

УДК 551.763.3/550.384.5:550.384/(1-924.71)

БИО-, ХЕМО- И МАГНИТОСТРАТИГРАФИЯ ПОГРАНИЧНОГО ИНТЕРВАЛА САНТОНА–КАМПАНА РАЗРЕЗОВ КУДРИНО И АКСУ-ДЕРЕ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ): ПРОБЛЕМЫ ГЛОБАЛЬНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ И ВЫБОРА ЛИМИТОТИПА НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ КАМПАНСКОГО ЯРУСА.

СТАТЬЯ 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ, СЕДИМЕНТОЛОГИЯ, БИОСТРАТИГРАФИЯ

© 2021 г. А. Ю. Гужиков^{1, *}, Е. Ю. Барабошкин^{2, 3}, Г. Н. Александрова³,
И. П. Рябов¹, М. А. Устинова³, Л. Ф. Копаевич², Г. В. Миранцев⁴,
А. Б. Кузнецов⁵, П. А. Фокин², В. Л. Косоруков²

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет
им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³Геологический институт РАН, Москва, Россия

⁴Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва, Россия

⁵Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: aguzhikov@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.09.2020 г.

После доработки 02.11.2020 г.

Принята к публикации 17.12.2020 г.

Получены новые комплексные данные по двум разрезам пограничного интервала сантона–кампана Юго-Западного Крыма. В статье 1 представлены детальные геологические описания разрезов, литолого-минералогические и палеоихнологические материалы, результаты определений макро- (криноидеи, аммониты, белемниты) и микропалеонтологических (диноцисты, наннопланктон, бентосные и планктонные фораминиферы) остатков. По результатам исследований реконструированы колебания уровня моря, вариации активности аллотигенного привноса (в том числе пирокластического материала) и другие особенности осадконакопления. Все макро- и микропалеонтологические данные подтверждают позднесантонский–раннекампанский возраст пород, по каждой из микропалеонтологических групп установлены биостратоны и проведено детальное расчленение разрезов.

Ключевые слова: верхний мел, сантон, кампан, диноцисты, бентосные фораминиферы, планктонные фораминиферы, наннопланктон, криноидеи, аммониты, белемниты, ихнокомплексы, Крым

DOI: 10.31857/S0869592X21040025

ВВЕДЕНИЕ

Сантонские–кампанские отложения, слагающие значительную часть верхнемелового комплекса Горного Крыма (рис. 1а), представлены преимущественно известняками и мергелями. Многие известные в литературе разрезы, мощность которых достигает 200 м и более, находятся в юго-западной части Горного Крыма. Несмотря на фаунистическую охарактеризованность и длительную историю их изучения (Weber, Malyshev, 1923; Найдин, 1953, 1959; Найдин и др., 1981; Маслакова, Найдин, 1958; Маслакова, 1959, 1967; Кликушин, 1980, 1981, 1985; Алексеев, 1989; Копаевич, Walaszczyk, 1990; Копаевич, 2010; Гожик и др., 2013 и многие другие), выполнение деталь-

ных межрегиональных корреляций и обоснование уровня нижней границы кампана по сей день остаются актуальными стратиграфическими проблемами для Юго-Западного Крыма и Крымского полуострова в целом.

Наиболее полные разрезы пограничного интервала сантона–кампана с надежным палеонтологическим обеспечением располагаются в Юго-Западном Крыму на правом склоне долины р. Кача в районе с. Кудрино (рис. 1б). В одном из них – в разрезе оврага Аксу-Дере – на основе комплексных макро- и микрофаунистических исследований ранее была установлена граница сантона–кампана (Фокин и др., 2018). Главными критериями для ее определения послужили находки криноидей

Marsupites testudinarius (Schloth.), уровень исчезновения которых (LO) предлагается в качестве маркера подошвы кампанского яруса (Hancock et al., 1996). Большую ценность для обоснования границы представляют найденные здесь белемниты *Actinocamax verus* Miller и аммонит *Parapuzosia* (P.) cf. *leptophylla* (Sharpe) (Барабошкин, Фокин, 2019).

Легкодоступные и хорошо обнаженные разрезы в Юго-Западном Крыму после дополнительного палеонтологического изучения и получения магнито- и хеостратиграфических характеристик потенциально могут претендовать на роль ~~точки глобального стратотипа границы~~ (GSSP) или дополнительного разреза (auxiliary) кампанского яруса, которые на данный момент еще не определены Международным союзом геологических наук. В настоящее время кандидатами на стратотип нижней границы кампана являются разрезы в Центральном Техасе и Южной Англии (Hancock et al., 1996; Stratigraphy.org), каждый из которых не в полной мере удовлетворяет требованиям, предъявляемым к выбору лимитотипа (Rexel et al., 1996), в частности запросу на пригодность пород к палеомагнитным исследованиям. Магнитостратиграфические данные по верхнему мелу Англии (Montgomery et al., 1998) противоречивы и до сих пор являются предметом дискуссий (Razmjooei et al., 2014, 2018; Thibault et al., 2016 и др.), а по техасскому разрезу Уоксахачи (Gale et al., 2008) отсутствуют вовсе.

Разрез Аксу-Дере (рис. 1б, 1в), несмотря на хорошее микро- и макрофаунистическое обеспечение, в том числе криноидеями, аммонитами и белемнитами (Барабошкин, Фокин, 2019; Фокин и др., 2018), не может претендовать на лимитотип яруса, потому что содержит явные признаки перерывов (размывов) в осадконакоплении и конденсаций непосредственно вблизи сантонской–кампанской границы (Фокин и др., 2018; Барабошкин, Фокин, 2019). В то же время в расположенном поблизости (примерно в 2.2 км южнее) разрезе Кудрино-2 (рис. 1б, 1в) сохранилась более полная литологическая последовательность пограничного интервала, и сводный разрез Кудрино–Аксу-Дере потенциально соответствует требованиям к полноте разреза, предъявляемым к GSSP. В разрезе Кудрино ранее проводилось изучение микрофауны на отдельных уровнях (Кобаевич, Хотылев, 2014 и др.), однако положение границы сантона–кампана в нем до настоящего времени точно определено не было.

Авторами проведено детальное био-, магнито- и хеостратиграфическое изучение двух разрезов пограничного интервала сантона–кампана –

Кудрино-2 и Аксу-Дере – с целью прослеживания нижней границы кампанского яруса от стратотипических областей до Горного Крыма и анализа результатов комплексных исследований с точки зрения обоснованности выдвижения сводного разреза Кудрино–Аксу-Дере на роль GSSP кампана.

Нами получены новые палеонтологические (аммониты, белемниты, криноидеи, диноцисты, наннопланктон, планктонные и бентосные фораминиферы, палеоихнология), магнитостратиграфические (палеомагнетизм и петромагнетизм), изотопно-геохимические (стабильные изотопы углерода, кислорода и стронция) и литолого-минералогические (результаты анализов шлифов и состава нерастворимого остатка) данные. Пробы для разных видов анализов были изучены по системе “образец в образец”. В общей сложности в сводном разрезе Кудрино–Аксу-Дере взяты ориентированные штуфы для палео- и петромагнитных исследований со 109 уровней. Для определений наннопланктона изучены пробы с 28, а для определений диноцист и фораминифер – с 37 уровней. Данные по микроэлементам, изотопам углерода и кислорода получены по 27, а по изотопам стронция – по 16 уровням. Нерастворимый остаток изучен на 18 уровнях в интервале мощностью 1.4 м вблизи сантонской–кампанской границы, установленной по палеонтологическим и магнитостратиграфическим данным. Палинологические, магнито- и хеостратиграфические исследования сантона и нижнего кампана Юго-Западного Крыма проведены впервые.

Полевое изучение и отбор образцов проведены Е.Ю. Барабошкиным, А.Ю. Гужиковым, П.А. Фокиным. Описания разрезов, петрографические, ихнологические исследования и анализ головоногих моллюсков выполнены Е.Ю. Барабошкиным, анализ криноидей – Г.В. Миранцевым. Магнитостратиграфические данные получены А.Ю. Гужиковым, изотопно-геохимические – А.Б. Кузнецовым. Изучением палиноморф занималась Г.Н. Александрова, наннопланктона – М.А. Устинова, планктонных фораминифер – Л.Ф. Кобаевич, бентосных фораминифер – И.П. Рябов, нерастворимого остатка – А.А. Фокин и В.Л. Косоруков.

