аммонитов из другого бассейна или провинции; такая иммиграция может быть кратковременной (ей соответствует единственный биогоризонт) или привести к формированию эндемичной филолинии (ей соответствует серия биогоризонтов); (6) качественное или количественное изменение состава фауны; (7) неравномерная встречаемость аммонитов в разрезе, связанная с особенностями седиментации.

По оценкам Пэйджа (Page, 1995), временная продолжительность зонул (биогоризонты с потенциальными перерывами) в юре изменяется от 80 до 722 тыс. лет и в среднем составляет 200–350 тыс. лет<sup>9</sup>. В один год со статьей К. Пэйджа вышла работа Дж. Кэлломона, которая в значительной мере была посвящена вопросам инфразональной стратиграфии (Callomon, 1995). Кэлломон рассматривал любые уровни появления или исчезновения таксонов как потенциальные границы биогоризонтов. Таким образом, их объемы (в теории) определялись составом комплексов руководящих ископаемых, а не полными диапазонами распространения видов-индексов. Однако Кэлломон подчеркивал, что не все такие “гори-

<sup>8</sup> Порядковая нумерация биогоризонтов практикуется лишь небольшим числом исследователей преимущественно британской школы. Введение порядковых индексов (номеров) в названия биогоризонтов нецелесообразно, поскольку создает ненужные сложности при последующей детализации шкалы.

<sup>9</sup> Судя по появившимся в последнее время данным, продолжительность фаз плинсбаха и тоара может различаться более чем на порядок (McArthur et al., 2000), а минимальная длительность гемер (хронологических эквивалентов биогоризонтов) может составлять приблизительно 10–20 тыс. лет.

**Рис. 3.** Разрез верхнего бата и нижнего келловея на правом берегу р. Волга с районе сел Просек и Исады Лысковского р-на Нижегородской области.

Выделены стратиграфические диапазоны комплексов аммонитов (ф1–ф10), которым соответствуют биогоризонты: inf – P. infimum, “am” – “P. cf./aff. ammon”, jacq – M. jacquoti, elat – P. elatmae, sur – C. surensis, subp – C. subpatruus, ind – K. indigestus, curt – K. curtilobus, gal – K. galilaei, call – S. calloviense (виды-индексы в списках обозначены звездочками). Биогоризонты разделены либо условно “немыми” интервалами, в которых не встречено уверенно определенных руководящих форм, либо стратиграфическими перерывами (волнистая линия). Стратиграфия разреза и определения аммонитов приведены согласно Д.Б. Гуляеву. [M] – макроконхи, [m] – микроконхи.

зонты” имеют практическое значение и что интерес для геохронологии представляют лишь те горизонты, которые могут быть использованы, по крайней мере, для корреляции внутри региона и, следовательно, для составления региональной шкалы.

Конструктивный подход к инфразональной стратиграфии был недавно продемонстрирован Х. Мейстером на примере синемюрского и плинсбахского ярусов (Meister, 2010). В качестве инфразональных биостратиграфических подразделений им рассматриваются биогоризонты (для местных шкал), фаунистические горизонты (для сводных региональных шкал) и стандартные горизонты (для шкал биогеографических провинций и областей). Зонулу Мейстер понимает как инфразональное хроностратиграфическое подразделение, определяемое по нижней границе и отвечающее стандартному горизонту.

С конца 90-х годов XX века инфразональные подразделения стали все чаще использоваться отечественными специалистами по юрской системе (Митта, Стародубцева, 1998; Гуляев, Киселев, 1999; Гуляев, 1999, 2001; Mitta, 1999; Митта, 2000; Киселев, 2001; Рогов, 2001 и многие более поздние работы). В новом тысячелетии совершенствование инфразонального подхода в биостратиграфии было продолжено именно российскими исследователями. Ими предложены номенклатурные правила, регламентирующие выделение, описание и использование биогоризонтов (Гуляев, 2002; Gulyaev et al., 2010), проанализирован их корреляционный потенциал (Рогов и др., 2009). Кроме того, была рассмотрена биологическая природа биогоризонтов, и все их разнообразие сведено к двум основным типам – филогенетическому и иммиграционному (Захаров и др., 2007).

Вслед за юрой началось активное использование инфразонального подхода в стратиграфии мела (Bulot et al., 1992; Vermeulen, 1997; Hoedemaeker et al., 2003 и др.) и триаса (Goy, 1995). Биогоризонты по-прежнему выделяются почти исключительно по аммоноидеям, хотя имеются примеры их выделения и по белемнитам (Mitchell, 2005).

### ВЫДЕЛЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГОРИЗОНТОВ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ И ШКАЛЫ

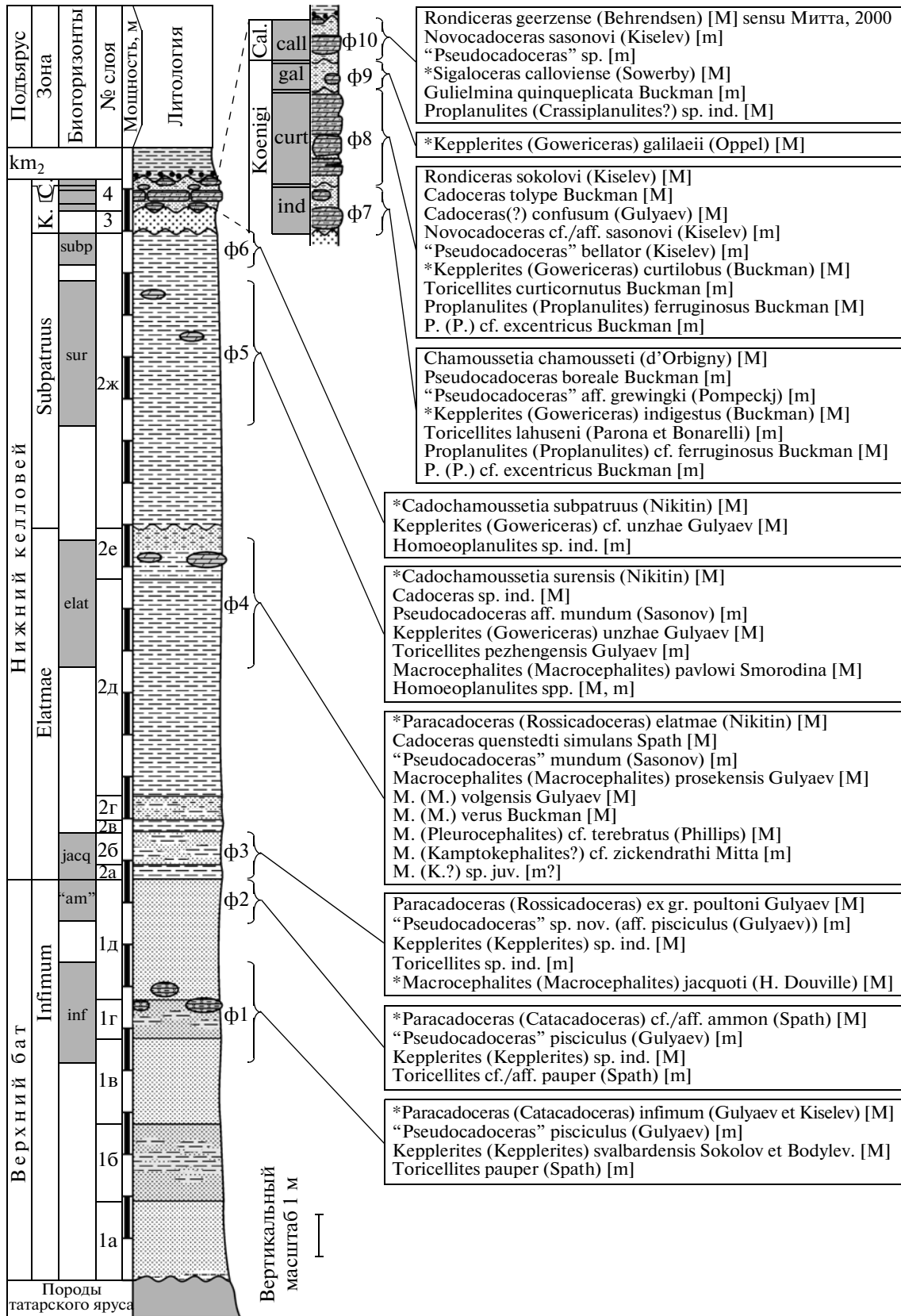
На основе анализа более чем столетней практики использования инфразонального подхода в

