

На правах рукописи



Прошина Полина Алексеевна

**СТРАТИГРАФИЯ И ПЛАНКТОННЫЕ ФОРАМИНИФЕРЫ
СЕМЕЙСТВА HETERONELICIDAE КАМПАНА И МААСТРИХТА
КРЫМА, КИПРА И ПОВОЛЖЬЯ**

1.6.2 – Палеонтология и стратиграфия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Геологический институт Российской академии наук (ГИН РАН) в лаборатории микропалеонтологии.

Научный руководитель: **Брагин Никита Юрьевич**, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории стратиграфии фанерозоя ГИН РАН, г. Москва.

Официальные оппоненты: **Закревская Елена Юрьевна**, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского Российской академии наук, г. Москва.

Амон Эдуард Оттович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории протистологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка Российской академии наук, г. Москва.


Ведущая организация: **АО «Нижне-Волжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики»**, г. Саратов.

Защита состоится **28 февраля 2024 г. в 14 ч. 30 мин.** на заседании диссертационного совета 24.1.019.01, созданного на базе ГИН РАН, по адресу: Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 1, в конференц-зале (4 этаж).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке геологической литературы Секции наук о Земле по адресу: Москва, Старомонетный пер., 35 (здание ИГЕМ РАН) и на официальном сайте ГИН РАН: <http://ginras.ru/struct/>.

Автореферат разослан «___» января 2024 г.

Отзывы на автореферат, оформленные в соответствии с требованиями ВАК, в 2-х экземплярах, просим направлять по адресу: 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 1, ГИН РАН, ученому секретарю диссертационного совета, e-mail: fillita@yahoo.com, filimonova@ginras.ru.

Ученый секретарь
Диссертационного совета, к.г.-м.н.  Филимонова Т.В.

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени сложилась необходимость детальных исследований систематики, филогении, стратиграфического и палеогеографического значения верхнемеловых (особенно кампан-маастрихтских) планктонных фораминифер *Heterohelicidae* в районах, где они до сих пор не изучались или изучались недостаточно. К таковым относятся регионы южной Европейской части России, а также некоторые прилегающие территории Тетической области (в частности, Кипр). Именно в данных районах чрезвычайно актуальны разработка и применение новых биостратиграфических схем, а также детальный сравнительный анализ комплексов *Heterohelicidae* (гетерогелицид) с целью внедрения этой группы в стратиграфическую практику. Более того, это будет способствовать и прогрессу в области таких проблем и задач как общая ревизия данной группы, совершенствование биостратиграфических схем на ее основе, разработка палеоэкологических и палеобиогеографических построений по этой группе.

Актуальность темы исследования. Региональные биостратиграфические схемы для верхнего мела Европейской части России объединяют зональные схемы по белемнитам, иглокожим и бентосным фораминиферам. Принятый в настоящее время зональный стандарт (Gale et al., 2020) опирается на схемы по организмам с субглобальным распространением – аммонитам и спирально-коническим планктонным фораминиферам, которые редки в платформенных и шельфовых разрезах. Для внутри- и межрегиональной корреляции отложений Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и Крыма необходимо использование тех групп планктонных организмов, которые широко распространены в разрезах Европейской и Тетической палеобиогеографических областей. Одной из них являются спирально-винтовые планктонные фораминиферы семейства *Heterohelicidae*. Значительный прогресс в их систематике (Haynes et al., 2015 и др.) обусловил высокий стратиграфический потенциал этой группы (Georgescu, 2017). В России *Heterohelicidae* пока исследованы слабо, несмотря на обилие в верхнемеловых разрезах. Их изучение позволит совершенствовать региональные биостратиграфические схемы кампанского и маастрихтского ярусов. Крымский п-ов, в силу своего географического расположения, является связующим звеном для сопоставления платформенных (ВЕП) и океанических (Кипр) разрезов и корреляции с зональным стандартом.

Цель и задачи. Цель работы заключалась в создании биостратиграфической схемы по *Heterohelicidae* для кампана и маастрихта Крыма и Кипра, которая должна быть скоррелирована со стандартной зональной схемой для Тетического региона (Gale et al., 2020) и региональными стратиграфическими схемами; в обосновании схемы на филогении исследуемого семейства. Последнее подразумевает тщательное изучение систематического состава *Heterohelicidae*. Основные задачи включали:

1. выбор и изучение наиболее стратиграфически полных и представительных (опорных) разнофациальных разрезов кампана – маастрихта Крыма, Кипра и Поволжья, по возможности охарактеризованных другими группами фауны;

2. выбор наилучшей методики извлечения фораминифер для каждого из литотипов, выделение и изучение *Heterohelicidae*, формирование палеонтологических коллекций для каждого разреза и определение систематического состава гетерогелицид;

3. детальное изучение морфологии, систематики, а также анализ этапности развития гетерогелицид в кампанское и маастрихтское время;

4. анализ стратиграфического распространения видов, выделение и описание биостратонов, проведение их взаимной корреляции и сопоставление с подразделениями Общей стратиграфической шкалы;

5. анализ динамики биоразнообразия гетерогелицид в различающихся по палеоэкологии и палеогеографии (внутренний и внешний шельф, пелагиаль) бассейнах восточной части Европейской и Тетической палеобиогеографических областей.

Фактический материал. Материалом для написания настоящей работы послужили комплексы *Heterohelicidae* из 15 разрезов кампана-маастрихта Крыма (Кудрино, Бешкош, Чахмахлы, Аланкыр, г. Клементьева), Поволжья (г. Сырт и Лесная республика) и Кипра (Агиос Димитрианос, Сарама, Каннавиу, Врециа, Армоу, Парекклисиа, Айя Марина, Пано Панайя) (рис. 1). Пробы горных пород из разрезов Крыма – Кудрино, Бешкош, Чахмахлы и Аланкыр – были переданы автору А.Ю. Гужиковым (СГУ) и Е.Ю. Барабошкиным (МГУ, ГИН РАН). Пробы из разреза Лесная республика предоставлены А.В. Ивановым (ИГ РАН). Описание разрезов и отбор проб из Крыма (г. Клементьева), Поволжья (г. Сырт) и Кипра (Агиос Димитрианос, Сарама, Каннавиу, Врециа, Армоу, Парекклисиа, Айя Марина, Пано Панайя) проведены автором самостоятельно (2016-2022 гг.) и под руководством А.В. Иванова в Поволжье (2017 г.), Н.Ю. Брагина на Кипре (2019 и 2021 гг.), Д.М. Коршунова (ГИН РАН) в восточном Крыму (2019 и 2022 гг.). Планктонные фораминиферы изучены более чем из 300 образцов. Для каждого разреза составлены палеонтологические коллекции планктонных фораминифер, экземпляры сфотографированы автором на сканирующем микроскопе в двух проекциях – сбоку и со стороны периферического края (более 2500 фотографий).

Научная новизна и личный вклад автора. В исследованных отложениях автором выявлено 38 видов в составе 13 родов семейства *Heterohelicidae*. Расширено представление о видовом разнообразии гетерогелицид в кампане – маастрихте Поволжья до 10 видов; впервые в Крыму установлены 19 видов гетерогелицид (против двух ранее) и в разрезах Кипра – 18 видов.

Впервые по спирально-винтовым планктонным фораминиферам выделены биостратоны для Европейской (Крым) и Тетической (Кипр)

палеобиогеографических областей, обоснован их стратиграфический объём, проведены сопоставление изученных разрезов и их корреляция с Общей стратиграфической шкалой верхнего мела.

Впервые по Heterohelicidae напрямую сопоставлен интервал терминального кампана – нижнего маастрихта Поволжья, Крыма и Кипра (слои с *Laeviheterohelix glabrans*). Впервые скоррелированы верхнемаастрихтские отложения юго-западного и восточного Крыма (слои с *Guembelitra cretacea*). Впервые по Heterohelicidae охарактеризована клементьевская свита (восточный Крым), вмещающие отложения расчленены на слои с *Lv. glabrans* (терминальный кампан – нижний маастрихт), зоны *Racemiguembelina fructicosa* (терминальная часть нижнего – первая половина верхнего маастрихта) и *Pseudoguembelina hariaensis* (вторая половина верхнего маастрихта). Выявленные в разрезе зональные подразделения широкого географического распространения позволили сопоставить вмещающие отложения с опорными разрезами Западной Европы. По Heterohelicidae уточнены стратиграфическое положение и объём верхнемеловых формаций Кипра: Каннавиу (верхний кампан) и Мони (нижний маастрихт). Впервые по Heterohelicidae охарактеризованы формации Катикас и Лефкара, вмещающие отложения отнесены к верхнему маастрихту (слои с *Ps. palpebra*) и терминальному кампану – маастрихту (слои с *Pseudotextularia elegans*), соответственно.