В статье 1 представлены описание литологического строения разрезов, результаты седиментологических и биостратиграфических исследований.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАЗРЕЗА

Изученные разрезы расположены в Бахчисарайском районе Республики Крым, к западу от **города** Бахчисарай (рис. 1а, 1б).

Рис. 1. (а) Геологическая схема Юго-Западного Крыма (квадратом показано расположение района исследований); (б) геологическая схема правобережья р. Кача в районе с. Кудрино и оврага Аксу-Дере; (в) литологическая характеристика разрезов Кудрино-2 (точка наблюдения 3184) и Аксу-Дере (точка наблюдения 3168).



Рис. 2. Общий вид разрезов Аксу-Дере (а, б) и Кудрино-2 (в, г). Фото Е.Ю. Барабошкина, 2018–2019 гг. (а) — строение нижней части кудринской свиты в пограничном интервале сантона и кампана; (б) — основание разреза, граница коньякских известняков прохладненской свиты и сантонских известняков кудринской свиты; (в) — ~~нижняя часть разреза кудринской свиты в пограничном интервале сантона и кампана;~~ (г) — верхняя (кампанская) часть разреза кудринской свиты.

Разрез оврага Аксу-Дере (т.н. 3168, видимая мощность 31 м; рис. 1в, 2а, 2б), расположенный в 2.2–2.3 км севернее села Кудрино, начинается от кровли прохладненской свиты (верхний турон–нижний коньяк). Видимое основание разреза обнажается в глубокой промоине на склоне оврага (координаты начала разреза: 44°43′27.0″ с.ш., 33°56′52.0″ в.д.). Далее разрез надстраивается вдоль грунтовой дороги, ведущей на водораздел, а затем вдоль небольшой промоины в лесу до верхней части водораздела (координаты отбора обр. 3168-42, с которого продолжено опробование разреза вдоль этой промоины: 44°43′26.9″ с.ш., 33°56′54.6″ в.д.).

Разрез Кудрино-2 (т.н. 3184, видимая мощность 43 м; рис. 1в, 2в, 2г) расположен на северо-восточной окраине с. Кудрино. Низы разреза, частично задернованные, расположены в бортах небольшого оврага, практически сразу за домами (координаты начала разреза: 44°42′15.0″ с.ш., 33°56′49.5″ в.д.), а верхняя часть — в небольшой промоине на продолжении этого оврага, выше пересечения с грунтовой дорогой, ведущей на водораздел (координаты конца разреза: 44°42′17.8″ с.ш., 33°56′47.6″ в.д.).

Подошва сантонских известняков кудринской свиты здесь не вскрывается.

В обоих разрезах слои залегают согласно и наклонены к северо-западу. Азимуты падения варьируют от 292° до 340° (в основном 310°–330°), а углы падения от 6°30′ до 19° (в основном 10°–13°).

Оба разреза имеют похожее строение, отличаюсь мощностями пачек, поэтому мы приводим их единое описание с указанием мощностей. Прохладненская свита (верхний турон–нижний коньяк) представлена крепкими белыми известняками, а в кровельной части — розоватыми известняками со стилолитовыми швами. Надстраивающая ее кудринская свита (верхний сантон–маастрихт) сложена известняками и глинистыми известняками в сантонской части; мергелями и глинистыми мергелями — в кампанской. Все отложения полностью биотурбированы, биотурбационный индекс (Vi) (Droser, Bottjer, 1986) равен 5.

Ввиду фрагментарной обнаженности характер цикличности и цементации пород, формирующих рельеф, виден плохо. Поэтому при выделении пачек и подпачек использовался целый набор признаков — состав пород, их микроскопическое стро-

ение (табл. I), морфология склона, петромагнитные характеристики. Вместе с тем мы старались придерживаться нумерации пачек, принятых в работе (Алексеев, 1989).

В разрезе снизу вверх обнажается следующая последовательность (рис. 1в).

Прохладненская свита. Пачка XI. Слабоглинистые белые крепкие известняки, в верхней части (40–50 см) – розоватые, обохренные, с многочисленными протяженными стилолитами (высота зубьев до 1–2 см), вдоль которых развиты 1–5-миллиметровые примазки зеленоватых глин. Микроскопически это кальциферово-фораминиферовые пакстоуны (табл. I, фиг. А) с крупными фораминиферами хорошей сохранности, единичными зернами глауконита и кварца алевритовой размерности, а также с фрагментами призматического слоя раковин иноцерармов. Кровля пачки (рис. 2б) размыта и пронизана норами ракообразных *Thalassinoides suevicus* (Reith) и *T. paradoxica* (Woodward) на глубину до 5–10 см. Вдоль поверхности размыва прослеживается маломощный (до 1 см) зеленоватый прослой карбонатных глин. Пачка образует крутые склоны куэст. Ее видимая мощность в разрезе Аксу-Дере более 0.6 м. Согласно (Найдин и др., 1981; Алексеев, 1989; Кораевич, Walaszczyk, 1990), возраст пачки – ранний коньяк.

Кудринская свита. Пачка XV. Слагает верхнюю часть крутых склонов и бронирующие поверхности куэст. Она разделена на четыре подпачки, нижняя из которых наблюдалась только в разрезе Аксу-Дере.

Подпачка XVa (рис. 2б). Слабоглинистые светло-серые известняки с многочисленными фрагментами призматического слоя раковин иноцерармов, стилолитами (высота зубьев до 0.5 см) и многочисленными субвертикальными норами *Thalassinoides suevicus* (Reith) сантиметровой мощности. В шлифах породы представлены кальциферово-фораминиферовыми вак-пакстоунами и микробрекчиями (табл. I, фиг. Б) с мелкими фораминиферами плохой сохранности, многочисленными зернами глауконита и кварца алевритовой размерности и многочисленными мелкими фрагментами призматического слоя раковин иноцерармов. В средней части пачки присутствует тонкий (0.5 см) глинисто-мергельный прослой, а кровля представлена поверхностью твердого дна. Пачка характеризуется плохо выраженной толстой плитчатостью (30–40 см), ее мощность 0.9–1 м.

Подпачка XVb (рис. 2б). Аналогична предыдущей подпачке, но отличается более тонкой (20–25 см) слоистостью известняков, обусловленной многочисленными поверхностями твердого дна с *Thalassinoides suevicus* (Reith). Микроскопически это фораминиферовые пакстоуны (табл. I, фиг. В) с многочисленными (до 5%) зернами глауконита и кварца крупноалевритовой размерности, фора-

миниферами плохой сохранности и фрагментами призматического слоя раковин иноцерармов и иглокожих. Мощность подпачки 2–2.1 м. Южнее мощность увеличивается, и в разрезе Кудрино-2 (рис. 2г) видимая мощность подпачки составляет 3.4 м.

Подпачка XVc (рис. 2а). Слабоглинистые светло-серые известняки (10–15 см), чередующиеся с зеленоватыми мергельно-глинистыми прослоями (0.5–1 см). В 0.5 м выше подошвы и ниже кровли присутствуют более мощные (3–5 см) глинистые прослои. Микроскопически породы близки к предыдущей подпачке, но количество зерен глауконита и кварца несколько меньше. В породах встречены ихнофоссилии *Thalassinoides suevicus* (Reith), *Planolites beverleyensis* (Bil.), *Taenidium crassum* Broml., Ekd., Richt. (табл. II, фиг. 13), *Palaeophycus* isp., *Zoophycos* isp. (в верхней части). Именно из данной подпачки в разрезе Аксу-Дере происходят находки табличек морских лилий *Marsupites*, в том числе *M. laevigatus* (Forbes) (табл. III, фиг. 4, 5) и *M. testudinarius* (Schlotheim) (табл. III, фиг. 6). В ее нижней части встречено ядро крупного аммонита *Parapuzosia* (P.) cf. *leptophylla* (Sharpe) (табл. III, фиг. 1) (Барабошкин, Фокин, 2019). Кровля размыта и обохрена. Мощность подпачки составляет 3.4–3.5 м.

В разрезе Кудрино-2 мощность подпачки возрастает до 7.3 м (рис. 2г). Она имеет грубую ритмичность, выраженную в рельефе склона чередованием более или менее сцементированных прослоев известняков с редкими стилолитами (толщина прослоев разной степени сцементированности составляет ~0.5 м в нижней части и ~0.2–0.3 м в верхней). В основании подпачки (нижние 0.8 м) содержатся сантиметровые прослои глин.