биостратиграфии, особенно активной и плодотворной в последние три десятилетия, можно дать следующее определение биогоризонта (этому термину здесь отдается предпочтение, как наиболее часто используемому в означенном смысле):

*Биогоризонт является наиболее детальным коррелируемым биостратоном, который включает уникальную совокупность таксонов и не может быть далее подразделен на основе таксономической дифференциации руководящих ископаемых (по филогенетическим и/или иммиграционным событиям, положенным в основу выделения биогоризонта). Для установления биогоризонта в разрезе необходимым и достаточным условием является идентификация вида/подвида-индекса, наблюдаемому диапазону распространения которого и соответствует биогоризонт. Остальная часть комплекса руководящей группы имеет значение для корреляции за пределами области распространения биогоризонта.*

Иными словами, биогоризонт является минимальным дискретным корреляционным подразделением (своего рода “атомом”) биостратиграфии. Обладая по определению как нижней, так и верхней границей в любом из разрезов, он принципиально (методологически) отличается от “договорных” подразделений стратиграфической иерархии, устанавливаемых по нижней границе в стратотипе, и, по сути, выходит за пределы этой иерархии (так, нельзя сказать, что зоны (подзоны) подразделяются на биогоризонты, как нельзя сказать, что роды (подроды) подразделяются на виды). С точки зрения “презюмции изохронности” (Лазарев, 1997) обе границы каждого биогоризонта являются принципиальными пределами “точности измерений” биостратиграфическим методом (как минимальные деления измерительной шкалы независимо от ее масштаба). Эпистемологически биогоризонты, имея особый статус элементарных биостратонов, выделяются (обособливаются) по принципу различия (своеобразия) биостратиграфических признаков; их последовательности, в свою очередь, на основании принципа сходства этих признаков могут объединяться в более крупные подразделения конвенционным путем (Гуляев, 2002). Такой же подход использовал сто лет назад С. Бакмэн в геохронологии (см. выше), выделяя гемеры и объединяя их в века. Этот же подход применяется и в любой иерархической таксономии, являясь зало-





гом ее развития как “научной исследовательской программы” в терминологии И. Лакатоса (1995).

Основными признаками биогоризонта являются: (1) неделимость по признакам (филогенетическим или иммиграционным событиям), положенным в основу его выделения (более детальные, например филогенетические, исследования могут позволить *разделить*, но не *подразделить* биогоризонт); (2) идентификация исключительно по виду/подвиду-индексу; (3) присутствие в каждом разрезе как нижней, так и верхней границы, определяемых исключительно наблюдаемым распространением вида/подвида-индекса (в оптимальном случае границы соседних биогоризонтов в разрезе совпадают). Поскольку в отдельности эти признаки присутствуют и у других типов биостратиграфических подразделений, обратим внимание на их отличия от биогоризонтов.

В некоторых случаях современные зональные шкалы по детальности могут почти соответствовать последовательностям биогоризонтов (т.е. зоны в них фактически неделимы). Однако необходимо помнить, что принципы их построения различны. Биогоризонты более точно отражают биостратиграфическое строение разрезов, фиксируя в них и те интервалы, отнесение которых к тому или иному биостратону неоднозначно. При этом значение для корреляции имеют как сами биогоризонты, так и разделяющие их интервалы (Page, 1995).

По принципу обоснования к филогенетическим биогоризонтам наиболее близки *филозоны*. Однако они вовсе не неделимы по определению. Например, в юрской системе объем филозон, как правило, значительно превышает объем биогоризонтов. Такие зоны обычно основаны на последовательности связанных с друг с другом родов или подродов аммонитов (например, в последовательности *Kosmoceratidae* келловей), тогда как биогоризонты в этом интервале устанавливаются по последовательностям видов/подвидов.

На первый взгляд, биогоризонт, как стратон, который может быть выделен среди “немых” отложений, до некоторой степени напоминает так называемые *слои с фауной (флорой)* (Стратиграфический..., 2006). Однако последние являются лишь вспомогательными биостратиграфическими подразделениями и не отвечают ни одному из требований, предъявляемых к биогоризонтам.

Как уже говорилось, границы последовательных биогоризонтов могут не совпадать, потенциально существующие перерывы отображаются на стратиграфических схемах в виде интервалов между соседними подразделениями. Это весьма естественно и удобно, поскольку в подавляющем большинстве разрезов удовлетворительно палеонтологически охарактеризованными оказываются лишь отдельные уровни, разделенные стра-

тиграфическими перерывами или интервалами, не содержащими руководящих окаменелостей приемлемой сохранности (рис. 3). Соблюсти в этом случае пресловутый принцип смыкаемости без спекулятивных допущений невозможно. В отдельных интервалах разрезов, не содержащих видимых перерывов и по всей мощности хорошо охарактеризованных руководящими ископаемыми (и детально исследованных), наблюдаемые стратиграфические диапазоны последовательных видов/подвидов одной филолинии могут смыкаться (рис. 4, 5). Кроме того, поскольку биогоризонты выделяются по разным принципам (эволюционному и миграционному) и по разным таксонам руководящей группы, допускается их перекрытие (рис. 4, 5).

Как показывает практика, биогоризонты наиболее удобны для корреляции в пределах палеобиогеографических провинций и областей. Но нередки случаи, когда отдельные биогоризонты или их последовательности могут быть прослежены в нескольких палеобиогеографических областях (Callomon, 2001; Рогов и др., 2009). Корреляционный потенциал биогоризонтов непосредственно связан с палеобиогеографическими особенностями распространения руководящих таксонов и их экологической (адаптивной) стратегией, косвенно он зависит от полноты геологической летописи в разных регионах.

К. Пэйдж (Page, 1995, p. 805) выделил ряд факторов геологической и биологической природы, позволяющих распознавать биогоризонты. Геологические факторы связаны в первую очередь с особенностями седиментации, постседиментационными и денудационными процессами, обуславливающими неравномерную сохранность и встречаемость окаменелостей. Все разнообразие выделенных К. Пэйджем биологических факторов может быть сведено к двум типам: филогенетическому и иммиграционному. Это обуславливает выделение двух соответствующих типов биогоризонтов (Захаров и др., 2007):

1) *Филогенетические биогоризонты* выделяются по эволюционным событиям (филетическому видообразованию) в филолиниях представителей руководящей группы, развивавшихся на рассматриваемой территории. Основанием для выделения таких биогоризонтов служат не только собственно стратиграфические исследования, но и тщательное изучение филогенеза на видовом и подвидовом уровнях. Чаще всего устанавливаются целые серии филогенетических биогоризонтов, основанные на эволюционных последовательностях представителей руководящей группы, доминирующих или субдоминирующих в регионе исследований (рис. 4).

