

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

На правах рукописи



БРАГИНА Любовь Георгиевна

**РАДИОЛЯРИИ АЛЬБА-САНТОНА ЕВРАЗИИ: ЗОНАЛЬНАЯ
СТРАТИГРАФИЯ, ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И ПАЛЕОБИОГЕОГРАФИЯ**

Специальность 25.00.02 - палеонтология и стратиграфия

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Москва - 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Геологическом институте Российской академии наук (ФГБУН ГИН РАН)

Официальные оппоненты:

Доктор геолого-минералогических наук,
главный научный сотрудник

Амон Эдуард Отгович (ФГБУН Палеонтологический институт РАН, г. Москва)

Доктор геолого-минералогических наук,
заведующий лабораторией

Матиль Александр Геннадиевич (ФГБУН Институт океанологии РАН, г. Москва)

Доктор геолого-минералогических наук, профессор

Никишин Анатолий Михайлович (ФГБОУ ВПО Московский государственный Университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва)

Ведущая организация:

ФГБУН Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, г. Новосибирск

Защита состоится 25 мая 2016 г. в 14.30 на заседании диссертационного совета Д.002.215.03 по палеонтологии и стратиграфии в Геологическом институте РАН по адресу: 119017 Москва, Пыжевский пер., д. 7.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке геологической литературы Секции Наук о Земле РАН по адресу: Москва, Старомонетный пер., д. 35, ИГЕМ РАН и на сайте ГИН РАН:

http://www.ginras.ru/struct/20/10/files/Bragina_disser.pdf

Автореферат разослан «

» 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного совета



Т.Н. Палечек

Общая характеристика работы

Актуальность работы. В настоящее время при построении стратиграфических схем мезозоя активно используются радиолярии – планктонная группа, характеризующаяся широким распространением и быстрой сменяемостью комплексов во времени. Радиоляриевый анализ мезозоя за последние 50 лет продвинулся далеко вперед и широко используется в стратиграфии кремнистых толщ подвижных поясов, донных осадков океанов, а также при решении общих вопросов стратиграфии, фациального анализа и палеобиогеографии. Для многих районов мира разработаны зональные шкалы по радиоляриям. Однако степень изученности радиолярий разных интервалов мезозоя, а также степень их использования в стратиграфии весьма неравномерны. Как ни парадоксально, наиболее поздний интервал мезозоя – верхний мел, остается недостаточно изученным, многие вопросы палеонтологии радиолярий позднего мела остаются нерешенными, а главное – нет современной детальной зональной схемы стратиграфии верхнего мела по радиоляриям. Поэтому представляется чрезвычайно актуальным изучить радиолярии разрезов верхнего мела различных регионов, разработать по радиоляриям стратиграфию слагающих эти разрезы толщ, провести сравнительный анализ ассоциаций радиолярий, развивавшихся в морских бассейнах разных типов, и на этой основе проанализировать палеобиогеографию радиолярий мела. Проведение подобных исследований позволит рассматривать меловые радиолярии в контексте общей биостратиграфии совместно с другими как орто-, так и парастратиграфическими группами.

Альб-сантонский интервал избран для изучения не случайно. Тропические ассоциации конца раннего–позднего мела исследовались многими авторами в Атлантическом (Empson-Morin, 1984) и Индийском (Riedel, Sanfilippo, 1974) океанах, в западной части океана Тетис (южная часть Альп, Северные и Центральные Апеннины, Бетийские Кордильеры) (Conti, Marcucci, 1991; Erbacher, 1994; Marcucci, Passerini, 1991; Marcucci et al., 1991; Marcucci, Gardin, 1992; O'Dogherty, 1994; Pignotti, 1994; Squinabol, 1903b), на Кипре (Брагина, Брагин, 1995; 1996; Брагина, 1999а; Bragin, Bragina, 2001; Bragina, 1998, 2012; Blome, Irwin, 1985; Urquhart, 1995; Urquhart, Banner, 1994; Thurow, 1991) и в центральной части океана Тетис (Оман – De Wever et al., 1988). Таксономическое разнообразие позднемеловых тропических сообществ наиболее полно изучено только для временного интервала сеноман–ранний турон (Erbacher, 1994; O'Dogherty, 1994; Salvini, Marcucci, 1998). Таксономический состав сообществ радиолярий позднего мела Калифорнии Campbell, Clark, 1944; Foreman, 1968; Pessagno, 1963; 1969а; 1970; 1971а; 1971b; 1972; 1973; 1975; 1976) изучен довольно полно. Бореальные ассоциации позднемелового возраста изучались многими авторами (Vishnevskaya, De Wever, 1998; Амон, 1985; 1990; Брагина, 1991, 2003, 2008; Вишневская, 1987, 1990, 2001; Жамойда, 1972; Казинцова, 1975; 1979; 1981; Козлова, Горбовец, 1966; Палечек и др., 2010; Хабаков, 1932, 1937; и многие другие). Однако, при их исследовании возникали серьезные проблемы. Так, дальневосточные верхнемеловые отложения довольно часто представлены кремнистыми,

сложнодислоцированными толщами, не охарактеризованными, за исключением радиолярий, остатками других групп. Кроме того, корреляция схем, предложенных для низких и высоких широт, связана с трудностями, вызванными значительным различием в таксономическом составе сравниваемых сообществ радиолярий. Отсюда вытекают проблемы при разработке провинциальных шкал по радиоляриям (Вишневская, 1990), что связано с неполной изученностью радиолярий. Познание таксономии, филогении и истории развития радиолярий немыслимо без глубокого анализа комплексов позднего альба–позднего мела. Поэтому всестороннее исследование по палеонтологии, биостратиграфии и палеобиогеографии меловых радиолярий, ведущее к детальному расчленению древних толщ и восстановлению палеогеографических обстановок, представляется чрезвычайно актуальным и должно послужить надежной основой для совершенствования как самого радиоляриевого анализа, так и его применения в геологии.

Актуальность проведенной работы определяется соответствием ее тематикой приоритетных направлений научных исследований. В результате исследований получены материалы, которые использованы при решении задач проектов, поддержанных РФФИ: 13-05-00447, 03-05-64964, 06-05-64859, 09-05-00342, 09-05-00430, 09-05-92667-ИНД, 12-05-00690 и 15-05-04700, а также темы Лаборатории микропалеонтологии ГИН РАН: «Детальная стратиграфия и палеоэкологические реконструкции биосферных событий позднего палеозоя, мезозоя и кайнозоя морских бассейнов Евразии на основе комплексного изучения микробиоты» (0135-2014-0070).

Цель и задачи работы. Целью работы является построение детальной биостратиграфии верхнего альба–сантона по радиоляриям. Для ее достижения было необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ стратиграфического распространения радиолярий, выделение биостратонов и разработка зональной шкалы верхнего мела тетических районов Евразии по радиоляриям и осуществление корреляции между территориально удаленными разрезами разных биогеографических областей на примере различных бассейнов позднего мезозоя: океана Тетис, эпиконтинентальных морей Восточно-Европейской и Индостанской платформ и краевых бассейнов Пацифики. Оценка биостратиграфического потенциала группы для меловой системы, разработка методических основ дальнейшей детализации радиоляриевой биостратиграфии.

2. Анализ динамики биоразнообразия, выявление этапности эволюции радиолярий альба и позднего мела, прослеживание важнейших филогенетических линий, установление особенностей развития группы, а также связи между развитием радиолярий и важнейшими абиотическими событиями (аноксийные, эвстатические).

3. Разработка основ палеобиогеографии радиолярий конца раннего мела–позднего мела на основе изучения их географической дифференциации с выделением палеобиохорий, а также использованием сравнительного анализа типичных ассоциаций различного возраста.

Научная новизна. Впервые датированы и расчленены по радиоляриям отложения альба–сантона различных районов Евразии: Кипра, Северной Турции, Сербии, Горного Крыма, южной Индии. На основе детального расчленения разрезов карбонатно-кремнистых отложений верхнего альба–верхнего мела Тетической надобласти разработана новая зональная схема, отличающаяся высокой детальностью (13 биостратонов в интервале верхний альб–сантон), подразделения которой прослеживаются не только в Средиземноморском поясе, но и в некоторых разрезах на Восточно-Европейской платформе, Западно-Сибирской плите и Сахалине.

В ходе подготовки диссертации установлены новые таксоны (3 рода и 88 видов), описания которых опубликованы в открытой печати. Кроме этого уточнено стратиграфическое распространение 21 рода и более 30 видов.

На новой основе проанализирована динамика биоразнообразия радиолярий в течение позднего альба–кампана и ее зависимость от различных геологических событий того времени (океанические аноксигенные события, климатические и эвстатические колебания). Предложена новая схема этапности радиолярий в позднем альбе–сантоне.

Впервые предложено детальное палеобиогеографическое районирование различных бассейнов Евразии с выделением палеобиохорий (надобласти и области).

Теоретическое и практическое значение. Установлено, что поздний мел является этапом стабильного существования зрелой фауны радиолярий, для которой свойственно постепенное снижение биоразнообразия на уровне родов и относительно длительное время существования большинства видов. Установлено, что аноксигенные события (часто интерпретируемые как причины массовых вымираний) приводили лишь к незначительным снижениям биоразнообразия на уровне родов. Показано, что детальная зональная стратиграфия верхнего мела по радиоляриям может быть основана только на анализе всего таксономического состава комплексов и прослеживании биостратонов во многих разрезах.

Новая зональная схема может быть использована в пределах Тетической надобласти для датировки и расчленения толщ различного состава и происхождения – от глубоководных до мелководных, включая межрифтовые фации, и от кремнистых до карбонатных и тонкообломочных терригенных. Некоторые биостратоны прослеживаются в районах Северного Перитетиса, а также на Западно-Сибирской плите и Сахалине, что говорит о перспективах широких корреляций, в том числе между тетическими и бореальными районами.

Построение палеобиогеографического районирования по радиоляриям позволяет очертить районы успешного использования новой зональной схемы.

Фактический материал. В основу работы положены материалы полевых сборов автора, проводившихся в 1996-2013 гг. на территории Горного Крыма (Bragina, 2004, 2011, 2013a; Брагина, 2009a, 2009b, 2011b, 2013a, 2014a; Брагина, Брагин, 2005; Брагина и др., 2014b; Корчагин и др., 2012), в 2007 г. и 2014 г. в Сербии (Брагина и др., 2014a), в 1998, 2003 и 2007 гг. на Кипре (Bragina, 2012;

Брагина, 2008б, 2010, 2011а, 2013б, 2014б; Брагина, Вишневецкая, 2007), в 2003-2004 гг. на юго-западном склоне Большого Кавказа (Брагина и др., 2007), в 1984-1990 гг. на Русской плите (Брагина, 1994; Алексеев и др., 2004), в 1992 г. на Сахалине (Bragina, 1999; Брагина, 2003, 2008а), а также материалы полевых сборов совместно с Н.Ю. Брагиным в 2010 г. в южной Индии (Брагина, Брагин, 2013). Кроме того, использованы образцы из коллекций Н.Ю. Брагина: Большой Кавказ (Bragina, Bragin, 2010; Брагина, Брагин, 2015; Копаевич и др., 2015), Кипр (Брагина, Брагин, 1996; Bragin et al., 2000), северная Турция (Bragin et al., 2001; Bragina, 2004), а также Л.Ф. Копаевич: Крым, разрезы Аксудере и Белая (Bragina, 2004), А.Г. Олферьева: Подмосковье (Брагина, 1994) и М.А. Пергамента: северо-западная Камчатка (Брагина, 1991, 2013а). Весь этот материал дополнен анализом многочисленных литературных источников.

Во время полевых работ было отобрано до 700 образцов пород (кремни, известняки, аргиллиты, фосфатные конкреции), значительная часть которых содержала остатки радиолярий отличной, хорошей и удовлетворительной сохранности, для извлечения которых использовались современные методы химического препарирования. Исследование микроостатков производилось с помощью сканирующего электронного микроскопа. Коллекции хранятся в Геологическом институте РАН. Фотоработы выполнялись Н.В. Горьковой (ГИН РАН) и Е.А. Жегалло (ПИН РАН).

Апробация. Основные положения работы и ряд ее частных вопросов докладывались на конференциях по изучению радиолярий: на 4, 5, 6 и 7 конференциях по тектонике плит памяти Л.П. Зоненшайна (Москва, 1993, 1995, 1998, 2001), на 3 и 4 конференциях по геологии Восточного Средиземноморья (г. Никосия, Кипр, 1998; г. Испарта, Турция, 2001), на 5 и 6 конференциях ЕМММ (г. Ченнай, Индия, 2008 и Москва, 2012), на конференциях по изучению радиолярий Interrad-12 (г. Нанкин, Китай, 2009) и Interrad-14 (г. Анталия, Турция, 2015), на сессии Европейского союза по наукам о Земле (г. Вена, Австрия, 2010), на 19 конгрессе Карпато-Балканской геологической ассоциации (г. Салоники, Греция, 2010), на конференции "Геология и экология кремневых организмов" (г. Лилль, Франция, 2011), на конференции "Кремневые организмы: достижения, методики и применение" (г. Кембридж, Англия, 2013), на 16 Сербском геологическом конгрессе (г. Доньи Милановац, Сербия, 2014), на многих сессиях ВПО (г. Санкт-Петербург, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2013), на 11 Семинаре по радиоляриям (г. Санкт-Петербург, 2000), на Четвертой конференции Всероссийского совещания "Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии" (г. Новосибирск, 2008); на сессиях Палеострат (2008, 2011, 2013–2015, Москва), на IX Муратовских чтениях (РГГРУ, г. Москва, 2014). По теме диссертации опубликовано 34 статьи и 3 монографии (две – в соавторстве) в отечественных и зарубежных изданиях.

Защищаемые положения.

1. Меловые отложения тетических районов Евразии расчленяются на дробные радиоляриевые биостратоны, обеспечивающие высокую детальность, а также корреляцию зональных единиц в

пределах Средиземноморья, Крыма и Кавказа. Впервые в интервале верхнего альба–сантона выделяется 13 зон.

2. Вторая половина мелового периода является завершающей стадией развития радиолярий мезозоя и характеризуется сравнительно медленными темпами эволюции и постепенным снижением биоразнообразия на уровне родов. Крупные абиотические события этого времени не вызвали значимых кризисов в развитии группы.

3. Радиолярии альба–сантона характеризуются широтной дифференциацией, определяющейся палеоклиматической зональностью. На этой основе выделяются палеобиохории высшего ранга: Бореальная, Тетическая и Аустральная надобласти, которые в свою очередь подразделяются на области. Все выделенные палеобиохории характеризуются особыми типами комплексов радиолярий.

Объем и структура работы. Диссертация представляется в одном томе, включающем весь текст работы, насчитывающий 375 страниц и иллюстрированный 67 рисунками. Текст состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, списка меловых родов и семейств радиолярий и сопровождается 80 фототаблицами радиолярий.

Диссертация выполнена в Лаборатории микропалентологии Геологического института РАН. Помощь и поддержка сотрудников лаборатории: Н.В.Горевой, В.Н.Бенямовского сыграла решающую роль в определении тематики и структуры работы. Автор выражает также признательность А.С.Алексееву, Э.О.Амону, М.А.Ахметьеву, В.С.Вишневской, Ю.Б.Гладенкову, В.А.Захарову, А.И.Жамойде, Л.Ф.Копаевич, советы и замечания которых имели неоценимое значение в процессе написания работы.

Огромную роль в овладении материалами по радиоляриям и стратиграфии меловой системы сыграло обсуждение проблем с российскими и зарубежными специалистами по данной тематике. Автор чрезвычайно благодарен Ю.В.Агаркову, Э.О.Амону, М.С.Афанасьевой, Н.Ю.Брагину, В.С.Вишневской, П. Де Веверу, Т.Данелиану, П.Думитрике, Л.И.Казинцовой, Г.Э.Козловой, С.Б.Кругликовой, А.Такемуре, У.К.Текину, и Э.Уркхарт за множество ценных советов и постоянную поддержку.

Нельзя оставить без упоминания помощь, которую оказали автору при проведении полевых работ Л.Ф.Копаевич и А.М.Никишин (Горный Крым), Ю.В.Агарков (Кавказ). Хочется выразить глубокую благодарность К.Ксенофонтосу (Кипр), С.Карамате, Н.Джерич (Сербия), А.Касумзаде (Азербайджан), К.Текину (Турция), Р.Венкатачалапати (Индия) за организацию полевых исследований в зарубежных странах. Данная работа никогда не была бы завершена, если бы не энтузиазм и самоотверженность Н.В.Горьковой, выполнившей огромный объем работ на электронном микроскопе ГИН РАН.

Диссертация была написана при финансовой поддержке РФФИ (гранты): 13-05-00447, 16-05-00363 – руководитель; 00-05-64618, 00-05-64738, 03-05-64964, 06-05-64859, 09-05-00342, 09-05-00430, 09-05-92667-ИНД, 12-05-00690, 15-05-04700 – участник.

Глава 1. История изучения радиолярий мела, основные проблемы и задачи исследований

История изучения меловых радиолярий насчитывает около 140 лет и в ней можно выделить несколько этапов.

1 этап. Конец XIX–начало XX века. Меловые радиолярии исследуются преимущественно в Европе (Zittel, 1876; Rüst, 1898; Squinabol, 1903; 1904; 1914), обычно в шлифах, используется классификация Э. Геккеля (Haeckel, 1881; 1882; 1887), накапливается значительный фактический материал и делаются первые попытки использования радиолярий в стратиграфии.

2 этап. Начало 30-х–60-е годы. Начаты работы по объемным формам радиолярий, выделенным из мягких пород, продолжены исследования в шлифах, получены данные по меловым радиоляриям Европейской России, Дальнего Востока. Северной Америки (Campbell, Clark, 1944), складывается отечественная школа палеонтологов-радиоляристов (Хабаков, 1932; 1937; Жамойда, 1960; 1969; 1972; Липман, 1948; 1952; 1960; Алиев, 1965; 1968; Козлова, Горбовец, 1966). Основным достижением было успешное использование радиолярий в стратиграфии меловых отложений СССР, прежде всего Восточно-Европейской платформы и Западно-Сибирской плиты.

3 этап. 70-е – конец 90-х годов. Начато использование химического препарирования радиолярий из твердых пород и применение электронной микроскопии. Большие достижения достигнуты при исследованиях донных осадков океанов, а также кремнистых толщ подвижных поясов. Накоплен огромный фактический материал, созданы первые зональные схемы верхнего мела по радиоляриям, как общие (Sanfilippo, Riedel, 1985; Schaaf, 1985), так и региональные (Moore, 1973; Foreman, 1975; Schaaf, 1981; Vishnevskaya, 1993; Thurow, 1988). Параллельно появились схемы для Калифорнии (Pessagno, 1976), Японии (Taketani, 1982; Tumanda, 1989); Карпат (Dumitrica, 1975), Кавказа (Vishnevskaya, 1993). Начата разработка новой органичной систематики радиолярий, основанной на данных по морфологии, полученных благодаря новым методикам, и отражающей филогенез и этапность развития группы (Riedel, 1971; Dumitrica, 1970, 1975; Петрушевская, 1981). Значительно наращиваются как таксономические, так и региональные данные (Амон, 1985, 1987, 1990, 1994; Вишневская, 1987; Казинцова, 1979, 1981; O'Dogherty, 1994; Jud, 1994; Salvini, Marcucci Passerini, 1998; Erbacher, Thurow, 1998; Bak, 1999). Доказано существование в мелу спикулонесущих Entactinaria (Dumitrica, 1994; Dumitrica, Carter, 1999; Bragina, 1999) и преемственность между палеозойско-триасовыми и меловыми радиоляриями. Появляются первые палеогеографические и палеоэкологические реконструкции (Вишневская, 1981; Empson-Morin, 1984).

4 этап. 2000-2015 годы. Продолжены работы по систематике радиолярий позднего мезозоя (Брагина, 2001), создан каталог мезозойских радиолярий (O'Dogherty et al., 2009), сопровождаемый графиком распространения большинства известных родов. Ведется переосмысление имеющихся данных по радиоляриям, например, ревизия видов радиолярий, описанных по рисункам, а ныне сфотографированных на микроскопе (Брагина, Брагин, 2004; 2015; Вишневская, 2015; Олферьев и др., 2000, 2007). Осуществляются региональные работы: по Русской плите (Вишневская, 2007; 2011а; Вишневская и др., 2005б; Popova-Goll et al., 2005), Уралу (Амон, 2000; Саркисова, 2005; Вишневская,

2011б), Сахалину (Брагина, 2001, 2003а, 2003б, 2008в) и Камчатке (Вишневская и др., 2005а), по Крыму и Северной Турции (Bragina, 2004). Вышла монография, посвященная биостратиграфии юры и мела России (Вишневская, 2001), охватывающая территорию России, Армении и Азербайджана.

Велась также детализация биостратиграфии меловых отложений по радиоляриям: на материале Крыма (Bragina, 2004), Карпат и Италии (Bak, 2011), Японии (Hollis, Kimura, 2001). Региональные схемы приводятся и в других публикациях (Yazykova et al., 2004; Vishnevskaya, Koraevich, 2014; Амон, 2000; Вишневская, 2001; Казинцова, 2000). Несмотря на многочисленность работ, их использование для совершенствования стратиграфии нередко затруднительно. Исторически радиолярии применялись прежде всего для датировки "немых" толщ в районах со сложным тектоническим строением, и в последние годы по-прежнему преобладают статьи по этой тематике (Yurtsever et al., 2003; Babazadeh, De Wever, 2004; Bandini et al., 2008; Asis, Jasin, 2013; Robertson et al., 2013; Nara, Kurihara, 2015 и др.). Главную ценность представляют работы, в которых стратиграфические выводы опираются на полное изучение таксономического состава комплексов (Porova-Goll et al., 2005; Bak, 2011; Амон, 2000; Вишневская и др., 2005а, 2005б), но, к сожалению, их недостаточно.

В настоящее время установлены GSSP для границ альба и сеномана (Монт-Ризу, Франция; Kennedy et al., 2004), сеномана и турона (Пуэбло, штат Колорадо, США; Kennedy et al., 2005), коньяка и сантона (Кантэра дэ Маргас, Олазагутия, Северная Испания; Lamolda et al., 2014). Данные по радиоляриям из этих разрезов отсутствуют, что осложняет корреляцию детальных шкал. Поэтому задачей на будущее можно считать корреляцию данных по радиоляриям с данными по ортостратиграфическим группам. Начало этому положено работами по радиоляриям и планктонным фораминиферам в разрезах Крыма и Кавказа (Vishnevskaya, Koraevich, 2014; Корчагин и др. 2012).

На последнем этапе особенно насущной стала потребность в новой и детальной схеме расчленения верхнего мела по радиоляриям. Имеющиеся схемы уже не отвечают современным требованиям. Так, схема Э. Пессаньо (Pessagno, 1976) устарела, появились данные, свидетельствующие об ином стратиграфическом распространении большинства видов, на которых она построена (Bragina, 2004; Брагина, 2009б). Схема А. Санфилиппо и В. Ридела (Sanfilippo, Riedel, 1985) не достаточно детальна, например, объем зоны *Obesacapsula somphedia* - нижний сеноман-верхний коньяк. Более подробной является схема Л. О'Догерти (O'Dogherty, 1994), однако она охватывает лишь часть верхнего мела (сеноман-нижний турон), а ее биостратоны прослеживаются не везде, например, они отсутствуют в разрезах Большого Кавказа (Брагина, Брагин, 2015).