Впервые для Поволжья, Крыма и Кипра составлен палеонтологический атлас Heterohelicidae, который включает описания всех изученных родов и некоторых стратиграфически значимых видов для кампанского и маастрихтского ярусов.

Впервые для кампана и маастрихта Крыма и Кипра проведен анализ биоразнообразия Heterohelicidae; предложена схема их этапности.

Теоретическое и практическое значение. Обоснована высокая перспективность использования планктонных фораминифер семейства Heterohelicidae в детальной биостратиграфии верхнего мела. В регионах исследований прослежены биостратоны глобального распространения, что говорит о значимости этой группы в решении общих (теоретических) и частных вопросов биостратиграфии верхнего мела. Анализ динамики разнообразия гетерогелицид найдет применение в таких направлениях фундаментальных исследований, как палеоэкология и палеогеография.

Предложенная биостратиграфическая схема по Heterohelicidae будет использоваться при проведении геологосъемочных работ и при геологоразведочных работах на закрытых территориях. Созданный палеонтологический атлас Heterohelicidae будет использоваться в практике микропалеонтологических исследований.

Защищаемые положения.

1. Кампанский и маастрихтский века являются завершающей стадией развития группы планктонных фораминифер Heterohelicidae. Эта стадия в разрезах Крыма и Кипра представлена этапами: (1) ранний – первая половина

позднего кампана с относительно обедненными комплексами после событий рубежа сантона – кампана (вымирание рода *Sigalia*), (2) вторая половина позднего кампана – ранний маастрихт, отличающийся ростом разнообразия комплексов вследствие диверсификации родов *Laeviheterohelix*, *Praegublerina* и *Pseudotextularia*, (3) поздний маастрихт, характеризующийся обилием Heterohelicideae за счет развития *Pseudoguembelina* и родов *Planoglobulina* и *Racemiguembelina* с многорядным строением раковины.

2. Кампанские и маастрихтские отложения Средиземноморского подвижного пояса (Крым и Кипр) расчленяются по спирально-винтовым планктонным фораминиферам на 4 интервал-зоны и 6 слоев с фауной. В разрезах Поволжья прослежены слои с *Planoheterohelix striata* (верхний маастрихт) и слои с *Laeviheterohelix glabrans* (терминальный кампан – нижний маастрихт). Установленные интервал-зоны по Heterohelicideae обеспечивают надежную корреляцию с зональным стандартом по планктонным фораминиферам Западной Европы.

3. Для Тетической (Кипр) и Европейской (Крым и Поволжье) палеобиогеографических областей выделяются следующие типы фаунистических ассоциаций Heterohelicideae: (1) открытого океанического бассейна (Кипр), который демонстрирует практически полное сходство с пелагическими разрезами низких палеоширот Земного Шара, (2) внешнего шельфа и/или континентального склона (восточный Крым), обладающий высоким разнообразием за счет крупных многорядных видов, (3) внутреннего шельфа (юго-западный Крым), отличающийся постоянным присутствием обедненных комплексов, (4) мелководных внутренних морей (Поволжье), характеризующиеся спорадическим появлением невыдержанных по таксономическому составу комплексов.

Структура работы. Диссертация состоит из Введения, шести глав, Заключение, списка цитируемой литературы, 18 фототаблиц и пояснений к ним. Список литературы включает 275 наименований, 192 из которых на иностранных языках. Общий объем диссертации составляет 203 страницы, работа проиллюстрирована 32 рисунками.

Апробация работы. По теме диссертации автором или в соавторстве опубликовано 23 работы: 6 статей в отечественных и зарубежных изданиях, включенных в «Перечень...» ВАК Минобрнауки России, 2 статьи в сборниках и 15 тезисов докладов в материалах конференций. Результаты исследований, положенные в основу диссертационной работы, докладывались автором на 2 международных и 13 всероссийских конференциях: XIII и XIV Всероссийской научной школе молодых ученых-палеонтологов (Москва, 2016, 2017), XXII Международной научной конференции (Школе) по морской геологии (Москва, 2017), Ежегодных сессиях «Палеострат» (Москва, 2018, 2022), Всероссийских Меловых совещаниях (Белгород, 2018, Магадан, 2020, Томск, 2022), XVII и XVIII Всероссийском микропалеонтологическом совещании (Казань, 2018, Санкт-Петербург, 2023), 3^{ем} Международном конгрессе по стратиграфии STRATI

(Милан, 2019), XII научных чтениях памяти профессора М.В. Муратова «Проблемы региональной геологии северной Евразии» (Москва, 2020), Всероссийской научной конференции памяти профессора В.Г. Очева «Проблемы палеоэкологии и исторической геоэкологии» (Тольятти, 2021), XVIII Геологическом конгрессе Сербии (Дивчибаре, 2022), LXIX сессии Палеонтологического общества при РАН (Санкт-Петербург, 2023).

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность руководителю Н.Ю. Брагину (ГИН РАН) за всестороннюю помощь и поддержку на протяжении всей работы. Я благодарна Е.Ю. Барабошкину, А.Ю. Гужикову, Е.М. Первушовой (СГУ), А.В. Иванову и Л.Г. Брагиной (ГИН РАН) за помощь при проведении полевых работ и обсуждении проблем стратиграфии верхнего мела. Отдельная благодарность Л.Ф. Копаевич (МГУ) и В.С. Вишневской (ГИН РАН) за множество ценных комментариев, а также А.С. Алексееву (МГУ) за замечания, которые имели большое значение на заключительном этапе написания работы. Отдельно хочется поблагодарить Dan Gerogescu (University of Calgary) и Brian Huber (Smithsonian Institution) за бесценные советы в области таксономии позднемеловых планктонных фораминифер. Тепло благодарю Efthymios Tsiolakis, Vasilis Symeou и Nikolaos Papadimitriou (Cyprus Geological Survey) за организацию полевых исследований на о. Кипр. Выражаю признательность Е.М. Тесаковой (МГУ, ГИН РАН) за многочисленные обсуждения вопросов стратиграфии и палеонтологии, которые имели неопределимое значение в процессе написания работы. Я признательна В.Н. Беньямовскому (ГИН РАН), Т.В. Филимоновой (ГИН РАН) и всем сотрудникам лаборатории микропалеонтологии ГИН РАН за тепло и поддержку в начале моего пути и на протяжении всей работы. Искренне благодарна Г.Н. Александровой (ГИН РАН) и К.В. Домогацкой (ГИН РАН) за постоянную поддержку. Отдельная благодарность И.П. Рябову (СГУ), Д.М. Коршунову (ГИН РАН), М.С. Карпук (ГИН РАН), Е.Е. Барабошкину (МГУ), И.А. Степанову (МГУ), Д.А. Смольяновой (МГУ), а также студентам МГУ и СГУ за помощь в сборе материала. Благодарю Р.А. Воинову (МГУ) и Н.О. Митрофанову (ГИН РАН) за помощь в технической обработке проб, Р.А. Ракитова (ПИН РАН) и Н.В. Горькову (ГИН РАН) за помощь при организации фотографирования планктонных фораминифер на сканирующих микроскопах. Работа выполнена в рамках госзадания ГИН РАН и при финансовой поддержке грантов РФФИ №18-05-00501, №18-05-00784, №19-55-25001 и РНФ №22-27-00556 и №22-17-00091.

ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ПЛАНКТОННЫХ ФОРАМИНИФЕР ГЕТЕРОГЕЛИЦИД

История изучения семейства Heterohelicidae начинается с середины XIX века (Ehrenberg, 1839; 1843; 1844; 1854 и др.). На сегодняшний день существенный вклад в его познание внесли Д. Георгеску с коллегами (Georgescu, 2007a, 2007b, 2009a, 2009b, 2010, 2011, 2013a, 2013b, 2014a, 2014b,

2016, 2017; Georgescu, Almogi-Labin, 2008; Georgescu, Huber, 2009; Georgescu, Abramovich, 2008a, 2008b, 2009; Georgescu et al., 2008, 2011; Handbook., 2016).