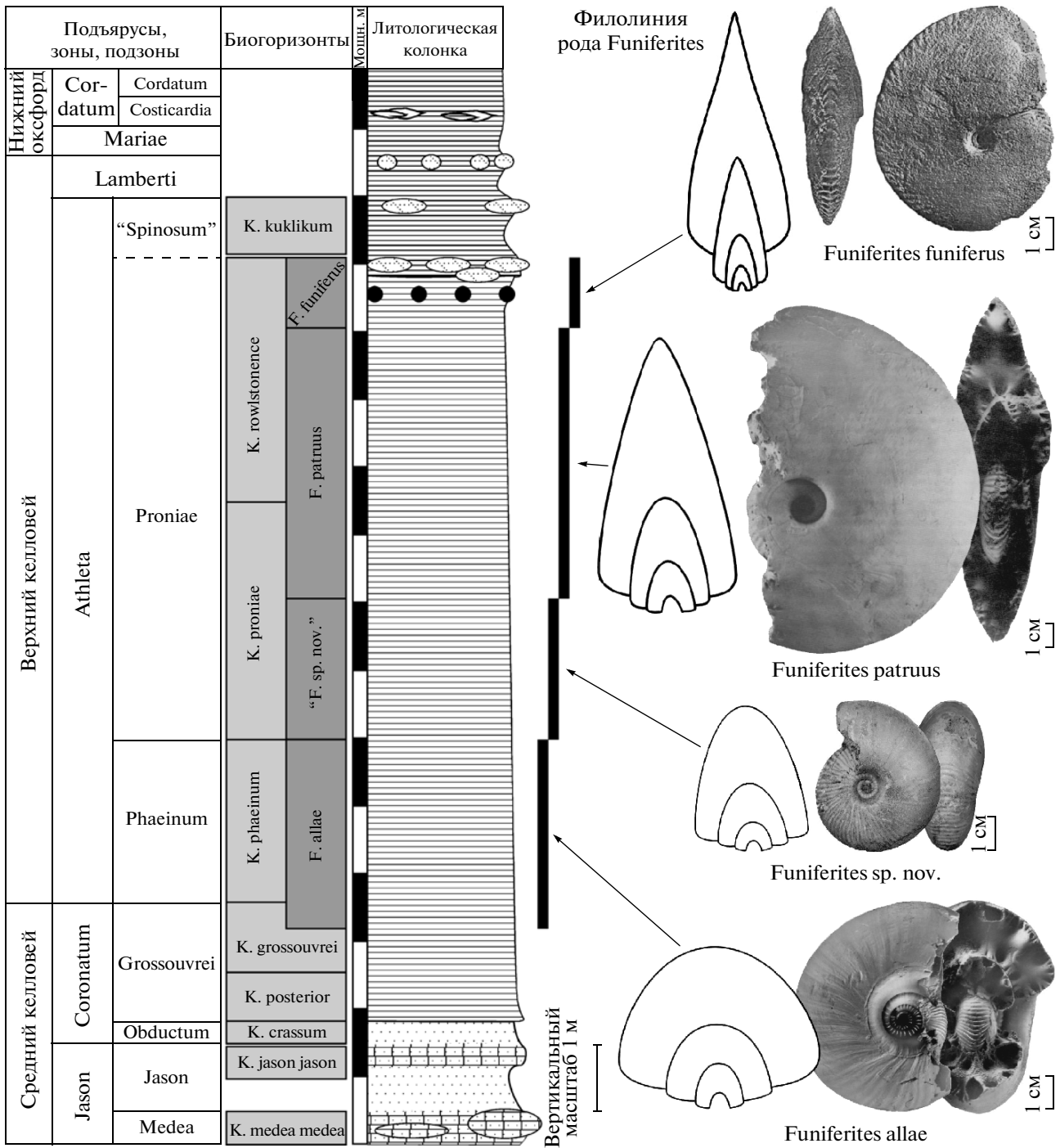


Рис. 4. Разрез среднего и верхнего келловей и нижнего оксфорда в карьере "Михайловцемент" у г. Михайлов Рязанской области (по Киселев и др., 2003, с изменениями и дополнениями). Показаны стратиграфические диапазоны эволюционно преемственных видов аммонитов рода Funiferites (Cardiocerataidae) и соответствующие им биогоризонты (темно-серая заливка); приведена "стандартная" последовательность биогоризонтов (светло-серая заливка), основанная на стратиграфическом распространении аммонитов филолинии рода Kosmoceras (Kosmocerataidae).

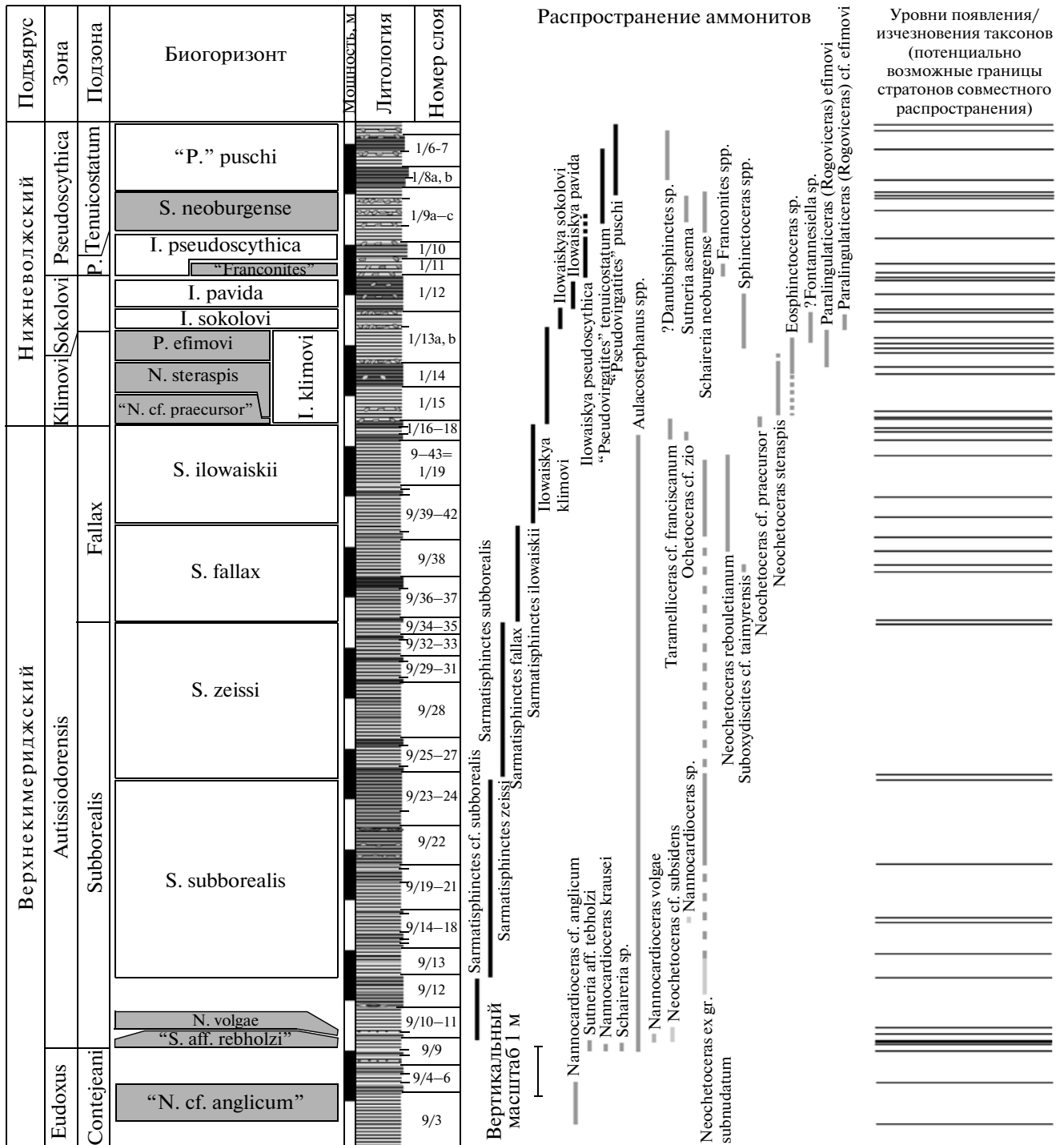


Рис. 5. Разрез верхнекимериджского–нижневолжского подъярусов у д. Городищи Ульяновского р-на Ульяновской области.

Показано распространение аммонитов и инфразональное расчленение разреза (по Rogov, 2010, с небольшими изменениями). Интервалы распространения аммонитов, по филогении которых построена основная шкала биогоризонтов (Sarmatisphinctes–Howaiskya–“Pseudovirgatites”), показаны черным цветом, интервалы распространения остальных аммонитов – серым. Филогенетические биогоризонты даны без заливки, иммиграционные – с серой заливкой. P. – Pseudoscythica.

2) *Иммиграционные биогоризонты* выделяются на основе кратковременных инвазий видов/подвидов-индексов на рассматриваемую территорию (рис. 5) (Rogov et al., 2009). Такие иммигранты обычно не оставляют потомков, хотя и могут продолжить свою эволюцию в новом регионе. Следует отметить две важные особенности: а) интервал распространения вида-индекса иммиграционного биогоризонта может быть существенно меньше интервала распространения этого вида в эндемичной (первичной) части его ареала; б) один и тот же биогоризонт в одной части своего ареала может являться филогенетическим, а в другой – иммиграционным. Скоростью иммиграции при этом можно пренебречь. По меткому выражению С. Бакмэна, скорость миграции аммонитов соотносится со скоростью осадконакопления так же, как скорость полета на аэроплане со скоростью кладки кирпичной стены (Buckman, 1909–1930, pt. XXXVII, p. 24).