Подытоживая вышесказанное, можно сформулировать главную задачу радиоляриевого анализа на современном этапе. Это создание детальной схемы нового поколения для альба и верхнего мела Тетической надобласти. Задача выполнима только при полном палеонтологическом изучении таксономического разнообразия радиолярий в исследуемом стратиграфическом интервале и корреляции данных по радиоляриям с данными по ортостратиграфическим группам.

Глава 2. Радиолярии в меловых (альб-сантон) разрезах различных районов Евразии

В данной главе рассмотрен авторский материал по разрезам меловой системы (альб-сантон), содержащим радиолярии. Этот материал происходит из четырех крупных регионов Евразии: Средиземноморского и Тихоокеанского подвижных поясов, а также Восточно-Европейской и Индостанской платформ (рис. 1). Выделяется несколько основных типов разрезов.

1. Разрезы чехла древних платформ представлены сравнительно мелководными терригенными, карбонатными и кремнистыми отложениями. Альб и верхний мел Восточно-Европейской платформы охарактеризован радиоляриями и бентосными фораминиферами, причем радиолярии часто развиты на интервалах, где отсутствуют фораминиферы. Планктонные фораминиферы представлены видами-оппортунистами широкого стратиграфического распространения. Альб и низы верхнего мела Индостанской платформы характеризуются обилием как планктонных и бентосных фораминифер, так и радиолярий.

2. Разрезы северной периферии Средиземноморского складчатого пояса (Крым, северный склон Большого Кавказа) представлены карбонатными отложениями, иногда с участием кремнистых, хорошо охарактеризованы макрофауной, радиоляриями и планктонными фораминиферами и могут быть детально расчленены по этим группам. Радиолярии представлены богатыми комплексами.

3. Мелководные отложения карбонатных платформ Средиземноморского складчатого пояса (Сербия) представлены органогенными известняками, среди которых есть локально развитые толщи литографских известняков, формировавшиеся в спокойных условиях межрифовых лагун. В них радиолярии встречаются повсеместно, фораминиферы относительно редки.

4. Относительно глубоководные разрезы флишевых прогибов Средиземноморского пояса (южный склон Западного Кавказа, Северная Турция) представлены терригенно-карбонатными турбидитами и охарактеризованы радиоляриями, но лишь местами содержат планктонные фораминиферы. Большинство этих разрезов нуждаются в более детальном и точном расчленении.

5. Относительно глубоководные (эпибатиальные или даже батиальные) разрезы Тихоокеанского пояса (Западно-Сахалинский прогиб, Северо-Западная Камчатка) представлены мощными терригенными толщами с комплексами иноцерамамов, аммоноидей и радиолярий. Комплексы радиолярий Сахалина имеют черты сходства с одновозрастными комплексами Восточно-Европейской платформы.

6. Наиболее глубоководные разрезы мелового чехла офиолитовых комплексов Средиземноморского пояса (Кипр) представлены кремнистыми и кремнисто-глинистыми отложениями, прекрасно охарактеризованы радиоляриями, но не содержат остатков других организмов. Эти разрезы могут быть расчленены по радиоляриям при условии хорошей корреляции радиоляриевых биостратонов с подразделениями общей шкалы.

Все изученные разрезы дают возможность проследить стратиграфическое распространение многочисленных таксонов радиолярий в пределах верхнего альба–верхнего сантона, сравнить состав комплексов радиолярий в разнофациальных отложениях, формировавшихся в разных бассейнах и на

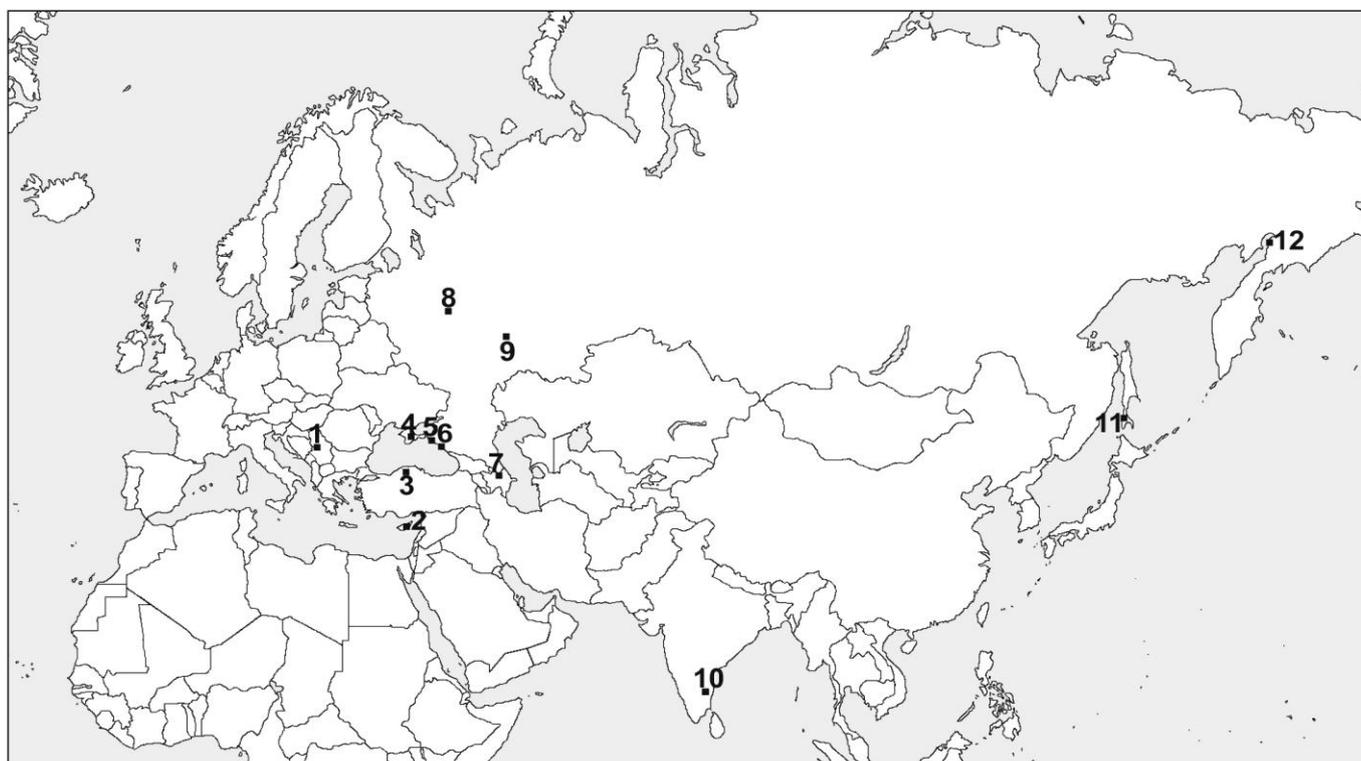


Рис. 1. Разрезы и местонахождения радиолярий верхнего альба-кампана, изученные автором. 1 - Струганик (Сербия); 2 - Перапеди и Мангалени (Кипр); 3 - Уркут и Томалар (Турция); 4 - Сель-Бухра, Белая, Аксудере, Чуку, Кирпичное, Ак, Алан-Кыр, Ак-Кая, Биюк-Карасу (Крым); 5 - Андреевский перевал и Жане (Большой Кавказ); 6 - Мамедова Щель и Волконку (Большой Кавказ); 7 - Аймаки (Большой Кавказ); 8 - Келевудаг (Большой Кавказ); 9 - Псареве, Теплый Стан, Хотьково, Варавино (Московская синеклиза); 10 - Новодевичье (Ульяновско-Саратовский прогиб); 11 - Карай (Индия); 12 - Найбинский разрез (Сахалин); 13 - Таловка (Камчатка).

разных глубинах, и наметить палеобиогеографическое районирование альбско-поздне меловых бассейнов Евразии (включая тропические и умеренные области).

В главе дается описание всех использованных в работе разрезов, включающее полные данные по составу комплексов радиолярий, и других групп фоссилий, использованным для определения стратиграфического положения и корреляции радиоляриевых биостратонов с подразделениями общей шкалы.

2. Средиземноморский пояс

2.1. Крым

Крым является фрагментом Средиземноморского складчатого пояса и частью расположенной на севере этого пояса позднекимерийской складчатой системы (Геологическое строение..., 1989). Отложения мела входят в состав субплатформенного чехла и образуют пологую моноклираль на северном склоне Крымских гор. Альб представлен песчаниками, глинами, песчанистыми известняками и вулканомиктовыми песчаниками. Верхнемеловые отложения представлены преимущественно известняками и мергелями, среди которых встречаются кремни и бентониты. В Горном Крыму имеется региональный перерыв между коньяком и сантоном (Муратов, 1973), и лишь на междуречье Качи и Бельбека (г. Чуку) верхний коньяк и нижний сантон представлены полно (Кликушин, 1985).

2.1.1. Юго-западная часть Горного Крыма

Разрезы мела юго-западного Крыма имеют наибольшую полноту на междуречье Качи и Бельбека и достигают 500-метровой мощности. В северо-восточном направлении мощность сокращается, и появляются многочисленные стратиграфические перерывы. В районе Симферополя, в осевой части Качинского поднятия, разрез максимально сокращен, здесь присутствуют лишь альбские и кампанские отложения, перекрытые эоценом.

Верхний альб в центральной части Качинского поднятия представлен глинами (до 12 м). В разрезах Марьино и Кирпичное выделяется комплекс радиолярий верхнего альба (зона *Crotanium triangulare*), совместно с которым встречаются планктонные фораминиферы (Горбачик, Казинцова, 1998). В верхнемеловых отложениях юго-западного Крыма (р. Бодрак, г. Сель-Бухра, г. Белая, овра. Аксудере), последовательные комплексы радиолярий встречаются в интервале нижний сеноман – средний турон (от зоны *Patellula spica* до зоны *Phaseliforma turovi*) (рис. 2), а в разрезе горы Чуку (междуречье Качи и Бельбека) и до нижнего коньяка (зона *Alievium praegallowayi*).

2.1.2. Центральная часть Горного Крыма

В центральной части Горного Крыма на территории от города Белогорск до села Мичурино отложения верхнего мела имеют значительную мощность, причем сеноман и турон представлены чередованием известняков и мергелей, в туронской части разреза многочисленны кремни. Местами сохранились коньякские, сантонские и нижнекампанские отложения, представленные известняками и мергелями с кремнями, и перекрытые мергелями верхнего кампана. В разрезах наблюдаются хиатусы, один из которых охватывает, по-видимому, верхнюю часть коньяка и нижнюю часть сантона, другой же – значительную часть кампана. Автором изучены радиолярии из пяти разрезов: по р. Бююк-Карасу, западной и восточной вершин горы Ак, горы Ак-Кая и горы Алан-Кыр. Последовательные комплексы радиолярий изучены здесь в интервале от верхней части нижнего турона (зона *Patellula selbukhraensis*) до нижнего коньяка (зона *Alievium praegallowayi*). Кроме этого, в разрезах Ак-Кая и Алан-Кыр радиолярии встречаются в верхней части верхнего сантона (зона *Afens perapediensis*).

2.2. Большой Кавказ

Меловые отложения широко развиты на северном и южном склонах Большого Кавказа. Им свойственно большое фациальное и литологическое разнообразие: здесь встречаются и шельфовые карбонаты, и относительно глубоководные флишевые, и вулканогенно-осадочные образования. Наблюдаются существенные различия между меловыми отложениями северного и южного склонов Большого Кавказа, поэтому они рассматриваются в отдельных подразделах.

2.2.1. Северный склон Большого Кавказа

Северный склон Большого Кавказа характеризуется преимущественным развитием относительно мелководных (шельфовых) карбонатно-терригенных отложений альба и верхнего мела. На большей части северного склона эти отложения слабо дислоцированы и образуют моноклираль, но в пределах Дагестана и северо-восточного Азербайджана в них развита складчатость. Наиболее полные разрезы наблюдаются в центре и на востоке северного склона Большого Кавказа – здесь

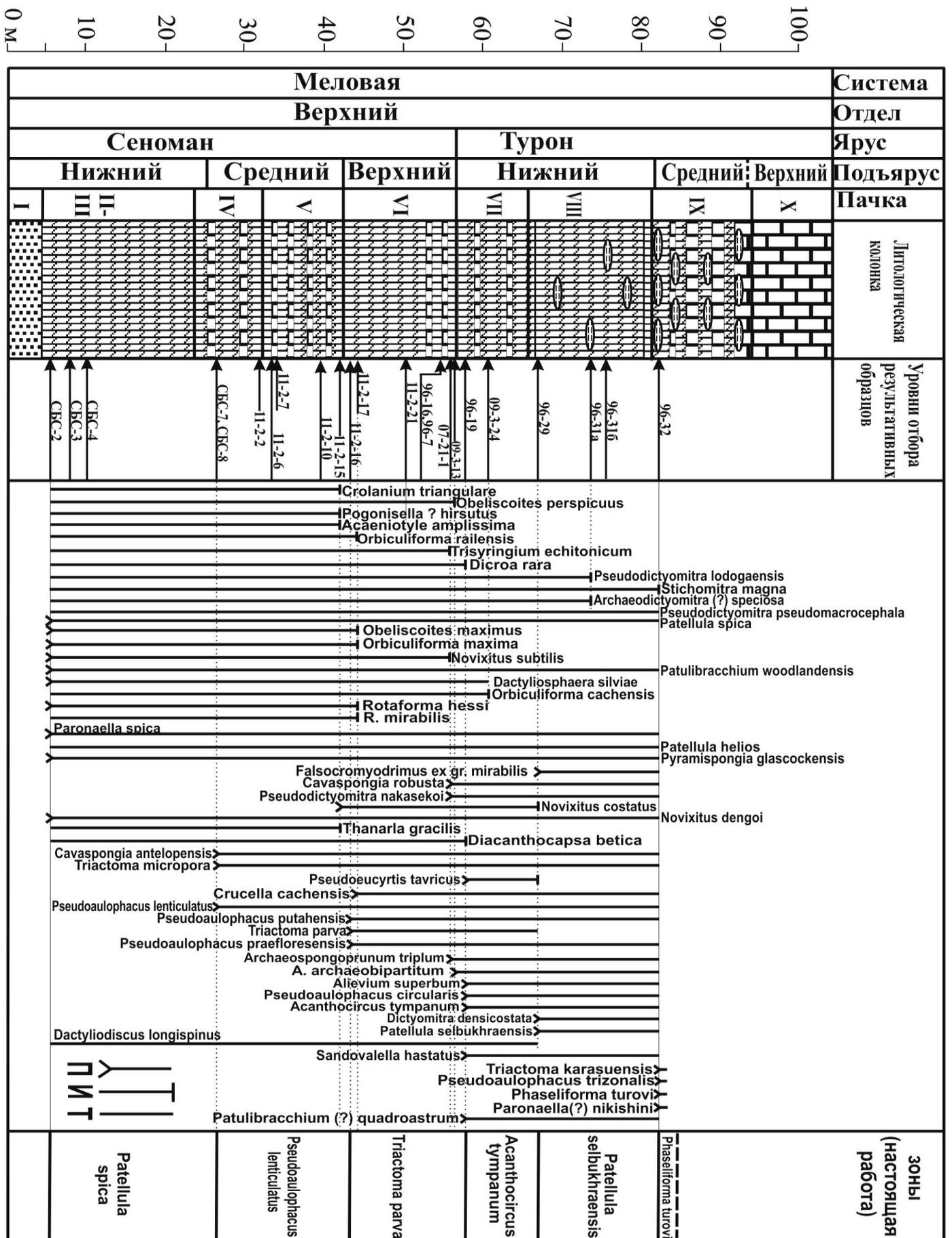


Рис. 2. Распространение наиболее важных стратиграфически видов радиоларий в разрезе г. Сель-Бухра (Брагина, 2016). П - появляющиеся виды, И - исчезающие виды, Т - транзитные виды

представлены все ярусы меловой системы, а мощность достигает многих сотен метров. Материал для работы получен из разрезов Аймаки (сеноман–турон, Дагестан) и Келевудаг (альб–турон, Азербайджан), где радиолярии встречаются совместно с планктонными фораминиферами, наннопланктоном и другими фоссилиями. В разрезе Аймаки непосредственно ниже сеноман-туронской границы изучен комплекс позднесеноманских радиолярий. В разрезе Келевудаг изучены радиолярии верхнего альба (зона *Crolanium triangulare*), нижнего (зона *Patellula spica*) и среднего (зона *Pseudoaulophacus lenticulatus*) сеномана, а также верхнего турона (зона *Actinomma (?) belbekense*), повторно изучены комплексы верхнего альба, ранее изучавшиеся Х.Ш. Алиевым (1965).

2.2.2. Южный склон Большого Кавказа

В отличие от северного склона, где разрезы альба и верхнего мела часто охарактеризованы макро- и микроостатками, большинство разрезов южного склона Большого Кавказа бедны фоссилиями. Здесь развиты флишевые прогибы, в которых меловые отложения представлены терригенным, или терригенно-карбонатным флишем значительной мощности, формировавшимся у подножий склонов в условиях батальных глубин. Радиолярии здесь сравнительно редки. Они постоянно присутствуют только в пограничном сеноман-туронском интервале ананурской свиты, где встречаются кремнистые породы. Комплексы радиолярий изучены из пяти разрезов: Мамедова Щель, Волконка, Андреевский перевал-1, Андреевский перевал-2 и р. Жанэ. Они относятся к верхнему сеноману (зона *Triactoma parva*) и нижнему турону (зона *Acanthocircus tympanum*).

2.3. Сербия

Территория Сербии относится к внутренним областям Средиземноморского подвижного пояса, имеющим сложное строение. Важнейшими структурами здесь являются две складчатые области: Динарская на западе и Карпато-Балканская на востоке страны. Они разделены Сербо-Македонским кристаллическим массивом. Верхнемеловые отложения широко развиты в обеих складчатых областях, причем доминируют два фациальных типа. Первый представлен образованиями карбонатной платформы: мелководными биогермными известняками с фауной рудистов и крупных фораминифер, чередующимися с органогенно-обломочными известняками. Ко второму типу относится мощный терригенно-карбонатный флиш, сформировавшийся скорее всего в батальных условиях и слабо охарактеризованный палеонтологически.

Среди верхнемеловых карбонатных платформ Динарид известны локально развитые тонкоплитчатые кремнистые известняки, представляющие собой, вероятно, фацию межрифтовой лагуны. Такие образования известны на западе Сербии в районе села Струганик, они датируются коньяком-кампаном (Marković, Anđelković, 1953; Filipović et al., 1978; Djerić et al., 2009). В ходе детальных работ в разрезе известняков Струганика установлена последовательность радиоляриевых комплексов сантона (от зоны *Theosampe urna* до зоны *Afens perapediensis*).

2.4. Северная Турция

Территория северной Турции относится к складчатой системе Понтид, в составе которой широко развиты верхнемеловые отложения, представленные в Западных и Центральных Понтидах

карбонатно-терригенным флишем, а в Восточных Понтидах различными туфами (Yilmaz et al., 1997). В Центральных Понтидах отложения верхнего мела выполняют несколько синклинальных структур среди более древних комплексов (Ustaomer, Robertson, 1997; Okay et al., 2006). Одной из таких структур является бассейн Деврекани. В основании верхнего мела здесь залегает формация Томалар сеноманского возраста, представленная кальцитурбидитами, пелагическими известняками и кремнистыми породами с богатыми комплексами радиолярий и планктонных фораминифер (Bragin et al., 2001; Bragina, 2004). В разрезах Томалар и Уркут изучены комплексы радиолярий среднего и верхнего сеномана (зоны *Pseudoaulophacus lenticulatus* и *Triactoma parva*).

2.5. Кипр

Кипр принадлежит к южной ветви Средиземноморского складчатого пояса, протягивающейся вдоль северной окраины Африканско-Аравийской платформы. Территория Кипра отличается сложностью геологического строения и разнообразием структурных комплексов, многие из которых являются офиолитовыми и аллохтонными. Значительную роль на Кипре играют хаотические комплексы: олитостромы и меланжи. Широко развиты отложения осадочного чехла офиолитов, представленные необычными и сложными для биостратиграфических работ металлоносными осадками и олистостромами. Они характеризуются значительной дислоцированностью, сложной внутренней структурой, отсутствием или бедностью традиционных фоссилий.

Альбские и верхнемеловые отложения известны в составе аллохтонного комплекса Мамония (в верхах формации Епископи), а также в составе осадочного чехла офиолитового комплекса Троодос (формации Перापеди, Каннавью, Мони и Катикас). Автором изучены радиолярии из пяти разрезов: в пределах комплекса Мамония (разрез по левому борту р. Ксеропотамос), и в пределах офиолитового массива Троодос: стратотипический разрез формации Перапеди, три разреза формации Перапеди в пределах и окрестностях карьера Мангалени, а также олистолиты в составе олистостромы Мони.

2.5.1. Комплекс Мамония

Комплекс Мамония (Lapierre, 1975) развит на юго-западе острова и подразделяется на две группы: Диаризос – вулканиты триаса-нижнего мела; и Айос Фотиос – осадочные отложения триаса-мела. Формация Епископи входит в группу Айос Фотиос (Robertson, Woodcock, 1979; Swarbrick, Robertson, 1980), она представлена кремнистыми породами, а также микритовыми известняками и песчаниками, и охватывает интервал от средней юры до альба–сеномана. Наиболее молодые отложения формации Епископи описаны на юго-западе части Кипра, по р. Ксеропотамос (Bragin et al., 2000) и представлены глинами с прослоями калькаренитов и радиоляриевых кремней с комплексами верхнего альба-нижнего сеномана.

2.5.2. Осадочный чехол офиолитового массива Троодос

В центральной части Кипра развит офиолитовый массив Троодос мелового возраста, в составе которого известны все составляющие офиолитового комплекса. По южному и юго-западному флангам массива прослеживаются наиболее древние отложения осадочного чехла офиолитов: формация Перапеди (Wilson, 1959), залегающая на базальтах Троодоса и представленная

металлоносными осадками (умбритами и кремнями) турона-сантона, и формация Мони (Pantazis, 1967), являющаяся олистостромой с блоками пород комплекса Мамония, в том числе альб-сеноманских радиоляриевых кремней. В районе села Перापеди на металлоносных осадках формации Перапеди залегают бентонитовые глины формации Каннавью (Lapierre, 1968) (кампан–маастрихт). Формации Перапеди и Мони практически не содержат остатков макрофауны, крайне редки и находки микрофауны – фораминифер, в то же время комплексы радиолярий богаты и разнообразны.

Альб-сеноманские олистолиты в составе олистостромы Мони

Наиболее древние комплексы радиолярий верхнего мела в составе осадочного чехла офиолитового комплекса Троодос известны из олистолитов альб-туронского возраста, залегающих в составе олистостромы Мони (Брагина, Брагин, 2006; Bragina, Bragin, в печати). В них обнаружены радиолярии среднего-верхнего альба, верхнего альба-нижнего сеномана и низов нижнего турона.

Формация Перапеди

По периферии офиолитового комплекса Троодос на образованиях верхних пиллоу-лав залегают металлоносные осадки (умбриты и кремни), выделяемые как формация Перапеди. Мощность формации колеблется от нескольких десятков сантиметров на западе острова (Брагина, Брагин, 1996) до нескольких десятков метров на юге, в карьере Мангалени (Blome, Irwin, 1985; Urquhart, Robertson, 2000). В стратотипическом разрезе Перапеди изучены радиолярии среднего сантона и низов верхнего сантона (зона *Crucella robusta*). В трех разрезах карьера Мангалени (окрестности Лимасола) изучена наиболее полная последовательность комплексов радиолярий верхнего мела Кипра – от верхов среднего-верхнего турона (зона *Actinomma (?) belbekense*) до верхов верхнего сантона (зона *Afens perapediensis*).