1.1. Развитие взглядов на систематику гетерогелицид

Описания *Heterohelicidae* в основном представлены в работах западноевропейских микропалеонтологов (Ehrenberg, 1839; 1843; 1844; 1854; Egger, 1899; Cushman, 1927b, Cushman, 1938; Hofker, 1959, 1960; Glessner 1936; Montanaro Gallitelli, 1957; 1928; Brönnimann, Brown, 1953; Montanaro Gallitelli, 1957; Nederbragt, 1990, 1991 и др.). Активное становление систематики семейства происходило в XX веке (Cushman, 1927a, 1928, 1948; Colom, 1946, Le Calvez, 1953; Loeblich, 1951; Galloway, 1933; Glessner, 1936, 1937, 1945; Sigal, 1952; Pokorný, 1954; Montanaro Gallitelli, 1957; Loeblich, Tappan, 1961; Protista., 1964; Nederbragt, 1990, 1991, 1992, Nederbragt et al., 1998), в русскоязычной литературе систематика *Heterohelicidae* пересматривалась Н.К. Быковой и Н.Н. Субботиной (Основы палеонтологии, 1959). Исследования Халила Алиюллы позволили выявить основные родовые признаки *Heterohelicidae* (Алиюлла, 1965; 1967; 1977), его систематика частично была поддержана (El-Naggar, 1971; Foraminiferal., 1988). Исключительный вклад в понимание эволюции *Heterohelicidae* внес Д. Георгеску (Handbook., 2016 и др.), который описал по меньшей мере 15 родов-филолиний (рис. 2). Впоследствии несколько групп ведущих специалистов по позднемеловым фораминиферам под руководством Б. Хубера провели ревизии альб-сеноманских (Georgescu, Huber, 2009) и туронских *Heterohelicidae* (Haynes et al., 2015), были описаны новые виды из маастрихта (Huber et al., 2022).

1.2. Перспективы использования спирально-винтовых планктонных фораминифер в биостратиграфии верхнего мела

Исследования в рамках проекта Deep Sea Drilling Project расширили представление о биостратиграфии верхнего мела по планктонным фораминиферам (Bolli, 1959, 1966; Caron 1966, 1985; Douglas, 1969; Barr, 1972; Pessagno, 1967; Postuma, 1971; Sigal, 1977; Van Hinte, 1976; Wonders, 1980). Появились широко цитируемые таксономические атласы по альб-туронским (Atlas., 1979a, 1979b) и кампан-маастрихтским глоботрунканидам (Atlas., 1984). Зональный стандарт продолжает совершенствоваться (Tur et al., 2001; Petrizzo, 2000, 2001, 2003; Lamolda et al., 2007; Petrizzo, Huber, 2006; Huber et al., 2008; Petrizzo et al., 2011, 2015, 2017; Coccioni, Premoli Silva, 2015; Haynes et al., 2015; Huber et al. 2022 и др.), синтезом накопленных данных является зональная схема авторства Б. Хубера и М.Р. Петриццо (Gale et al., 2020). Первую биостратиграфическую схему по *Heterohelicidae* предложила А. Недербрагт (Nederbragt, 1990), изучив материал из Атлантики (рис. 3). Некоторые зоны были поддержаны, а их стратиграфическое положение затем уточнено (Premoli Silva, Sliter, 1995; Li, Keller, 1998; Robaszynski, Caron, 1995; Coccioni, Premoli Silva, 2015 и др.). Три маастрихтские интервал-зоны использованы в актуальном зональном стандарте (Gale et al., 2020; Huber et al., 2022). В 2017 г. Георгеску представил биостратиграфическую схему для терминального апта-маастрихта,

1.3. Потенциал для реконструкций палеоглубин позднемеловых морских бассейнов с использованием морфогрупп планктонных фораминифер

На распространение планктонных фораминифер влияет их жесткая приуроченность к определенным глубинам обитания (Bandy, 1960; 1967; Frerich, 1971; Hart, Bailey 1979; Hart, 1980; Brasier, 1982; Caron, 1983; Caron, Homewood, 1983; Hallock, 1987; Leckie, 1987, 1989; Foraminiferal., 1988; Kroon, Nederbragt, 1990; Koutsoukos, 1996; Abramovich et al., 2003 и др.). Широкую известность получила теория Малькольма Харта о палеоэкологических морфотипах (Hart, 1999), который связывал их распространение по глубине с различной трофностью. К первому, или самому мелководному морфотипу, были отнесены мелкие раковины без массивных скульптурных элементов, в т.ч. гетерогелициды. Изучение распределения раковин по разрезу и количественное соотношение морфотипов фораминифер позволяет оценить относительную палеоглубину морского бассейна, а также его конфигурацию (Leckie, 1987; Huber et al., 1999; Lowery et al., 2014; Jaff et al., 2015; Petrizzo et al. 2017; Keller et al., 2018 и др.).

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Материал

Материалом для написания настоящей работы послужили комплексы планктонных фораминифер семейства *Heterohelicidae* из верхнемеловых разрезов Крыма, Кипра и Поволжья (рис. 1). Предпочтение отдано стратиграфически наиболее полным и представительным разрезам, которые ранее уже исследованы комплексом стратиграфических методов. В общей сложности отмыто и изучено более 300 образцов, планктонные фораминиферы встречены более чем в 200. Весьма хорошо охарактеризованы разрезы Крыма, где фораминиферы встречены практически в каждом образце; в разрезах Кипра и Поволжья раковины встречаются спорадически на отдельных стратиграфических уровнях, демонстрируя колебания разнообразия и численности по разрезу. Отобрано порядка 10000 экземпляров *Heterohelicidae*, представленных 38 видами 13 родов. Коллекции хранятся в лаборатории микропалеонтологии ГИН РАН.

2.2. Методы

Извлечение микрофауны из образцов проведено автором в лаборатории микропалеонтологии Геологического института РАН несколькими методиками: (1) методом флотации с кипячением с содой NaHCO_3 , (2) в ледяной уксусной кислоте (98% CH_3COOH) с добавлением прокаленного медного купороса CuSO_4 , (3) с использованием гипосульфита $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, (4) и пирофосфата натрия $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, (5) с добавлением перекиси водорода H_2O_2 , также в отдельных случаях была применена (6) чистка в ультразвуковой ванне GT sonic P-series.

Под биноклем производился отбор 200 первых раковин, если их обилие было высоким. Если же численность оказывалась небольшой, на отбор

из каждого образца затрачивалось по 2 часа. Предварительный морфологический анализ позволял выделить родовые группы или, в некоторых случаях, виды. Наиболее характерные и представительные экземпляры вошли затем в коллекции, изученные под сканирующими микроскопами TESCAN VEGA-II и VEGA-III в ПИН РАН, TESCAN 2300 и VEGA-III в ГИН РАН. Дополнительно, из крепких известняков, не поддающихся дезинтеграции стандартными методами, были изготовлены неориентированные петрографические шлифы. Определения планктонных фораминифер в шлифах выполнены по атласу (Premoli Silva, Verga, 2004).

ГЛАВА 3. МОРФОЛОГИЯ, СИСТЕМАТИКА И РАЗВИТИЕ КАМΠΑНСКИХ И МААСТРИХТСКИХ ГЕТЕРОГЕЛИЦИД

В настоящей работе семейство Heterohelicidae принято в составе 17 родов. Филогенетически значимыми признаками являются морфометрические параметры раковины и каждой из камер (высота, ширина, толщина), их соотношение, микроструктурные элементы раковины, например, характер пористости (расположение пор, их размер, частота), степень выраженности реберных элементов, их протяженность и направление.

3.1. Морфология и систематика изученных гетерогелицид

Терминология. Описание значительного количества таксонов Heterohelicidae опубликовано в англоязычной литературе, поэтому для некоторых терминов приведен глоссарий.

Дихотомический ключ для определения позднемиоценовых планктонных фораминифер родов семейства Heterohelicidae. Для определения до рода каждого экземпляра автором создан ключ. Каждая из групп на каждом этапе – сборная, у представителей которых есть общие морфологические элементы.

Описания родов и некоторых стратиграфически значимых видов, изученных в настоящей работе. Представлены краткие описания (диагнозы) всех родов семейства Heterohelicidae, а также некоторых стратиграфически значимых видов кампана и маастрихта, встретившихся в материале.

3.2. История развития гетерогелицид в кампане и маастрихте

В кампанское-маастрихтское время Heterohelicidae достигли пика численности и видового разнообразия (рис. 2). В зональном стандарте по планктонным фораминиферам для Тетической области (Gale et al., 2020) большинство зон маастрихта установлены по появлению гетерогелицид (рис. 3). Ранее Л.Ф. Копаевич (2011) в составе модели эволюции глоботрунканид был установлен кампан-маастрихтский политаксонный этап, в котором отмечен пик разнообразия гетерогелицид и планомалинид. При детальном рассмотрении для развития гетерогелицид можно выделить более дробные этапы (рис. 2):

1. Ранний и начало позднего кампана. На рубеже сантона и кампана происходит резкое вымирание всех многорядных видов рода *Sigalia* (Geogrescu, Abramovich, 2009), процесс сокращения биоразнообразия многорядных форм продолжается в кампанское время за счет постепенного

псевдогумбелин с акцессорными устьями вдоль осевого шва (*Ps. costulata* – *Ps. excolata*) (Nederbragt, 1991).