В оптимальном случае последовательность биогоризонтов полностью заполняет объем установленных ранее подразделений зонального ранга. Однако на практике нередки ситуации, когда это не соблюдается по причине недостаточной изученности или неполноты геологической летописи. Как правило, полная последовательность биогоризонтов в едином разрезе по разным причинам не может быть установлена, и для составления непрерывной региональной шкалы биогоризонтов требуется сопоставление их последовательностей в серии разрезов, расположенных порой на довольно обширной территории (рис. 6). Хорошим подспорьем для такого сопоставления может служить детальная реконструкция филогенеза руководящей группы.

В тех случаях, когда зональное расчленение и выделение биогоризонтов проводятся по разным группам руководящих ископаемых, возможно перекрытие биогоризонтом границ зональных подразделений. В одном и том же стратиграфическом интервале одного и того же региона (осадочного бассейна, палеобиохоремы) параллельные последовательности биогоризонтов могут быть установлены по разным филолиниям руководящих ископаемых, а также по инвазиям видов-иммигрантов. Ареалы таких биогоризонтов и их последовательностей, как правило, не совпадают. Однако в районе совместного распространения они могут быть интегрированы в единую комплексную шкалу, что открывает широкие возможности для межрегиональной корреляции. Естественно, границы параллельных биогоризонтов в комплексной шкале могут не совпадать (рис. 7).

## НОМЕНКЛАТУРА И ОПИСАНИЕ БИОГОРИЗОНТОВ

Быстрое развитие и во многом стихийное использование инфразонального метода на фоне его довольно слабого теоретического обоснования привело к неизбежной анархии в выделении биогоризонтов.

Одной из главных негативных тенденций стало легкомысленное отношение к таксонам-индексам. Начало этому положил Дж. Кэлломон (Callomon, 1985), предложивший обозначать не имеющие собственных названий сменяющие друг друга хроноподвиды-индексы последовательных биогоризонтов “нелиннеевскими” символами – буквами греческого алфавита (например, *Cadoceras apertum*  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ). Впоследствии для этой же цели некоторые исследователи стали использовать римские или арабские цифры (Dietl, 1994; Page, 2003 и др.). Кроме того, биогоризонты зачастую индексируются видами в открытой номенклатуре или только родами (иногда с добавлением цифр или букв). Естественно, что все подобные действия вносят неоднозначность в понимание выделяемых стратонов, которые следует рассматривать лишь как условные (предварительные), нуждающиеся в назначении пригодного названия вида/подвида-индекса.

В ряде работ (Schweigert, 1998; Page, 2003; Meister et al., 2005 и др.) биогоризонты индексируются двумя (реже тремя) видами руководящей группы. В таких случаях один (два) из видов-индексов на практике, как правило, оказывается излишним, поскольку диапазон его стратиграфического распространения совпадает с диапазоном другого вида-индекса или превышает его. Выделение биогоризонтов по частичному перекрытию диапазонов распространения нескольких видов нецелесообразно, поскольку такой подход может привести к установлению большого числа мало значащих стратонов совместного распространения, не имеющих почти никакого корреляционного потенциала (см. Уровни появления/исчезновения таксонов на рис. 5). В этом случае лучше использовать параллельные последовательности и комплексные шкалы биогоризонтов (см. выше).

Иногда биогоризонты выделяются по расцвету (акме-уровню) вида-индекса (Page, 1995). Это следует признать нежелательным по причине сомнительного корреляционного потенциала таких стратонов, так как (1) не существует единых отчетливых критериев границ акме-уровня, (2) акме-уровни одного вида в разных районах даже одного бассейна могут не совпадать (например, по экологическим причинам).

Другой нежелательной тенденцией стало выделение биогоризонтов без ссылки на конкретный интервал разреза, в котором они устанавли-

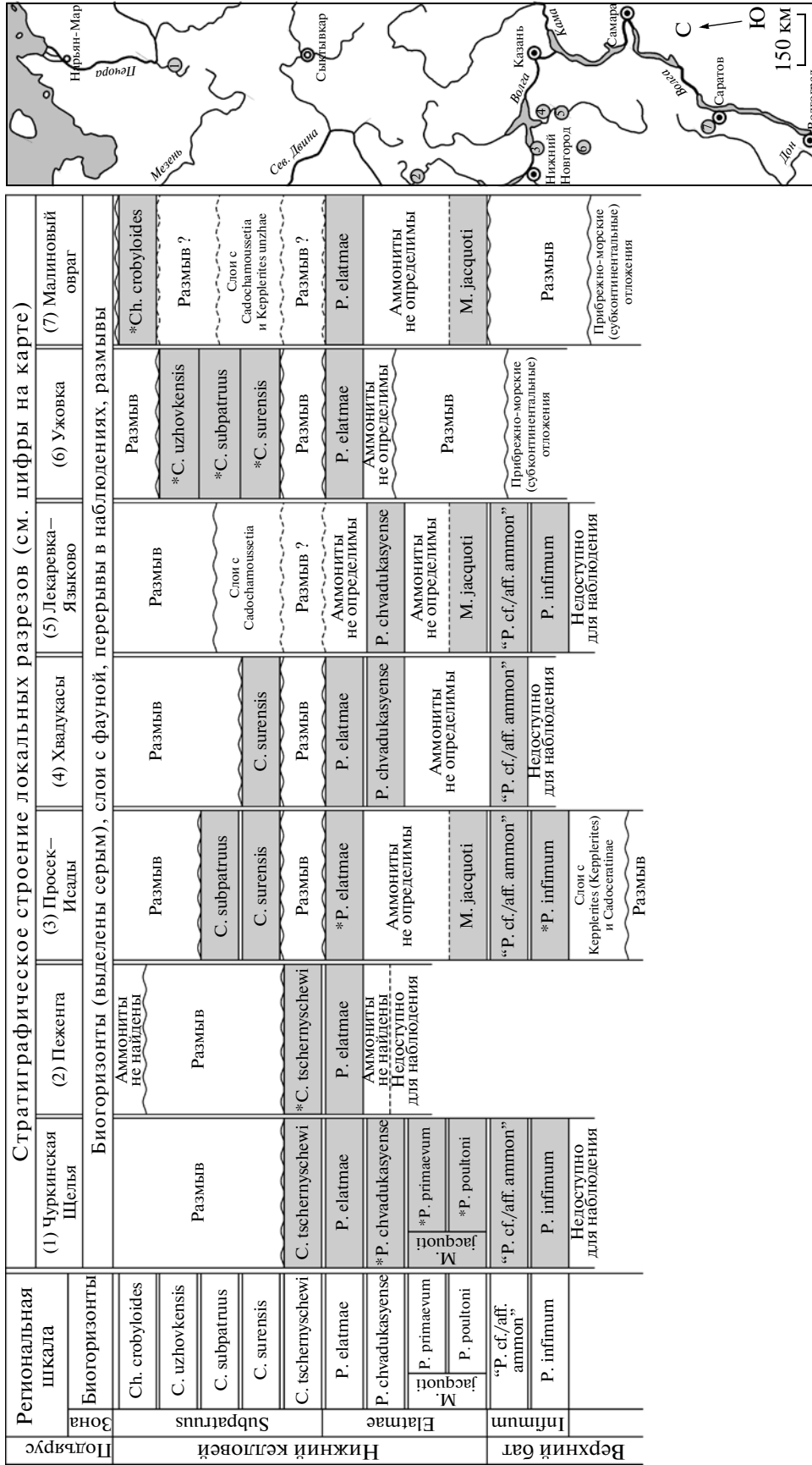


Рис. 6. Региональная шкала биогоризонтов пограничных отложений бата и келлова Европейской России, построенная по сопоставлению последовательностей биогоризонтов в локальных разрезах (по Буляев, Киселев, 1999; Буляев, Киселев, 1999, 2001, 2005, 2007, 2011, в печати; Gulyaev et al., 2002). В основу шкалы положена эндемичная филоиния бореальных представителей Paraceras (P.) – Cadochamousetia (C.) – Chamousetia (Ch.); кроме того, в шкалу включен являющийся межрегиональным биостратиграфическим репером биогоризонт, установленный по тетическому иммигранту Macroserphites (M.) jacquoti. Биогоризонты выделены серой заливкой. Звездочками обозначены стратотипы биогоризонтов.