2.6. Восточно-Европейская платформа

Радиолярии часто встречаются в альбских и верхнемеловых отложениях чехла Восточно-Европейской платформы, и приурочены к широко распространенным глинистым и глинисто-кремнистым породам. Наиболее представительные местонахождения известны в Московской синеклизе и Ульяновско-Саратовскому прогибе. В нескольких разрезах автору удалось установить присутствие таксонов, позволяющих наметить корреляцию с разрезами Средиземноморского подвижного пояса.

2.6.1. Московская синеклиза

В Московской синеклизе верхний мел развит локально на Клинско-Дмитровской гряде и на Теплостанской возвышенности. Радиолярии встречаются в песчано-глинисто-кремнистых отложениях хотьковской серии (коньяк-сантон), на разных стратиграфических уровнях хотьковской свиты (Брагина, 1994; Геология СССР, Т. IV., 1971; Олферьев и др., 2000). Радиолярии коньяка и сантона изучены в скважине 468 у пос. Хотьково, в скважине 456 у села Варавино, в разрезе у села Псарево и в разрезе Теплый Стан на южной окраине Москвы.

2.6.2. Ульяновско-Саратовский прогиб

В Среднем Поволжье, в пределах Ульяновско-Саратовского прогиба, широко развиты верхнемеловые (преимущественно сантон-кампанские) глинисто-кремнистые отложения, охарактеризованные иноцерамидами и фораминиферами. Радиолярии верхнего мела представлены весьма специфическими комплексами, отличающимися по таксономическому составу от ассоциаций разрезов тропической зоны Мирового океана, являющихся основой зональной шкалы (Sanfilippo, Riedel, 1985). Комплексы Среднего Поволжья имеют немало общих видов с ассоциациями Калифорнии, но среди них очень редки виды-индексы калифорнийской зональной схемы (Pessagno, 1976). Вместе с тем они сопоставимы с одновозрастными ассоциациями Московской синеклизы и Западно-Сибирской плиты. В разрезе у села Новодевичье установлены комплексы радиолярий верхнего коньяка-нижнего сантона (Брагина, Брагин, 2004, с уточнениями и дополнениями).

2.7. Индостанская платформа

Индостанская платформа относится к Гондванской группе древних платформ. В меловое время она находилась в пределах умеренных широт южного полушария и отделялась от северных кратонов значительной полосой тетических бассейнов. Радиолярии мела платформенной части Индии до сих пор не изучались детально, между тем данные по ним представляют большой интерес для биостратиграфии (в плане возможностей корреляции отложений разных палеоконтинентов), так и для палеобиогеографии, картина которой неполна без гондванских областей.

2.7.1. Бассейн Кавери

На юге Индии вдоль побережья Бенгальского залива на протяжении от города Пондичерри до устья реки Кавери развит осадочный бассейн, выполненный мелководно-морскими и континентальными отложениями мела и кайнозоя. Морские отложения альба и верхнего мела наиболее полно представлены в районе Тричинополи, где на образованиях архея с размывом залегает континентальный нижний мел, а выше развиты альбские рифогенные известняки формации Далмиапурам, согласно перекрывающиеся и латерально замещающиеся глинами формации Караи альб-среднетуронского возраста (Nagendra et al., 2011). Далее несогласно залегают верхнетуронские песчаники и алевролиты формации Кулаккалнаттам (Krishnan, 1968; Sundaram, Rao, 1986).

Формация Караи подразделяется на две толщи: Одиам и Куннам (Sundaram, Rao, 1986; Sundaram et al., 2001). Толща Одиам (альб–сеноман) представлена глинами с большим количеством фосфатных конкреций и редкими прослоями песчаников и алевролитов. Толща Куннам (верхний сеноман–средний турон) представлена алевролитистыми и песчанистыми глинами с частыми прослоями песчаников и алевролитов и с редкими фосфатными конкрециями. Общая мощность формации оценивалась от 700 м (Ramanathan, 1968) до чуть более 400 м (Sundaram et al., 2001). В стратотипе формации изучена последовательность комплексов радиолярий в интервале верхний альб – средний сеноман (Брагина, Брагин, 2013, с дополнениями).

2.8. Тихоокеанский подвижный пояс

В Тихоокеанском подвижном поясе широко развиты меловые отложения, охарактеризованные радиоляриями. Они встречаются в наиболее молодых складчатых системах: Корякской, Олюторско-

Камчатской, Сахалинской. Среди них есть вулканогенно-кремнистые, содержащие богатые комплексы радиолярий, но крайне бедные остатками других организмов, так и терригенные с разнообразными комплексами макрофауны. Последние представляют наибольший интерес для радиоляриевой биостратиграфии.

2.8.1. Сахалин, Найбинский опорный разрез

Территория Южного Сахалина, на которой расположен Найбинский опорный разрез, в позднем мелу входила в состав ТПО (Тихоокеанская палеогеографическая область), а именно, являлась частью Хоккайдо-Сахалинского палеобассейна (Опорный разрез..., 1987). В морях на территории ТПО, обитали организмы, которые существенно отличались от одновозрастных им из тетических регионов. Поэтому особенно важны поиски путей корреляции меловых отложений ТПО с Тетисом. Найбинский разрез является опорным для отложений верхнего мела Дальневосточного региона России (Опорный разрез..., 1987). Он расположен на юге Сахалина, приурочен к осевой части Западно-Сахалинского антиклинория (Алексейчик, 1954), и представлен мощными терригенными отложениями, богато охарактеризованными макрофауной (Matsumoto, 1954; 1955; 1977; Верещагин, 1977; Опорный разрез..., 1987). Из микрофауны изучались фораминиферы – Т.В.Туренко и радиолярии - Л.И.Казинцовой (Атлас..., 1992; Атлас..., 1993). Автором изучены радиолярии нижнего сеномана, среднего сеномана, верхнего сеномана и верхнего турона-нижнего коньяка (Брагина, 2008в; Брагина, 2009г; Брагина, 2009, с уточнениями и дополнениями). Ранее Л.И. Казинцовой также были детально изучены радиолярии альба.

2.8.2. Северо-западная Камчатка

Разрезы верхнего мела северо-западной Камчатки, развитые на восточном побережья Пенжинской губы отличаются стратиграфической полнотой и богато охарактеризованы иноцерамами и аммоноидеями (Пергамент, 1974). По составу это мощные терригенные отложения с карбонатными конкрециями. При обработке образцов М.А. Пергамента, собранных из быстринской свиты сантона-кампана, выявлена богатая ассоциация радиолярий сантонского возраста (Брагина, 1991а).

Таким образом, в различных регионах Евразии в многочисленных разрезах верхнего альба – верхнего сантона, имеющих разный литологический состав и разную фациальную приуроченность, наблюдаются представительные комплексы радиолярий, последовательно сменяющие друг друга и прослеживающиеся как в смежных разрезах, так на значительные территории благодаря наличию общих видов. Это создает основу для детального анализа последовательности радиоляриевых комплексов и разработки зональной шкалы. Эти вопросы рассматриваются в следующей главе.

Глава 3. Зональная шкала верхнего альба–сантона Тетических районов Евразии по радиоляриям

3.1. Основные проблемы зональной стратиграфии по радиоляриям

С последней четверти XX века радиолярии успешно используются при расчленении позднемезозойских толщ. Созданы многочисленные региональные схемы (Taketani, 1982; Schaaf,

1985; Teraoka, Kurimoto, 1986; Erbacher, Thurow, 1998; O'Dogherty, 1994; Bak, 1999; Hollis, Kimura, 2001; Yazykova et al., 2004; Vishnevskaya, Kopaevich, 2014; Амон, 2000; Вишневская, 2001; Казинцова, 2000 и др.). Для интервала альб–верхний мел наиболее часто используются зональные схемы, разработанные для Калифорнии (Pessagno, 1976, 1977), донных осадков Мирового океана (Sanfilippo, Riedel, 1985) и Средиземноморья (O'Dogherty, 1994). Все существующие схемы не лишены недостатков. Так, схема Э. Пессаньо, разработанная почти 40 лет назад, устарела, и появились данные, свидетельствующие об ином стратиграфическом распространении большинства таксонов, на которых построена эта схема. Например, Э. Пессаньо проводит нижнюю границу подзоны *Archaeospongoprunum triplum* по появлению вида-индекса в основании коньяка. В настоящее время автором получены данные о присутствии *A. triplum* Pessagno в разрезах Горного Крыма уже в верхнем сеномане, а в Найбинском опорном разрезе Сахалина – в нижнем сеномане (Брагина, 2009д). Схема А. Санфилиппо и В. Ридела (Sanfilippo, Riedel, 1985) не обладает достаточной дробностью. Например, зона *Obesacapsula somphedia* охватывает интервал от нижнего сеномана до верхнего коньяка. Более дробной является схема Л. О'Догерти (O'Dogherty, 1994), однако она охватывает лишь малую часть верхнего мела (сеноман–нижний турон), а выделенные биостратоны прослеживаются не во всех тетических районах (рис. 3).

В последние десятилетия расширено представление о географическом распространении и таксономическом разнообразии ассоциаций альба–сантона. Этот новый материал позволяет построить более дробную стратиграфическую схему, работающую в пределах Тетической надобласти и ее северного обрамления. Для создания такой схемы необходимо выбрать правильный методический подход, позволяющий надеяться на положительный результат. В зональной стратиграфии мезозоя по радиоляриям используется два типа зон: 1) зоны, построенные по датум-плейнам, прослеженным по появлению и исчезновению таксонов, и 2) зоны, созданные на основе унитарных ассоциаций. Примером первого типа являются зоны Э. Пессаньо (Pessagno, 1977). При выделении таких зон используются: 1) вид-индекс и другие виды, впервые появляющиеся на нижней границе зоны; 2) виды, исчезающие на нижней границе зоны; 3) виды, появляющиеся или исчезающие внутри зоны; 4) транзитные виды и 5) доминирующие виды. Как показывает стратиграфическая практика, такой тип зон максимально подходит для работы с планктонными организмами, а также потенциально содержит в себе основу для дальнейшей детализации имеющихся схем (Брагин, 2013). Зоны по радиоляриям выделяются как отложения, сформировавшиеся за время существования характерного комплекса ископаемых организмов. Данное время отвечает этапу развития группы, меньшему по рангу, чем век. В большинстве случаев при выделении зон по радиоляриям важное значение придается преемственности зон в разрезе и их смыкаемости. Границы зон по радиоляриям проводятся по смене комплексов. В большинстве случаев наблюдается совпадение ярусных границ с зональными. Зона, как стратиграфическое подразделение, имеет стратотип. В настоящей работе этот принцип соблюдается.

меловая												система	
верхний											отдел		
альб											ярус		
сеноман											подъярус		
турон													
коньяк													
сантон													
верхний													
средний													
нижний													
настоящая работа											теплические районы Евразии		
теплические районы Евразии											зоналы		
Arens											Arens		
perarediensis											perarediensis		
Crucella robusta											Crucella robusta		
Theosampe											Theosampe		
Theosampe											Theosampe		
Surodietyomitra											Surodietyomitra		
longa											longa		
Alevium											Alevium		
praegallowayі											praegallowayі		
Achnomma (?)											Achnomma (?)		
belbekense											belbekense		
Phaseliforma											Phaseliforma		
turovi											turovi		
Patellula											Patellula		
selbukhtzensis											selbukhtzensis		
Acanthocritus											Acanthocritus		
tympanum											tympanum		
Triactoma											Triactoma		
rayva											rayva		
Pseudoaclorhacus											Pseudoaclorhacus		
lenticulatus											lenticulatus		
Patellula											Patellula		
spica											spica		
Strolanum											Strolanum		
triangulare											triangulare		
Aceniotyle											Aceniotyle		
umbilicata											umbilicata		
Sanfirro,											Sanfirro,		
Riedel, 1985;											Riedel, 1985;		
композиционная схема											композиционная схема		
зоналы											зоналы		
Passagno, 1977;											Passagno, 1977;		
Калифорния											Калифорния		
зоналы											зоналы		
Allevium											Allevium		
gallowayі											gallowayі		
Orbiculiforma											Orbiculiforma		
vacaensis											vacaensis		
Allevium											Allevium		
praegallowayі											praegallowayі		
Archaeospongoprum											Archaeospongoprum		
trifurum											trifurum		
Archaeospongoprum											Archaeospongoprum		
venadoensis											venadoensis		
Allevium											Allevium		
superbum											superbum		
Halesium											Halesium		
sexangulum											sexangulum		
Quinquesarcularia											Quinquesarcularia		
spinosa											spinosa		
Rotuliforma											Rotuliforma		
hessi											hessi		
Cassidens											Cassidens		
riedelli											riedelli		
Archaeospongoprum											Archaeospongoprum		
tehamaensis											tehamaensis		
Petasiforma											Petasiforma		
foremanaе											foremanaе		
O'Dogherty, 1994;											O'Dogherty, 1994;		
Италия, Испания											Италия, Испания		
зоналы											зоналы		
Allevium											Allevium		
superbum											superbum		
Guttascarpa											Guttascarpa		
biacuta											biacuta		
Dactylosphaera											Dactylosphaera		
silviae											silviae		
Patellula											Patellula		
spica											spica		
Thamaria											Thamaria		
spoletoensis											spoletoensis		
Doryule ?											Doryule ?		
amisa											amisa		
Pogonias											Pogonias		
missilis											missilis		
Alevium											Alevium		
superbum											superbum		
Alevium											Alevium		
praegallowayі-											praegallowayі-		
Pseudoaclorhacus											Pseudoaclorhacus		
praeflorescens											praeflorescens		
Euchlonia											Euchlonia		
santonica-Archaeo-											santonica-Archaeo-		
spongoprum											spongoprum		
nishiyamae											nishiyamae		
Allevium											Allevium		
gallowayі											gallowayі		
Allevium											Allevium		
gallowayі-Pseudo-											gallowayі-Pseudo-		
aclorhacus											aclorhacus		
florescens											florescens		
Strolanum											Strolanum		
cupatum											cupatum		

Рис. 3. Корреляция выделенных зональных подразделений верхнего альба-сантона по радиолариям с некоторыми опубликованными ранее зональными схемами (Брагина, 2016).

Пример другого методического подхода имеется в монографии Л. О’Догерти, детально изучившего радиоларии валанжина–нижнего турона Италии и Испании (O’Dogherty, 1994). В отличие от Э. Пессаньо, в работе Л. О’Догерти был применен метод унитарных ассоциаций (Guex, 1977, 1991; Savary, Guex, 1991). С помощью компьютерной программы BIOGRAPH выделяется унитарная ассоциация (УА), то есть максимальный по количеству комплекс совместно встречающихся видов, повторяющийся во многих разрезах. Затем на основе УА выделяются зоны. Так как многие УА обычно обнаруживаются только в одном или двух разрезах, то и зоны выделяются как интервалы распространения двух или трех унитарных ассоциаций, то есть как интервалы совместной встречаемости ряда видов без строгой фиксации появления или исчезновения таксонов. В итоге получается зональная схема без датум-плейнов и без строго определенных границ биостратонов. Недосток таких построений состоит в том, что данные по радиолариям сложно использовать для решения вопросов проведения геологических границ.

В связи с вышесказанным очевидно, что единственный путь детализации зональных шкал – традиционный, с использованием зон первого типа, установленных и прослеженных в разрезах, охарактеризованных ортостратиграфическими группами фоссилий. В настоящее время все еще имеются разногласия в трактовке понятия “биостратиграфическая зона” (Гладенков, 2010). Поэтому в настоящей работе использовано определение комплексных зон, опубликованное в (Стратиграфический..., 2006). Итак, комплексные зоны – это “совокупность слоев, охарактеризованных комплексом древних организмов из трех или более таксонов, отличным от комплекса подстилающих или перекрывающих слоев”, причем нижняя граница зоны совпадает с появлением вида-индекса (Стратиграфический..., 2006, Статья VII.4, с. 39).

В настоящей работе радиолариевые биостратоны выделяются по карбонатно-кремнистым разрезам, которые обычно хорошо охарактеризованы планктонными фораминиферами. Изученный материал имеет много достоинств. Это высокое таксономическое разнообразие комплексов. Ранее считалось, что в этих разрезах трудно надеяться на хорошую сохранность радиоларий. Однако усовершенствование методики выделения позволило получить палеонтологический материал хорошей и удовлетворительной сохранности.

Наиболее важны разрезы Горного Крыма, где радиоларии присутствуют в интервале от верхнего альба до нижней части коньяка включительно, и в верхнем сантоне. Повсеместно с радиолариями встречены планктонные фораминиферы, иногда иноцерамиды и аммоноидеи, а также наннофоссилии (Кораевич, Walaszczuk 1990; Алексеев и др., 2007; Найдин, Алексеев, 1980; Найдин и др., 1981; Кликушин, 1985; Копаевич, 2010; Корчагин и др., 2012). В интервале верхняя часть коньяка–средний сантон радиоларии в Крыму не известны вследствие стратиграфического хиатуса (Кликушин, 1985; Алексеев, 1989), проявляющегося в большинстве разрезов. Дополнительные разрезы, где радиоларии встречены совместно с другой фауной, изучены в Азербайджане (от верхнего альба до пограничных отложений турона–коньяка), в Северной Турции (средний–верхний сеноман) и в Сербии (сантон).

Чрезвычайно важным дополнением являются разрезы Кипра, где наблюдается наиболее полная последовательность радиоляриевых комплексов в интервале верхний турон–самые верхи сантона, благодаря чему можно обосновать расчленение проблемного интервала коньяк–средний сантон. Следует особо отметить исключительную сохранность, богатство и разнообразие кипрских комплексов радиолярий.

3.2. Схема зонального расчленения верхнего альба–сантона Тетических районов Евразии по радиоляриям

В нижеследующих описаниях зон приводятся данные по их номенклатуре, характерным комплексам фоссилий, распространению и возрасту. При выделении зон соблюден общий принцип проведения нижней границы по появлению вида-индекса и сопутствующих таксонов (рис. 4).

Зона **Crolanium triangulare** (верхний альб) выделена в разрезе Марьино (Крым) (Горбачик, Казинцова, 1998). Проведение нижней границы условно, поскольку в нижележащих отложениях радиолярии не обнаружены. Характерный комплекс: *Crolanium triangulare* (Aliev), *Porodiscus kavilkensis* Aliev, *Archaeodictyomitra* (?) *speciosa* Bragina, *Pogonisella* ? *hirsutus* (Squinabol). Обычны транзитные виды из нижнего и среднего альба: *Acaeniotyle amplissima* (Foreman), *Dactyliodiscus longispinus* (Squinabol), *Dicroa rara* (Squinabol) и др. Возраст обоснован по планктонным фораминиферам *Hedbergella infracretacea*–*H. globigerinellinoides* (верхний альб). Зона прослеживается в Крыму (разрез Кирпичное), на Большом Кавказе (разрез Келевудаг), в Московской синеклизе (Казинцова, Олферьев, 1997), на Сахалине (Казинцова, 1993). Аналоги зоны известны в Италии и Испании (O'Dogherty, 1994), в Атлантике (Erbacher, Thurow, 1998), Калифорнии (Pessagno, 1977), Уральском регионе (Амон, 2000), в Карпатах (Bak, 1999) на Восточной Камчатке (Палечек и др., 2010) и в Японии (Nakaseko, Nishimura, 1981) (рис. 5, 6).

Зона **Patellula spica** (нижний сеноман) выделена в разрезе Сель-Бухра (Крым). Характерный комплекс: *Patellula spica* O'Dogherty, *P. helios* (Squinabol), *Dactyliosphaera silviae* Squinabol, *Orbiculiforma maxima* Pessagno, *Paronaella spica* Bragina, *Patulibracchium woodlandensis* Pessagno, *Pyramispongia glascocksensis* Pessagno, *Novixitus dengoi* Schmidt-Effing, *N. subtilis* Bragina, *Obeliscoites maximus* (Squinabol), *Rotaforma hessi* Pessagno. Обильны и разнообразны *Diacanthocapsa*, *Pseudoacanthosphaera*, *Staurosphaeretta*, *Quinquecapsularia*. Возраст обоснован по аммоноидеям *Mantelliceras mantelli* (Sow.) (Алексеев, 1989). В разрезе Сель-Бухра зона *P. spica* соответствует интервал-зоне *Thalmaninella globotruncanoides* (планктонные фораминиферы) - нижняя часть нижнего сеномана (Кобаевич, Хотылев, 2014). Зона прослеживается в Крыму, на Большом Кавказе (разрез Келевудаг). Аналоги зоны известны в Атлантике (Erbacher, Thurow, 1998), Италии и Испании (O'Dogherty, 1994), в Карпатах (Bak, 1999), Южной Индии (разрез Караи) (Брагина, Брагин, 2013), Калифорнии (Pessagno, 1977).

Зона **Pseudoaulophacus lenticulatus** (средний сеноман) выделена в разрезе Сель-Бухра (Крым). Характерный комплекс: *Pseudoaulophacus lenticulatus* (White), *Cavaspongia antelopensis* Pessagno, *Triactoma micropora* Bragina. Продолжают встречаться *Rotaforma hessi* Pessagno и *R. mirabilis*

Pessagno и появляется *Novixitus costatus* Bragina; многочисленны представители родов *Patellula* и *Obeliscoites*. Верхняя часть зоны характеризуется последними *Acaeniotyle amplissima* (Foreman), *Crolanium triangulare* (Aliev), *Pogonisella ? hirsutus* (Squinabol) и *Thanarla gracilis* (Squinabol). Возраст обоснован по белемнитам *Neohibolites ultimus* (Orb.) и аммонитам *Turrilites costatus* Lam. (Найдин, Алексеев, 1980; Алексеев, 1989). Биостратон отвечает верхней части зоны *Thalmaninella deeskei* и нижней части зоны *Rotalipora cushmani* по планктонным фораминиферам (Кобаевич, 2011; Кобаевич, Хотылев, 2014). Зона прослеживается в Крыму, в Северной Турции (разрезы Томалар и Уркут), на Большом Кавказе (разрез Келевудаг) (Кобаевич и др., 2015). Аналоги зоны известны в Атлантике (Erbacher, Thurow, 1998), в Италии и Испании (O'Dogherty, 1994), на Сахалине (Найбинский опорный разрез) (Брагина, 2008в, 2009д), в Калифорнии (Pessagno, 1977).

Зона ***Triactoma parva*** (верхний сеноман) выделена в разрезе Сель-Бухра (Крым). Характерный комплекс: *Triactoma parva* (Squinabol), *Pseudoaulophacus praefloresensis* Pessagno, *P. putahensis* Pessagno. В нижней части зоны появляется *Crucella cachensis* Pessagno и исчезают *Orbiculiforma railensis* Pessagno, *Rotaforma hessi* Pessagno, *R. mirabilis* Pessagno, *Obeliscoites maximus* (Squinabol). В верхней части зоны появляются *Archaeospongoprimum archaeobipartitum* Bragina, *A. triplum* Pessagno, *Cavaspongia robusta* Bragina, *Pseudodictyomitra nakasekoi* Taketani, *Pseudoeucyrtis tauricus* Bragina. Обильны и разнообразны *Diacanthocapsa*, *Cavaspongia*, *Pseudoacanthosphaera*, *Staurosphaeretta*, *Quinquecapsularia*. В верхней части зоны отмечены последние *Novixitus subtilis* Bragina, *Obeliscoites perspicuus* (Squinabol), *Trisyringium echitonicum* (Aliev). Возраст обоснован по планктонным фораминиферам, биостратон соответствует зоне *Rotalipora cushmani* и подзоне *Dicarinella imbricata* (средняя часть верхнего сеномана) (Кобаевич, 2010, 2011). Зона прослеживается в Крыму, в северной Турции (разрезы Томалар и Уркут); на южном склоне Большого Кавказа (разрезы Жанэ и Андреевский перевал-2). Аналоги зоны известны в Атлантике (Erbacher, Thurow, 1998), в Италии и Испании (O'Dogherty, 1994), в Карпатах (Bak, 1999), на Сахалине (Найбинский опорный разрез) (Брагина, 2009г, 2008в, 2009д), в Калифорнии (Pessagno, 1977).