3. Позднемаастрихтский. Развитие и темпы эволюции гетерогелицид достигают пика: продолжают диверсификация рода *Racemiguembelina* Montanaro Gallitelli (*Rc. powelli* – *Rc. fructicosa*) (Nederbragt, 1991) и активное видообразование внутри рода *Planoglobulina* Cushman. Наиболее высокая скорость видообразования установлена для рода *Pseudoguembelina* Brönnimann et Brown (*Ps. palpebra* – *Ps. praehariaensis* – *Ps. hariaensis*) (Huber et al., 2022). Так, поздний маастрихт характеризуется предельным таксономическим разнообразием Heterohelicidae за всю историю развития семейства. Впоследствии планктонные фораминиферы полностью вымирают на рубеже мела и палеогена вследствие одной из глобальных катастроф в геологической истории морских фаун.

ГЛАВА 4. СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГЕТЕРОГЕЛИЦИД В РАЗРЕЗАХ

Представлено литологическое описание изученных разрезов и распространение Heterohelicidae и прочих планктонных фораминифер по ним.

4.1. Горный Крым

Мощные верхнемеловые отложения распространены узкой полосой широтного плана в пределах п-ова Крым (рис. 1). В юго-западной части Крыма представлены белогорской, прохладненской, кудринской и бешкошской свитами, в восточной – фрагментарно кудринской(?), клементьевской и белоярской свитами (Плотникова и др., 1984). В 1989 г. А.С. Алексеевым верхний мел юго-западного Крыма по литологическим признакам был расчленен на 24 (I–XXIV) пачки, которые положены в основу литостратиграфии в настоящей работе.

Кудрино. Разрез расположен на юго-западной окраине с. Кудрино. Детальное описание с расчленением по бентосным фораминиферам (БФ), диноцистам, наннопланктону и макрофауне, а также данные по магнито- и хемотратиграфии приведены в комплексной статье (Барабошкин и др., в печати). **Чахмахлы, Бешкош.** Разрез Чахмахлы расположен близ с. Трудолюбовка, мощность 142 м. Детальное описание разреза пока не опубликовано, но расчленение по фораминиферам приведено в (Барабошкин и др., 2023). Параллельный ему Бешкош, мощностью порядка 160 м, расположен в 5 км юго-западнее. Расчленение по планктонным фораминиферам и описание комплексов опубликовано в (Прошина, Рябов, 2023). **Аланкыр.** Разрез вскрывается в одном из оврагов у подножия г. Аланкыр, около с. Лечебное. Стратиграфическое распространение фораминифер, радиолярий, наннопланктона и диноцист по разрезу представлено в (Брагина и др., 2016; Беньямовский, Копаевич, 2016; Гужиков и др., 2019; Копаевич и др., 2020; Oveshkina et al., 2021a). **Гора Клементьева.** Разрез расположен у пос. Наниково в 5 км к северу от пос. Коктебель, имеет мощность примерно 100 м.

Расчленение по планктонным фораминиферам представлено в (Коршунов и др., в печати).

4.2. Кипр

Сводный разрез верхнемеловой части чехла офиолитов комплекса Троодос в юго-западной части о. Кипр представлен формациями: Перапеди, Каннавиу, Катикас и Лефкара (Robertson, 1976; Urquhart and Banner, 1994; Bragina, 2012; Chen, Robertson, 2019; Брагин, 2023). В центральной и восточной частях Кипра развита формация Мони (Брагина, Брагин, 2006).

Сарама, Агиос Димитрианос, Каннавиу, Врециа, Армоу. Разрезы бентонитовых глин и вулканомиктовых песчаников формации Каннавиу (Khokhlova et al., 1994; Urquhart, Banner, 1994; Брагина, Брагин, 1995, 1996; Morse, 1996; Robertson, 2015; Chen, Robertson, 2019; Bragina et al., 2022) расположены в юго-западной части острова и сильно варьируют по мощности (рис. 1). **Парекклюдиса.** Разрез олистостромовой формации Мони (Urquhart, Banner, 1994; Брагина, Брагин, 2006) расположен в центральном Кипре. Матрикс представлен глинами и песчаниками, литологически близкими к Каннавиу, а также песчанистыми алевритами. Олистолиты сложены блоками разнообразных пород комплекса Мамония и серпентинитами (Брагин, 2023). Мощность оценивается до 200 м. **Айя Марина.** В юго-западной части Кипра распространена формация Катикас (Swarbrick, Naylor, 1980; Urquhart, Banner, 1994; Lord et al., 2000). Это мощная (сотни метров) толща слабо сцементированных конгломерато-брекчий с песчано-глинистым цементом и массой несортированных обломков. На отдельных уровнях появляются маломощные прослои розовато-серых глинисто-карбонатных пород, из которых и были изучены фораминиферы. **Пано Панайя.** Самой поздней формацией является Лефкара, представленная известняками, мергелями, реже кремнями (Robertson, 1976; Krasheninnikov et al., 2005). Ее мощность превосходит сотни метров.

4.3. Поволжье

Отложения кампанского и маастрихтского ярусов Поволжья отличаются изменчивостью литологического состава и мощностей. **Лесная республика.** Разрез мощностью не более 6 м представляет собой стенку котлована в одноименном микрорайоне г. Саратова (Сельцер, Иванов, 2014). Планктонные фораминиферы изучены из пограничного интервала кампана-маастрихта. **Гора Сырт.** Разрез расположен близ села **Нижняя Банновка.** Литологическое описание и расчленение по микрофауне приведено в (Гужиков и др., 2017). Верхнемаастрихтская часть разреза составляет не более 30 м.

ГЛАВА 5. РАСЧЛЕНЕНИЕ РАЗРЕЗОВ. БИОСТРАТОНЫ. КОРРЕЛЯЦИЯ

5.1. Современное состояние биостратиграфических схем кампанского и маастрихтского ярусов по планктонным фораминиферам

В стратиграфической шкале для Тетического региона (Gale et al., 2020) закреплены ярусные границы верхнего мела, GSSP которых зафиксированы в

европейских разрезах: (1) кампанского яруса в разрезе Боттационе (Bottaccione, Gubbio) в Центральной Италии (Gale et al., 2023), (2) маастрихтского яруса в разрезе Терси (Tercis les Bains, Landes) на юго-западе Франции (Odin, Lamaurelle, 2001), (3) датского яруса в разрезе Эль Кеф (El Kef) в Тунисе (Molina et al., 2006; Molina et al., 2009). Для расчленения кампанских-маастрихтских отложений Тетической области в (Gale et al., 2020) предложена синтетическая последовательность из зональных схем Ф. Робашински и М. Карон (Atlas..., 1979a, 1979b, 1984; Caron, 1985; Robaszynski, Caron, 1995) и И. Премоли Сильвы и У. Слитера (Premoli Silva, Sliter, 1995).

Система	Отдел	Ярус	Зоны по планктонным фораминиферам			Биостратоны по Heterohelcidae, настоящая работа			
			Gale et al., 2020	Nederbragt, 1990, с дополнениями из Robaszynski, Caron, 1995	Georgescu, 2017				
Меловая	Верхний	Маастрихтский	<i>Plummerita hantkeninoides</i>	<i>Pseudoguembelina hariaensis</i>	<i>Ventilabrella hariaensis</i>	<i>Pseudoguembelina hariaensis</i>			
			<i>Pseudoguembelina hariaensis</i>		<i>Abatomphalus mayaroensis</i>		<i>Racemiguembelina fructicosa</i>		
			<i>Abatomphalus mayaroensis</i>		<i>Gublerina cuvillieri</i>				
		<i>Racemiguembelina fructicosa</i>	<i>Planoglobulina acervulinoides</i>	<i>Bucherina gansseri</i>	<i>Pseudoguembelina palpebra</i>				
		<i>Pseudoguembelina palpebra</i>							
		<i>Gansserina gansseri</i>							
	Кампанский	Верхний	Маастрихтский	<i>Globotruncana aegyptiaca</i>	<i>Pseudoguembelina excolata</i> <i>Pseudotextularia elegans</i>	<i>Praeglobotruncana havanensis</i>	<i>Laeviheterohelix glabrans</i>		
				<i>Globotruncanella havanensis</i>					
				<i>Radotruncana calcarata</i>					
		Кампанский	Маастрихтский	Кампанский	<i>Contusotruncana plummerae</i>	<i>Pseudoguembelina costulata</i>	<i>Heterohelix rajagopalani</i>	Слои с <i>Hendersonites carinatus</i>	
					<i>Globotruncanita elevata</i>		<i>Radotruncana calcarata</i>		<i>Globotruncana ventricosa</i>
							<i>Pseudoguembelina costelifera</i>		<i>Heterohelix reussi</i>
			<i>Ventilabrella eggeri</i>	<i>Ventilabrella alpina</i>	<i>Pseudotextularia nuttalli</i>	Слои с <i>Pseudotextularia nuttalli</i>			