ваются, и даже вообще на сам разрез (Митта, Стародубцева, 1998; Киселев, 2005 и др.). В тех случаях, когда у исследователя нет возможности привести в работе конкретные разрезы и стратиграфические интервалы или сослаться на описание таковых в более ранних публикациях, следует говорить о фаунистических комплексах (фаунах), как поступал, например, Дж. Кэлломон (Callomon, 1984b, 1993).

В некоторых случаях целые серии “горизонтов” выделены в гетерогенно конденсированных отложениях путем группировки в последовательные комплексы совместно встреченных, но, по мнению исследователя, разновозрастных видов (Митта, 2000). При этом совершенно не принимается во внимание то, что понятие “горизонт” подразумевает некий стратиграфический объем. В данной ситуации следует говорить о провизорных фаунистических комплексах.

Существующая номенклатурная неопределенность создает необходимость разработки свода базовых правил выделения и описания биогоризонтов (Гуляев, 2002; Gulyaev et al., 2010). Без них дальнейшие исследования могут привести к дискредитации инфразонального метода. В настоящей работе предлагается предварительный вариант таких номенклатурных правил, разработанных на основании опыта, накопившегося за время, прошедшее с момента опубликования работ Дж. Кэлломона (Callomon, 1984a; 1985), давших толчок бурному развитию инфразональной стратиграфии по аммонитам.

Важнейшими номенклатурными характеристиками любого таксона, в том числе и стратона, являются пригодность и валидность.

**Пригодность** складывается из нескольких критериев.

(1) *Название* биогоризонта должно состоять из слова “биогоризонт” или заменяющего его синонима (фаунистический горизонт, горизонт). Использование в названии биогоризонта его порядкового индекса (номера) в региональной/местной последовательности нецелесообразно. Вторым компонентом является название единственного пригодного таксона-индекса (вида или подвида) в сокращенной или полной форме без указания автора. Использование при этом нелинейных символов (букв, цифр) недопустимо, как и указание в качестве индекса видов в открытой номенклатуре, родов или еще не описанных таксонов. Все подобные действия рассматриваются как условные (предварительные) и требующие дальнейшей доработки. Третьим компонентом названия является латинизированное имя автора и год опубликования названия (выделения) биогоризонта. Последний компонент приводится только при ревизиях и описаниях. Автором биогоризонта считается первый исследователь, уста-

новивший соответствующий стратон данного ранга именно в этом смысле, даже если его индекс совпадает с индексом выделенной ранее вмещающей зоны или подзоны<sup>10</sup>. В качестве отправной даты, начиная с которой названия биогоризонтов могут считаться пригодными, принимается год опубликования цитированной выше работы С. Бакмэна (Buckman, 1893).

(2) Новое название биогоризонта, а также любой номенклатурный акт или информация, способная повлиять на номенклатуру, должны быть *опубликованы* по тем же критериям, которые приняты в действующих международных кодексах зоологической и ботанической номенклатуры.

(3) *Индекс* биогоризонта должен иметь пригодное, но не обязательно валидное название. Во избежание разночтений, при первоописании биогоризонта желательна ссылка на изображение и описание таксона-индекса, а также изображение имеющихся в распоряжении автора экземпляров, которые он считает принадлежащими к нему.

(4) Любой биогоризонт должен иметь *стратотип*. Его основные назначения: (а) охранять номенклатурное название (устойчивость номенклатуры), (б) обеспечивать потенциальную фальсифицируемость (проверку) исходных данных. Помимо стратотипа желательны также указание *стратотипической местности*, на которой данный биогоризонт имеет сходную палеонтологическую и геологическую характеристику. При утрате или невозможности установления голостратотипа в пределах стратотипической местности может быть выделен лектостратотип. В регионах за пределами типовой местности могут быть установлены *стратозэталоны* (опорные разрезы). Они не несут номенклатурной нагрузки и служат для дополнительной характеристики биогоризонта в данном регионе. Желательно, чтобы в пределах стратотипической местности стратотипический разрез являлся также и стратозэталонным. При невозможности выделения лектостратотипа в стратотипической местности в случае необходимости любой из стратозэталонов может быть выбран в качестве неостратотипа.

**Валидность.** В зоологической и ботанической номенклатуре основным критерием валидности выступает принцип приоритета, применение которого сводится только к старшинству опубликования пригодного названия. Применительно к биогоризонтам целесообразно использовать *тройственный принцип приоритета*, включающий соподчиненные принципы (1) детальности, (2) преэминентности и (3) старшинства.

<sup>10</sup> Иногда (Hantzpergue, 1989; Biostratigraphie..., 1997) авторы старших подразделений зонального ранга по недоразумению рассматриваются и как авторы одноименных биогоризонтов, такой подход неприемлем из-за принципиальных различий этих категорий стратонов.

**Рис. 7.** Комплексная шкала биогоризонтов келловейских и нижнеоксфордских отложений Европейской России, составленная на основе параллельных филолиний низкобореальных космоцератид (показаны в шкале серой заливкой) и высокобореальных кардиоцератид (показаны в шкале темно-серой заливкой), географические ареалы которых существенно перекрываются.

В шкалу включен имеющий особое значение для корреляции иммиграционный биогоризонт, основанный на субтетическом представителе оппелеид (без заливки). Биогоризонты, установленные по суббореальным перисфинктидам (без заливки), используются преимущественно в районах, где космоцератиды редки или не встречены (по Киселев, 2001, 2005, 2006; Gulyaev et al., 2002; Киселев и др., 2003; Киселев, Меледина, 2004; Киселев, Рогов, 2005; Гуляев, 2005; Kiselev et al., 2006; Wierzbowski, Rogov, 2011). Горизонтальными стрелками показаны иммиграции, а вертикальными стрелками – филогенетические связи аммонитов.

(1) *Принцип детальности* является важнейшим, вытекающим из самого определения биогоризонта. Согласно ему биогоризонт, имеющий меньший геохронологический объем, приоритетен перед биогоризонтом, имеющим больший геохронологический объем. Чтобы избежать злоупотреблений, рекомендуется использовать этот принцип, только когда доказанная разница в объемах превышает 50%, например три биогоризонта вместо двух в том же интервале.

(2) *Принцип преемственности* гласит, что биогоризонт, выделенный по виду (подвиду) той же филетической линии, что и соседние, приоритетен перед биогоризонтом, выделенным по виду (подвиду) другой филетической линии, если это не противоречит принципу детальности. Естественно, что эволюционные фазы (циклы) в разных филетических линиях могут не совпадать; принцип преемственности направлен на то, чтобы в этом случае избежать потенциального перекрытия стратонов. Если соседние биогоризонты выделены по видам разных филетических линий, но их объемы совпадают, то ситуация с названием среднего биогоризонта должна разрешаться конвенционным путем, хотя на практике почти всегда есть какое-либо предпочтение. При наличии параллельных филогенетических и иммиграционных биогоризонтов целесообразно сохранять оба типа стратонов в пределах одной шкалы, поскольку филогенетические биогоризонты больше определяют преемственность, а иммиграционные, как правило, имеют больший корреляционный потенциал.

(3) *Принцип старшинства* состоит в том, что старейшее из пригодных названий биогоризонта приоритетно перед более поздними, если это не противоречит принципам детальности и преемственности.

Следует иметь в виду, что номенклатура биогоризонтов в определенной степени зависит от номенклатуры видов-индексов.

1. В случае, если название вида-индекса меняется на объективной основе (объективная синонимия или омонимия), т.е. номенклатурный тип сохраняется, название биогоризонта также автоматически меняется, но автор остается прежним, а его фамилия ставится в круглые скобки.

2. В случае, когда название вида-индекса становится невалидным вследствие субъективной синонимии, также невалидным становится и название биогоризонта. Это связано с тем, что интервалы стратиграфического распространения старшего и младшего синонимов потенциально могут различаться. Автором нового названия биогоризонта будет считаться первый проводивший его ревизию. Если геохронологический объем биогоризонта и его положение в шкале при этом не изменились, старое название попадает в синонимичку нового названия.

Ниже приводится рекомендуемый план описания биогоризонтов. Сокращением “н/о” помечены необязательные пункты.