Зона ***Acanthocircus tympanum*** (нижний турон без верхов) выделена в разрезе Сель-Бухра (Крым). Характерный комплекс: *Acanthocircus tympanum* O'Dogherty, *Alievium superbum* (Squinabol), *Patulibracchium (?) quadroastrum* Bragina, *Pseudoaulophacus circularis* Bragina, *Pseudoeucyrtis tauricus* Bragina, *Sandovalella hastatus* (O'Dogherty). В низах зоны встречаются последние *Dicroa rara* (Squinabol) и *Diacanthocapsa betica* O'Dogherty, в верхах зоны последние *Novixitus costatus* Bragina. Возраст обоснован по наннопланктону (зона *Quadrum gartneri*), иноцерамам (зона *Mytiloides mytiloides*) и фораминиферам (интервал-зона *Whiteinella archaeocretacea*) (Алексеев и др., 2007; Кобаевич, 2010; Кобаевич, Walaszczyk, 1990). Зона прослеживается в Крыму, на южном склоне Большого Кавказа (разрезы Мамедова Щель, Волконка, Андреевский перевал-1, Андреевский перевал-2) (рис. 22). На Кипре сходные комплексы известны из блоков олистостромы Мони. Аналоги зоны известны в Италии (O'Dogherty, 1994; Bak, 2011), в Испании (Khan et al., 1999), в Карпатах (Bak, 1999), в Атлантике (Erbacher, Thurow, 1998), в юго-западной Турции (Yurtsever et al., 2003)

Зона **Patellula selbukhraensis** (верхняя часть нижнего турона) выделена в разрезе Сель-Бухра (Крым). Характерный комплекс: *Patellula selbukhraensis* Bragina, *Falsocromyodrimus* sp. ex gr. *F. mirabilis* (Squinabol), *Dictyomitra densicostata* Pessagno. В самых низах зоны встречены последние *Orbiculiforma cachensis* Pessagno. Верхнюю часть зоны характеризуют последние *Archaeodictyomitra* (?) *speciosa* Bragina и *Pseudodictyomitra lodogaensis* Pessagno. Возраст обоснован по наннопланктону (зона *Quadrum gartneri*), планктонным фораминиферам (зона *Helvetoglobotruncana helvetica*), иноцерамам (зона *Mytiloides hercynicus*) (Алексеев и др., 2007; Копаевич, 2011; Кораевич, Walaszczyk, 1990). Зона прослеживается в юго-западном и центральном Крыму, аналоги зоны могут быть прослежены в Калифорнии (Pessagno, 1977).

Зона **Phaseliforma turovi** (средний турон без верхов) выделена в разрезе Ак Восточный (Крым). Характерный комплекс: *Phaseliforma turovi* Bragina, *Paronaella*(?) *nikishini* Bragina, *Pseudoaulophacus trizonalis* Bragina, *Triactoma karasuensis* Bragina. В низах зоны отмечено последнее присутствие *Stichomitra magna* Squinabol. Возраст обоснован по планктонным фораминиферам *Whiteinella paradubia* и *Marginotruncana pseudolinneiana* (Копаевич в: Брагина и др., 2014б). Зона прослеживается в Крыму (разрезы Ак, Биюк-Карасу, Сель-Бухра, Аксудере). Аналоги зоны могут быть прослежены в Калифорнии (Pessagno, 1977) и Греции (Bandini et al., 2006).

Зона **Actinomma** (?) **belbekense** (верхняя часть среднего турона–верхний турон) выделена в разрезе Ак Восточный (Крым). Характерный комплекс: *Actinomma* (?) *belbekense* Bragina, *Multastrum robustum* Bragina, *M. regale* Vishnevskaya, *Patulibracchium belogorskensis* Bragina, *Lipmanium?* *ovalum* Bragina, *Eostichomitra perapedhia* (Bragina). Отмечаются последние *Sandovalella hastatus* (O'Dogherty). В низах зоны отмечены последние *Patellula spica* O'Dogherty. В пределах зоны обильны и разнообразны *Pseudoacanthosphaera*, *Staurosphaeretta*, *Diacanthocapsa*. В самых верхах зоны отмечены последние *Dactyliosphaera silviae* Squinabol, *Patulibracchium woodlandensis* Pessagno, *Pseudodictyomitra pseudomacrocephala* (Squinabol), а также первые *Patellula planoconvexa* Pessagno и *Orbiculiforma quadrata* Pessagno. Возраст обоснован по иноцерамидам *I. lamarcki* (средний турон) и стратиграфическому положению (Кликушин, 1985; Кораевич, Walaszczyk, 1990). Зона прослеживается в Крыму (разрезы г. Ак, разрез Чуку), на Кипре (разрез Мангалени-1); на Большом Кавказе (разрез Келевудаг). Аналоги зоны выделяются на Сахалине (Найбинский опорный разрез) (Брагина, 2009г).

Зона **Alievium praegallowayi** (нижняя часть коньяка) выделена в разрезе Мангалени-1 (Кипр). Характерный комплекс: *Alievium praegallowayi* Pessagno, *Archaeospongoprunum bipartitum* Pessagno, *Crucella plana* Pessagno, *Pseudodictyomitra crassa* Bragina. Нижняя граница зоны характеризуется последними *Pseudoaulophacus trizonalis* Bragina, *Pseudoeucyrtis pulchra* (Squinabol) и *Ultranapora dendroacanthos* (Squinabol). В низах зоны отмечено появление *Multastrum mangaleniense* Bragina, а также исчезновение *Acanthocircus tyrranum* O'Dogherty. В средней части зоны отмечены последние *Patellula selbukhraensis* Bragina sp. nov. В пределах зоны обильны и разнообразны Neosciadiocapsidae и Diacanthocapsidae. В настоящей работе зона *Alievium praegallowayi* имеет то же название, что и

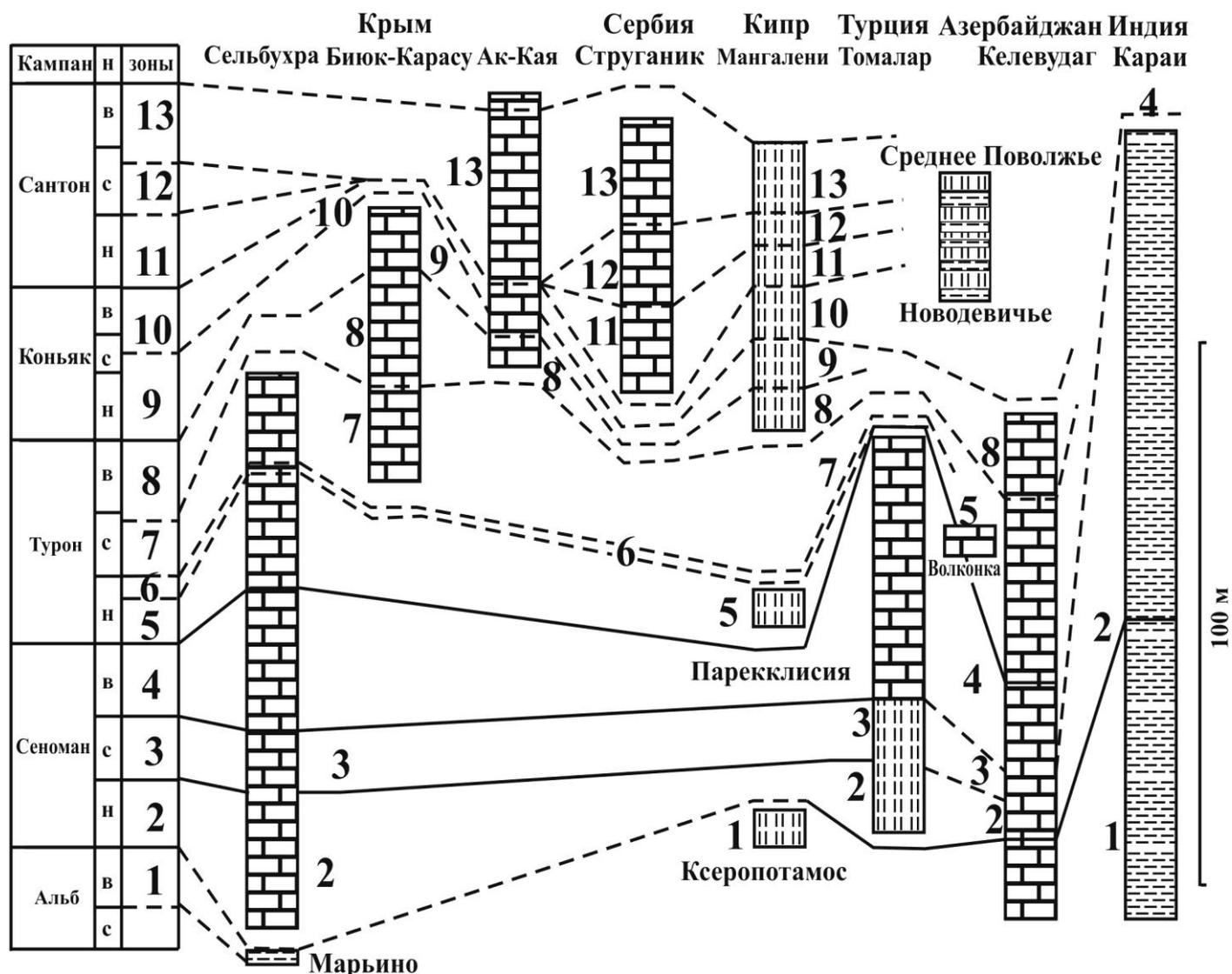


Рис. 5. Прослеживание радиоляриевых биостратонов в районах исследования по важнейшим разрезам (Брагина, 2016). В стратиграфической колонке цифрами указаны зоны: 1 - *Crolanium triangulare*, 2 - *Patellula spica*, 3 - *Pseudoaulophacus lenticulatus*, 4 - *Triactoma parva*, 5 - *Acanthocircus tympanum*, 6 - *Patellula selbukhraensis*, 7 - *Phaseliforma turovi*, 8 - *Actinomma (?) belbekense*, 9 - *Alievium praegallowayi*, 10 - *Cyprodictyomitra longa*, 11 - *Theocampe urna*, 12 - *Crucella robusta*, 13 - *Afens perapediensis*.

зона, установленная для коньяка Калифорнии (Pessagno, 1976), но выделяется в ином объеме (нижняя часть коньяка). Возраст обоснован по стратиграфическому положению и по прослеживанию в Крыму (разрез г. Чуку) в пределах слоев с *Inoceramus wandereri* (нижний коньяк; Кликушин, 1985). Зона прослеживается на Кипре, в Крыму (разрезы г. Чуку, Алан-Кыр и Ак-Кая). Аналоги зоны могут быть выделены в Калифорнии (Pessagno, 1976).

Зона ***Cyprodictyomitra longa*** (верхняя часть коньяка) выделена в разрезе Мангалени-1 (Кипр). Характерный комплекс: *Cyprodictyomitra longa* Bragina, *Microsciadiocapsa quasissutterensis* Bragina, *M.? elegantissima* Bragina, *Lipmanium? ovalum* Bragina. В пределах зоны - последнее присутствие *Triactoma parva* (Squinabol). Возраст обоснован по положению зоны в разрезе между нижнеконьякской зоной *A. praegallowayi* и нижнесантонской зоной *Theocampe urna*. Зона прослеживается на Кипре. Аналоги зоны прослеживаются в Московской синеклизе (Брагина, 1994, Алексеев и др., 2004), в Баварии (Ohmert, 2006).

Зона **Theocampe urna** (нижний сантон) выделена в разрезе Мангалени-1 (Кипр). Характерный комплекс: *Theocampe urna* (Foreman), *Alievium gallowayi* (White), *Amphipyndax* sp. A, *Dictyomitra koslovae* Foreman, *D. torquata* Foreman, *Quinquecapsularia* sp. A. В нижней части зоны первые *Afens moniensis* Bragina, последние *Patulibracchium* (?) *quadroastrum* Bragina, *Pseudoaulophacus praeefloresensis* Pessagno и *Triactoma karasuensis* Bragina. В пределах зоны обильны *Quinquecapsularia*. В самых верхах зоны последние *Cyprodictyomitra longa* Bragina и *Microsciadiocapsa quasiusutterensis* Bragina. В настоящей работе зона Т. urna имеет то же название, что и зона сантона (Sanfilippo, Riedel, 1985), но выделяется в объеме нижнего подъяруса сантона. Возраст обоснован по появлению *Theocampe urna* на рубеже коньяка и сантона (Sanfilippo, Riedel, 1985; Hardenbol et al., 1998). Зона прослеживается на Кипре, в Сербии (разрез Струганик). А. Санфилиппо и В. Риделем (Sanfilippo, Riedel, 1985) установлена зона *Artostrobium urna* (=Т. urna), нижняя часть которой соответствует зоне Т. urna (настоящая работа). Зона Т. urna соответствует нижней части зоны сантона *Alievium gallowayi*, установленной в калифорнийских разрезах (Pessagno, 1976). Аналоги зоны прослеживаются в Поволжье (разрез Новодевичье, разрез Вишневое (Брагина, Брагин, 2004; Олферьев и др., 2007), в Японии (Nakaseko, Nishimura, 1981; Taketani, 1982).

Зона **Crucella robusta** (средний сантон–нижняя часть верхнего (?) сантона) выделяется в разрезе Мангалени-1 (Кипр). Характерный комплекс: *Crucella robusta* Bragina, *Bisphaerocephalina* (?) *amazon* (Foreman), *Clathropyrgus titthium* Riedel et Sanfilippo, *Neosciadiocapsa urquharti* Bragina. В нижней части зоны последние *Multastrum regale* Vishnevskaya, *Triactoma micropora* Bragina, *Eostichomitra perapedhia* (Bragina) и *Pseudodictyomitra crassa* Bragina. В верхней части зоны последние *Archaeospongoprimum archaeobipartitum* Bragina, *A. triplum* Pessagno, *Cavaspongia antelopensis* Pessagno, *Orbiculiforma quadrata* Pessagno. В самых верхах зоны последние *Actinomma* (?) *belbekense* Bragina, *Crucella cachensis* Pessagno и *C. plana* Pessagno. Возраст обоснован по положению в разрезе между зоной Т. urna нижнего сантона и зоной *Afens perapediensis* верхней части верхнего сантона. Зона прослеживается на Кипре (разрезы Мангалени и Перapedи). Зона *C. robusta* по стратиграфическому положению соотносится с верхами зон *Theocampe urna* (Sanfilippo, Riedel, 1985) и *Alievium gallowayi* (Pessagno, 1976), но в силу невысокой дробности этих схем точное соотнесение затруднительно. Аналоги зоны могут быть прослежены в Баварии (Ohmert, 2006), на Камчатке (Брагина, 1991а, 2013а, с дополнениями).

Зона **Afens perapediensis** (верхняя часть верхнего сантона) выделена в разрезе Мангалени-1 (Кипр). Характерный комплекс: *Afens perapediensis* Bragina, *Crucella espartoensis* Pessagno, *Pseudoaulophacus kopaevichae* Bragina, *Spongosaturminus parvulus* Campbell et Clark, *Gongylothorax mangaleniensis* Bragina, *Heliocryptocapsa perapediensis* Bragina, *Pseudoeucyrtis belogorskensis* Bragina. В верхней части зоны встречены последние *Alievium superbum* (Squinabol), *Archaeospongoprimum bipartitum* Pessagno, *Multastrum mangaleniense* Bragina, *Paronaella spica* Bragina. Возраст обоснован по совместному нахождению характерного комплекса зоны в разрезе Ак-Кая (Крым) с планктонными фораминиферами верхнего сантона: *Archaeoglobigerina bosquensis* Pessagno, *Contusotruncana*

fornicata (Plummer), *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg), *H. striata* (Ehrenberg), *Globigerinelloides algerianus* Cushman et Ten Dam, *G. prairiehillensis* Pessagno, *Globotruncana bulloides* Vogler, *G. churchi* Martin, *G. lapparenti* Brotzen, *G. pseudolinneana* (Pessagno), *Marginotruncana marginata* (Reuss) (Корчагин и др., 2012). Самые верхи зоны *A. perapediensis* могут охватывать пограничные отложения сантона–кампана. Зона прослеживается на Кипре (разрезы Магалени), в Крыму (разрезы Ак-Кая и Алан-Кыр), на южном склоне Большого Кавказа (разрез на р. Агура) (Вишневская, Агарков, 1998; Вишневская, 2001), в Атлантике (Thurrow, 1988).

Итак, впервые создана детальная зональная схема расчленения верхнего альба–сантона по радиоляриям для тетических районов Евразии и осуществлена корреляция радиоляриевых биостратонов с зонами по другим группам и подразделениями общей шкалы (рис. 6). Наибольшая детальность достигнута при расчленении отложений турона (4 зоны). Объем биостратонов равен подъярису или немного менее. Выделенные зоны прослеживаются на значительной территории, охватывающей Крым, Большой Кавказ, Сербию, Турцию, Италию, Испанию, Кипр, Баварию, Польшу, Атлантику. Отдельные зональные подразделения (например, зона верхнего альба *Crolium triangulare*) могут быть прослежены за пределами тетических регионов: на Русской плите, в Уральском регионе (Зауралье) и на Сахалине. Полученные результаты позволяют сформулировать первое защищаемое положение:

Меловые отложения тетических районов Евразии расчленяются на дробные радиоляриевые биостратоны, обеспечивающие высокую детальность, а также корреляцию зональных единиц в пределах Средиземноморья, Крыма и Кавказа. Впервые в интервале верхнего альба–сантона выделяется 13 зон.

Решение биостратиграфической задачи позволяет перейти к рассмотрению развития радиолярий в течение альба и позднего мела (до кампана), а также анализу динамики биоразнообразия радиолярий и влияния различных абиотических событий, и анализу этапности радиолярий. Этим вопросам посвящена следующая глава.

Глава 4. Развитие радиолярий в течение позднего альба-кампана

В последние десятилетия накоплен значительный материал по позднемеловым радиоляриям, позволяющий судить об их таксономическом разнообразии, динамике и основных направлениях развития. Данные по родовому составу и стратиграфическому распространению меловых родов обобщены в каталоге мезозойских радиолярий в (O'Dogherty et al., 2009). Дополняя эти сведения материалами последних публикаций, а также анализами стратиграфического распространения и биоразнообразия радиолярий, проведенными отечественными коллегами (Афанасьева, Амон, 2006; Вишневская, 2009), можно провести анализ динамики разнообразия радиолярий в позднем альбе-кампане, наметить этапы развития радиолярий и рассмотреть на фоне этой этапности филогению важнейших таксонов радиолярий, проводя общий анализ развития всей группы. Все оценки сделаны на уровне родов и семейств в пределах каждого века.

Анализ динамики биоразнообразия проведен на родовом уровне, что позволяет уловить самые общие и отчетливые тренды и тенденции. Рассмотрена связь биоразнообразия с различными абиотическими событиями, особое внимание обращено на климатические флуктуации, эвстатические колебания, а также аноксийные события. На основании данных по альбским и позднемеловым родам построены графики, показывающие общее количество родов на разных отрезках времени, а также количество появляющихся и исчезающих родов на этих отрезках (рис. 7). История развития радиолярий в период от позднего альба до кампана может быть подразделена на 5 этапов: поздний альб–средний сеноман, поздний сеноман–ранний турон, средний турон–нижний коньяк, верхний коньяк–сантон, кампан. Данные этапы различаются скоростями появления и вымирания таксонов.

1 этап. Поздний альб–средний сеноман

В позднем альбе существовало 106 родов, возникло за это время 3 рода, и не вымерло ни одного. Количество родов в раннем сеномане достигло 110 родов, причем появилось 6, а вымерло 2. Каких-либо структурных изменений на рубеже раннего и позднего мела, во время завершения океанского аноксийного события 1 (Ocean Anoxic Event 1), в развитии радиолярий не наблюдается. Эвстатический максимум (Наг, 2014), завершивший альбскую глобальную трансгрессию, возможно, привел к широкому распространению однотипных фаун, как мы видим на примере альбских радиолярий Крыма и Восточно-Европейской платформы (Горбачик, Казинцова, 1998; Казинцова, Олферьев, 1997).

В среднем сеномане в Атлантике и на западе Тетис наблюдается среднесеноманское аноксийное событие, или МСЕ (Middle Cenomanian Event) (Hart, Tarling, 1974). Оно не оказало существенного влияния на развитие радиолярий. Общее количество родов во время МСЕ снижается всего на 4 рода, при этом возникает 4 рода, а вымирает 8. Рассматриваемый этап характеризуется низкими темпами развития, и в его конце количество родов то же, что и в начале – 106.

Это этап смешанного существования фауны, наследованной с альба, здесь получили развитие все три отряда: Nassellaria, Spumellaria и Entactinaria. Последний представлен 7 родами, из которых 2 рода (*Pessagnulus* и *Cachecreekaria*) возникают в раннем сеномане, причем последний известен только в пределах раннего сеномана; *Pyloctostylus* заканчивает существование в раннем сеномане; *Archaeoplegma*, *Cuboctostylus* и *Quinquecapsularia* – транзитные. Отряд Nassellaria состоит из 58 родов, из которых на рассматриваемом этапе появляются 3 рода: *Guttacapsa*, *Pentaspongoretta* и *Saturniforma*. К концу этапа вымирают 5 родов: *Hsuum*, *Mictyoditra*, *Kozurium*, *Svinitzium* и *Trimulus*.