Подпачка XVd. Слабоглинистые светло-серые, розоватые алевритистые известняки. В шлифах это кальциферово-фораминиферовые вак-пакстоуны с мелкими фораминиферами плохой сохранности и мелкоперетертыми фрагментами призматического слоя раковин иноцерармов и иглокожих. В разрезе Аксу-Дере (табл. I, фиг. Д) в подошве подпачки наблюдается размыв; биокласты разрушены сильнее, а крупноалевритовые зерна глауконита (до 10%) и кварца более многочисленны, чем в разрезе Кудрино-2 (табл. I, фиг. Г); в обоих разрезах присутствуют зерна плагиоклазов. Более подробно о составе некарбонатной фракции см. раздел “Состав нерастворимого остатка”. В подпачке присутствуют ихнофоссилии *Thalassinoides suevicus* (Reith) и *Planolites* isp. Мощность подпачки в разрезе Аксу-Дере (рис. 2а) всего 5–7 см, а в разрезе Кудрино-2 возрастает до 8.3 м. Здесь подпачка образована слоями известковых мергелей (20–40 см) с *Thalassinoides*, разделенными тонкими (~0.5 см) прослоями известковых глин.

Пачка XVI слагает основания склонов следующего уровня куэст. Она разделена на четыре подпачки.

Подпачка XVIa. Глинистые светло-серые и зеленоватые неправильно-плитчатые алевритистые известняки или известковые мергели. Распределение глинистого вещества и цементации неравномерное. Микроскопически это фораминиферовые пакстоуны (табл. I, фиг. E) с фораминиферами хорошей сохранности, часть из которых окремнена, с небольшим количеством кальцифер, фрагментами призматического слоя раковин иноцеромов, иглокожих, а также с немногочисленными алевритовыми зернами глауконита и кварца. В подпачке присутствуют ихнофоссилии *Thalassinoides suevicus* (Reith) (табл. II, фиг. 11), *Palaeophycus* isp., *Planolites* isp., *Chondrites* isp., а в 10–12 см ниже границы с вышележащей подпачкой встречен *Teichichnus rectus* Seilacher (табл. II, фиг. 11). В разрезе Аксу-Дере (рис. 2а) подпачка имеет мощность 0.5 м. В разрезе Кудрино-2 ее мощность возрастает до 4 м, она представлена чередованием более и менее глинистых мергелей примерно равной мощности (~20 см) с редкими *Thalassinoides*.

Подпачка XVIb. Светло-серые и зеленоватые глинистые мергели. В разрезе Аксу-Дере (рис. 2а) в подошве подпачки присутствует 5-сантиметровый прослой известковых глин, напоминающий перерыв типа “глинистых прослоев” (Барабошкин и др., 2002), а нижние 60 см разреза литологически близки предыдущей подпачке. Вышележащая часть разреза более глинистая, плохо обнажена. В шлифах это фораминиферовые пак-вакстоуны с редкими фрагментами призматического слоя раковин иноцеромов, единичными алевритовыми зернами кварца и глауконита. В подпачке распространены ихнофоссилии *Chondrites targionii* (Brongn.), *Ch. intricatus* (Brongn.) (табл. II, фиг. 4), *Ch. patulus* Fisch.-Oost. (табл. II, фиг. 5), *Palaeophycus tubularis* Hall (табл. II, фиг. 8, 9), *Planolites* isp., *Palaeophycus* isp., *Zoophycos* isp., а в 0.3 м и в 1.2 м выше подошвы встречены белемниты *Actinocamax* cf. *verus* Miller (табл. III, фиг. 2) и *A. verus* Miller (табл. III, фиг. 3) соответственно (Барабошкин, Фокин, 2019). Мощность подпачки в разрезе Аксу-Дере 4.5 м.

В разрезе Кудрино-2 подпачка представлена чередованием более и менее глинистых разностей

биотурбированных мергелей (слои примерно по 20 см), в основании присутствует 70-сантиметровый более известковый прослой, содержащий лимонитизированные ходы *Pilichnus* isp. Выше в разрезе распространены ихнофоссилии *Planolites* isp., *Chondrites* isp., *Zoophycos* isp. и редкие *Thalassinoides* isp. Микроскопически породы аналогичны таковым разреза Аксу-Дере. Мощность подпачки в разрезе Кудрино-2 составляет 5.4–5.5 м.

Подпачка XVIc. Светло-серые и зеленоватые мергели, неравномерно (в среднем мощность прослоев ~15 см) чередующиеся с более глинистыми мергелями и известковыми глинами; присутствуют лимонитизированные пиритовые конкреции. Микроскопически это фораминиферовые вакстоуны, близкие к предыдущей подпачке, но с большим количеством микрита и без фрагментов призматического слоя раковин иноцеромов. Единичные мелкоалевритовые зерна кварца и глауконита по-прежнему встречаются. В пачке присутствуют *Planolites* isp., *Palaeophycus* isp., *Chondrites targionii* (Brongn.) (табл. II, фиг. 3), *Ch. intricatus* (Brongn.), *Ch. isp.*, *Zoophycos* isp., редкие *Thalassinoides* isp. и комплексные ихнофоссилии *Thalassinoides-Chondrites*. Мощность подпачки в разрезе Аксу-Дере 4.4 м, а в разрезе Кудрино-2 – 6.7 м.

Подпачка XVId. Светло-серые и зеленоватые глинистые мергели (по 10–60 см), чередующиеся с более глинистыми разностями и известковыми глинами (по 10–15 см). Мощности прослоев немного возрастают вверх по разрезу. Микроскопически это фораминиферовые вакстоуны (табл. I, фиг. Ж) с мелкими, иногда окремненными фораминиферами различной сохранности, рассеянными спикулами и редкими мелкоалевритовыми зернами кварца и глауконита. В подпачке встречаются редкие остатки губок, ихнофоссилии *Planolites* isp., *Chondrites* isp., *Zoophycos* isp., редкие *Thalassinoides* isp. Несколько выше, в низах разреза Кудрино-1, который через перерыв неустановленной (предположительно, не более 10–20 м) мощности надстраивает разрез Кудрино-2, встречены *Zoophycos villae* Massalongo (табл. II, фиг. 1), *Chondrites caespitosus* (Fisch.-Oost.) (табл. II, фиг. 2, 6), *Palaeophycus tubularis* Hall (табл. II, фиг. 7), *Palaeophycus heberti* (de Saporta) (табл. II, фиг. 14). Мощность подпачки в разрезе Аксу-Дере 6.3 м, а

Таблица I. Петрографическая характеристика разреза. Шлифы на фиг. А–В, Д–З из разреза Аксу-Дере, на фиг. Г – из разреза Кудрино-2 (местоположение показано на рис. 1 и 3). Фотографии сделаны в неполяризованном свете на микроскопе Zeiss Axio Lab A1pol камерой AxioCam ICc5. А – обр. Кр18-3/0, кальциферово-фораминиферовый пакстоун, пачка XI; Б – обр. Кр18-3/3, кальциферово-фораминиферовый пакстоун с фрагментами призматического слоя раковин иноцеромов, подпачка XVa; В – обр. Кр18-3/6, кальциферово-фораминиферовый пакстоун, подпачка XVb; Г – обр. 3184/1, кальциферово-фораминиферовый вак-пакстоун, подпачка XVb; Д – обр. Кр18-3/10, фораминиферово-кальциферовый вак-пакстоун, подпачка XVd; Е – обр. Кр18-3/11, фораминиферовый пакстоун, подошва подпачки XVIa; Ж – обр. Кр18-3/17, фораминиферовый пакстоун, подпачка XVId; З – обр. Кр18-3/19, фораминиферовый пакстоун, пачка XVII. Сокращения: e – фрагменты игл ежей; gl – глауконит; q – кварц; pl – плагиоклаз; p – призматический слой ~~двустворки~~; s – спикулы губок; si – окремнение фораминифер.