*Название* (с именем автора и годом опубликования, для новых биогоризонтов – с пометкой “nov”).

*Синонимика* (для невалидных названий желательно указание причин, по которым они отвергнуты).

*Индекс* (со ссылкой на изображение и описание).

*Стратотип* (с обязательным указанием конкретного интервала в опубликованном разрезе).

*Стратотипическая местность* (н/о).

*Стратоэталон* (н/о).

*Палеонтологическая характеристика* (перечень компонентов комплекса руководящих ископаемых или его развернутая характеристика).

*Стратиграфическое положение* (положение биогоризонта в местной шкале и корреляция со шкалами других регионов).

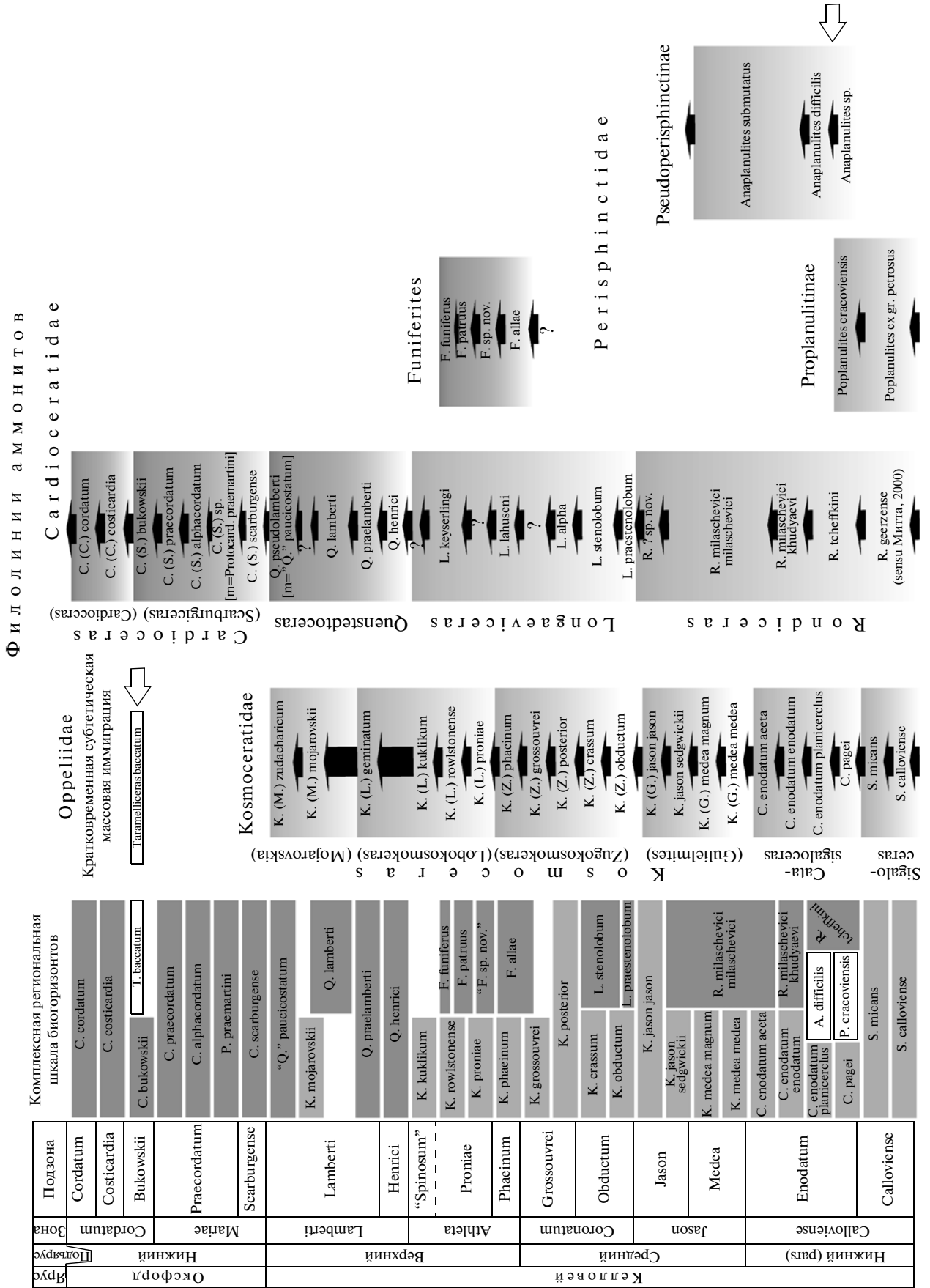
*Замечания* (н/о).

*Распространение* (регионы, в которых данный биогоризонт выделяется).

*Местонахождения* (перечень разрезов, в которых автором встречен данный биогоризонт).

Авторы прекрасно отдают себе отчет в том, что в приведенном выше перечне номенклатурных правил ими учтены далеко не все возможные ситуации и разрешены не все противоречия. Такой цели, собственно, и не ставилось. Важно, что этот перечень может лечь в основу дальнейших разработок, изысканий и дискуссий среди заинтересованных исследователей. Предложенные принци-





пы выделения и использования биогоризонтов в последние годы успешно применялись авторами статьи при детальном изучении батско-келловейских (Гуляев, 1999, 2001, 2005; Киселев, 2001, 2006; Киселев, Рогов, 2007 и др.) и кимериджско-волжских (Рогов, 2005; Rogov, 2010) отложений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование биогоризонтов открывает новые перспективы в решении двух основных задач стратиграфии — расчленения и сопоставления (корреляции). Благодаря использованию инфразональных подразделений обе эти задачи решаются все более и более успешно. Не случайно большинство дискуссий по GSSP ярусов юрской системы сводятся к вопросу, по подошве какого биогоризонта проводить границу.

Представляется, что даже в исследовании юрской системы в общемировом масштабе инфразональная стратиграфия находится на стадии становления. Хочется надеяться, что идеи, изложенные в данной работе, смогут помочь исследователям, занимающимся не только юрой, но и другими стратиграфическими интервалами, и не только аммонитами, но и другими группами, в осуществлении более тщательного расчленения и сопоставления осадочных толщ фанерозоя на основе уже накопленного опыта в изучении юрской системы. Такие примеры известны — биогоризонты все чаще используются при изучении меловой и триасовой систем, появляются инфразональные шкалы, основанные на белемнитах. Таким образом, можно рассчитывать на дальнейший прогресс детальных биостратиграфических исследований.