Количество родов отряда Spumellaria составляет 54, из которых 8 появляются: *Cavaspongia*, *Kreutzella*, *Patellula*, *Spongodiscus*, *Spongopyle*, *Stylodictya*, *Tetracanthellipsis* и *Stylodruppa* (Bragina, 2004; O'Dogherty et al., 2009; Брагина, 2008в; Казинцова, 1981). Первый из них получает широчайшее развитие в сеномане и туроне (O'Dogherty, 1994; Bak, 2011; Брагина, 2009д). Род *Spongodiscus*, ранее известный только с позднего кампана (O'Dogherty et al., 2009), в последние годы найден в альбе–сеномане Индии (Брагина, Брагин, 2013). Род *Spongopyle*, который считался

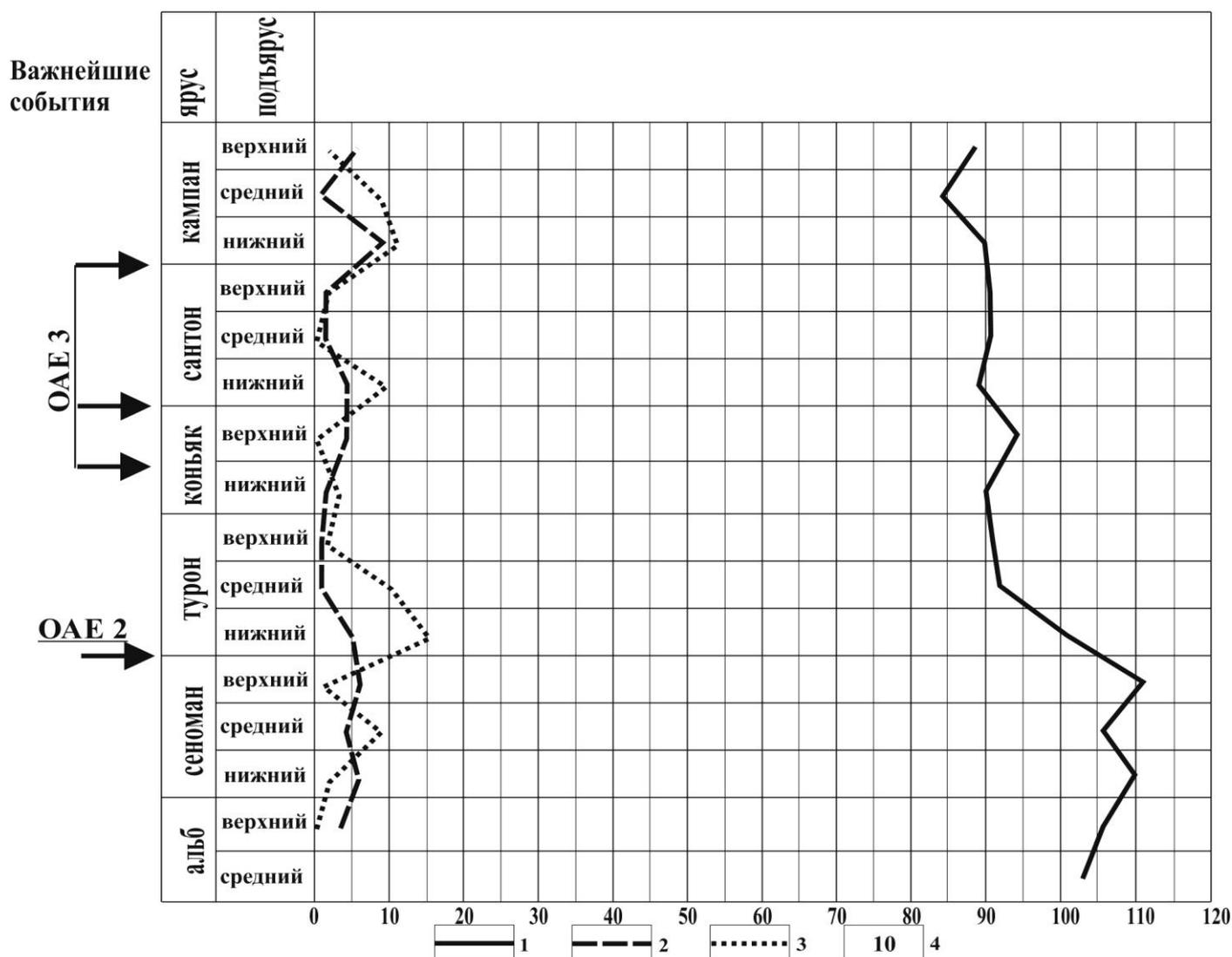


Рис. 7. Количественные показатели разнообразия радиоларий в позднем альбе-кампане (на уровне родов). 1 - количество существующих родов, 2 - количество появившихся родов, 3 - количество вымерших родов, 4 - количество родов.

возникающим в кампане (O'Dogherty et al., 2009), на территории Русской плиты распространен с альба (Вишневецкая и др., 2005б). Вымирают 3 рода: *Cyclastrum*, *Mallanites* и *Orbiculiformella*.

В течение рассматриваемого этапа вымирают 2 семейства отряда Nassellaria, Hsuidae и Parvicingulidae, и семейство Veghicyclidae отряда Spumellaria. Отряд Entactinaria пополняется семейством Centrocubidae, а отряд Spumellaria – семейством Spongodiscidae (род *Spongodiscus*). В течение позднего альба–среднего сеномана широко представлены Acaeniotylinae, Artostrobiidae, Diacanthocapsidae и Spongocapsulidae. Семейства Archaeodictyomitridae, Pseudoaulophacidae, Saturnalidae, Xitidae и Willriedellidae представлены всеми родами, известными в позднем мелу. Именно в это время расцветает семейство Rotaformidae, отличающееся необычным строением раковины, сходным с Saturnalidae. Получают расцвет роды *Pseudodictyomitra*, *Pseudoacanthosphaera*, *Obeliscoites*, *Rhopalosyringium*, *Staurosphaeretta* и *Stichomitra* (Pessagno, 1976, 1977, Bragina, 2004; O'Dogherty, 1994; Vak, 2011; Erbacher, Thurow, 1997; Thurow, 1988; и др.). Для раннего мела были весьма характерны морфотипы с количеством камер более 20. К концу этапа вымирают последние виды родов *Pseudodictyomitra* и *Sandovalella* с таким количеством камер.

2 этап. Поздний сеноман–ранний турон

В позднем сеномане количество родов достигает 111. При этом возникает 6 родов, а вымирает 1. На рубеже сеномана и турона отмечается одно из событий массового вымирания, которое привело к резкому сокращению фораминифер, белемнитов, морских ежей, усонюгих раков и других групп. Имеются данные о вымирании примерно 30% родов морских организмов (Алексеев, 1989). Этот биосферный кризис протекал в условиях чрезвычайно теплого климата ("greenhouse") (Huber et al., 1995; Forster et al., 2007) и эвстатического максимума (Наг, 2014). Многие специалисты предполагают вспышку фитопланктона и снижение биопродуктивности, угнетение и частичное вымирание планктонных фораминифер.

Анализ развития радиолярий во время ОАЕ 2, проведенный многими авторами, позволяет говорить о значительном обновлении видового состава за счет появления многих новых видов, и о том, что какого-либо массового вымирания радиолярий не было (Salvini, Marcucci Passerini, 1998; Khan et al., 1999; O'Dogherty, 1994, Bragina, 2004). Морфология радиолярий, наблюдающихся непосредственно в отложениях, характеризующих аноксию (Yurtsever et al., 2003; Брагина, 2011б), позволяет говорить об отсутствии какого-либо угнетающего воздействия на их развитие. В целом радиолярии легко преодолевали аноксийные события того типа, что произошли в юре (плинсбах–тоар) и позднем мелу (сеноман–турон) (Hori, 1997; Harries, Little, 1999). При сравнении тоарского и сеноман-туронского событий наблюдается как значительное сходство обстановок (Harries, Little, 1999; Jenkyns, 1980, 1985), так и сходство развития радиолярий (Bragina, 2004, 2008; Hori, 1993, 1997; Khan et al., 1999; O'Dogherty, 1994; Salvini, Marcucci Passerini, 1998; Брагина, 2011б; Брагина и др., 2007; и др.). Во время протекания аноксий сообщества радиолярий обогащались за счет пополнения уже имеющихся родов новыми видами, то есть шло ускорение диверсификации на видовом уровне. Тем не менее, в раннем туроне (после завершения ОАЕ 2), возникает 5 родов, но вымирает 15, при этом количество родов сокращается до 101. Таким образом, именно после завершения ОАЕ 2 скорость вымирания родов достигла максимальных за поздний альб–кампан значений и составила 14%, а скорость появления родов – 5 % (рис. 8). Из последнего следует, что ОАЕ 2 способствовало убыстрению скорости изменения радиоляриевых сообществ. В целом на рассматриваемом этапе вымирает 16 родов, а появляется 11.

Как и на предыдущем этапе, продолжают существовать большинство высоких таксонов, характерных для раннего мела. Отряд Entactinaria представлен 4 родами: *Archaeoplegma*, *Cuboctostylus*, *Pessagnulus* и *Quinquecapsularia*. Из отряда Nassellaria вымирают 11 родов: *Crolanium*, *Cassideus*, *Excentropyomma*, *Guttacapsa*, *Obeliscoites*, *Pentaspongoreta*, *Rotaforma*, *Schaafella*, *Spongostichomitra*, *Trisyringium* и *Tuguriella*. Ранее считалось, что *Cassideus* и *Trisyringium* вымирают в раннем сеномане (Pessagno, 1969; O'Dogherty, 1994), однако теперь они известны в позднем сеномане (Bragina, 2004; Брагина, 2008б). Появляются 5 родов: *Afens*, *Dictyodedalus*, *Eostichomitra*, *Excentropyomma* и *Heliocryptocapsa*. Род *Afens* ранее был известен с раннего турона (O'Dogherty et al., 2009), но в Северной Турции он выявлен в верхнем сеномане (Bragina, 2004).

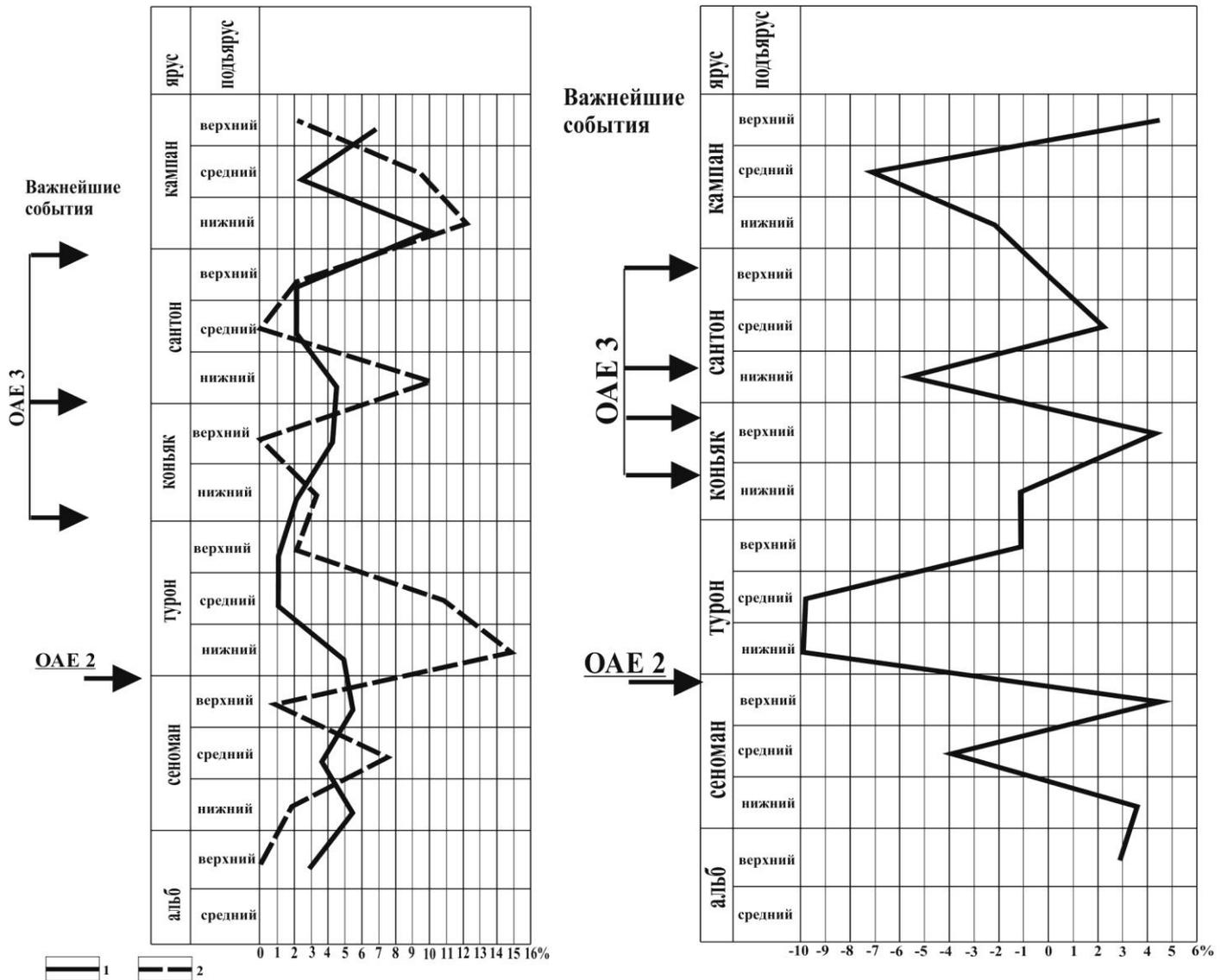


Рис. 8. Скорость появления, скорость вымирания родов радиолярий и скорость диверсификации на родовом уровне в позднем альбе-кампане. Левый график: 1 - скорость появления родов (%-ное соотношение появившихся к числу существующих), 2 - скорость вымирания родов (%-ное соотношение вымерших к числу существующих). Правый график - скорость диверсификации (%-ное соотношение разности появившихся и вымерших родов к числу существующих).

В отряде Spumellaria возникают 6 родов: *Cavidiscus*, *Larnacopylomma*, *Pentaspheera*, *Peritiviator*, *Protoxiphotractus* и *Vitorfus*, а вымирают 5: *Dispongotripus*, *Godia*, *Homoeoparonaella*, *Larnacopylomma* и *Pentaspheera*. Ранее считалось, что *Godia* вымирает в раннем сеномане (O'Dogherty, 1994), однако сейчас его последние представители найдены в верхнем сеномане Турции (Bragina, 2004). Вымирают 3 семейства отряда Nassellaria: Cuniculifomidae, Obeliscoitidae и Unumidae, а также семейство Larnacillidae отряда Spumellaria. Последнее семейство – короткоживущее, т.к. возникает также в сеномане. Семейство Xitidae в сеномане утратило 3 рода (*Crolanium*, *Schaafella* и *Tuguriella*), а Pseudoaulophasidae – 2 рода (*Dispongotripus*, *Godia*). Сокращение родового разнообразия затронуло и семейства Hagiastriidae, Rotaformidae и Willriedellidae. Продолжается расцвет семейства Diacanthocapsidae, и родов *Patellula*, *Pseudoacanthospheera* и *Staurosphaeretta*. Обновляется видовой состав рода *Acanthocircus*.

3 этап. Средний турон–ранний коньяк

В среднем туроне известно 92 рода. При этом вымирает 10 родов и возникает 2, таким образом, продолжается сокращение родового разнообразия. Средний турон в целом наследует температурный режим раннего турона. В позднем туроне известен 91 род. При этом 1 род возникает, и 2 рода вымирают. Именно в это время начинается похолодание: с позднего турона до коньяка температуры снижаются на 1–2 градуса (Forster et al., 2007). В коньяке продолжается период стабильно высокого уровня моря (Hag, 2014). В это время начинается еще одно аноксийное событие регионального характера (Oceanic Anoxic Event 3, OAE 3), продолжавшееся значительное время – предположительно коньяк–сантон (Friedrich et al., 2012).

В первой половине коньяка известно 90 родов, при этом появилось 2, а вымерло 3. Этап, включающий начало OAE 3, характеризуется стабилизацией количества родов, но видообразование на протяжении среднего турона–раннего коньяка активно продолжается (Pessagno, 1969, 1971a, 1972, 1973, 1976; Taketani, 1982; Брагина, 2013a, 2013b, 2014a, 2014b; Брагина, Вишневская, 2007; Вишневская, 2007). В отряде Nassellaria возникают 2 рода: *Parvicuspis* и *Rhabdolithis*, а вымирают 3: *Napora*, *Novixitus* и *Pogonisella*. В отряде Spumellaria возникают 2 рода: *Hexacromyum* и *Multastrum*, а вымирают 12: *Acusten*, *Becus*, *Dicroa*, *Dactyliodiscus*, *Dactyliosphaera*, *Dumitricaia*, *Novitripus*, *Pessagnobrachia*, *Pseudoacanthosphaera*, *Savaryella*, *Staurosphaeretta* и *Teracanthellipsis*. В последние годы уточнено время существования некоторых родов. Так, род *Dactyliosphaera* был известен до начала сеномана, роды *Dactyliodiscus* и *Novixitus* – до конца сеномана, а род *Pseudoacanthosphaera* до начала турона (O'Dogherty et al., 2009). Однако теперь их последние представители известны в позднем туроне (Брагина, 2008д; 2009в; Брагина, Брагин, 2007; Брагина и др., 2014б). Последние *Dicroa* и *Staurosphaeretta* встречаются в среднем туроне (Брагина, 2009в; Брагина и др., 2014б).

На фоне снижения темпов родообразования вымирают 2 семейства: Parvivaccinae и Dactyliosphaeridae, и возникают семейство Cubosphaeridae, получающее широкое развитие в кайнозое. Семейство Acaeniotylineae утрачивает 2 рода: *Acusten* и *Novitripus*. Семейство Pseudodictyomitridae, столь многочисленное в альбе и сеномане, представлено в конце этого этапа только одним видом *Pseudodictyomitra nakasekoi* Taketani. Семейство Ximolzasinae, известное с ранней юры, представлено единственным родом *Rhabdolithis*. Продолжается расцвет семейств Archaeospongoprunidae, Neosciadiocapsidae и Diacanthocapsidae, многочисленны Hagiastriidae, Patulibracchiidae и Pseudoaulophasidae. Максимального видового разнообразия достигают роды *Cavaspongia* и *Patellula* (Pessagno, 1973; Брагина, Брагин, 2007; Брагина и др., 2014б; и др.). В целом наблюдаются высокие темпы вымирания наследованных с раннего мела таксонов.

4 этап. Поздний коньяк–сантон

В течение этого этапа продолжается OAE 3 и сохраняется высокий уровень мирового океана (Hag, 2014). Во время позднего коньяка количество родов возрастает до 94, при этом возникли 4 рода, а вымерших не было. В раннем сантоне возникли 4 рода, вымерло 9, а общее количество родов снизилось до 89. В среднем сантоне возникли 2 рода, и не вымерло ни одного. В позднем сантоне возникли еще 2 рода, и вымерли 2. В результате на этом этапе количество родов сокращается

незначительно – с 94 до 91. При соотнесении полученных данных с анализом видового разнообразия (Вишневская, 2009) можно сделать вывод о том, что этот этап – время незначительного изменения родового состава и активной диверсификации на видовом уровне.

В течение этапа вымирает 1 род отряда Entactinaria (*Transylvanaria*). Следует заметить, что еще недавно его вымирание было связано с поздним сеноманом (O'Dogherty et al., 2009), но в последние годы он обнаружен в верхнем сантоне Крыма (Корчагин и др., 2012). Вымирают 5 родов отряда Nassellaria: *Holocryptocanium*, *Squinabollum*, *Toritenum*, *Tubilustrionella* и *Ultranapora*. До недавнего времени вымирание рода *Neosciadiocapsa* было соотнесено с поздним сантоном, однако, в Новой Зеландии он известен в раннем палеоцене (Hollis, 1997). В результате изучения радиолярий Крыма, Сербии и Кипра в позднем сантоне установлено присутствие целого ряда родов, еще недавно известных не позднее раннего турона: *Archaeoplegma*, *Quinquecapsularia* (отряд Entactinaria) и *Dictyodedalus*, *Dorypyle*, *Pseudoeucyrtis*, *Sandovalella* и *Ultranapora* (отряд Nassellaria) (Брагина, 2009а, 2013а; Ohmert, 2006; Брагина, 2014б; Брагина, 2016б; Брагина и др., 2014а; Корчагин и др., 2012). Род *Tubilustrionella* ранее был известен только до раннего турона (O'Dogherty, 1994), а теперь – до среднего сантона включительно (Брагина, 2016б).

На рассматриваемом этапе возникли 7 родов отряда Nassellaria: *Annikaella*, *Clathropyrgus*, *Coniforma*, *Cyprodictyomitra*, *Pseudotheocampe*, *Theocoronium* и *Vistylaria*. Ранее роды *Vistylaria* (*Eostichomitra*) и *Clathropyrgus* были известны только с кампана (Gorka, 1989; Sanfilippo, Riedel, 1985), а теперь обнаружены в среднем сантоне (Брагина и др., 2014а). Вымирают 5 родов отряда Spumellaria: *Cavaspongia*, *Cavidiscus*, *Halesium*, *Higumastra* и *Mesosaturnalis*. Возникли 5 родов отряда Spumellaria: *Excentrosphaerella*, *Spinibrachium*, *Stylosphaera*, *Porodiscus* и *Prunobracchium* (Брагина, Брагин, 1996; Вишневская, 2011; Корчагин и др., 2012). Время возникновения рода *Prunobracchium*, описанного из отложений кампана Западно-Сибирской плиты (Козлова, Горбовец, 1966), только в последние годы стали относить к позднему сантону (Амон, 2003). Интерес к этому роду вызван его широчайшим развитием в бореальной области (Липман, 1952; Казинцова, 1993; Амон, 2000, 2003; Вишневская, 2011, 2015) и проникновением в отдельные районы Пацифики, а также на окраину океана Тетис (Брагина, 2016б), что важно для бореально-тетических корреляций.

В отряде Entactinaria вымирает семейство Kungalariidae, а продолжают существование 3 семейства: Quinquecapsulariidae (род *Quinquecapsularia*), Centrocupidae (род *Pessagnulus*) и Polyentactiniidae? (род *Cuboctostylus*). В конце коньяка в отряде Nassellaria вымирает семейство Tertoniidae, а зарождаются – Calocyclusinae и Theopiliidae, расцвет которых приходится на кайнозой. Семейство Ascorygamididae до конца сантона представлено всеми тремя родами – *Bathropyramis*, *Cornutella* и *Dictyodedalus*. Семейство Pseudodictyomitridae, находящееся на грани вымирания в коньяке, в течение которого было представлено только одним видом (*Pseudodictyomitra nakasekoi* Taketani, 1982), в сантоне пополнилось новым родом *Cyprodictyomitra* (Брагина, 2013б), по-видимому, вымирающим на рубеже сантона и кампана. Сантон характеризуется новым всплеском видообразования у семейства Neosciadiocapsidae (Pessagno, 1969; Брагина, 2008г; Вишневская, 2001).

Willriedellidae в коньяке и сантоне не столь многочисленны, как в сеномане и туроне. В конце коньяка в отряде Spumellaria вымирает семейство Cavastrongiidae, и зарождается семейство Heliodiscidae. Широко распространены Archaeospongoprunidae, Hagiastriidae, Orbiculiformidae, Spongodiscidae и Pseudoaulophacidae. В сантоне возникает семейство Prunobrachidae, расцвет которого наступает в кампане и маастрихте. Таким образом, происходят ощутимые изменения в сообществах радиолярий на фоне стабилизации количества родов, которое снижается всего на 3 рода.

5 этап. Кампан. В кампане завершается длительный период стабильно высокого уровня моря (Hag, 2014), и наступает похолодание, вызванное глубоководным течением между Северной и Южной Атлантикой через Атлантический пролив (Forster et al., 2007). Открытие этого пролива в начале кампана серьезно изменило океаническую циркуляцию, что привело к образованию черных сланцев в Атлантике и других районах (Forster et al., 2007). Значительное похолодание начинается как раз с раннего кампана и продолжается до конца маастрихта (Huber, 1995).

В раннем кампане существовало 90 родов, из которых появилось 9, а вымерло – 11. В среднем кампане количество родов снижается до 84, при этом возникли 2 рода и вымерли 8. В позднем кампане родовое разнообразие увеличивается до 88, при этом возникают 6 родов, а вымирает – 2. Таким образом, на этом этапе увеличивается скорость диверсификации радиолярий (вымирает 19 родов, но появляются 17). Кампан характеризуется последним присутствием мезозойских Entactinaria (*Archaeoplegma* и *Pessagnulus*) (O'Dogherty et al., 2009). Род *Quinquecapsularia* вымирает к началу кампана, а *Cuboctostylus* – к середине кампана (O'Dogherty et al., 2009).