Таблица I

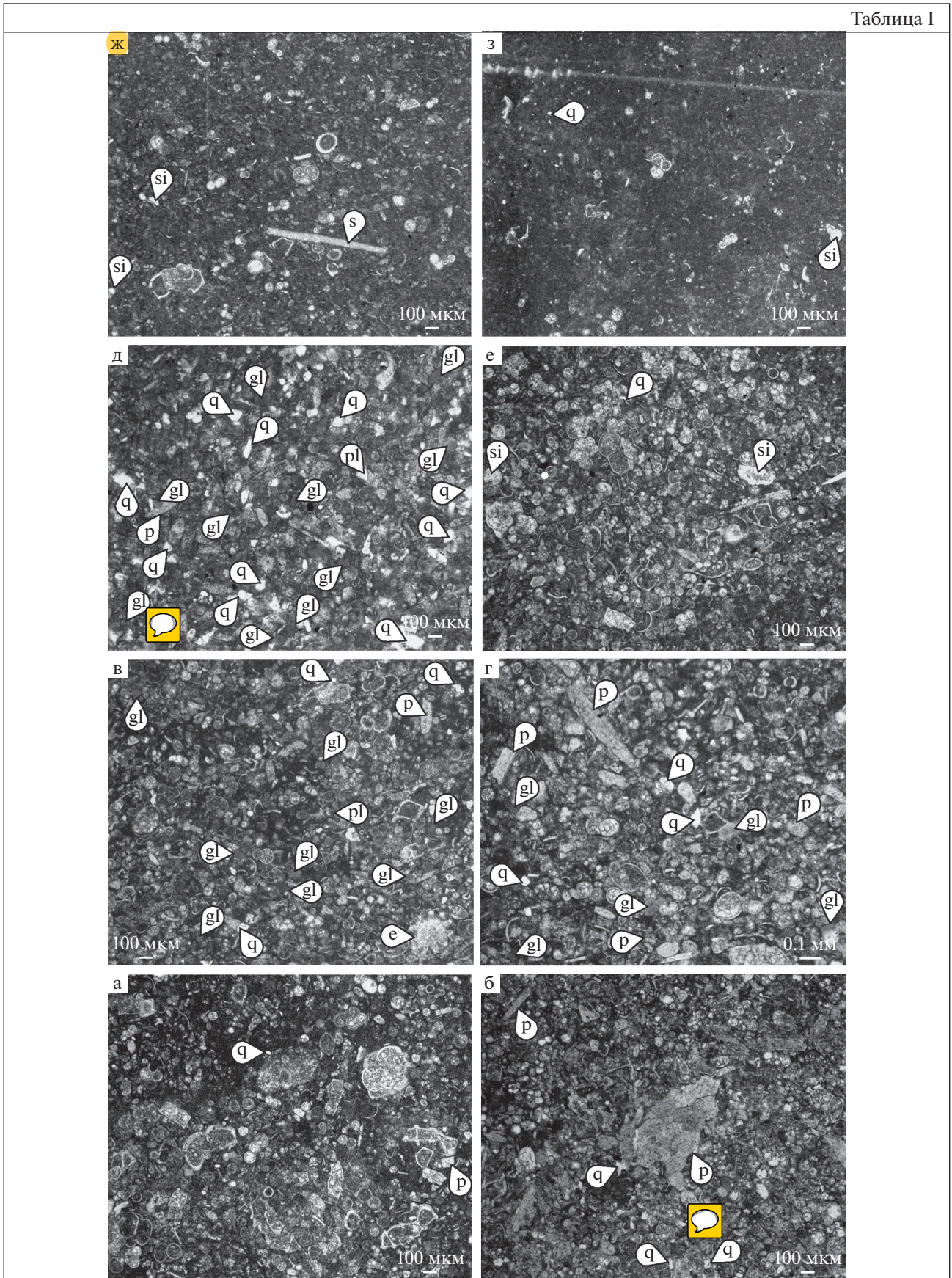


Таблица II

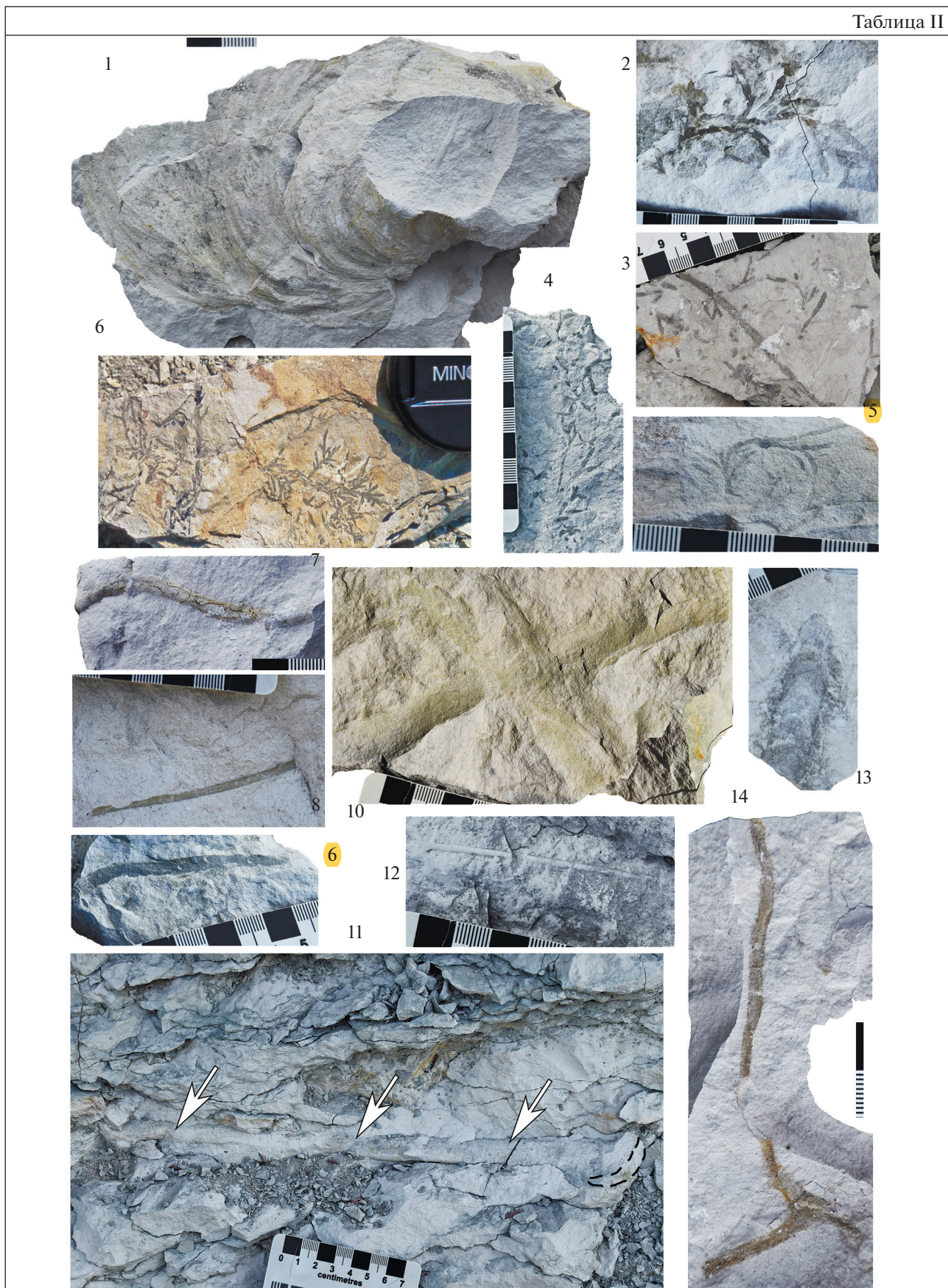


Таблица II. Ихнофоссилии из сантон-кампанских отложений Юго-Западного Крыма. Фиг. 1, 2, 6, 7, 14 происходят из ~5-метрового интервала нижнего кампана в карьере на северо-западной окраине с. Кудрино (разрез Кудрино-1), вскрывающего слой киловых глин и непосредственно надстраивающего разрез Кудрино-2; фиг. 3, 10 – из разреза Кудрино-2; фиг. 4, 5, 8, 9, 11–13 – из разреза Аксу-Дере. Все образцы хранятся в Музее Землеведения МГУ, коллекция № 140. 1 – *Zoophycos villae* Massalongo, обр. МЗ МГУ 140/1; 2 – *Chondrites caespitosus* (Fisch.-Oost.), обр. МЗ МГУ 140/2; 3 – *Ch. targionii* (Brongn.), обр. МЗ МГУ 140/3, подпачка XVIc; 4 – *Ch. intricatus* (Brongn.), обр. МЗ МГУ 140/4, подпачка XVIb; 5 – *Ch. patulus* Fisch.-Oost., обр. МЗ МГУ 140/5, подпачка XVIb; 6 – *Ch. caespitosus* (Fisch.-Oost.); 7–9 – *Palaeophycus tubularis* Hall: 7 – обр. МЗ МГУ 140/6, 8 – обр. МЗ МГУ 140/7, подпачка XVIb, 9 – обр. МЗ МГУ 140/8, подпачка XVIb; 10 – *Thalassinoides suevicus* (Reith), обр. МЗ МГУ 140/9, подпачка XVc; 11 – *Teichichnus rectus* Seilacher, обр. МЗ МГУ 140/10, подпачка XVIa; 12 – *Planolites beverleyensis* (Bil.), обр. МЗ МГУ 140/11, подпачка XVIb; 13 – *Taenidium crassum* Broml., Ekd., Richt., обр. МЗ МГУ 140/12, подпачка XVc; 14 – *Palaeophycus heberti* (de Saporta), обр. МЗ МГУ 140/1.