Рис. 3. Корреляция выделенных биостратонов по Heterohelcidae для кампанского и маастрихтского ярусов с некоторыми опубликованными ранее зональными схемами по планктонным фораминиферам

Биостратиграфическую основу для расчленения верхнего мела Крыма по планктонным фораминиферам разработала Н.И. Маслакова (Маслакова, 1959а,б,в,г, 1967, 1977, 1978; Маслакова, Волошина, 1969 и др.). Л.Ф. Копаевич усовершенствовала зональную схему Н.И. Маслаковой, не раз ее дополняла и актуализировала (Копаевич, 2010; Кораевич, Vishnevskaya, 2016 и др.). В 2016 г. Л.Ф. Копаевич выделила зоны для Крымско-Кавказского региона, во многом опираясь на региональную схему Маслаковой и на зоны для Тетической области (Маслакова, 1978; Robaszynski, Caron, 1995; Кораевич, Vishnevskaya, 2016). Тем не менее, при расчленении конкретных кампанских (Брагина и др., 2016; Гужиков и др., 2021а, б; Ovechkina et al., 2021а; Барабошкин и др., в печати) и маастрихтских (Alekseev, Koraevich, 1997; Яковишина и др., 2022; Прошина, Рябов, 2023) разрезов используются разные зоны. Очевидно, поиски надежных биособытий по фораминиферам в этом интервале в Крыму продолжаются.

Биостратиграфическая схема для верхнего мела Восточно-Европейской платформы по планктонным фораминиферам (Олферьев, Алексеев, 2002, 2004) основана на зональном стандарте Тетической области (Caron, 1985; Robaszynski, Caron, 1995). Принимая во внимание палеоэкологический аспект, Л.Ф. Копаевич (2011) выделила слои с планктонными фораминиферами для ВЕП (рис. 4), которые впоследствии были сопоставлены с зональными схемами по БФ, радиоляриям и наннопланктону (Ovechkina et al., 2021b).

5.2. Обоснование выделения биостратиграфических подразделений по спирально-винтовым планктонным фораминиферам

В изученных разрезах автором выделены 7 слоев с фауной и прослежены 4 интервал-зоны (рис. 4). Региональная и межрегиональная корреляция выделенных в изученных разрезах биостратонов обеспечена комплексным подходом и работе «образец-в-образец» для разных видов анализа (био-, хемо- и магнитостратиграфические методы).

Слои с *Pseudotextularia nuttalli* выделены в разрезах центрального и юго-западного Крыма по появлению вида-индекса. Комплекс характеризуется невысоким разнообразием, его ядро представляют семь видов. Стратиграфический интервал слоев соответствует верхнему сантону – части верхнего кампана. Основание проведено в нижней части зоны *Dicarinella concavata*/*D. asymetrica* (глоботрунканиды), средней части зоны *Stensioenia perfecta* по БФ и внутри зоны CC17(UC13) по наннопланктону (Ovechkina et al., 2021a) (рис. 4).

Система	Отдел	Ярус	Зоны по нанно-планктону ¹	Зоны по БФ ²	Зоны по планктонным фораминиферам Кораевич, Vishnevskaya, 2016	Слои с планктонными фораминиферами Вишневская и др., 2018	Биостратоны по Heterohelicidae, настоящая работа			
Меловая	Верхний	Маастрихтский	CC26b (UC20d)	LC23	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Pseudotextularia elegans</i>	<i>Pseudoguembelina hariaensis</i>			
			CC26a (UC20b)				<i>Racemiguembelina fructicosa</i>			
			CC25(UC19)	LC 22			<i>Globotruncanita stuarti</i>	<i>Rugoglobigerina</i>	<i>Pseudoguembelina palpebra</i>	
			CC24(UC17)	LC21						
			CC23(UC16)	LC20						
			CC22(UC15d)	LC19						
		Кампанский	Кампанский	CC21(UC15c)	LC18	<i>Contusotruncana morozovae</i>	<i>Contusotruncana morozovae</i>	<i>Laeviheterohelix glabrans</i>		
				CC20(UC15d) CC18b-c-CC19 (UC14b-UC15a)	LC17			<i>Glb. multispinus</i>	<i>Glb. multispinus</i>	Слои с <i>Hendersonites carinatus</i> , ¹
					LC16					
					LC15					
				CC18a(UC14a) CC17(UC13)	LC14			<i>Globotruncanita elevata</i>	<i>Globotruncana arca</i>	<i>Pseudotextularia nuttalli</i>
					LC13					
					LC12					
Слой с										

Рис. 4. Намеченная корреляция выделенных биостратонов по Heterohelicidae для кампанского и маастрихтского ярусов с некоторыми опубликованными ранее зональными схемами по микрофоссилиям. ¹ – (Ovechkina et al., 2021a; Барабошкин и др., 2023; Коршунов и др., в печати), ² – там же; Прошина, Рябов, 2023)

Слои с *Hendersonites carinatus* выделены в разрезах формации Каннавиу юго-западного Кипра по появлению вида индекса (рис. 5). Слои с *H. carinatus* сопоставлены с нижней (верхнекампанской) частью зоны *Amphipyndax tylotus* по радиоляриям (Proshina et al., 2023). В материале *H. carinatus* Cushman встречен совместно с *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk), который впервые появляется в зоне *R. calcarata* (рис. 3, Coccioni, Premoli Silva, 2015), поэтому возраст слоев принимается как нижняя часть верхнего кампана.

Интервал-зона *Laeviheterohelix glabrans* (Arz, Molina, 2001) выявлена в разрезах формации Каннавиу юго-западного Кипра, в разрезах юго-западного и восточного Крыма (рис. 5). В изученных разрезах, как и в Западной Европе (Франция), находки глоботрунканид редки, доминантами в комплексах являются гетерогелициды. Зона сопоставлена с верхней частью зоны *S. plummerae* – *Rugoglobigerina pennyi* Прикарпатья (Peryt et al., 2022), со второй половиной радиоляриевой зоны *Amphipyndax pseudoconulus* – основанием А.

tylotus (Proshina et al., 2023), со слоями с диноцистами ДН1-ДН-4 и зонами по БФ LC18-LC21 (Прошина, Рябов, 2023).

Слои с *Lv. glabrans* установлены в разрезах юго-западного и восточного Крыма (Прошина, Рябов, 2023; Коршунов и др., в печати) и прослежены в Поволжье (рис. 5). Необходимость выделения слоев объясняется тем, что нижний маастрихт Крыма слабо охарактеризован фораминиферами. Слои с *Lv. glabrans* соответствуют верхней части верхнего кампана – нижнему маастрихту и сопоставлены со слоями с *Rugoglobigerina* для ВЕП (Вишневская и др., 2018) и слоями с диноцистами ДН-1–ДН-8, а также частично с магнитохроном C30r (Барабошкин и др., 2020). Нижняя часть слоев отвечает зоне *Lv. glabrans*, а верхняя часть – с некоторой долей условности – нижнемаастрихтской зоне *Ps. palpebra*.

Интервал-зона ***Pseudoguembelina palpebra*** (Huber et al., 2008) выявлена в разрезах формации Мони и формации Катикас на Кипре. В разрезах шельфа Северной Америки объем зоны сопоставлен с зонами CC22-CC25b по наннопланктону (Huber et al., 2008), датировки вмещающих отложений на Кипре показывают высокую сходимость (CC23b-CC25a, Morse, 1996).

Слои с *Ps. palpebra* установлены по появлению вида-индекса в формации Катикас и прослежены в формации Мони (Кипр). В центральной части Кипра нижняя часть слоев сопоставлена с кампанским-маастрихтским комплексом радиолярий (Брагина, Брагин, 2006). Необходимость выделения слоев с *Ps. palpebra* связана с находками в верхней их части вида-индекса верхнемаастрихтской зоны *A. mayaroensis* (рис. 3), в то время как вид-индекс зоны *Racemiguembelina fructicosa* (рис. 3) на Кипре не обнаружен.

Интервал-зона ***R. fructicosa*** (Nederbragt, 1991) выявлена в восточном Крыму. Зона сопоставлена с интервалом зон *Caudamina ovulum* – *Spiropectamina spectabilis* по агглютинирующим БФ (Кобаевич и др., 2007), с первой половиной слоев с *Gavelinella sahlstroemi* по секретирующим БФ и с зоной CC26a (UC20b) по наннопланктону (Коршунов и др., в печати).