Вымирает 10 родов отряда Nassellaria: *Annikaella*, *Cyprodictyomitra*, *Dictyodedalus*, *Dorypyle*, *Heliocryptocapsa*, *Pseudoeucyrtis*, *Sandovalella*, *Saturniforma*, *Spongocapsula* и *Thanarla* (O'Dogherty et al., 2009). Ранее считалось, что последний вымирает в позднем сеномане (O'Dogherty et al., 2009), но его представители найдены в кампане Кипра (Брагина, Брагин, 1995). Ранее считалось, что род *Afens* вымирает в позднем коньяке (O'Dogherty et al., 2009). Однако недавно описано три новых вида этого рода (Брагина, 2010), один из которых, *Afens moniensis* Брагина, известен в верхнем кампане – нижнем маастрихте Кипра (Брагина, 2011а). Возникли 9 родов: *Bothryometra*, *Clathrocyclas*, *Homeoarchicorys*, *Immersothorax*, *Lithomelissa*, *Krempelinella*, *Mylocercion*, *Schaumellus* и *Foremanina*. Необходимо заметить, что род *Clathrocyclas* был известен с позднего маастрихта (O'Dogherty et al., 2009), но есть данные о его кампанских представителях (Брагина, 1999).

Вымирают 7 родов отряда Spumellaria: *Acastea*, *Acaeniotyle*, *Falsocromyodrymus*, *Paronaella*, *Parvicuspis*, *Quadrigastrum* и *Triactoma* (Брагина, Брагин, 1996; Брагина, Вишневецкая, 2007; Вишневецкая, 2001, 2011; O'Dogherty et al., 2009). Время вымирания последнего еще недавно было соотнесено с туроном, но сейчас он известен из позднего сантона–раннего кампана (Брагина, Брагин, 1996). Вымирание родов *Falsocromyodrymus* и *Paronaella* предполагалось в позднем коньяке (O'Dogherty et al., 2009), но в отечественной литературе эти роды известны в сантоне (Казинцова, 1993; Брагина и др., 2014а). Роды *Archaeospongoprunum*, *Praeconocaryomma*, *Pseudoaulophacus* и *Stylosphaera* считались вымирающими в кампане (O'Dogherty et al., 2009), но на Кипре они известны в

верхнем кампане–нижнем маастрихте (Брагина, Брагин, 1995). Начинают существование 7 родов отряда Spumellaria: *Amphibrachium*, *Amphymentium*, *Bipylomella*, *Cenellipsis*, *Miropyle*, *Pseudobrachium*, *Rhombastrum* и *Spongurus*. Ранее считалось, что *Spongurus* возникает в позднем маастрихте (O'Dogherty et al., 2009), однако его ранние представители зафиксированы в кампане восточного склона Полярного Урала (Вишневская, 2011).

К рубежу кампана–маастрихта вымирают последние Entactinaria из семейств Centrocubidae, Polyentactiniidae и Quinquescapsulariidae. В отряде Nassellaria вымирают 4 семейства: Arcanicapsinae, Pseudodictyomitridae, Rotaformidae и Ultraporidae. К рубежу кампана–маастрихта в семействе Gongylothoracidae продолжает существование только один род *Gongylothorax*, а Cannobotryidae (представлено со средней юры единственным родом *Ectonocorys*) пополняется в кампане новым родом *Botryometra*. Spongocapsulidae, известные с юры и находящиеся на грани вымирания в сантоне–начале кампана (Брагина, 1991a; Брагина и др., 2014a), в конце кампана пополняются новым родом *Schaumellus* (Empson-Morin, 1981). Williriedellidae, ведущие начало еще с юры, и слабо представленные в коньяке и сантоне, испытывают в кампане всплеск видообразования (Dumitrica, 1970). У семейства Diacanthocapsidae, наступает еще один расцвет (Empson-Morin, 1981). Neosciadiocapsidae в кампане становятся немногочисленными. У отряда Spumellaria вымирают 3 семейства: Angulobracchiidae, Emiluviidae и Xiphostylidae, и начинают существование 3 семейства: Sponguridae, Theopilidae и Miropylidae. Получают широкое развитие Actinommidae, Porodiscidae, Prunobrachidae, Saturnalinae, Sponguridae и Patulibrachiinae (Campbell et Clark, 1944; Pessagno, 1975; Казинцова, 1993; Амон, 2000; Вишневская и др., 2014). Наблюдается последний всплеск видообразования Pseudoaulophacidae (Empson-Morin, 1981; Pessagno, 1972, 1976; Urquhart, 1995).

Итак, на этом этапе вымирает родов 21, а возникает 17. Происходит значительная структурная перестройка сообществ радиолярий на фоне существенного убыстрения темпа эволюционного развития, при незначительном сокращении количества родов. В заключение можно сказать, что из 106 родов, наследованных поздним мелом, к рубежу кампана–маастрихта остается только 42. Среди них остаются роды, известные еще с юры (14 родов) и даже с триаса (5 родов). Интересны морфологические особенности долгоживущих морфотипов, толерантных к изменениям палеосреды. Среди Nassellaria это высококонические формы с ребрами (*Archaeodictyomitra*) или узелками (*Xitus*) на поверхности, и среднеконические морфотипы с хорошо развитым апикальным рогом (*Ectonocorys*), а также каплевидные морфотипы (*Dictyoprora*). Высококонические таксоны следует считать наиболее толерантными к изменениям палеосреды. Из числа наследованных с триаса и юры, в отряде Spumellaria в позднем мелу широко распространены морфотипы с сатурнальным кольцом (*Mesosaturnalis*, *Spongosaturninus*), трех- и четырехлучевые ставраксоны (*Paronaella*, *Crucella*), дисковидные (*Orbiculiforma*, *Orbiculiformella*) и линзовидные, или треугольно-линзовидные (*Cenodiscaella*, *Alievium*), а также сферические (*Archaeocenospaera*, *Praeconocaryomma*) и тетраэдрические (*Pyramispongia*) морфотипы.

Подытоживая данный обзор, можно сформулировать второе защищаемое положение диссертации:

Вторая половина мелового периода является завершающей стадией развития радиоларий мезозоя и характеризуется сравнительно медленными темпами эволюции и постепенным снижением биоразнообразия на уровне родов. Крупные абиотические события этого времени не вызвали значимых кризисов в развитии группы.

После завершения обзора развития радиоларий в позднем мелу необходимо рассмотреть палеобиогеографическое районирование меловых бассейнов по радиолариям и выделить палеобиохории. Этому посвящена последняя глава работы.

Глава 5. Палеобиогеография бассейнов мира по радиолариям в течение альба-сантона

Палеобиогеографическое районирование сводится к выделению палеобиохорий, понимаемых как территории, оконтуренные по ареалам распространения характерных для них таксонов (Захаров и др., 2003). Палеобиогеографические исследования опираются на комплексный анализ биот с учетом их распространения в пространстве и развития во времени и нуждаются в обширном, хорошо изученном материале. Обычно исследователи привлекают кроме собственного материала литературные источники, таким же образом построена и эта глава.

Существуют терминологические различия в названиях биохорий высокого ранга. Исторически сложилось так, что отечественные специалисты, вслед за (Neumaug, 1883) использовали термины зоны/пояса, понимаемые как климатические, или геоэкологические, а категории высокой иерархии называли поясом (Belt) или царством (Realm, Superrealm) (Сакс и др., 1971). Термин "провинция" был введен М. Неймайром (1883), как "большая область, охарактеризованная специфической фауной". Термин "Realm" (область, царство), как биохория более высокого ранга, был добавлен Улигом (Uhlig, 1911). В ходе дискуссии по иерархии и номенклатуре палеобиохорий мезозоя (Westermann, 2000a; 2000b; Сесса, 2002; Захаров и др., 2003) была выработана система, в которой главные биогеографические категории следующие: надобласть („Superrealm“), область („Realm“), провинция („Province“), подобласть („Subrealm“) и подпровинция („Subprovince“). Для надобластей рекомендовано использовать названия Евробореальная, Экваториальная и Тетис-Панталасса (Westermann, 2000b).

Степень биогеографической дифференциации биот разных геологических эпох может различаться. Известны эпохи существования однородных комплексов морских беспозвоночных на огромных площадях, и, напротив, эпохи с сильным уровнем провинциализма фаун. Как изменяются во времени биоты, так и палеобиохории не могут быть неизменными - изменяются их границы, размер, внутренняя структура. Мы имеем дело с динамической, развивающейся системой, и при рассмотрении палеобиогеографии в течение отрезка геологического времени это необходимо учитывать. В идеале палеобиохории должны обосновываться развитием всей биоты, а не только отдельных таксонов (Захаров и др., 2003), в то же время возможно обоснование палеобиохорий на

анализе одной крупной группы организмов. Многие палеобиохории мезозоя изначально обосновывались по аммоноидеям, по двустворчатым моллюскам, впоследствии же их выделение было закреплено комплексным анализом с учетом многих групп (Захаров и др., 2003).

Для разных веков мелового периода специалисты по аммонитам выделяют Тетическую надобласть (иногда понижаемую в ранге до области), Бореальную область, Атлантическую область, Аустральную область (иногда называемую Аустрально-Индийской областью), Тихоокеанскую область (Ifrim et al., 2015). Картина палеобиогеографии позднего мела по аммоноидеям представляется достаточно сложной. Было бы более логично, сохраняя предложенную иерархию, все палеобиохории высшего порядка выделять как надобласти, внутри которых будут выделяться области, подразделяемые на провинции. Этот принцип принимается в данной главе.

Палеобиогеографические исследования радиолярий мезозоя ведутся давно. Для триаса в 90-х годах удалось доказать существенное различие таксономического состава бореальных и тетических комплексов радиолярий (Брагин, 1994) и выявить характерные маркеры высоких широт – таксоны биполярного распространения (род *Glomeropyle*; Aita, Bragin, 1999). В результате была разработана палеобиогеография триасовых бассейнов по радиоляриям: выделены надобласти Тетис-Панталасса (подразделенная на области), Бореальная и Нотальная (Брагин, 2005).

Для юрской системы глубокие различия между бореальными и тетическими комплексами впервые показал Э. Песаньо (Pessagno et al., 1987; 1993), выявивший таксоны-индикаторы бореальных широт (представители сем. *Parvicingulidae*, обладающие апикальной иглой) и тетических областей (сем. *Pantanelliidae*). При этом Э. Песаньо допускал проникновение некоторых *Pantanelliidae* в южные части бореальной области, названные им "южнобореальной провинцией", что было подтверждено при исследованиях комплексов юры Московской синеклизы (Брагин, 1997). Позднее в особую категорию были выделены комплексы смешанного состава (запад Северной Америки и северо-восток Азии), сочетавшие в себе тетические и бореальные таксоны (Kießling, 1997; Вишневская, 2001). Возможно, эти комплексы являются экотонными.

С 80-х годов ведутся аналогичные исследования по меловой системе. К. Эмпсон-Морин (Empson-Morin, 1984) наметила различия таксономического состава кампанских ассоциаций в разных палеоклиматических поясах, выделив характерные сообщества низких, переходных и высоких широт. Э.О.Амон впервые показал биполярный характер распространения позднемеловых радиолярий *Prunobrachium* в умеренных и высоких широтах Северного и Южного полушария (Амон, 2003). В.С.Вишневская (Вишневская, Басов, 2007) проследила миграции радиолярий в пределах окраин Тихого океана в связи с сантон-кампанской трансгрессией. В данной работе (Вишневская, Басов, 2007) Тетическая и Бореальная области для юры и мела рассматриваются в ранге провинций, а позднее В.С.Вишневская (2001) выделяет в пределах Тетической области Карпато-Кавказскую и Средиземноморскую провинции. По современным представлениям (De Wever et al., 2014) тепловодные бассейны позднего мела объединены в Тетическую область (Tethyan Realm).

К настоящему времени накоплен значительный палеонтологический материал по радиоляриям, однако не все данные пригодны для исследований из-за неполноты и неглубокой проработки материала. Среди наиболее ценных работ по океану необходимо упомянуть статьи по Атлантике (Erbacher, 1998; Thurow, 1998; Erbacher, Thurow, 1997, 1998). Большая часть местонахождений, изученных на суше, расположена в Средиземноморье, Крыму и на Кавказе, а также на Восточно-Европейской платформе и Западно-Сибирской плите, другие районы охарактеризованы слабее. Данные по комплексам, полученным из сложнодислоцированных и слабо охарактеризованных другими ископаемыми толщ (особенно, офиолитовых образований), могут приниматься лишь с большой осторожностью. При использовании литературного материала отдано предпочтение работам с наиболее полно изученными комплексами радиолярий.

При выделении палеобиохорий по радиоляриям ведущее значение придается видовому составу комплексов. Это связано с тем, что известно крайне мало эндемичных родов и семейств радиолярий. Данная проблема осложняется еще и тем, что классификация многих семейств ископаемых радиолярий является искусственной. Обычно при продвижении в высокие широты таксономическое разнообразие радиолярий снижается за счет уменьшения количества видов каждого рода. Тем не менее, есть многие роды, не прослеживающиеся в высоких широтах: *Annikaella*, *Spongostichomitra*, *Pogonisella*, *Obeliscoites*, *Trisyringium*, *Dorypyle* и т.д.

Альб. В альбском веке Тетический океан простирался от Центральной Америки до Австралии (Lehman et al., 2015). К Тетической надобласти можно отнести значительную территорию, охватывающую экваториальную Атлантику, северо-запад Африки, южную и центральную Европу, Кавказ, Малую Азию, Иран, Гималаи, Малайзию, значительную часть Тихого океана и даже часть Восточной Камчатки. В пределах этой территории можно очертить три области, отличающиеся характерными особенностями состава населявших их видов радиолярий: Атлантическо-Средиземноморскую, Карпато-Кавказскую и Тихоокеанскую (Брагина, 2016в) (рис. 9).

Атлантическо-Средиземноморская область охватывает запад Атлантики, Марокканскую и Иберийскую котловины в Атлантике, восток экваториальной Атлантики, южную Испанию, северный Тунис, Италию (Умбро-Маркские Апеннины), западную Турцию, Кипр, Иран, Гималаи (Ладах) и Малайзию (о. Калимантан). В ее пределах наблюдается высокая степень сходства комплексов радиолярий. Комплексы альбских радиолярий Кипра и Италии практически неотличимы (O'Dogherty, 1994; Брагина, Брагин, 2006). Эта область отличается присутствием таксонов, не известных в Карпато-Кавказской области, например *Acaeniotyle vitalis* O'Dogherty, *Pogonias prodromus* O'Dogherty, *P. incallidus* O'Dogherty, *Stichomitra navalis* O'Dogherty, *Thanarla spoletensis* O'Dogherty.

Карпато-Кавказская область охватывает Польшу (Западные Карпаты), западную Словению, Черногорию и Большой Кавказ и характеризуется эндемиками, такими как *Pseudodictyomitra sagitafera* (Aliev), а также видами, неизвестными в Атлантическо-Средиземноморской области, но широко распространенными в Бореальной надобласти: *Cenodiscus cenomanicus* Aliev, *Conosphaera haeckeli* Aliev, *Orbiculiforma maxima* Pessagno, *O. nevadaensis* Pessagno, *O. railensis* Pessagno,

Porodiscus kavilkinensis Aliev, *Septinastrum dogeli* Gorbovets. Размеры Карпато-Кавказской области много меньше, чем у Атлантическо-Средиземноморской, поэтому, возможно, в дальнейшем эта область будет рассматриваться как провинция.

Еще одна область, Тихоокеанская, включает значительные территории ложа Тихого океана и его окраин, в том числе Восточно-Марианскую впадину и поднятие Хесса, а также северо-западные окраинные моря, Японию, Восточную Камчатку (Камчатский Мыс) и Калифорнию. Комплексы радиолярий Тихоокеанской и Карпато-Кавказской области весьма близки. В обеих областях отсутствуют виды *Acaeniotyle vitalis* O'Dogherty, *Pogonisella prodromus* O'Dogherty, *P. incallidus* O'Dogherty, *Stichomitra navalis* O'Dogherty, *Thanarla spoletensis* O'Dogherty, но широко распространены многочисленные виды, относящиеся к роду *Orbiculiforma*. Своеобразие Тихоокеанской области заключается в отсутствии в ней характерных для Карпато-Кавказской области видов *Cenodiscus cenomanicus* Aliev, *Conosphaera haeckeli* Aliev, *Porodiscus kavilkinensis* Aliev и *Septinastrum dogeli* Gorbovets. Тихоокеанская область отличается от Атлантическо-Средиземноморской весьма широким распространением рода *Orbiculiforma* и отсутствием родов *Mallanites*, *Pogonisella* и *Spongostichomitra*. Тем не менее, степень общности весьма велика.

Бореальная надобласть охватывает значительные территории севера Евразии и включает на Горный Крым, большую часть Восточно-Европейской платформы, Зауралье, Тимано-Печорскую плиту, а также значительную территорию Дальнего Востока России: юг Корякского нагорья, Восточный Сахалин и Западно-Сахалинские горы. В Бореальной надобласти встречаются специфичные комплексы, включающие виды, характерные для альба Большого Кавказа (*Cenodiscus cenomanicus* Aliev, *Conosphaera haeckeli* Aliev, *Orbiculiforma maxima* Pessagno, *O. nevadaensis* Pessagno, *O. railensis* Pessagno, *Porodiscus kavilkinensis* Aliev, *Septinastrum dogeli* Gorbovets). Крымские комплексы альба, встреченные на юге Бореальной надобласти, имеют черты экотонных или переходных, поскольку в их составе многочисленны тетические таксоны. Среди видов, не встречающихся севернее Крыма, есть широко распространенные в западной части океана Тетис, например: *Cyclastrum infundibuliforme* (Rust), *C.(?) luminosum* Jud и *C.(?) satoi* (Tumanda). Возможно, в дальнейшем можно будет выделить в альбе Горный Крым в отдельную провинцию. Представляется сложным разделить Бореальную надобласти на области из-за высокой степени близости таксономического состава комплексов весьма удаленных районов. Однородность комплексов можно объяснить альбской глобальной трансгрессией (Наг, 2014).

В пределах Аустральной надобласти в настоящее время известно только четыре местонахождения: в Антарктике (море Уэдделла) (Ling, Lazarus, 1990), южной Индии (Брагина, Брагин, 2013), западной Австралии (Ellis, 1993) и в восточной части Индийского океана (Renz, 1974). Комплексы альба Аустральной области богаче бореальных по таксономическому составу и имеют тепловодные черты. Это весьма специфическая фауна, довлеющая к Атлантическо-Средиземноморской области по видовому составу, но также включающая многочисленные виды,

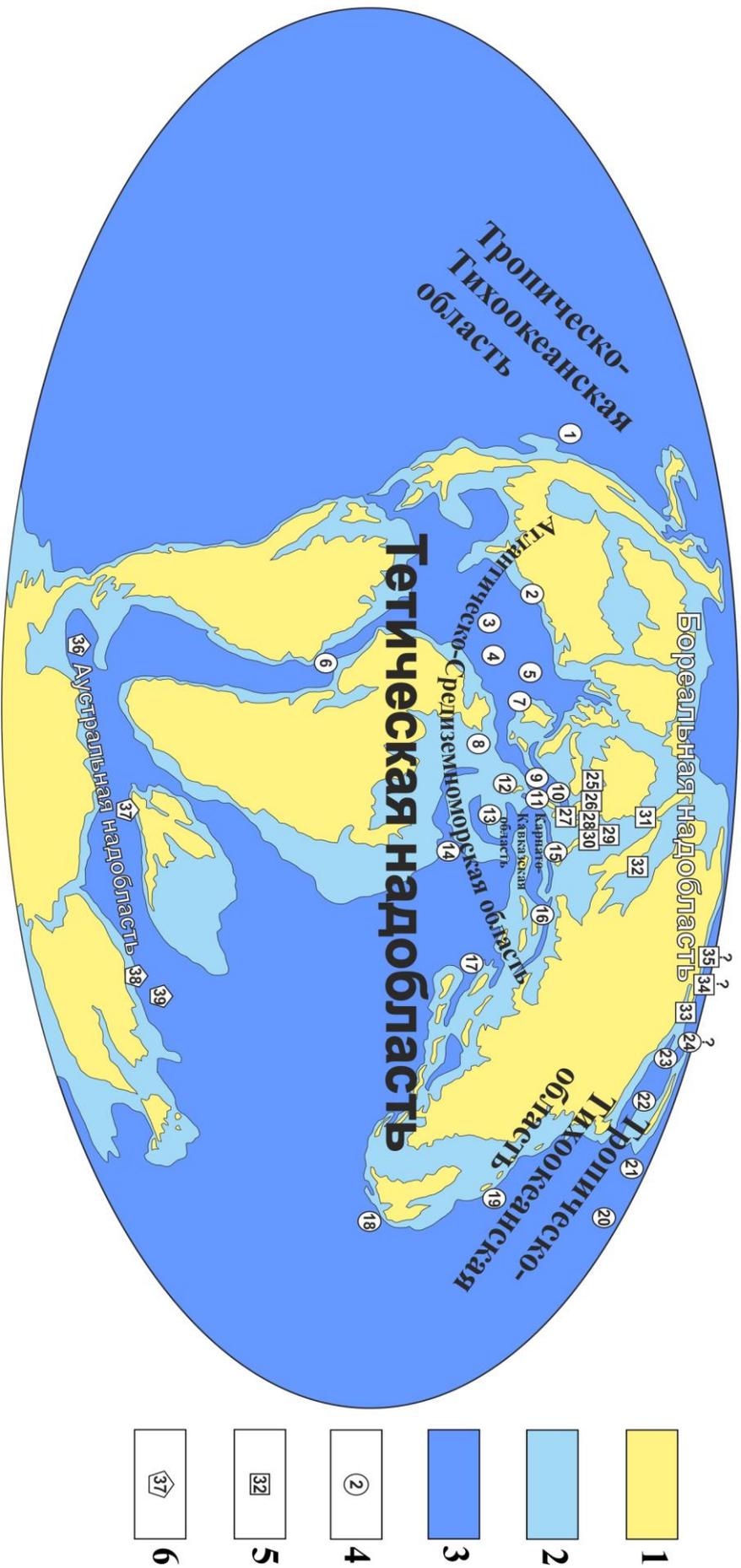


Рис. 9. Палеобиогеография по радиолариям для альбского века (на основе Blakey, 2002). 1 - суша; 2 - мелководные моря; 3 - глубоководные бассейны; 4 - место нахождения Тетической надобласти; 5 - место нахождения Борейальной надобласти; 6 - место нахождения Австраляльной надобласти. Тетическая надобласть: 1 - Калифорния (Ressagno, 1976); 2 - Атлантика, скв. 603 (Thigow, 1988); 3 - Атлантика, скв. 137,138 (Erbacher, Thigow, 1997); 4 - Атлантика, скв. 545 (Erbacher, Thigow, 1997); 5 - Атлантика, скв. 637-641 (Thigow, 1988); 6 - Атлантика, скв. 959-962 (Erbacher, 1988); 7 - Испания (O'Dogherty, 1994); 8 - Тунис (Ven Fachel et al., 2010); 9 - Италия (O'Dogherty, 1994); 10 - Польша (Вак, 2011); 11 - Словения (Goticap, Smuc, 2004); 12 - Черногория (Goticap, 1994); 13 - Турция (Moix, Goticap, 2013); 14 - Кипр (Брагина, Брагин, 2006); 15 - Азербайджан (Алиев, 1965; Брагина, Брагин, 2015); 16 - Иран (Shitdashzadeh et al., 2015); 17 - Тималиан (Danelian, Robertson, 1997); 18 - Калимантан (Asis, Jasin, 2012); 19 - Восточно-Марийская впадина (Вишневская, 2001); 20 - Тихий океан, скв. 463-466 (Schaaf, 1981); 21 - Тихий океан, скв. 303-307, 310, 313 (Fotepan, 1975); 22 - Япония (Nakaseko, Nishimura, 1981); 23 - Япония (Tupanda, 1989); 24 - Камчатка (Палечек и др., 2010); Борейальная надобласть: 25 - Воронежская антеклиза (Вишневская, и др., 2005); 26 - Московская синеклиза (Вишневская и др., 2005); 27 - Крым (Горбачик, Казинцова, 1998); 28 - Волго-Камская антеклиза (Казинцова, Олферьев, 1997); 29 - Мордовия (Вишневская и др., 2005); 30 - Пензенская область (Вишневская, 2001); 31 - Тимано-Печорская плита (Амон, 2000); 32 - Зауралье (Амон, 2000); 33 - Сахалин (Казинцова, 1993); 34? - Сахалин (Вишневская, 2001); 35? - Корякия (Вишневская, 2001); Австраляльная надобласть: 36 - море Уэдделла (Ling, Lazarus, 1990); 37 - Индия (Брагина, Брагин, 2013); 38 - Австралия (Ellis, 1993); 39 - Индийский океан (Renz, 1974). Со знаком вопроса указаны место нахождения нерасчлененного альба-сеномана.