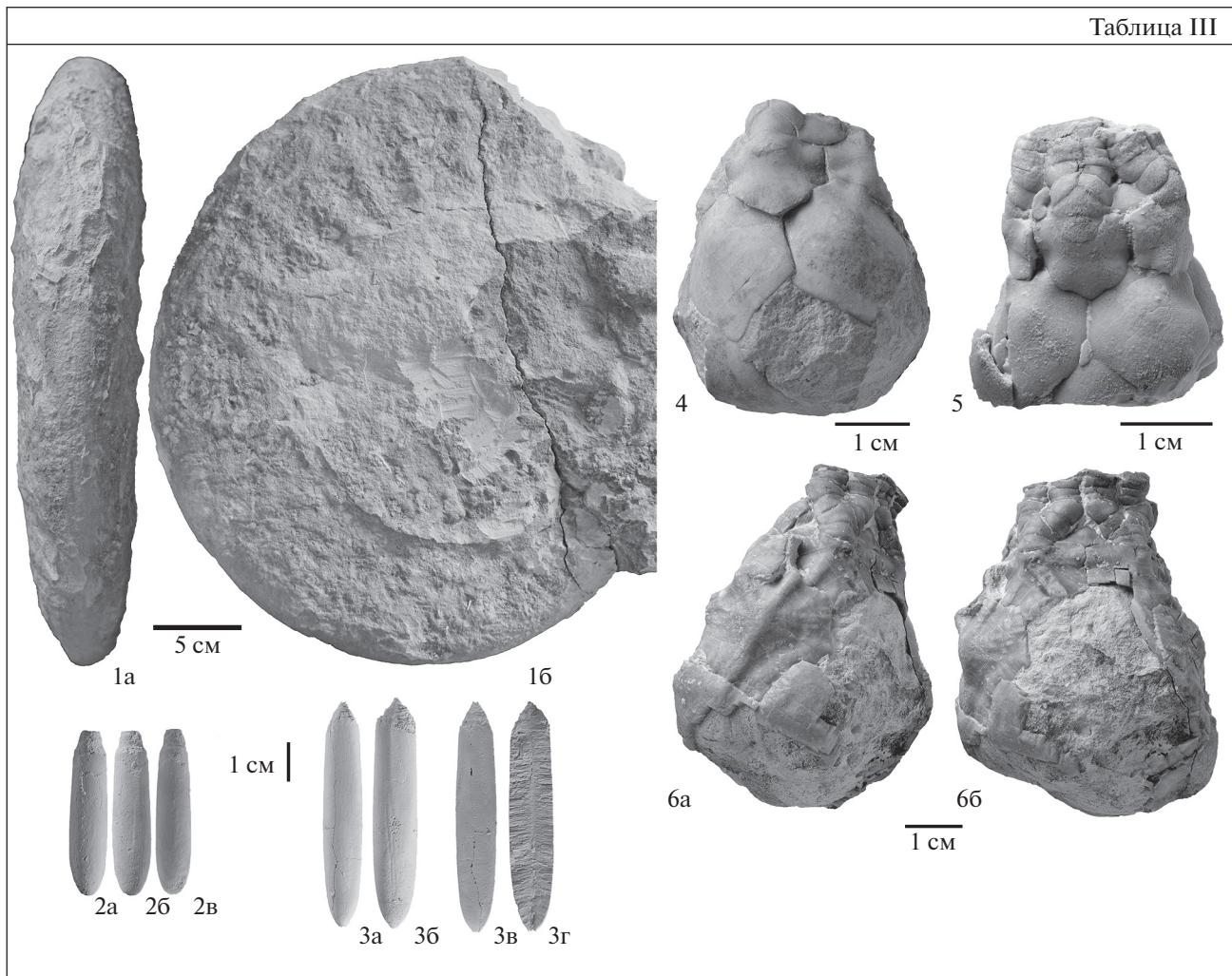


Таблица III. Находки макрофауны из разреза Аксу-Дере. Сборы П.А. Фокина, 2012 г. (фиг. 1) и 2018 г. (фиг. 2), Е.Ю. Барабошкина, 2019 г. (фиг. 3), М.Е. Сауткиной, 2011 г. (фиг. 5), Т. Сумарокова, 2012 г. (фиг. 6). Обр. 2 и 3 покрыты хлоридом аммония. Образцы, в название которых входит аббревиатура “МЗ МГУ”, хранятся в Музее Землеведения МГУ, коллекция № 136. 1 – *Palaeophycus* (P.) cf. *leptophylla* (Sharpe), экз. МЗ МГУ 136/1: а – с вентральной стороны, б – сбоку, верхний сантон, подпачка XVc; 2 – *Actinoscapha* cf. *verus* Miller, экз. МЗ МГУ 136/2: а – с брюшной стороны, б – со спинной стороны, в – сбоку, нижний кампан, подпачка XVIb; 3 – *A. verus* Miller, экз. МЗ МГУ 136/3: а – продольный раскол в спинно-брюшном направлении, б – со спинной стороны, в – сбоку, г – с брюшной стороны, нижний кампан, осыпь в 1.5 м выше подошвы подпачки XVIb; 4 – *Marsupites laevigatus* (Forbes), крона, верхний сантон, из дорожной выемки на уровне подпачки XVc; 5 – *M. laevigatus* (Forbes), крона, верхний сантон, осыпь на уровне подпачки XVc; 6а, 6б – *M. testudinarius* (Schlotheim), крона, верхний сантон, осыпь на уровне подпачки XVc.

в разрезе Кудрино-2 ее видимая мощность более 7.5 м.

Пачка XVII. Слагает склоны куэст и изучалась только в разрезе Аксу-Дере, где она очень плохо экспонирована. Пачка сложена переслаиванием более и менее глинистых мергелей и известковых глин, но характер чередования неясен. Микроскопически это фораминиферовые вак- и мадстоуны (табл. I, фиг. 3) с рассеянными мелкими “глобигеринами”, иногда окремненными, единичными мелкоалевритовыми зернами кварца. Глауконит в шлифах не встречен. Присутствуют структуры *Zoophycos ispr*. Видимая мощность пачки более 8 м.

УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Петрографическая характеристика

Микроскопическое строение пород позволяет наметить в изученном интервале разреза три этапа в осадконакоплении.

Согласно модели Э. Флюгеля (Flügel, 2010), коньякские породы пачки XI (табл. I, фиг. А) отвечают стандартной микрофации 3: “пелагический мад-, вак-, пакстоун с планктонными микрофоссилиями”, они характеризуют бассейновые фации или глубокий шельф. Единичные зерна кварца имеют мелкоалевритовый размер (0.02–0.06 мм) и, предположительно, являются следствием эолового разноса; наблюдаются редкие зерна глауконита аналогичной размерности. Планктонные фораминиферы многочисленны, разнообразны, имеют хорошую сохранность; встречаются многочисленные кальцисферы, единичные сферические радиолитрии, фрагменты призматического слоя раковин иноцерармов. Состав известняков пачки XI свидетельствует об их формировании в условиях открытого глубокого шельфа и спокойной воды.