Интервал-зона ***Pseudoguembelina hariaensis*** (Nederbragt, 1991) выявлена в восточном Крыму, где она сопоставлена с зоной по наннопланктону CC26b (UC20d) (терминальный маастрихт) и с верхней частью слоев с *G. sahlstroemi* по секретирующим БФ (Коршунов и др., в печати), а также с зоной *Spiropectamina spectabilis* по агглютинирующим БФ (Кобаевич и др., 2007).

Слои с *Planoheterohelix striata* прослежены по распространению вида-индекса в разрезе г. Сырт (Поволжье). Возраст определен как верхнемаастрихтский по БФ и радиоляриям (Гужиков и др. 2017).

Слои с *Pseudotextularia elegans* выделены по распространению вида-индекса в формации Лефкара в юго-западной части Кипра. Сохранность фораминифер в отмытках плохая, поэтому и возникла необходимость использования биостратона в ранге слоев. Ранее, по появлению *P. elegans* (Rzehak), А. Недербрагт (рис. 3, Nederbragt, 1990) установила интервал-зону в терминальном кампане. Слои с *P. elegans* сопоставлены со слоями с *Crucella*

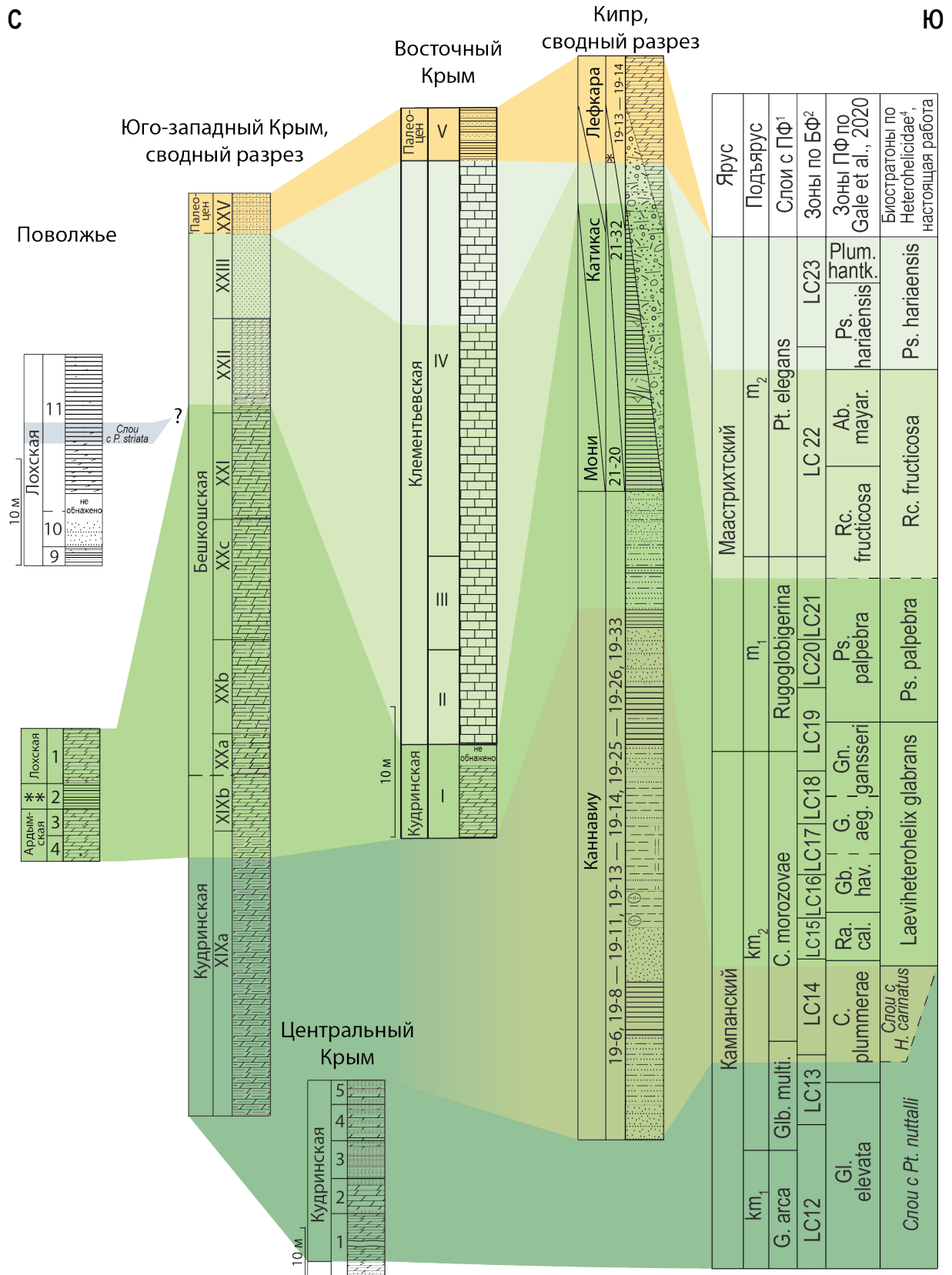
espartoensis – *Rhopalosyringium* sp. (терминальный кампан – нижний маастрихт) и со слоями с *Patulibracchium marshensis* – *Patellula* sp. aff. *P. euessceei* (маастрихт) по радиоляриям (Bragina et al., 2023).

Слои с *Guembelitra cretacea* выделены по появлению вида-индекса в юго-западном Крыму и прослежены в восточном. Слои являются стратиграфическим аналогом одноимённой верхнемаастрихтской зоны (Peryt et al., 2022), с той разницей, что их кровля в Крыму совпадает со стратиграфическим перерывом. Нижняя граница слоев с *Gu. cretacea* в юго-западном Крыму соответствует средней части зоны LC 22 по БФ (основание верхнего маастрихта, Прошина, Рябов, 2023). Слои с *Gu. cretacea* можно с долей условности сопоставить со слоями с *P. elegans* ВЕП (Вишневская и др., 2018).

5.3. Расчленение и корреляция изученных разрезов по спирально-винтовым планктонным фораминиферам

Горный Крым. В разрезе **Аланкыр** комплекс Heterohelicidae демонстрирует невысокое разнообразие и представлен исключительно двухрядными формами. Пачки 1-5 отнесены к слоям с *P. nuttalli*. В параллельном разрезе **Кудрино** в пачке XIX эти слои прослежены. Выше по разрезу появляются раковины *Lv. glabrans* (Cushman), что позволяет отнести вмещающие отложения к одноименным верхнекампанским – нижнемаастрихтским слоям. Подпачки XIXa–XXa разреза **Бешкош** насыщены раковинами, здесь резко преобладают *Planoheterohelix globulosa* (Ehrenberg), *Pl. planata* (Cushman) и *Praegublerina pseudotessera* (Cushman), *Lv. glabrans* (Cushman), *Lv. pulchra* (Brotzen). В параллельном разрезе **Чахмахлы** видовой состав весьма близок. Стратиграфически выше, в пачках XXa–XXI, численность в обоих разрезах существенно снижается. Эта часть разрезов Бешкош и Чахмахлы отнесена к слоям с *Lv. glabrans*. Совместно с *Lv. glabrans* встречен его потомок *Hartella harti* Georgescu and Abramovich, характерный для этих слоев. Ввиду богатой палеонтологической характеристики верхнекампанскую и основание нижнемаастрихтской частей разреза можно ограничить зоной *Lv. glabrans* (рис. 5). В пачках XXII–XXIII выделены слои с *Gu. cretacea*: отложения представлены крайне мелководными фациями, что не позволяет оценить полноту верхнего маастрихта в этих разрезах по планктонным фораминиферам. Слои с *Lv. glabrans* и слои с *Gu. cretacea* прослежены в разрезе **г. Клементьева** (восточный Крым). Как и в юго-западном Крыму, рубеж кампана и маастрихта ознаменован здесь скрытым стратиграфическим перерывом в кудринской свите, в объеме не менее двух зон по БФ (Барaboшкин и др., 2020; Прошина, Рябов, 2023). Совместно с *Gu. cretacea* Cushman встречен вид-индекс *R. fructicosa* (Egger) одноименной верхнемаастрихтской зоны (Huber et al., 2008; Coccioni, Premoli Silva, 2015). Зона *R. fructicosa* в маастрихте Крыма характеризуется наивысшим разнообразием Heterohelicidae. Выше в разрезе выявлена зона *Ps. hariaensis* (Nederbragt, 1991). *Ps. hariaensis* Nederbragt встречен совместно с предковой формой *Ps. praehariaensis* Tur et

Huber (Huber et al., 2022), что позволяет судить о стратиграфической полноте средней части верхнего маастрихта в восточном Крыму.