характерные для Тихоокеанской области, особенно представителей рода *Orbiculiforma* (например: *Orbiculiforma nevadaensis* Pessagno, *O. railensis* Pessagno). В Аустральной надобласти широко распространены роды *Orbiculiforma*, *Patulibrachium*, *Paronaella*, *Crucella*, *Praeconocaryomma*, *Archaeospongoprimum*, *Archaeodictyomitra*, *Pseudodictyomitra*, *Hemicryptocapsa*, *Holocryptocanium*, но крайне редок род *Crolanium*, широко представленный в Тетической и Бореальной надобластях. В Аустральной надобласти отсутствуют некоторые характерные тетические виды: *Becus horridus* (Squinabol), *Dorypyle? anisa* (Foreman), *Mita cypraea* Bragina, *Thanarla cucurbita* O'Dogherty, *T. spoletensis* O'Dogherty, а также роды *Falsocromyodrymus*, *Pogonisella*, *Spongostichomitra*, в то же время присутствуют виды, ранее неизвестные за пределами Тетической надобласти, например, *Pessagnobrachia macphersoni* O'Dogherty (Ellis, 1993).

Анализ таксономического разнообразия альбских радиолярий Аустральной надобласти позволяет установить здесь виды биполярного распространения: *Histiastrum aster* Lipman (= *Crucella aster* (Lipman)), *C. latum* (Lipman), *Spongopyle ecleptos* Renz, *S. insolita* Kozlova, *S. stauromorphos* Renz, *Orbiculiforma nevadaensis* Pessagno, *O. railensis* Pessagno. Близость аустральных комплексов радиолярий к тетическим имеет интересные параллели. Ранее отмечалось, что в альбских и верхнемеловых отложениях Южной Индии встречаются характерные таксоны аммоноидей, известные в тетических и европейских разрезах (Krishnan, 1964). Этот феномен объяснялся широкими связями морских бассейнов Аустральной и Тетической надобластей.

Сеноман. В сеномане по аммонитам выделяют Тетическую надобласть и Тихоокеанскую, Бореальную и Аустрально-Индийскую области (Ifrim et al., 2015). По радиоляриям выделяются Тетическая, Бореальная и Аустральная надобласти. Тетическая надобласть в сеномане охватывает еще большую территорию, чем в альбе и подразделяется на три области: Атлантическо-Средиземноморскую, Карпато-Кавказскую и Тихоокеанскую. Атлантическо-Средиземноморская область включает Западную Атлантику, Марокканскую котловину в Атлантике, восток экваториальной Атлантики, южную половину Европы, Армению, Кипр, Оман, Тибет и Малайзию (о. Калимантан). Для объединения Атлантики и Средиземноморья в одну область есть много доводов, в первую очередь значительное сходство видового состава. Более того, виды-индексы схемы Л. О'Догерти (O'Dogherty, 1994), предложенной для разрезов Италии и Испании, прослеживаются в этой значительной по размеру области (Erbacher, Thurow, 1997, 1998), причем *Dorypyle (?) anisa* (Foreman), был описан из скважины в южной Атлантике (Foreman, 1978a).

Карпато-Кавказская область включает северную Турцию, Дагестан, Румынские Карпаты, Горный Крым, северо-восточный Азербайджан (северный склон Большого Кавказа), а также южный склон Большого Кавказа. В.С.Вишневецкой (2001) для юры–мела рассматривалась Карпато-Кавказская провинция Тетиса, включающая в сеномане и Карпаты. Следует заметить, что сеноманский век характеризуется температурным максимумом для мела (Huber et al., 1995; Forster et al., 2007). Вполне естественно, что это должно было выразиться в проникновении тетической фауны в умеренные широты. В это время в Крыму и в северной Турции развиты сообщества радиолярий,

типичные для Тетической надобласти. (Bragina, 2004). В настоящее время все еще недостаточно данных, чтобы решить, к какой области принадлежат юго-восток и юго-запад Турции. Причина заключается в плохой сохранности известных радиолярий (Yilmaz et al., 1997; Yurtsever и др., 2003; Tekin et al., 2012; Tekin et al., 2015), поэтому в предлагаемой схеме эти районы условно отнесены к Атлантическо-Средиземноморской области.

Тихоокеанская область в сеномане охватывает Калифорнию, обширные области ложа Тихого океана, Японию и п-ов Камчатский Мыс. Как и в альбе, своеобразие этой области заключается в широком распространении рода *Orbiculiforma* и семейства Neosciadiocapsidae, а также в отсутствии некоторых типичных для Средиземноморья родов, таких как *Pogonisella*, *Spongostichomitra*, а также видов: *Dactyliosphaera silviae* Squinabol, *Thanarla spoletensis* O'Dogherty, *T. cucurbita* O'Dogherty. Тем не менее, комплексы области имеют отчетливо тетический состав и включают множество видов, описанных из разрезов Италии, например: *Pseudodictyomitra pseudomacrocephala* (Squinabol), *Rhopalosyringium adriaticum* O'Dogherty (=Unnamed Nassellaria; Nakaseko, Nishimura, 1981), *Thanarla pulchra* (Squinabol), *T. veneta* (Squinabol) и многие другие (Foreman, 1975; Moore, 1973; Nakaseko, Nishimura, 1981). К Тихоокеанской области, по-видимому, следует также отнести южные территории Камчатского мыса, где известен богатый комплекс позднего альба–сеномана (Вишневская, 2001).

Бореальная надобласть включает бассейн Свердруп Канады, значительную часть Восточно-Европейской платформы, Западно-Сибирскую плиту, Сахалин и юг Корякского нагорья. В пределах Бореальной надобласти можно наметить Восточно-Европейскую и Западно-Сибирскую области и выделить Бореально-Тихоокеанскую (в пределах Северной Пацифики). Наиболее важны находки в пределах Ульяновско-Саратовского прогиба, где известен богатый комплекс сеномана (Вишневская и др., 2005б) с многочисленными видами широкого географического распространения: *Crucella messinae* Pessagno, *Holocryptocanium barbui* Dumitrica. Интересно присутствие здесь как обычных для Восточно-Европейской платформы видов рода *Orbiculiforma* (таких как: *Orbiculiforma maxima* Pessagno, *O. multangula* Pessagno, *O. nevadaensis* Pessagno), так и видов (*Orbiculiforma depressa* Wu, *O. matura* Wu, *O. unica* Wu), описанных из Тибета (Wu, 1994). В составе комплекса присутствует *Stichocapsa ferosia* (Aliev), описанный из Азербайджана и известный на Сахалине (Казинцова, 1993). Там же найдены виды из других районов Восточно-Европейской платформы (*Porodiscus inflatus* Smirnova et Aliev, *Crolanium cuneatum* (Smirnova et Aliev) (Алиев, Смирнова, 1969), а также виды *Spongopyle galeata* Renz и *Sp. ecleptos* Renz, описанные из Аустралийной надобласти. Очевидны широкие морские связи этой части Бореальной надобласти.

Состав комплексов Зауральской структурно-фациальной зоны значительно отличается от упомянутого выше комплекса Ульяновско-Саратовского прогиба и характеризуется весьма бедным составом, что, по-видимому, связано с влиянием холодных арктических масс и мелководностью бассейна. Значительную часть комплекса составляют таксоны, не встреченные за пределами этого региона (*Pentinastrum kurganikum* Amon, *Stichocapsa massiva* Amon, *Stichocapsa uvatica* Amon, *Triadiscus lozyniaki* Amon), а также виды, характерные для других районов Западно-Сибирской плиты

и Русской плиты (*Phaseliforma concentrica* (Lipman), *Orbiculiforma volgensis* (Lipman), *O. multa* (Kozlova), *Septinastrum dogeli* Gorbovetz) (Амон, 2000). В то же время здесь присутствуют и виды широкого географического распространения: *Orbiculiforma cachensis* Pessagno, *O. maxima* Pessagno, *Pseudoaulophacus praefloresensis* Pessagno, *Holocryptocanium barbui* Dumitrica, по-видимому, проникшие в этот холодноводный бассейн в альбе через Тургайский пролив.

Бореально-Тихоокеанская область выделяется в пределах Северной Пацифики, и включает Коряжское нагорье и Сахалин. Территория Западно-Сахалинских гор тяготеет к более тепловодной части Тихого океана и представляет единое пространство с островом Хоккайдо. Близость прослеживается и в составе макрофаунистических остатков – иноцерамов и фораминифер (Атлас..., 1993). В сеномане это была южная часть Бореальной области. Здесь обращает внимание обилие видов радиолярий, характерных для разрезов Калифорнии и Японии (например, *Orbiculiforma cachensis* Pessagno, *O. maxima* Pessagno, *O. railensis* Pessagno, *Phaseliforma meganosensis* Pessagno, *Amphipyndax ellipticus* Nakaseko et Nishimura). Здесь присутствует вид *Theocampe* (?) *supraea* Bragina, описанный из Тетической надобласти (Кипр), а также виды, характерные как для Тетической, так и для Бореальной областей: *Hexapyramis* (?) *perforatum* Bragina, *Patulibracchium ingens* (Lipman), *Praeconocaryomma lipmanae* Pessagno, *Amphipyndax stocki* (Campbell et Clark), *A. mediocris* (Tan Sin Hok), *A. ellipticus* Nakaseko et Nishimura, *Archaeodictyomitra montisserei* (Squinabol), *A. squinaboli* Pessagno, *Dictyomitra multicostata* Zittel, *Stichomitra communis* Squinabol, *S. insignis* (Squinabol), *Xitus antelopensis* Pessagno, *X. spicularius* (Aliev). Однако здесь есть и виды, за пределами Сахалина не встреченные, например: *Stylodruppa ornata* Bragina, *Stylodictya tumefacta* Kasinzova. В целом Бореально-Тихоокеанская область характеризуется таксономически богатыми комплексами со значительным присутствием тетических и тихоокеанских видов.

Об Аустральной надобласти в сеномане имеются скудные сведения, имеющиеся только по местонахождению в южной Индии. Здесь присутствуют почти все виды, которые были известны из альба, в том числе много видов, характерных для Тетической надобласти: *Acaeniotyle amplissima* (Foreman), *A. macrospina* (Squinabol), *Archaeocenosphaera* ? *mellifera* O'Dogherty, *Godia concava* Li et Wu, *Paronaella spica* Bragina, *Staurosphaeretta grandipora* (Squinabol), *Triactoma cellulosa* Foreman, *Archaeodictyomitra montisserei* (Squinabol), *Diacanthocapsa ancus* (Foreman), *Holocryptocanium barbui* Dumitrica, *Tubilustrionella transmontanum* (O'Dogherty). Здесь встречены и виды, характерные для Бореальной надобласти, такие как *Crucella latum* (Lipman), многочисленны виды, известные в Тихоокеанской области, например, *Paronaella solanoensis* Pessagno, *Praeconocaryomma universa* Pessagno, *Orbiculiforma railensis* Pessagno, наконец, космополитные виды *Amphipyndax stocki* (Campbell et Clark), *Stichomitra communis* Squinabol. Итак, Аустральная надобласть была населена радиоляриями, характерными и для Тетической и для Бореальной надобластей, причем виды-эндемики в сеноманском веке здесь не установлены.

Турон. В этом веке температуры снижаются на 1–2 градуса (Forster et al., 2007), но климат все же остается очень теплым (Friedrich et al., 2012). В начале турона, после события ОАЕ 2, широко

распространилась однородная посткризисная фауна аммоноидей, и палеобиогеографические различия были слабо выражены. Но в середине раннего турона уже выделяется Тетическая надобласть, а со среднего турона очерчивается Бореальная область (Ifrim et al., 2015). По радиоляриям прослеживаются только Тетическая и Бореальная надобласти, т.к. в туроне не известны местонахождения в Южном полушарии, где в альбе и сеномане прослеживалась Аустральная надобласть. Тетическая надобласть по радиоляриям в туроне охватывает примерно те же территории, которые были известны для альба и сеномана, и подразделяется, как и в сеномане, на Атлантическо-Средиземноморскую, Карпато-Кавказскую и Тихоокеанскую области.

Атлантическо-Средиземноморская область охватывает Атлантику, южную Европу, Армению, Грецию, Кипр, юго-восточную Турцию, Тунис, Оман, центральный Иран и Малайзию. Эта область характеризуется рядом типичных видов, например: *Acanthocircus floridus* O'Dogherty, *Ultranapora dendroacanthos* (Squinabol), *Pessagnobrachia clavata* (Squinabol).

Карпато-Кавказская область включает Западные Карпаты, Румынские Карпаты, Крым и Большой Кавказ. Следует особо отметить большое сходство раннетуронских комплексов Западных Карпат (Вак, 2011) и Горного Крыма (Bragina, 2004). В то же время Атлантическо-Средиземноморская и Карпато-Кавказская области отчетливо различаются по таксономическому составу комплексов. Например, в крымских комплексах отсутствует род *Mita*, некоторые виды рода *Microsciadiocapsa*, а также виды *Ultranapora crassispina* (Squinabol), *U. dendroacanthos* (Squinabol).

Тихоокеанская область включает Калифорнию, Японию и северо-западную окраину Тихого океана. Отличие этой области состоит в обилии семейства Neosciadiocapsidae, а также родов *Orbiculiforma* и *Patulibracchium* (Pessagno, 1969, 1971a, 1973), в составе которых, по-видимому, есть эндемичные виды (например, *Parvicuspis shastaensis* Pessagno, *Patulibracchium lawsoni* Pessagno).

Бореальная надобласть в туроне может быть подразделена на Европейско-Западносибирскую и Бореально-Тихоокеанскую области. Европейско-Западносибирская область включает бассейн Свердруп (Арктический архипелаг Канады), Данию (о. Борнхольм), Балтийское побережье Польши, часть Восточно-Европейской платформы и Западно-Сибирскую низменность. Комплексы радиолярий довольно бедные и однообразные. В туроне на территории Бореальной надобласти сохранялось влияние арктических масс, но благодаря открытию Тургайского пролива в Южном Зауралье наблюдается большее разнообразие радиолярий в туроне по сравнению с сеноманом (Амон, 2000). В туроне Уральского региона встречаются многочисленные дисковидные морфотипы, в том числе характерные для Большого Кавказа (*Cenodiscus cenomanicus* Aliev) и Восточно-Европейской платформы (*Orbiculiforma volgensis* (Lipman), *O. multa* (Kozlova), *Porodiscus vulgaris* Lipman, *Tripodictya tricuminata* Lipman, *Patulibracchium rossicum* (Lipman)), а также виды широкого распространения: *Pseudoaulophacus praefloresensis* Pessagno и *Porodiscus cretaceus* Campbell et Clark.

Бореально-Тихоокеанская область выделяется на северо-востоке Азии и включает Сахалин, Камчатку и юг Корякского нагорья. Местонахождения радиолярий приурочены к Западно-Сахалинским горам и Олюторской зоне Корякского нагорья. Наиболее типичны комплексы турона

Западно-Сахалинских гор (Казинцова, 1993; Брагина, 2008в), которые при территориальной близости к разновозрастным комплексам Хоккайдо (Taketani, 1982) сильно отличаются таксономически. В настоящее время известно лишь три общих вида в сеномане и туроне Сахалина и Хоккайдо: *Amphipyndax stocki* (Campbell et Clark), *Stichomitra communis* Squinabol, *Xitus asymbatos* (Foreman), все они имеют всеветное распространение (Брагина, 2008в). Состав комплексов турона Сахалина существенно беднее тетических. Тем не менее, примерно 40% его состава представлено видами, известными в Калифорнии, например, *Archaeospongoprimum cortinaensis* Pessagno, *Orbiculiforma monticelloensis* Pessagno, *O. persenex* Pessagno, *Paronaella californiense* Pessagno, *Patulibracchium arbuclensis* Pessagno, *Phaseliforma carinata* Pessagno, *Vitorfus brustolensis* (Campbell et Clark) и другие.

Коньяк-сантон. С коньяка и почти до конца сантона длится период стабильно высокого уровня моря (Nag, 2014), и протекает аноксийное событие ОАЕ-3 регионального характера, проявившееся в Атлантике и Западном Внутреннем бассейне Северной Америки. Это событие проходило при высоком уровне Мирового океана и в условиях парникового эффекта (Friedrich et al., 2012). В это время по аммонитам выделяют Тетическую надобласть, а также Бореальную и Аустральную области (Ifrim et al., 2015). Уровень эндемизма аммонитовых фаун в коньяке и сантоне возрастает, а космополитные виды аммоноидей становятся редки.

По радиолариям для коньякского и сантонского веков можно выделить Тетическую и Бореальную надобласти (рис. 10). Аустральную надобласть проследить невозможно из-за отсутствия данных. Следует отметить также недостаточность данных по Средиземноморью и Западной Европе в сравнении с данными по турону. Это несколько затрудняет подразделение Тетической надобласти на палеобиохории второго порядка. В то же время данные по коньяку–сантону Бореальной надобласти существенно богаче, чем для предыдущих веков. Тетическая надобласть включает Калифорнию, экваториальную Атлантику, южную Европу, Крым, Кипр, Кавказ, Иран, Оман, Гималаи, значительную часть Тихого океана и Японию. Надобласть подразделяется на Атлантическо-Средиземноморскую, Карпато-Кавказскую и Тихоокеанскую области.

Атлантическо-Средиземноморская область включает экваториальную Атлантику и южную часть северной Атлантики, Баварию, Грецию, Кипр, юго-восточную Турцию, Иран, Оман, Гималаи. Не все комплексы перечисленных районов достаточно представительны, так, комплексы коньяка–сантона Турции (Tekin et al., 2015) и нижнего коньяка Ирана (Pessagno et al., 2005) нуждаются в дальнейшем изучении. Позднемеловой комплекс Ладаха, Гималаи (Danelian, Robertson, 1997) следует оценивать не древнее сантона–кампана по присутствию характерных видов *Theocampe urna* (Foreman) и *Dictyomitra koslovae* Foreman. Комплексы Омана содержат вид *Dictyomitra duodecimcostata* Foreman, характерный для тепловодных морских бассейнов (Tippit, Pessagno, 1981). Для этой области характерны такие виды, как *Annikaella omanensis* De Wever, *Mita guttiformis* Bragina, *Ultranapora dendroacanthos* (Squinabol). В настоящее время известны исключительно богатые комплексы коньяка и сантона Кипра (Брагина, Брагин, 1996, 2006; Брагина, 2008г, 2009а, 2010б, 2011а, 2013б, 2014б), которые в том числе включают *Eostichomitra perapedhia* (Bragina), *Lipmanium?*

ovalum Bragina, *Mita guttiformis* Bragina, *M. magnifica* Pessagno, *Pseudodictyomitra nakasekoi* Taketani, *Rhopalosyringium mangaleniense* Bragina, *Theocampe urna* (Foreman), *T.(?) cypraea* Bragina, *Theocoronium subtriquetrus* Bragina, *Xitus asymbatos* (Foreman).

Карпато-Кавказская область охватывает Сербию, Румынские Карпаты, Крым, Большой Кавказ. Получить представление о таксономических особенностях этой области поможет комплекс коньяка–сантона из Румынских Карпат (Вишневская, 2001), который демонстрирует обычное здесь (а также и в Тихоокеанской области) присутствие рода *Orbiculiforma* (*O.? australis* Pessagno, *O. campbellensis* Pessagno, *O. monticelloensis* Pessagno). Комплекс Румынских Карпат интересен также присутствием *Histiastrium cruciferum* Lipman, характерного для Восточно-Европейской платформы и Западно-Сибирской плиты (Липман, 1952; Амон, 2000). В сантоне комплексы Атлантическо-Средиземноморской и Карпато-Кавказской областей имеют многие десятки общих видов (Брагина, 2012; Брагина и др., 2014). Необходимо подчеркнуть большое сходство сантонских комплексов Кипра, Крыма и Сербии (Брагина, 2014в). Тем не менее, комплексы Кипра отличаются еще более значительным таксономическим разнообразием, включающем таксоны, неизвестные за пределами области (например: *Dorypyle concinna* Bragina, *Mita guttiformis* Bragina, *Sandovalella trihedra* Bragina).

Тихоокеанская область включает Калифорнию, центральную и северо-западную части Тихого океана, а также Японию. В этой области присутствует *Mita magnifica* Pessagno, но другие виды этого рода отсутствуют. Характерно обилие Neosciadiocapsidae, причем *?Sciadiocapsa rumseyensis* Pessagno, *Microsciadiocapsa madisonae* Pessagno, *M. sutterensis* Pessagno неизвестны за пределами Тихоокеанской и Атлантическо-Средиземноморской областей. В отличие от Атлантическо-Средиземноморской, в Тихоокеанской области многочисленны представители родов *Archaeospongoprimum* и *Orbiculiforma*. Многие характерные виды этой области имеют широкое географическое распространение, например: *Crucella cachensis* Pessagno, *Praeconocaryomma californiense* Pessagno, *P. lipmanae* Pessagno, *P. universa* Pessagno, *Stylosphaera hastata* Campbell et Clark, *S. pusilla* Campbell et Clark, *Neosciadiocapsa diabloensis* Pessagno, *Petasiforma foremanae* Pessagno. Некоторые из видов обычны и в Бореальной надобласти, например *Porodiscus cretaceus* Campbell et Clark, *Pseudoaulophacus praefloresensis* Pessagno, *Xitus asymbatos* (Foreman).