Известняки и глинистые известняки пачки XV резко отличаются от подстилающих пород пачки XI. Микроскопически это кальцисферово-фораминиферовые вак-, пакстоуны и микробрекчии (табл. I, фиг. Б–Д) с остатками разнообразных фораминифер, как правило, плохой сохранности, многочисленным измельченным призматическим слоем раковин иноцерармов, фрагментами иглокожих, сравнительно большим содержанием (первые проценты) терригенной примеси и глауконита, максимум которого приходится на подпачку XVd. Все биокласты в разной степени разрушены. Данный микрофациальный тип тоже отвечает стандартной микрофации 3 (см. выше) и, частично, микрофации 4: “Микробрекчия, био-/литокластовый пакстоун или рудстоун” (Flügel, 2010), которая интерпретируется как осыпи подножья склона, дебриты и бассейновые фации. Трактовка “осыпей и дебритов” необычна для традиционных представлений о седиментологии данных отложений,

но полностью не исключена, о чем свидетельствуют существенные колебания мощности пачки XV при сопоставлении разрезов Аксу-Дере и Кудрино-2. И все же более вероятным представляется резкое обмеление бассейна (Алексеев, 1989), которое вызывало снижение темпов осадконакопления, формирование перерывов твердого дна и поверхности размыва, наблюдаемых в разрезе Аксу-Дере. Таким образом, это был открыто-морской бассейн шельфового типа, но более мелководный, чем коньякский.

Породы верхней части разреза (пачки XVI–XVII) отвечают той же стандартной микрофации 3 (Flügel, 2010), но в них наблюдается отчетливый тренд: фораминиферовые пакстоуны нижней части разреза сменяются вверх сперва глинистыми вакстоунами, а затем мадстоунами. При этом сравнительно богатые в нижней части комплексы фораминифер сменяются обедненными комплексами с доминированием глобигериноподобных форм; сами раковины уменьшаются в размерах, а часть из них замещается кремнеземом. Кроме того, вверх по разрезу исчезают биокласты призматического слоя раковин иноцерармов, уменьшается количество и размеры зерен глауконита (а сверху они и вовсе исчезают); появляются спиккулы губок. Единичные мелкоалевритовые зерна кварца встречаются во всем разрезе, что, видимо, связано с эоловыми процессами. Названные признаки однозначно указывают на углубление бассейна и развитие условий глубокого шельфа с глинисто-карбонатным осадконакоплением.

Состав нерастворимого остатка

Нерастворимый остаток из пограничного интервала сантона–кампана (от верхов подпачки XVc до низов подпачки XVIb) был детально изучен в разрезе Аксу-Дере. Для этого в интервале мощностью 1.4 м были дополнительно взяты образцы с 18 уровней, с шагом 10 см, а вблизи поверхностей перерывов в подошвах подпачек XVd и XVIb – через несколько сантиметров (рис. 3).

Навески образцов, высушенных и очищенных от загрязнений, растворяли в 10%-ной уксусной кислоте; остаток разделяли отмучиванием на пелитовую и зернистую составляющие (т.е. на зерна обломочного и аутигенного происхождения песчано-алевритовой размерности). После взвешивания с точностью до 0.01 г обе составляющие исследовали рентгенофазовым анализом в лаборатории литологии и фациального анализа МГУ. Состав зернистой составляющей изучали методом валового минерального анализа, глинистой фракции (<0.002 мм) – методом “текстурированного препарата”, съемкой в три стадии: воздушно-сухого образца, насыщенного этиленгликолем и прокаленного. Съемку производили на рентгеновском дифрактометре Дрон-3м с рентгеновской трубкой

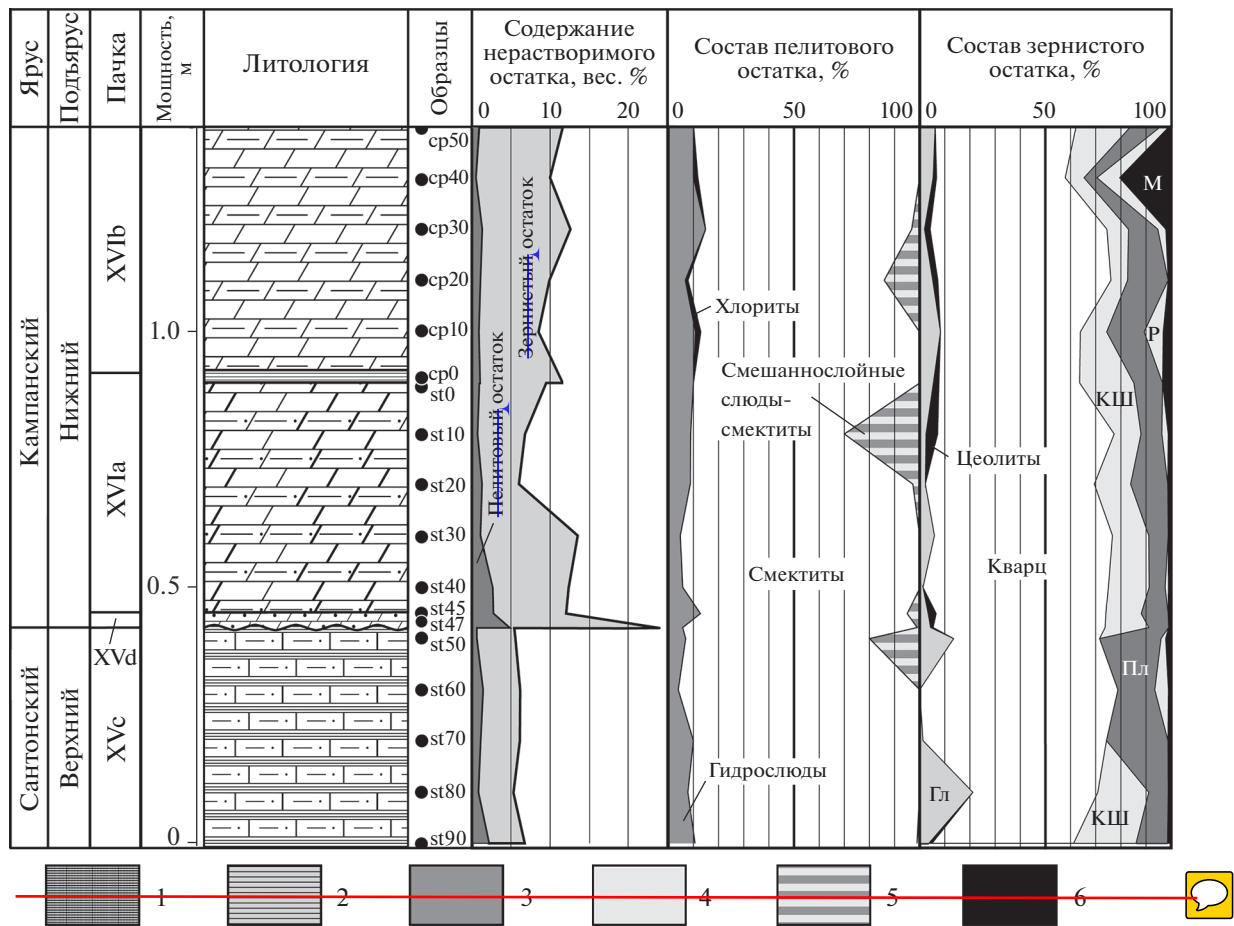


Рис. 3. Состав некарбонатного остатка пограничных сантон-кампанских отложений разреза Аксу-Дере. Сокращения: Гл – глауконит; КШ – калишпаты; М – марказит; Пл – плагиоклазы; Р – роговая обманка. Остальные условные обозначения см. рис. 1.

с Со-антикатодом, рабочий ток 20 мА, рабочее напряжение 30 кВ. Результаты представлены на рис. 3.

Установленная однородность состава некарбонатной компоненты изученных пород свидетельствует о близости условий осадконакопления в бассейнах позднего сантона и раннего кампана. Повышенные содержания терригенной обломочной и пелитовой составляющих (до 4.75 и 18.75% соответственно) на границе подпачек XVc и XVd маркируют перерыв в осадконакоплении. Выше по разрезу количество аллотигенных компонентов быстро снижается. Медленный рост содержания глинистого вещества в подпачке XVIa может быть связан с отставанием карбоната накопления в бассейне при быстром развитии трансгрессии. Углубление бассейна сопровождалось некоторым ухудшением газового режима придонных и иловых вод, отражением которого можно считать возрастание количества марказита в некарбонатной составляющей пород и частоту встречаемости Chondrites в подпачке XVIa.