Кипр. В разрезах формации Каннавиу планктонные фораминиферы встречаются на отдельных стратиграфических уровнях. Все встреченные экземпляры отличаются относительно мелкими размерами. Наиболее разнообразные комплексы описаны из разрезов Сарама (Bragina et al., 2022) и Врециа (Proshina et al., 2023). В обнажении 19-9 разреза **Сарама** выявлена зона *Lv. glabrans*. В обнажении 19-25 разреза **Врециа** выделены слои с *H. carinatus*, а выше (обнажение 19-26) прослежена зона *Lv. glabrans*. Планктонные фораминиферы в разрезах **Каннавиу** (19-15), **Армоу** (19-33) и **Агиос Димитрианос** (19-6) распределены крайне неравномерно. В Каннавиу и Армоу разнообразие близко к комплексу разреза Сарама, но снижено за счет отсутствия *Lv. glabrans* (Cushman) в Каннавиу и *Ps. praecostulata* Georgescu в Армоу. В обоих разрезах прослежены слои с *H. carinatus*, а в верхней части разреза Армоу – зона *Lv. glabrans*. Наименьшим разнообразием характеризуются слои с *H. carinatus* в разрезе Агиос Димитрианос, где встречены только 6 видов гетерогелицид. В основании разреза формации Мони – **Парекклисиа** – встречены только двухрядные Heterohelicidae. Наибольшее разнообразие приурочено к верхней части разреза: здесь встречены раковины с многорядным строением. В разрезе установлены слои с *Ps. palpebra*. Ранее О.А. Корчагиным (Korchagin, 2011) здесь были установлены верхнекампанские слои с *Globotruncanita (Elevatotruncana) eolita*. Новые находки *Ps. palpebra* Brönnimann et Brown указывают на принадлежность формации Мони к маастрихту. Планктонные фораминиферы формации Катикас происходят из разреза **Айя Марина**. В прослоях алевролитистых глин прослежены слои *Ps. palpebra*, а в наиболее высоком из них появляются *Ps. semicostata* (Cushman) и *A. mayaroensis* (Bolli). Последний является видом-индексом одноименной интервал-зоны верхнего маастрихта Тетической области (Gale et al., 2020). Отсутствие вида-индекса *R. fructicosa* (Egger), вероятно, можно объяснить избирательной сохранностью раковин во время импульсного накопления и/или палеогеографическими условиями. Планктонные фораминиферы формации Лэфкара в разрезе **Пано Панайя** отличаются крайне плохой сохранностью, многие определены в открытой номенклатуре. Отложения отнесены к слоям с *Pseudotextularia elegans*.

Поволжье. В кампане и маастрихте Поволжья планктонные фораминиферы лишь периодически возникают в геологической летописи. В разрезе г. **Сырт (Нижняя Банновка)**, в пачке 11, Л.Ф. Копаевич в (Гужиков и др. 2017) ранее установлены слои с *H. striata (=Pl. striata)*. В настоящей работе эти слои подтверждены, а видовое разнообразие гетерогелицид расширено до 3 видов. Пограничный кампанско-маастрихтский интервал в Поволжье впервые охарактеризован гетерогелицидами в разрезе **Лесная республика**. Находки *Lv. glabrans* (Cushman) и его потомка *H. harti* Georgescu et Abramovich позволили проследить слои с *Lv. glabrans*, выделенные ранее в разрезах Европейской (Крым) и Тетической (Кипр) палеогеографических областей.

ГЛАВА 6. ДИНАМИКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ ГЕТЕРОГЕЛИЦИД В КАМПАНО-МАССТРИХТСКИХ БАССЕЙНАХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ, КРЫМА И КИПРА

6.1. Кампан

В кампанское время планктонные фораминиферы лишь периодически возникают в геологической истории Поволжья, есть сведения о находках (до 7 видов) на обособленных стратиграфических уровнях в разрезах Вишневое, Кокурино, в скв. 13 (Волгоградская обл.) (Олферьев и др., 2007; Александрова и др. 2012а; Первушов и др., 2015), также отмечены факты находок в разрезах Красный Октябрь и Пудовкино (Вишневская и др., 2014; Олферьев и др., 2014). Подобные уровни с единичными планктонными фораминиферами известны из Западной Сибири, например, из верхнего кампана скв. Васюганская ЗС (Вишневская и др., 2023). Очевидны периодически возникающие широкие связи Бореальной и Тетической областей, вероятно, посредством реконструированных ранее проливов. В крымских шельфовых разрезах планктонные фораминиферы встречаются чаще, обычно характеризуются постоянной встречаемостью и большим разнообразием. В верхнем кампане разреза Кудрино разнообразие Heterohelicidae достигает 11 видов. В разрезе Аланкыр комплекс беднее: здесь отсутствуют роды *Ventilabrella* Cushman, *Laeviheterohelix* Nederbragt и *Praegublerina* Georgescu. На близких палеоширотах в разрезе Терси (Франция) разнообразие тоже ограничено только двухрядными формами и, за исключением *Braunella* Georgescu, все роды являются общими с крымскими и типичными для средних палеоширот. В разрезах низких палеоширот (разрезы Кипра) планктонные фораминиферы встречаются спорадически, в комплексах резко преобладают гетерогелициды, представленные 7 родами. В низкоширотном разрезе Губбио (Италия) разнообразие достигает 21 вида в объеме 10 родов (Coccioni, Premoli Silva, 2015). Различие в комплексах гетерогелицид Италии и Кипра заключается в отсутствии в кипрских разрезах многорядных крупных раковин, а также представителей рода *Braunella*.

6.2. Маастрихт

В маастрихте планктонные фораминиферы продолжают появляться на отдельных стратиграфических уровнях в Поволжье. По разрезу Лесная республика соотношение морфогрупп резко варьирует, в кампанской части преобладают глобигерины, в то время как в маастрихтской – превалируют гетерогелициды (рис. 6). Из верхнего маастрихта г. Сырт установлены единичные находки трех видов рода *Planoheterohelix* Georgescu et Huber. В верхнемаастрихтских разрезах Лох, Тепловка и Ключи разнообразие выше, высокая численность достигается за счет *Planoheterohelix* (Alekseev et al., 1999; Овечкина, Алексеев, 2004). Скачок разнообразия объясняется проникновением на территорию платформы тетических водных масс (Alekseev et al., 1999), что подтверждается неоднократными инвазиями гетерогелицид и далее, в Западно-Сибирский бассейн (Вишневская и др., 2023). В маастрихте юго-западного Крыма 80–90% планктонных фораминифер составляют

гетерогелициды (Alekseev, Kopaevich, 1997). На рубеже кампана и маастрихта они демонстрируют высокую численность за счет *Planoheterohelix* (3 вида). Вторая половина раннего маастрихта слабо охарактеризована гетерогелицидами, хотя их находки по-прежнему постоянны (рис. 6). Сокращение разнообразия и численности связано с глобальной регрессией, вследствие которой накопление разрезов происходило в условиях постепенного обмеления бассейна. Так, уже в позднем маастрихте осадконакопление происходило в условиях внутреннего шельфа и переходной зоны пляжа (Барабошкин и др., 2020). В верхнем маастрихте восточного Крыма и разнообразие, и численность на порядок выше (рис. 6). Гетерогелициды представлены в объеме 9 родов. На фоне постоянного присутствия вида-оппортуниста *Guembelitra cretacea* Cushman преобладают гетерогелициды. Вверх разнообразие растет за счет многорядных форм и развития рода *Pseudoguembelina* Brönnimann et Brown. Планомерное развитие гетерогелицид связано со стабильными условиями осадконакопления, что определяется значительной удаленностью от берега, относительно глубоководными обстановками и высокой биопродуктивностью (переходная зона континент – океан). Наибольшее разнообразие гетерогелицид (8 родов) в маастрихте установлено в пелагическом разрезе Губбио (Premoli Silva, Sliter, 1995). Больше разнообразие достигается за счет рода *Gublerina* Kikoïne. Высокое разнообразие гетерогелицид также выявлено в маастрихте северной части Атлантики (Huber et al., 2022). В низкоширотных разрезах Кипра комплексы гетерогелицид демонстрируют относительно высокое разнообразие. В нижнем маастрихте разреза Парекклисия на родовом уровне они сопоставимы с Атлантическими (Huber et al., 2022). В верхнем маастрихте разреза Айя Марина разнообразие сокращается до 6 родов, однако видовое разнообразие растет за счет расцвета представителей рода *Pseudoguembelina*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы изучены планктонные фораминиферы Heterohelicidae из наиболее полных и представительных разрезов кампана и маастрихта Крыма, Кипра и Поволжья. В процессе исследования 15 разрезов, Heterohelicidae встречены более чем в 200 отмывках. Изучено около 10000 экземпляров, в общей сложности выявлено 38 видов 13 родов. Абсолютное большинство видов впервые встречены в разрезах Крыма, Кипра и Поволжья. В работе приведены краткие описания изученных родов и некоторых стратиграфически значимых видов согласно современной систематике. Предложены 3 этапа развития гетерогелицид в кампанское – маастрихтское время в бассейнах Крыма и Кипра, событийные уровни легли в основу биостратиграфического анализа.