*Благодарности.* Мы признательны коллегам, с которыми в течение последних лет обсуждали основные положения данной работы, — И.С. Барскову, В.Н. Беньямовскому, А.Ю. Гладенкову, Ю.Б. Гладенкову, В.А. Захарову, О.А. Корчагину, В.В. Митта, С.В. Наугольных, В.А. Прозоровскому, D. Vert, M. Hart, J.-L. Latil, F. Olóriz, K. Page, а также рецензентам Б.Н. Шурыгину и Е.Ю. Барабошкину, сделавшим ряд ценных замечаний.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 09-05-00456).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аркелл В.Дж. Юрские отложения Земного шара. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1961. 801 с.
- Гуляев Д.Б. Макроцефалитины и говерицератины (Ammonoidea) зоны elatmae и стратиграфия нижнего келловей центральных районов Русской платформы // Проблемы стратиграфии и палеонтологии мезозоя. Научные чтения, посвященные М.С. Месежникову. СПб.: ВНИГРИ, 1999. С. 63–85.
- Гуляев Д.Б. Инфразональная аммонитовая шкала верхнего бата—нижнего келловей Центральной России // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2001. Т. 9. № 1. С. 68–96.
- Гуляев Д.Б. Аммонитовые инфразональные стратоны в стратиграфии юры (определение и номенклатура) // Материалы молодежн. конф. “2-е Яншинские чтения”. Современные вопросы геологии. Сборник научных трудов. М.: Научный мир, 2002. С. 271–274.
- Гуляев Д.Б. Инфразональное расчленение верхнего бата и нижнего келловей Восточно-Европейской платформы по аммонитам // Материалы Первого Всероссийского совещания “Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии”. М.: ГИН РАН, 2005. С. 64–70.
- Гуляев Д.Б. Новые данные по биостратиграфии отложений верхнего бата и нижнего келловей опорного разреза Чуркинская Щелья (р. Пижма, бассейн Печоры) // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Второе Всероссийское совещание: научные материалы. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2007. С. 49–58.
- Гуляев Д.Б. Эволюция аммонитов рода *Paraceras* и инфразональная корреляция пограничных отложений бата и келловей бореальных районов // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов. Материалы научн. сессии (18–22 апр. 2011 г.). В 2 томах. Т. I. Мезозой. Новосибирск: ИНГ СО РАН, 2011. С. 74–78.
- Гуляев Д.Б. Эволюция и система среднеюрских бореальных аммонитов рода *Paraceras Crickmay* (Cardioceratidae) и инфразональное расчленение пограничных отложений бата и келловей Европейской России // Материалы научной конференции “К 100-летию со дня рождения профессора А.Н. Иванова.” Ярославль: Изд-во ЯГПУ, в печати.
- Гуляев Д.Б., Киселев Д.Н. Бореальный морской верхний бат Среднего Поволжья (аммониты и стратиграфия) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1999. Т. 7. № 3. С. 79–94.
- Жамойда А.И., Ковалевский О.П., Моисеева А.И. Обзор зарубежных стратиграфических кодексов // Труды Межведомственного стратиграфического комитета. 1969. Т. 1. 103 с.
- Захаров В.А., Рогов М.А., Киселев Д.Н. Корреляционный потенциал зональной и инфразональной стратиграфии (на примере юрской системы) // Палеонтология, палеобиогеография и палеоэкология. Материалы ЛП сессии Палеонтологического общества при РАН, 2–6 апреля 2007. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2007. С. 55–57.
- Киселев Д.Н. Зоны, подзоны и биогоризонты среднего келловей Центральной России // Спец. выпуск трудов Естественно-географического факультета ЯГПУ. 2001. № 1. 38 с.
- Киселев Д.Н. Параллельные биогоризонты келловей Европейской России по кардиоцератидам и их роль в корреляции келловейских шкал Бореальной и Суббореальной провинций // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Москва: ГИН РАН, 2005. С. 119–127.

- Киселев Д.Н.* Биостратиграфическое расчленение келловейских отложений в разрезах на р. Сыsole у с. Вотча // *Новости стратиграфии и палеонтологии*. Вып. 6-7. Приложение к журналу “Геология и геофизика”. 2006. Т. 46. С. 160–186.
- Киселев Д.Н., Меледина С.В.* Аммонитовые комплексы и биогоризонты подзоны *Kosmoseras jason* (средний келловей) на Русской платформе // *Новости стратиграфии и палеонтологии*. Вып. 6-7. Приложение к журналу “Геология и геофизика”. 2004. Т. 45. С. 157–175.
- Киселев Д.Н., Rogov M.A.* Зоны, подзоны и биогоризонты верхнего келловей и нижнего оксфорда Европейской России // *Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии*. Москва: ГИН РАН, 2005. С. 128–134.
- Киселев Д.Н., Rogov M.A.* Стратиграфия пограничных отложений бата и келловей в разрезе у с. Просек (Среднее Поволжье). Статья 1. Аммониты и инфразональная стратиграфия // *Стратиграфия. Геол. корреляция*. 2007. Т. 15. № 5. С. 42–73.
- Киселев Д.Н., Гуляев Д.Б., Rogov M.A.* Происхождение и систематическое положение *Funiferites* – нового рода келловейских кардиоцератид (*Ammonoidea*) // *Ред. Богданов Н.А., Васильева Т.И., Вержбицкий В.Е. и др. Современные вопросы геологии. Материалы конференции “Третьи Яншинские чтения”, 26–28 марта 2003 г. М.: Научный мир, 2003. С. 220–225.*
- Лазарев С.С.* Особенности типизации в стратиграфической классификации // *Стратиграфия. Геол. корреляция*. 1997. Т. 5. № 2. С. 91–104.
- Лакатос И.* Методология научных исследовательских программ // *Вопросы философии*. 1995. № 4. С. 135–154.
- Международный стратиграфический справочник. Ред. Хедберг Х. М.: Мир, 1978. 226 с.
- Международный стратиграфический справочник. Сокращенная версия. Ред. Гладенков Ю.Б. М.: Геос, 2002. 38 с.
- Месежников М.С.* Филогенетические основания первых зональных схем (80-е годы XIX века–30-е годы XX века) // *Труды XXXV сессии Всесоюзного палеонтологического общества (январь 1989 г., Ленинград)*. СПб: Наука, 1993. С. 35–41.
- Mumta V.V.* Аммониты и биостратиграфия нижнего келловей Русской платформы // *Бюлл. КФ ВНИГНИ*. № 3. 2000. 144 с.
- Mumta V.V., Стародубцева И.А.* Полевые работы 1998 г. и биостратиграфия нижнего келловей Русской платформы // *VM-Novitates*. 1998. № 2. 20 с.
- Rogov M.A.* Новая схема корреляции титонского и волжского ярусов на основании данных о распространении тетических аммонитов в нижне- и средневожских отложениях Центральной России // *Проблемы стратиграфии и палеогеографии бореального мезозоя. Материалы научной сессии “Пятое Саксовские чтения”, 23–25 апреля 2001 г., Новосибирск*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “Гео”, 2001. С. 25–27.
- Rogov M.A.* Ассоциации моллюсков позднеюрского моря Восточно-Европейской платформы // *Труды ГИН РАН*. 2005. Вып. 516. С. 178–199.
- Rogov M.A., Гуляев Д.Б., Киселев Д.Н.* Палеобиогеография и корреляционный потенциал инфразональных биостратиграфических подразделений // *Палеонтология и совершенствование стратиграфической основы геологического картографирования. Материалы LV сессии Палеонтологического общества при РАН, 6–10 апреля 2009 г., Санкт-Петербург*. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. С. 127–129.
- Стратиграфический кодекс. Издание второе, дополненное. СПб.: ВСЕГЕИ, 1992. 120 с.
- Стратиграфический кодекс России. Издание третье, утвержденное бюро МСК 18 октября 2005 г. СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.
- Arkell W.J.* The Jurassic system in Great Britain. Oxford: Clarendon press, 1933. 681 p.
- Arkell W.J.* Jurassic Geology of the World. Edinburgh, London: Oliver&Boyd, 1956. 807 p.
- Bather F.* Biological classification: past and future // *Proc. Geol. Soc.* 1927. V. LXXXIII. P. lxii–civ.
- Biostratigraphie du Jurassique Ouest-Européen et Méditerranéen: zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles // *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod.* 1997. Mém. 17. 440 p.
- Buckman S.S.* The Bajocian of the Sherborne district: its relation to subjacent and superjacent strata // *Quarterly J. Geol. Soc.* 1893. V. 49. P. 479–522.
- Buckman S.S.* On the grouping of some divisions of so-called “Jurassic” Time // *Quarterly J. Geol. Soc.* 1898. V. 54. P. 442–462.
- Buckman S.S.* The term “hemera” // *Geol. Mag.* 1902. V. IX. № XII. P. 554–557.
- Buckman S.S.* Yorkshire type ammonites. London: Wesley&Sons, 1909–1930. V. 1–7. 790 p.
- Buckman S.S.* Palaeontological classification and comparison of certain Jurassic rocks of Raasay and Skye // *The Mesozoic rocks of Applecross, Raasay, and North-East Skye*. Ed. Lee G.W. Edinburgh: Morrison and Gibb, 1920. P. 64–89.
- Buckman S.S.* Jurassic chronology: III – some faunal horizons in Cornbrash // *Quarterly J. Geol. Soc.* 1927. V. 83. P. 1–37.
- Bulot L., Thieuloy J.-P., Blanc E., Klein J.* Le cadre stratigraphique du valanginien supérieur et de l’hauterivien du Sud-Est de la France: définitions des biochronozones et caractérisation de nouveaux bio-horizons // *Géologie Alpine*. 1992. T. 68. P. 13–56.
- Callomon J.H.* Notes on the Callovian and the Oxfordian Stages // *Colloque du Jurassique, Luxembourg, 1962*. C. R. et Mém. Inst. grand-ducal, Sect. Sci. Nat., Phys. et Math. Luxembourg, 1964. P. 269–291.
- Callomon J.H.* Biostratigraphy, chronostratigraphy and that-again // *Int. Symp. Jurassic Stratigr., Erlanger, Sept. 1–8, 1984*. V. III. Copenhagen: Geol. Surv. Denmark, 1984a. P. 611–624.