В составе нерастворимого остатка примечательно периодическое появление зерен роговой

обманки, для которой наиболее вероятно пирокластическое происхождение. Возрастание ее количества и частоты встречаемости в нижнекампанских отложениях, как и продуктов разложения пеплового материала основного–среднего состава – цеолита и хлорита, можно интерпретировать как признак активизации вулканизма в кампанском веке. Источниками тонкого пирокластического материала могли быть Восточно-Понтийский и Центрально-Анатолийский островодужные пояса, для которых именно в кампане устанавливается пик активности (Okay, Nikishin, 2015). Часть плагиоклазов, вероятно, также имеет вулканическое происхождение, поэтому повышение доли плагиоклазов в кровле сантона при одновременном исчезновении калишпатов и появлении роговой обманки, скорее всего, указывает на усиление привноса в бассейн пеплового материала.

В остальном состав песчано-алевритовой фракции терригенного материала с высоким содержанием кварца и повышенным количеством калишпатов и плагиоклазов схож с продуктами

платформенного происхождения, источник которых неясен.

Ихнологическая характеристика

Изученный разрез неравномерно охарактеризован ихнофоссилиями. Несмотря на то, что все породы имеют высокий биотурбационный индекс ($B_i = 5$), сохранность самих ихнофоссилий обычно плохая. Поэтому для более полной характеристики ихнокомплексов мы дополнительно использовали находки из разреза Кудрино-1, сделанные в небольшом карьере на северо-западной окраине с. Кудрино, вскрывающем слой “киловых глин”, примерно соответствующий верхней части подпачки XVI—пачке XVII (Гужиков и др., 2020). Некоторые сведения об ихнокомплексах из изученных разрезов приведены в (Барабошкин, 2020).

В разрезе выделяются два различных ихнокомплекса. Нижний ихнокомплекс отвечает пачкам XI и XV. В нем доминируют норы-жилища ракообразных *Thalassinoides suevicus* (Reith) и более редких *T. paradoxica* (Woodward). Эти норы характерны для ихнофаций *Cruziana*, *Skolithos*, *Glossifungites* (Knaust, 2017). Они встречаются и в более глубоководных ихнофациях, но значительно реже. Во многих крымских разрезах с подобными норам ассоциируется развитие поверхностей твердого дна, связанных с приостановкой осадконакопления. Только в самой верхней части подпачки XVc появляются следы жизнедеятельности, характерные для более глубоководных обстановок: *Planolites beverleyensis* (Bil.), *Taenidium crassum* Broml., Ekd., Richt. (табл. II, фиг. 13), *Palaeophycus* isp., *Zoophycos* isp.

Верхний ихнокомплекс распространен в пачках XVI—XVII. В нем широко представлены структуры поедания осадка: *Palaeophycus tubularis* Hall (табл. II, фиг. 7), *P. heberti* (de Saporta) (табл. II, фиг. 14), *P. isp.*, *Planolites* isp., *Teichichnus rectus* Seilacher, *Palaeophycus tubularis* Hall (табл. II, фиг. 8, 9), *Zoophycos villae* Massalongo (табл. II, фиг. 1), *Z. isp.* — и структуры фермерства: *Chondrites caespitosus* (Fisch.-Oost.) (табл. II, фиг. 2, 6), *Chondrites targionii* (Brongn.), *Ch. intricatus* (Brongn.) (табл. II, фиг. 4), *Ch. patulus* Fisch.-Oost. (табл. II, фиг. 5), *C. isp.*, *Pilichnus* isp., хотя редкие норы *Thalassinoides suevicus* по-прежнему встречаются. Наиболее многочисленны здесь представители ихнорода *Chondrites*. Это связано не только с тем, что их создатели (червеподобные организмы) могли обитать в условиях дизоксии, но и, главным образом, с тем, что они занимали самый нижний ярус биотурбаторов. Это значит, что по мере осадконакопления их норы перемещались выше и перерабатывали норы всех ранее здесь существовавших биотурбаторов. Данный ихнокомплекс характерен для более глубоководной дистальной ихнофации *Cruziana*

и ихнофации *Zoophycos* и указывает на углубление бассейна и смену характера субстрата.

Суммируя результаты анализа распространения ихнофоссилий по разрезу, пачки XI—XV можно отнести к ихнофации *Cruziana*, а пачки XVI—XVII — к более глубоководной ихнофации *Zoophycos*. Это согласуется и с другими данными — снижением снизу вверх количества алевритовой терригенной примеси и раковинного детрита, уменьшением размеров и обеднением комплексов фораминифер, появлением спикул губок и окремнения и т.д., отражающими тренд углубления бассейна и увеличение скорости осадконакопления в первой половине кампанского века.

Таким образом, полученные данные подтверждают существующие представления (Алексеев, 1989) об условиях осадконакопления в сантонское—кампанское время, несколько детализируя их при этом. В конце коньякского века и в сантонском веке на территории современного Юго-Западного Крыма существовал достаточно глубоководный нормально-морской бассейн шельфового типа. В позднем сантоне он испытал некоторое обмеление, что привело к снижению темпов седиментации, появлению синседиментационных перерывов, включая перерывы твердого дна, увеличению концентрации терригенного материала и аутигенного глауконита. С начала кампана бассейн испытывал быстрое углубление, повышение скорости седиментации и приближался к условиям глубокого шельфа. При этом на фоне глинисто-карбонатного осадконакопления в бассейн с юга поступал пелловый материал. Необходимо отметить, что если в коньякское—сантонское время рельеф бассейна был относительно расчлененным, что приводило к быстрому изменению мощности и полноты разрезов, то в кампане произошла его нивелировка. Вероятно, это связано со снижением тектонической активности региона и образованием Черноморского бассейна.

БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Головоногие моллюски

Макрофоссилии в сантон-кампанском пограничном интервале достаточно редки, а находки головоногих моллюсков (важнейшей ортостратиграфической группы беспозвоночных позднего мезозоя) единичны. Из района исследований указываются аммониты *Pachydiscus* sp. (Йолкичев, Найдин, 1999), а в бассейне р. Бельбек найдены *Nowakites* (?) *savini* (de Grossouvre) и *Eurachydiscus* cf. *sayni* (de Grossouvre) (Кликушин, 1985). Эти аммониты не изображены, и поэтому подтвердить корректность их определений невозможно. Находка аммонита *Eurachydiscus* sp. (Фокин и др., 2018) из подпачки XVc разреза Аксу-Дере пере-

определена нами как *Parapuzosia* (*Parapuzosia*) cf. *leptophylla* (Sharpe) (Барабошкин, Фокин, 2019; см. табл. III, фиг. 1), что подтверждает сантонский возраст подпачки.

Из пачки XVI в основании кампана отмечены белемниты *Actinosamax quasiverus* Naidin и *Goniot euthis* sp. (Алексеев, 1989; Алексеев и др., 2005, с. 86). Фотография ростра коньякского–раннекампанского представителя *Goniot euthis* sp. indet. приведена в (Йолкичев, Найдин, 1999, рис. 5, фиг. 7, 8). Рисунок *Actinosamax verus verus* Miller из Бахчисарайского района Горного Крыма помещен без уточнения местонахождения в (Найдин, 1964, рис. 5, фиг. 9), а фотографии ростров *Actinosamax verus* – в (Найдин, 1959, табл. XIX, фиг. 11, 12). Однако в более поздней работе (Йолкичев, Найдин, 1999) нет даже упоминания присутствия этого вида в нижнем кампана, а изображенные в статье белемниты из нижнекампанских отложений (Йолкичев, Найдин, 1999, рис. 5, фиг. 9, 10) отнесены к *Actinosamax quasiverus* Naidin, 1953, впервые описанному по одному ростру (Найдин, 1953).

Е.Ю. Барабошкин и П.А. Фокин (П.А.) (2019) изобразили и описали находки белемнитов *Actinosamax* cf. *verus* Miller, извлеченного из обнажения в 30 см выше подошвы пачки XVIb (табл. III, фиг. 2), и *A. verus* Miller (табл. III, фиг. 3), происходящего из осыпи на уровне пачки XVI разреза Аксу-Дере. Вид *A. verus* широко распространен в сантоне–нижнем кампана Западной Европы, туроне (?)–нижнем кампана Русской плиты и Крыма; указывается из сантонских отложений восточного склона Северного Урала (Барабошкин, Фокин, 2019). Данные находки не могут уточнить положение границы сантона и кампана, но позволяют подтвердить присутствие этого вида в Крыму и ставят вопрос о соотношении видов *A. verus* и *A. quasiverus*. Кроме того, распространение вида *Actinosamax verus* в разрезах Северной Европы и в более высоких широтах (Барабошкин, Фокин, 2019) позволяет говорить о проникновении в крымский бассейн относительно прохладных вод из северо-европейского бассейна на рубеже сантонского и кампанского веков. Возможно, это явилось одним из факторов развития многочисленных перерывов в осадконакоплении в пограничном интервале сантона и кампана в разрезе Аксу-Дере.