Проанализировано стратиграфическое распространение изученных фораминифер по разрезам. Впервые для Средиземноморского подвижного пояса (Крым и Кипр) разработана биостратиграфическая схема по

гетерогелицидам, которая охватывает кампанский-маастрихтский интервал. Опубликованные в открытой литературе результаты о стратиграфическом расчленении изученных разрезов по другим группам фауны позволили обосновать объем предложенных стратонев. Слои с гетерогелицидами обеспечивают региональную корреляцию, а интервал-зоны дают возможность напрямую сопоставить вмещающие отложения с эталонными разрезами (Западная Европа). При использовании интервал-зон и слоев с Heterohelicidae совместно достигается максимальная детальность при расчленении разрезов.

В результате анализа динамики биоразнообразия гетерогелицид в разнофациальных разрезах Крыма, Кипра и Поволжья, прослежены тренды таксономического разнообразия, географического распространения и численности Heterohelicidae в кампанское – маастрихтское время в пределах Европейской и Тетической палеогеографических областей. Разрезы Поволжья характеризуются спорадическим появлением невыдержанных по таксономическому составу комплексов на отдельных уровнях. Разрезы Крыма содержат богатую фауну гетерогелицид, особенно это касается восточного Крыма. Для разрезов Кипра характерны близкие к океаническим комплексы, не содержащие, однако, некоторые многорядные таксоны.

Список основных работ, опубликованных автором по теме диссертации

Статьи в изданиях по перечню ВАК:

1. Копеевич Л.Ф., Прошина П.А., Рябов И.П., Овечкина М.Н., Гречихина Н.О. Новые микропалеонтологические данные о положении границы сантона и кампана в разрезе Алан-Кыр (Центральный Крым) // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геол. 2020. №2. С. 43–50.
2. Прошина П.А., Рябов И.П. Биостратиграфия верхнего кампана–маастрихта разреза Бешкош (юго-западный Крым) по фораминиферам // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2023. Т. 31. №6. С.72–91.
3. Bragina L., Proshina P., Bragin N., Tsiolakis E., Symeou V., Papadimitriou N. Radiolaria and planktonic Foraminifera from the Kannaviou Formation (Upper Cretaceous, Campanian–Maastrichtian, Cyprus) // Palaeoworld. 2022. V. 31. № 4. P. 704–722.
4. Bragina L.G., Bragin N.Yu., Proshina P.A., Pokrovsky B., Tsiolakis E., Symeou V., Papadimitriou N. Radiolarian and planktonic foraminiferal biochronology of the Pano Panagia section, Lefkara Formation (Maastrichtian, Upper Cretaceous), Cyprus // Palaeoworld. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2023.09.007>
5. Ovechkina M.N., Kopaevich L.F., Aleksandrova G.N., Proshina P.A., Ryabov I.P., Baraboshkin E.Yu., Guzhikov A.Yu., Mostovski M.B. Calcareous nannofossils and other proxies define the Santonian–Campanian boundary in the Central Crimean Mountains (Alan-Kyr section) // Cretaceous Research. 2021. V. 119. 104706.

6. **Proshina P.A.**, Bragina L.G., Bragin N.Yu., Tsiolakis E., Symeou V., Papadimitriou N. Campanian Planktonic Foraminifera and Radiolaria from the Kannaviou Formation, Southwest Cyprus // Stratigr. Geol. Correl. 2023. V. 31. № 5. P. 481–501.

Прочие публикации:

7. **Прошина П. А.** Стратиграфический потенциал спирально-винтовых планктонных фораминифер позднего мела Перитетиса // Труды XVIII Всероссийского микропалеонтологического совещания «Микропалеонтология: фундаментальные проблемы и вклад в региональное геологическое изучение недр». г. Санкт-Петербург. 30 октября – 3 ноября 2023 г. / М.А. Ткаченко (гл. ред.). СПб.: ВСЕГЕИ, 2023. С. 153–157.

8. **Прошина П.А.** Спирально-винтовые планктонные фораминиферы маастрихта Крыма // Материалы Одиннадцатого Всероссийского совещания «Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии». г. Томск. 19 – 24 сентября 2022 г. / Е.Ю. Барабошкин (гл.ред.). Томск: ТГУ, 2022. С. 219–222.

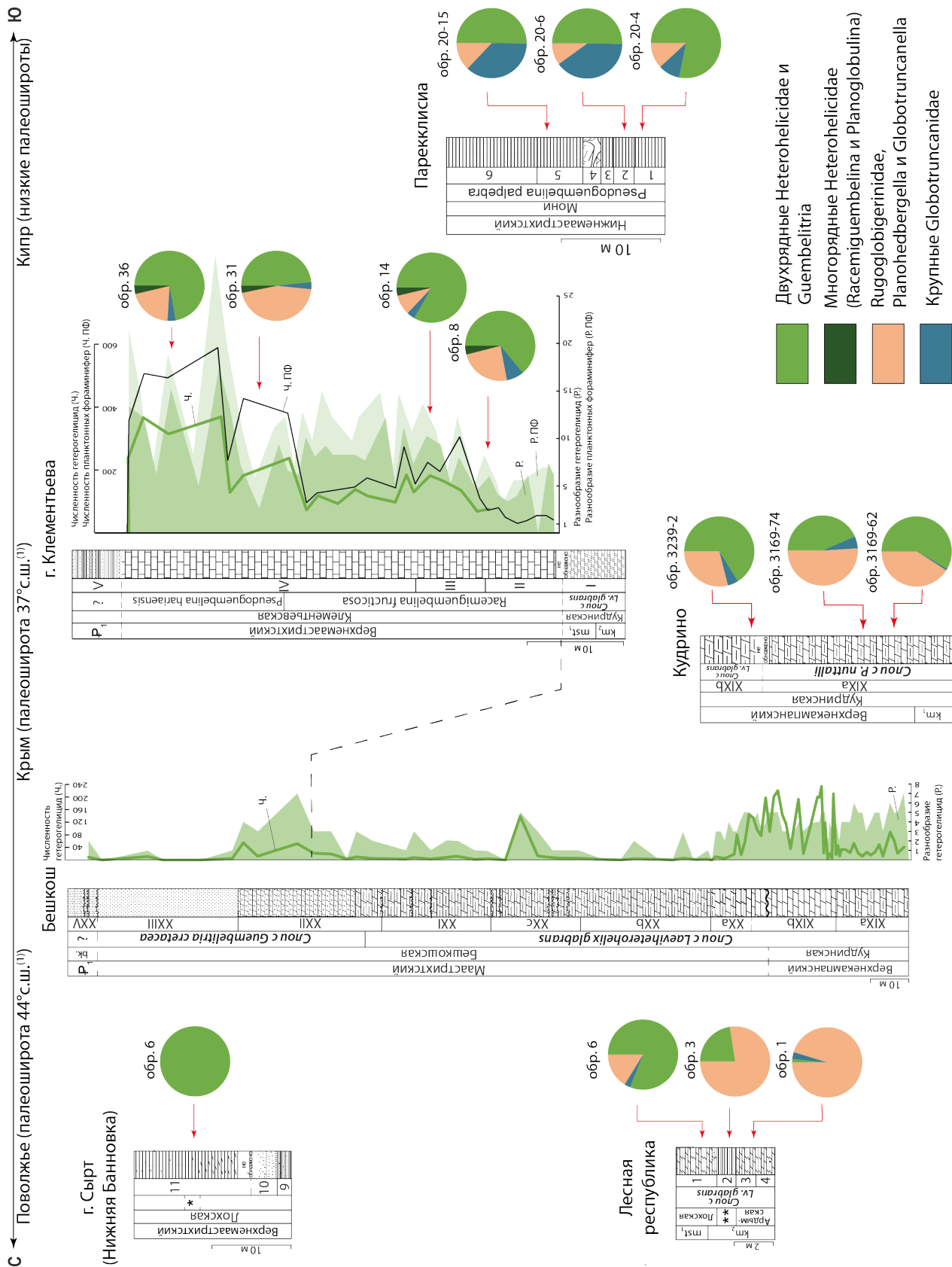


Рис. 6. Количественные соотношения планктонных фораминифер в изученных разрезах. ¹ – палеошироты рассчитаны с помощью сайта paleolatitute.org (Hinsbergen et al., 2015). * – слои с *Pl. striata*, ** – налитовская свита