- Callomon J.H.* A review of the biostratigraphy of the post-Lower Bajocian Jurassic ammonites of the western and northern North America // *Geol. Assoc. Canada*. 1984b. Spec. Pap. 27. P. 143–174.
- Callomon J.H.* The evolution of the Jurassic ammonite family *Cardioceratidae* // *Spec. Pap. Palaeontol.* 1985. № 35. P. 49–90.
- Callomon J.H.* The ammonite succession in the Middle Jurassic of East Greenland // *Bull. Geol. Soc. Denmark*. 1993. V. 40. P. 83–113.
- Callomon J.H.* Time from fossils: S.S. Buckman and Jurassic high-resolution geochronology // *Milestones in geology*. Ed. Le Bas M.J. Mem. Geol. Soc. London. 1995. № 16. P. 127–150.
- Callomon J.H.* Fossils as geological clocks // *The age of the Earth: from 4004 BC to AD 2002*. Eds. Lewis C.L.E., Kneel S.L. Geol. Soc. London. Spec. Publ. 2001. V. 190. P. 237–252.
- Callomon J.H., Chandler R.B.* A review of the ammonite horizons of the Aalenian–Lower Bajocian stages in the Middle Jurassic of southern England // *Mem. Descr. della Carta Geol. d'Ital.* 1990. V. 40. P. 85–112.
- Dieltl G.* Der hochstetteri-Horizont – ein Ammonitenfaunen-Horizont (Discus-Zone, Ober-Bathonium, Dogger) aus dem Schwäbischen Jura // *Stuttg. Beitr. Naturk.* 1994. Nr. 202. 39 s.
- Fenton C.L., Fenton M.A.* Ecologic interpretation of some biostratigraphic terms // *American Midland Naturalist*. 1928. V. IX. № 1. P. 1–23.
- Goy A.* Ammonoideos del Triásico Medio de España: bioestratigrafía y correlaciones // *Cuadernos de Geología Ibérica*. 1995. № 19. P. 21–60.
- Gulyaev D.B., Kiselev D.N., Rogov M.A.* Biostratigraphy of the Upper Boreal Bathonian and Callovian of the European Russia // 6th Int. Symp. on the Jurassic System, September 12–22, 2002, Palermo. Abstracts and program. Ed. Martire L. Palermo, 2002. P. 81–82.
- Gulyaev D.B., Rogov M.A., Kiselev D.N.* Nomenclature problems of ammonite biohorizons (faunal horizons) in Jurassic and Cretaceous stratigraphy // *Earth Sci. Frontiers*. 2010. V. 17. Spec. Iss. P. 91–93.
- Hantzpergue P.* Les Ammonites kimméridgiennes du haut-fond d'Europe occidentale. Biochronologie, Systématique, Evolution, Paléobiogéographie. Cahiers de Paléontologie, édit. C.N.R.S. 1989. 428 p.
- Hoedemaeker Ph.J., Reboulet S., Aguirre-Urreta M.B. et al.* Report on the 1st International Workshop of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the “Kilian Group” (Lyon, 11 July 2002) // *Cretaceous Res.* 2003. V. 24. P. 89–94.
- Howarth M.K.* Ammonites of the Liassic family *Amaltheidae* in Britain // *Monograph of the Palaeontographical Society, London*. 1958. Part I, P. 1–26, Part II, P. 27–53.
- Imlay R.W.* Early and Middle Bajocian (Middle Jurassic) ammonites from Southern Alaska // *US Geol. Surv. Prof. Pap.* 1984. № 1322. 38 p.
- Kiselev D.N., Rogov M.A., Guzhikov A.M. et al.* Dubki (Saratov region, Russia), the reference section for the Callovian/Oxfordian boundary // *Volumina Jurassica*. 2006. V. IV. P. 178–180.
- McArthur J.M., Donovan D.T., Thirlwall M.F. et al.* Strontium isotope profile of the early Toarcian (Jurassic) oceanic anoxic event, the duration of ammonite biozones, and belemnite palaeotemperatures // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2000. V. 179. P. 269–285.
- Meister C.* Worldwide ammonite correlation at the Pliensbachian Stage and Substage Boundaries (Lower Jurassic) // *Stratigraphy*. 2010. V. 7. № 1. P. 83–101.
- Meister C., Blau J., Dommergues J.-L., Schlatter R. et al.* Ammonites from the Lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, Mexico). Part IV: Biostratigraphy, palaeobiogeography and taxonomic addendum // *Revue de Paléobiologie*. 2005. V. 24. № 1. P. 365–384.
- Mitchell S.F.* Eight belemnite biohorizons in the Cenomanian of northwest Europe and their importance // *Geol. J.* 2005. V. 40. P. 363–382.
- Mitta V.V.* The genus *Cadochamousetia* in the phylogeny of the Jurassic *Cardioceratidae* (Ammonoidea) // *Advancing Research on Living and Fossil Cephalopods: Development and Evolution: Form, Construction, and Function: Taphonomy, Palaeoecology, Palaeobiogeography, Biostratigraphy, and Basin Analysis*. Eds. Olóriz F., Rodríguez-Tovar F.J. N.-Y.: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999. P. 125–136.
- Mouterde R., Enay R., Cariou E. et al.* Les zones du Jurassique en France // *C.R. Somm. d. Séances d.l. Soc. Géol. France*. 1971. Fasc. 2. P. 76–102.
- Neumayr M.* Ueber unvermittelt auftretende Cephalopodentypen im Jura Mitteleuropas // *Jb. k.k. Geol. Reichsanst.* 1878. Bd. XXVIII. Hft. I. S. 37–80.
- Oppel A.* Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands // *Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württemberg*. 1856–1858. Bd. 12–14. 857 s.
- Page K.N.* Biohorizons and zonules: infra-subzonal units in Jurassic ammonite stratigraphy // *Palaeontology*. 1995. V. 38. Pt. 4. P. 801–814.
- Page K.N.* The Lower Jurassic of Europe: its subdivision and correlation // *Geol. Surv. Denmark and Greenland Bull.* 2003. № 1. P. 23–59.
- Phelps M.C.* A refined ammonite biostratigraphy for the Middle and Upper Carixian (Ibex and Davoei zones, Lower Jurassic) in North-West Europe and stratigraphic details of the Carixian–Domerian boundary // *Geobios*. 1985. № 18. Fasc. 3. P. 321–362.
- Rogov M.A.* A precise ammonite biostratigraphy through the Kimmeridgian–Volgian boundary beds in the Gorodischi section (Middle Volga area, Russia), and the base of the Volgian Stage in its type area // *Volumina Jurassica*. 2010. V. VIII. P. 103–130.
- Rogov M., Zakharov V., Kiselev D.* Molluscan immigrations via biogeographical ecotone of the Middle Russian Sea during the Jurassic // *Volumina Jurassica*. 2009. V. VI. P. 143–152.

- Schweigert G.* Die Ammonitenfauna des Nusplinger Plattenkalks (Ober-Kimmeridgium, Beckeri-Zone, Ulmense-Subzone, Baden-Württemberg) // Stuttg. Beitr. Naturk. Ser. B. 1998. Nr. 267. 61 s.
- Sykes R.M., Callomon J.H.* The Amoebocheras zonation of the Boreal Upper Oxfordian // *Palaeontology*. 1979. V. 22. Pt. 4. P. 839–903.
- Trueman A.E.* Some theoretical aspects of correlation // *Proc. Geol. Assoc.* 1923. V. 34. Iss. 3. P. 193–206.
- Vermeulen J.* Biohorizons ammonitiques dans le Barrémien du Sud-Est de la France (de la zone à Hugii à la zone à Sartousiana) // *Géologie Alpine*. 1997. T. 73. P. 99–117.
- Waagen W.* Die Formenreiche des Ammonites subradiatus // *Geogn.-Paläont. Beitr.* 1869. Bd. II. Hft. II. S. 179–256.
- Whittaker A., Cope J.C.W., Cowie J.W. et al.* A guide to stratigraphical procedure // *J. Geol. Soc. London*. 1991. V. 148. P. 813–824.
- 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.

*Рецензенты Е.Ю. Барабошкин, Б.Н. Шурыгин*