Бореальная надобласть в коньяке–сантоне охватывает (как и в туроне) обширную территорию и подразделяется на три области: Европейскую, Западносибирскую и Бореально-Тихоокеанскую. Европейская область включает западную Европу, а также Восточно-Европейскую платформу (Воронежскую антеклизу, Московскую синеклизу, Ульяновско-Саратовский прогиб). Наиболее полно представляют таксономическое разнообразие этой области комплексы Московской синеклизы (Брагина, 1994). Они отличаются от западносибирских большим разнообразием, и включают не только виды, характерные для коньяка–сантона Саратовского Поволжья (Вишневская, 2007; Вишневская и др. 2014) (*Alievium rozanovi* Vishnevskaya, *Pseudoaulophacus alekseevi* Vishnevskaya), но и виды, распространенные в пределах Восточно-Европейской платформы и Урала (*Histiastrium cruciferum* Lipman, *Paronaella santonica* (Lipman), *Patulibracchium ingens* (Lipman), *Pentinastrum*

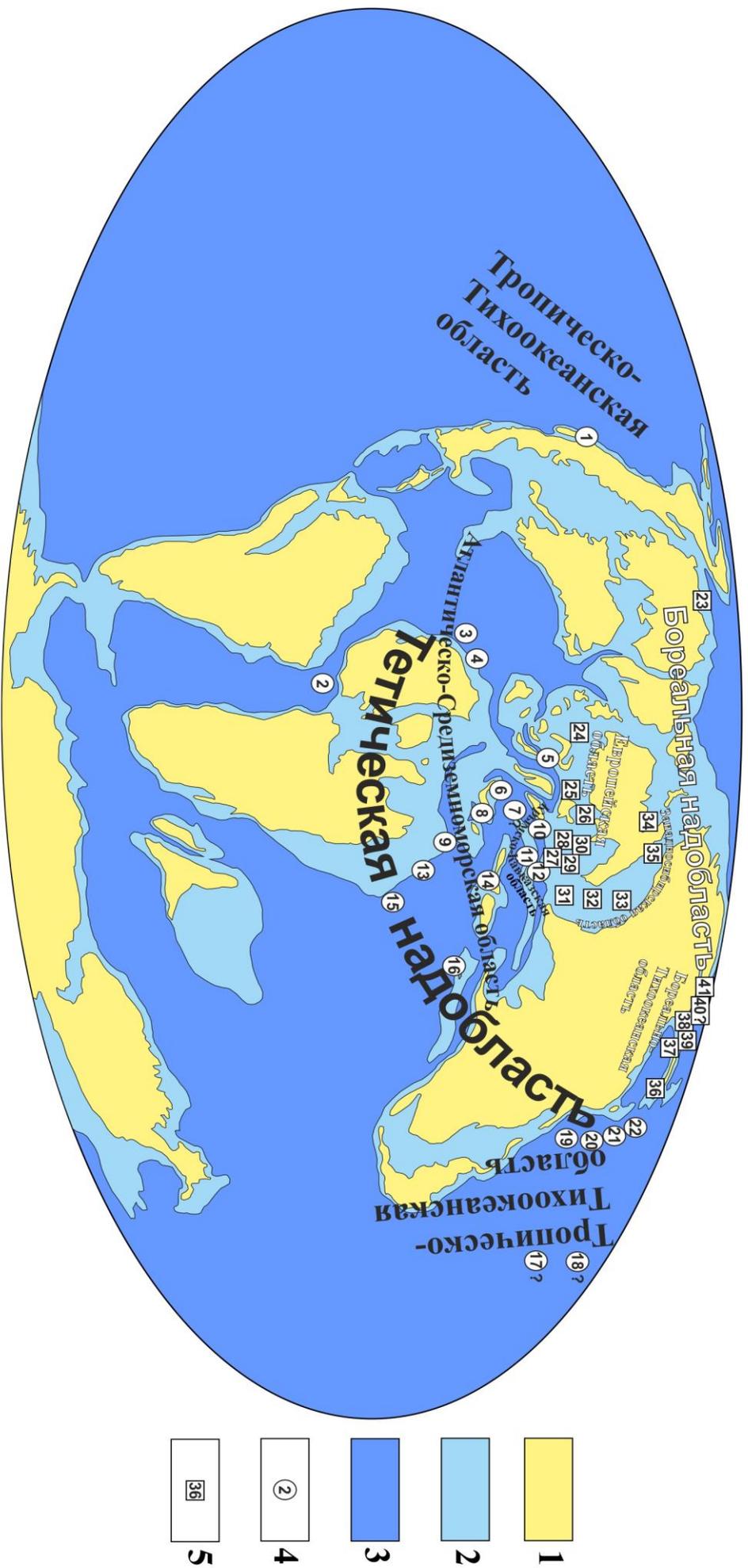


Рис. 10. Палеобиогеография для коньяка-сантона по радиогляриям (на основе Blakey, 2002). 1 - суша; 2 - мелководные моря; 3 - глубоководные бассейны; 4 - местонахождения Тетической надобласти; 5 - местонахождения Бореальной надобласти. Тетическая надобласть: 1 - Калифорния (Pessagno, 1976); 2 - Аглантика, скв. 959 (Erbacher, 1998); 3, 4 - Аглантика, 3 - скв. 137/138, 4 - скв. 545 (Erbacher, Thibaut, 1997); 5 - Бавария (Ohmert, 2006); 6 - Сербия (Брагина и др., 2014); 7? - Румыния (Вишневецкая, 2001); 8 - Греция (De Wever, Thibaut, 1981); 9 - Кипр (Брагина, 2012); 10 - Крым (Корчагин и др., 2012); 11, 12 - Кавказ (Вишневецкая, 2001); 13 - Турция (Tekin et al., 2015); 14 - Иран (Pessagno et al., 2005); 15 - Оман (Tirrit, Pessagno, 1981); 16 - Тималиан (Danelian, Robertson, 1997); 17?, 18? - Тихий океан, скв. 61, 66, 303-307, 310, 313, 463-466 (Fogelman, 1975); 19, 20 - Япония (Nakaseko, Nishimura, 1981); 21, 22 - Япония (Hollis, Kimura, 2001); Бореальная надобласть: 23 - бассейн Свердруп (Rugh et al., 2014); 24 - Дания (Rasker, Natl, 2005); 25 - Воронежская анте-клиз (Ророва-Goll et al., 2005); 26 - Московская синеклиза (Брагина, 1994); 27 - 30 - Поволжье: 27 - (Брагина и др., 1999); 28 - (Олферьев и др., 2007); 29 - (Брагина, Брагин, 2004); 30 - (Липман, 1952); 31 - Тургай (Амон, 2000); 32 - Южное Зауралье (Амон, 2000); 33 - Западная Сибирь (Козлова, Горбовец, 1966); 34 - Приполярное Предуралье (Амон, 2000); 35 - Приполярное Зауралье (Амон, 2000); 36 - Сахалин (Казинцова, 1993); 37 - 39 - Камчатка: 37 - (Вишневецкая и др., 2006); 38 - (Брагина, 1991); 39 - (Разницын и др., 1982); 40?, 41 - Корякия (Вишневецкая, 2001). Знаком вопроса отмечены местонахождения нерасчлененного турона-коньяка.

subbotinae Lipman), *Prunobrachium crassum* Lipman, *Spongopyle insolita* Kozlova). В Московской синеклизе распространены виды, характерные для Тихоокеанской области: *Acaeniotyle gedrangta* Empson-Morin, *Archaeospongoprimum andersoni* Pessagno, *A. salumi* Pessagno, *A. bipartitum* Pessagno, *Alivium antiquum* Pessagno, *Patellula planoconvexa* (Pessagno), *Pseudoaulophacus praefloresensis* Pessagno, *Stylosphaera pusilla* Campbell et Clark, *Orbiculiforma persenex* Pessagno, *O. quadrata* Pessagno, *O. vacaensis* Pessagno, *Dictyomitra formosa* Foreman, *Tricolocapsa granti* Campbell et Clark, *Xitus asymbatos* (Foreman) и многие другие. Здесь же установлен вид *Paronaella* (?) *nikishini* Bragina, описанный из турона Горного Крыма (Брагина, 2014а). Интересно присутствие видов, характерных для Тетической надобласти: *Archaeocenosphaera?* *mellifera* O'Dogherty, *Halesium* sp. ex gr. *H. sexangulum* Pessagno, *Theocampe* sp. ex gr. *T. vollendeta* Empson-Morin, *Theocampe* sp. ex gr. *T. comprimerta* Empson-Morin, *Rhopalosyringium* sp. ex gr. *R. mangalenense* Bragina. Итак, Европейская область, по-видимому, наиболее тепловодна и характеризуется высоким таксономическим разнообразием, которое можно объяснить проникновением теплых водных масс с запада и юга.

Западносибирская область включает Западную Сибирь, Приполярное Предуралье и Зауралье и характеризуется бедными комплексами (Амон, 2000). Близки к ним комплексы Арктического архипелага Канады (Pugh et al., 2014). В коньяке и сантоне существовало широкое сообщение между западносибирскими и европейскими бассейнами. Так, в составе западносибирских комплексов входят многочисленные дисковидные морфотипы, характерные для Восточно-Европейской платформы (например, *Orbiculiforma volgensis* (Lipman), *O. multa* (Kozlova), *Porodiscus vulgaris* Lipman, *Prunobrachium crassum* Lipman, *Tripodictya tricuminata* Lipman). В коньяке и сантоне особенно широко представлены виды широкого географического распространения, например: *Archaeospongoprimum bipartitum* Pessagno, *Praeconocaryomma universa* Pessagno, *Pseudoaulophacus floresensis* Pessagno, *P. praefloresensis* Pessagno и *Porodiscus cretaceus* Campbell et Clark. Комплексы этой области содержат ряд видов, не встречающихся за ее пределами, например *Ommatodiscus mobilis* Kozlova, *Lithostrobos rostovzevi* Lipman, *Tripodictya tricuminata* Lipman и *Theocampe animula* Kozlova.

Бореально-Тихоокеанская область включает Западный Сахалин, Камчатку и Корьякское нагорье. Здесь известны многочисленные находки комплексов радиолярий коньяка–сантаона, в целом небогатых, включающих виды широкого географического распространения. Большую ценность представляют местонахождения, содержащие одновременно радиолярии и фораминиферы, как на Западной Камчатке (Вишневецкая и др., 2006) (коньяк–ранний кампан), где характерны *Cromyosphaera tschurini* Lipman, *Spongotripus morrenoensis* Campbell et Clark, *Stichomitra livermorensis* (Campbell et Clark), *S. manifesta* Foreman. Встреченные там же *Archaeospongoprimum bipartitum* Pessagno, *Crucella plana* Pessagno, *Pseudoaulophacus praefloresensis* Pessagno, *Lipmanium?* *sacramentoensis* Pessagno, *Dictyomitra densicostata* Pessagno, *Amphipyndax ellipticus* Nakaseko et Nishimura, *A. stocki* (Campbell et Clark), *Cornutella californica* (Campbell et Clark) – виды широкого географического распространения. Виды *Amphipyndax awaensis* Nakaseko et Nishimura и *Dictyomitra urakawaensis* Taketani характерны для разрезов Японии. Интересен комплекс сантона (ранее сантона–кампана, Брагина, 1991а) северо-

западной Камчатки, где присутствуют *Acanthocircus variabilis* Foreman, *Lipmanium sacramentoensis* Pessagno, *Lithocampe* (?) *eureia* Foreman, *Neosciadiocapsa jenkinsi* Pessagno, *Sciadiocapsa cansia* Foreman, *Sciadiocapsa? rugosa* Bragina, *S.? rumseyensis* Pessagno, *Amphipyndax* sp. aff. *A. enesseffi* (= *Amphipyndax* sp. A, Брагина, 2016а). Последний характерен для сантона Кипра и Крыма, а вид *Sciadiocapsa? rugosa* Bragina, описанный из коньяка Кипра, впервые найден именно на Камчатке.

Полученные результаты позволяют сформулировать третье защищаемое положение диссертации. **Радиолярии альба–сантона характеризуются широтной дифференциацией, определяющейся палеоклиматической зональностью. На этой основе выделяются палеобиохории высшего ранга: Бореальная, Тетическая и Аустральная надобласти, которые в свою очередь подразделяются на области. Все выделенные палеобиохории характеризуются особыми типами комплексов радиолярий.**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено детальное изучение радиолярий альба–сантона из многочисленных разрезов и местонахождений России (Крым, Большой Кавказ, Восточно-Европейская платформа, южный Сахалин, северо-западная Камчатка), Азербайджана (Большой Кавказ), Сербии (Динарская складчатая система), Турции (Центральные Понтиды), Кипра (комплекс Мамония и чехол офиолитового комплекса Троодос) и Индии (осадочный бассейн Кавери). В итоге этих работ получены следующие результаты:

1. Разработана новая зональная схема альб–сантонских отложений Евразии по радиоляриям. Выделено 13 зон: *Crolanium triangulare* (верхний альб), *Patellula spica* (нижний сеноман), *Pseudoaulophacus lenticulatus* (средний сеноман), *Triactoma parva* (верхний сеноман), *Acanthocircus tympanum* (нижний турон, без верхов), *Patellula selbukhraensis* (верхняя часть нижнего турона), *Phaseliforma turovi* (средний турон, без верхов), *Actinomma* (?) *belbekense* (верхняя часть среднего турона–верхний турон), *Alievium praegallowayi* (нижняя часть коньяка), *Cyprodictyomitra longa* (верхняя часть коньяка), *Theocampe urna* (нижний сантон), *Stucella robusta* (средний сантон–нижняя часть верхнего (?) сантона), *Afens perapediensis* (верхняя часть верхнего сантона). Эти зоны успешно прослеживаются в пределах тетических районов Евразии и коррелируются с биостратонами Тихоокеанского региона (Япония, Калифорния).

2. Установлено, что во второй половине мелового периода радиолярии мезозоя вступили в завершающую стадию своего развития, во время которой происходило постепенное снижение биоразнообразия на уровне родов на фоне сравнительно медленных темпов эволюции. При этом крупные абиотические события, в том числе эпизоды океанической аноксии, могли вызывать некоторое ускорение вымирания, но не приводили к биотическим кризисам у радиолярий. Позднемеловая стадия развития радиолярий подразделяется на пять этапов: 1) поздний альб – средний сеноман, 2) поздний сеноман – ранний турон, 3) средний турон – ранний коньяк, 4) – поздний коньяк – сантон, 5) кампан.

3. Показано, что палеобиогеография радиолярий альба-сантона выражается в широтной дифференциации, которая обусловлена палеоклиматической зональностью. В бассейнах мелового периода по радиоляриям выделяются 3 палеобиохории высшего порядка (надобласти): Бореальная, Тетическая и Аустральная. Особенности таксономического состава комплексов радиолярий позволяют для некоторых веков подразделить Бореальную надобласть на области: Европейско-Западносибирскую (иногда подразделяемую на две отдельные области) и Бореально-Тихоокеанскую. С помощью той же методики Тетическая надобласть подразделяется на Атлантическо-Средиземноморскую, Карпато-Кавказскую и Тихоокеанскую области.

Список важнейших работ Л.Г. Брагиной по теме диссертации

1. Брагина Л.Г. Радиолярии в отложениях быстринской свиты сантона–кампана Северо-Западной Камчатки // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 7. С. 129-136.
2. Брагина Л.Г. Радиолярии и стратиграфия верхнемеловых отложений хотьковской серии Подмосковья // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1994. Т. 69. вып. 2. С. 91-100.
3. Брагина Л.Г. Новые виды радиолярий Найбинского опорного разреза верхнего мела (Южный Сахалин) // Палентол. журн. 2003. № 3. С. 25-30.
4. Брагина Л.Г. Комплексы радиолярий сеномана–нижнего коньяка Найбинского опорного разреза // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008а. Т. 16. № 5. С. 51-62.
5. Брагина Л.Г. Радиолярии семейства Neosciadiocapsidae турона–сантона формации Перापеди (Южный Кипр) // Палеонтол. журн. 2008б. № 2. С. 27-37.
6. Брагина Л.Г. Радиолярии и стратиграфия верхнемеловых отложений Горного Крыма и Западно-Сахалинских гор. Статья 1. Биостратиграфическое расчленение и корреляция // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2009а. Т. 17. № 3. С. 89-103.
7. Брагина Л.Г. Радиолярии и стратиграфия верхнемеловых отложений Горного Крыма и Западно-Сахалинских гор. Статья 2. Сравнительный анализ // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2009б. Т. 17. № 4. С. 82-93.
8. Брагина Л.Г. Новые виды меловых радиолярий рода Afens Riedel et Sanfilippo // Палеонтол. журн. 2010. № 1. С. 13-16.
9. Брагина Л.Г. Значение радиолярий родов Afens Riedel et Sanfilippo и Multastrum Vishnevskaya для бореально-тетической корреляции верхнемеловых отложений // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2011а. №1. Р. 65-71.
10. Брагина Л.Г. Уточнение возраста аноксийного горизонта рубежа сеномана и турона в разрезе горы Сель-Бухра (Горный Крым, Украина): радиоляриевый анализ // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2011б. Т. 19. № 5. С.1-11.
11. Брагина Л.Г. Позднемеловые радиолярии родов Cuboctostylus Bragina и Hexacromyum Haesckel и их стратиграфическое и палеобиогеографическое распространение // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2013а. Т. 21. № 1. С. 74–90.

12. Брагина Л.Г. Новые радиолярии семейства Pseudodictyomitridae из коньяка–сантона формации Перапеди (Южный Кипр) // Палеонтол. журн. 2013б. № 5. С. 457-462.
13. Брагина Л.Г. Новые виды радиолярий из разрезов верхнего мела Горного Крыма (Украина) // Палеонтол. журн. 2014а. № 1. С. 9-19.
14. Брагина Л.Г. Новые виды радиолярий отряда Nassellaria из коньяка–сантона формации Перапеди (Южный Кипр) // Палеонтол. журн. 2014б. № 2. С. 3-10.
15. Брагина Л.Г. Зональная схема меловых (альб-сантонских) отложений тетических районов Евразии по радиоляриям // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016а. Т. 24. № 2. С. 1-26.
16. Брагина Л.Г. Развитие радиолярий в течение позднего альба-кампана // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016б. (в печати).
17. Брагина Л.Г. Палеобиогеография по радиоляриям в позднем альбе-сантоне // Палеострат-2016. Сборник тезисов. Палеонтологический институт РАН, 2016в. С. 12.
18. Брагина Л.Г., Агарков Ю.В., Брагин Н.Ю. Радиолярии верхнего сеномана и нижнего турона из отложений ананурской свиты Западного Кавказа (район пос. Лазаревское) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2007. Т. 15. № 3. С. 76-86.
19. Брагина Л.Г., Белямовский В.Н., Конаевич Л.Ф. Радиолярии, фораминиферы и биостратиграфическое расчленение коньяка–кампана разреза Алан-Кыр, Горный Крым // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. Т. 24. № 1. С. 39-57.
20. Брагина Л.Г., Брагин Н.Ю. Радиолярии и стратиграфия кампан-маастрихтских отложений Юго-Западного Кипра // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1995. Т. 3. № 2. С. 147-155.
21. Брагина Л.Г., Брагин Н.Ю. Стратиграфия и радиолярии стратотипического разреза формации Перапеди верхнего мела Кипра // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1996. Т. 4. № 3. С. 38-45.
22. Брагина Л.Г., Брагин Н.Ю. Радиолярии в разрезе верхнемеловых отложений у с. Новодевичье (Самарская область, Среднее Поволжье) // Стратиграфия. Геол. корр. 2004. Т. 12. № 3. С. 76-86.
23. Брагина Л.Г., Брагин Н.Ю. Стратиграфия и радиолярии верхнемеловых отложений осадочного чехла офиолитового комплекса Аракапас (Кипр) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 14. № 5. С. 50-66.
24. Брагина Л.Г., Брагин Н.Ю. Новые данные по радиоляриям альба–сеномана формации Караи (Южная Индия) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2013. Т. 21. № 5. С. 56-71.
25. Брагина Л.Г., Брагин Н.Ю. Новые данные по радиоляриям альба–коньяка разреза Келевудаг (северо-восточный Азербайджан) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2015. Т. 23. № 1. С. 48-59.
26. Брагина Л.Г., Брагин Н.Ю. Радиолярии в отложениях верхнего сеномана разреза Аймаки (республика Дагестан) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2015. Т. 23. № 6. С. 48-55.
27. Брагина Л.Г., Брагин Н.Ю., Джерич Н., Гаич В. Позднемеловые радиолярии и уточнение возраста субфлишевых отложений разреза Струганик (Западная Сербия) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014а. Т. 22. № 2. С. 90-107.

28. Брагина Л.Г., Брагин Н.Ю., Конаевич Л.Ф. Радиоларии, планктонные фораминиферы и стратиграфия турона–нижнего коньяка разреза Биюк-Карасу (Крым) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2014б. № 3. С. 3-14.
29. Брагина Л.Г., Вишневецкая В.С. Новые виды меловых радиоларий рода *Multastrum Vishnevskaya* и их палеобиогеографическое распространение // Палеонтол. журн. 2007. Т. 41. № 6. С. 1-6.
30. Конаевич Л.Ф., Белямовский В.Н., Брагина Л.Г. Фораминиферы и радиоларии из верхнего альба-турона разреза Келевудаг (северо-восточный Азербайджан) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2015. Т. 23. № 6. С. 28-47.
31. Корчагин О.А., Брагина Л.Г., Брагин Н. Ю. Планктонные фораминиферы и радиоларии сантонских отложений горы Ак-Кая, Горный Крым, Украина // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2012. Т. 20. № 1. С. 1-25.
32. Bragin N.Yu., Bragina L.G., Krylov K.A. Albian–Cenomanian deposits of the Mamonia Complex, Southwestern Cyprus // Proceedings of the Third International Conference on the Geology of the Eastern Mediterranean, Nicosia. 2000. P. 309-315.
33. Bragin N.Yu., Bragina L.G., Tunoglu C., Tekin U.K. The Cenomanian (Late Cretaceous) radiolarians from the Tomalar Formation, central Pontides, Northern Turkey // *Geologica Carpatica*. 2001. V. 52. № 6. P. 349-360.
34. Bragina L.G. *Cuboctostylus* n. gen., a new Late Cretaceous spicule-bearing spumellarian Radiolaria from southern Sakhalin (Russia) // *Geodiversitas*. 1999. V. 21. № 4. P. 571-580.
35. Bragina L.G. Radiolarian biostratigraphy of the Perapedhi Formation (Cyprus): implications for the geological evolution of the Troodos Ophiolite // *Bull. Soc. Geol. France*. 2012. V. 183. № 4. P. 347-353.
36. Bragina L.G. Cenomanian–Turonian radiolarians of Northern Turkey and the Crimean Mountains // *Paleontol. J.* V. 38. Suppl. 4. 2004. P. 325-456.
37. Khokhlova I.E., Bragina L.G., Krasheninnikov V.A. Zonal stratigraphy of the Upper Cretaceous and Paleogene Deposits of the Key Perapedhi Section (Southern Cyprus) by means of Radiolarians Correlation with the Foraminiferal Zones. Geological structure of the North-Eastern Mediterranean // Jerusalem: Historical Productions-Hall Ltd., 1994. P. 219-250.
38. Silantyev S.A., Portnyagin M.V., Bazylev B.A., Krylov K.A., Bragina L.G. Chapter 1. The Troodos Ophiolite Complex (Structural Para-Autochthon). The Sedimentary Cover of the Troodos Massif // (Eds.) Krasheninnikov V.A., Hall J.K. Hirsh F. Benjamini Ch. In book: Geological Framework of the Levant. V. I (Cyprus and Syria). Jerusalem: Publ. House Art-Plus. 2004. P. 41–54.
- Chapter 2. Igneous, Metamorphic and Sedimentary Rocks of the Mamonia Complex (Structural Allochthon) (co-authors Silantyev S.A., Portnyagin M.V., et al.); B. Sedimentary Rocks of the Mamonia Complex // (Eds.) Krasheninnikov V.A., Hall J.K. Hirsh F. Benjamini Ch. In book: Geological Framework of the Levant, Vol. I (Cyprus and Syria). Jerusalem: Publ. House Art-Plus. 2004. P. 57–69.