Таким образом, находки головоногих моллюсков из изученных разрезов подтверждают сантонский возраст подпачки XVc, но не позволяют уточнить положение сантон-кампанской границы.

Иглокожие

Для характеристики пограничных отложений сантона и кампана остатки иглокожих, в особенности бесстебельчатые морские лилии отряда

Uintacrinida (рода *Marsupites* и *Uintacrinus*), также имеют важнейшее стратиграфическое значение. Эти два рода получили широкое распространение практически по всему миру. Широкое географическое и узкое стратиграфическое распространение, четкие морфологические признаки, а также легкость в определении этих родов сделали возможным их использование в глобальной хроностратиграфии. Появление вида-индекса *Uintacrinus socialis* предлагается в качестве маркера нижней границы верхнего сантона. Уровень исчезновения (LO) вида-индекса *Marsupites testudinarius* рекомендован в качестве основного критерия для сантон-кампанской границы (Schulz et al., 1984; Hancock et al., 1996; Hampton et al., 2007; Gale et al., 2008; Ogg, Hinnov, 2012 и др.).

Палеобиогеографическое распространение *Marsupites* и *Uintacrinus* охватывает бореальные палеошироты в Северном полушарии (между 20° и 50° с.ш.) и австралийские палеошироты в Южном полушарии (между 25° и 50° ю.ш.) (Gale et al., 2008; Mitchell, 2009). Вид *Uintacrinus socialis* во всех разрезах встречается в основании слоев с *Uintacrinus* и *Marsupites*, а в их верхней части присутствует только *Marsupites*. Второй вид рода *Uintacrinus* – *U. anglicus* Rasmussen, 1961 – изначально установлен в кровле марсупитовых слоев в разрезах Южной Англии. Позже такая же последовательность смены зон морских лилий (*Marsupites testudinarius*–*Uintacrinus anglicus*) была отмечена и в других регионах: Йоркшире, Мангышлаке, Техасе и Западной Австралии (Mitchell, 1994; Hancock et al., 1996).

Видовой состав рода *Marsupites* является предметом дискуссии. Согласно одной версии, он ограничен только типовым видом – *M. testudinarius*. Остальные виды при этом представляют собой его морфологические вариации. На это может указывать совместная встречаемость разных морфотипов в одном слое. Тем не менее В.Г. Кликушиным (1985) на основании изучения разрезов Юго-Западного Крыма была показана хронологическая преемственность и самостоятельность на подвидовом уровне ряда форм. Так, в нижней части марсупитовых слоев встречаются экземпляры с крупными табличками со вздутием в центральной части (*M. testudinarius laevigatus* (Forbes, 1850)); в средней части слоев присутствуют формы с крупными табличками с ярко выраженной скульптурой в виде радиальных рядов бугорков (*M. testudinarius testudinarius* (Schlotheim, 1820)); в самых верхах отмечены экземпляры с небольшими табличками с центральным возвышением и радиальными приостренными складками (*M. testudinarius ornatus* (Miller, 1821)). Схожая последовательность смены морфотипов скульптуры марсупитов была отмечена в разрезах Англии, Германии и Мангышлака. Данные по разрезу Уоксахачи Дэм Спиллвэй в Северном Техасе (Gale et al., 2008) показали нали-

чие двух морфологических и стратиграфических популяций *Marsupites*: *M. laevigatus* и *M. testudinarius*. Кроме того, в верхней части зоны *M. testudinarius* обнаружены отдельные таблички нового морфотипа — *M. testudinarius forma granulatus*. Таким образом, в настоящее время для сантон-кампанского интервала можно отметить четыре сменяющие друг друга зоны по морским лилиям: *Uintacrinus socialis*—*Marsupites laevigatus*—*Marsupites testudinarius*—*Uintacrinus anglicus*. Однако в ряде разрезов Крыма, Мангышлака, Туркмении, Англии, Германии и Западной Австралии зоны *U. socialis* и *M. laevigatus* могут иметь незначительное перекрытие.

В разрезе Аксу-Дере в долине р. Бодрак находки *Marsupites* отмечены в самых верхах сантона в пачке XVc (слабоглинистые фораминиферовые пакстоуны) кудринской свиты. Пачка имеет мощность порядка 4 м, что меньше, чем в аналогичных разрезах долины р. Бельбек, где мощность слоя с *Uintacrinus* и *Marsupites* колеблется в пределах 10–25 м (Кликушин, 1981). Экземпляры происходят из нескольких уровней. В нашем распоряжении имеются две чашечки, а также отдельные таблички из разреза Аксу-Дере (сборы студентов геологического факультета МГУ и Г.В. Миранцева). Встречаются как относительно гладкие формы со слабо выраженной скульптурой *M. laevigatus* (табл. III, фиг. 4–5), так и скульптурированные формы *M. testudinarius* (табл. III, фиг. 6), характерные для терминальной части верхнего сантона. Причем среди *M. testudinarius* встречаются несколько морфотипов с разной скульптурой на табличках. Еще одна чашечка *Marsupites testudinarius testudinarius* из средней части марсупитовых слоев разреза Аксу-Дере (сборы Д.П. Найдина, 1956) была ранее изображена в работе В.Г. Кликушина (1985).

Чашечки и отдельные таблички морских лилий *Marsupites* и *Uintacrinus* из Крыма ранее уже были многократно упомянуты и изображены в литературе, главным образом В.Г. Кликушиным (1980, 1981, 1985), при детальном описании пограничных отложений сантона—кампана разрезов юго-восточной части долины р. Бельбек. Приводя палеофаунистическую характеристику марсупитовых слоев этих разрезов В.Г. Кликушин (1981) реконструирует их как губково-иноцерамовый палеоценоз и указывает на редкость фауны.

Исходя из имеющихся в настоящее время находок, в разрезе Аксу-Дере обоснованы две криноидные зоны: *Marsupites laevigatus*—*Marsupites testudinarius*. Последний вид имеет наибольшее значение, поскольку уровень его исчезновения рекомендован в качестве основного критерия для определения подошвы кампанского яруса. С этой точки зрения граница сантона и кампана проходит между пачками XVc и XVd, поскольку уровень исчезновения *M. testudinarius* отмечен в верхней

части пачки XVc. Виды *U. socialis* и *U. anglicus*, характеризующие низы верхнего сантона и нижний кампан соответственно, пока не обнаружены в изученных разрезах. Возможно, это связано с более редким распространением рода *Uintacrinus* и его, как правило, фрагментарной сохранностью в виде изолированных табличек.

Палинология

Химическая обработка палинологических проб проведена по методике, принятой в лаборатории палеофлористики ГИН РАН (Александрова и др., 2012). Были изучены 9 проб из разреза Кудрино-2 (т.н. 3184) и 27 проб из разреза Аксу-Дере (т.н. 3168) (рис. 4, 5). Из них в 20 пробах содержались палиноморфы удовлетворительной и плохой сохранности. Выявленные палиноспектры представлены многочисленными диноцистами, на некоторых уровнях совместно со спорами и пылью растений, прازیнофитами, таксонами неясной систематической принадлежности.

Сравнение установленных комплексов диноцист проводилось с зональными комплексами, выделенными в разрезах верхнего мела Англии (Prince et al., 1999, 2008; Pearce, 2010; Pearce et al., 2020). Комплексы диноцист Западной Сибири (Lebedeva, 2006), Гренландии (Nøhr-Nansen, 1996; Nøhr-Nansen et al., 2019), Норвежского и Баренцева морей (Radmacher et al., 2014, 2015), Бельгии (Slimani, 2001) либо существенно отличаются по систематическому составу, либо установлены в разрезах, в которых имеются перерывы на границе сантона и кампана. Поэтому их прямое сопоставление с данными по Юго-Западному Крыму невозможно.

Изменения в составе ассоциаций диноцист позволили выделить один диноцистовый комплекс в разрезе Кудрино-2 (ДК) и три — в разрезе Аксу-Дере (ДАД). Комплексы установлены по присутствию/первой встречаемости стратиграфически важных таксонов и/или по определенным количественным характеристикам комплексов палиноморф. Стратиграфическое распределение палиноморф дано на рис. 4, 5. Изображения характерных видов помещены в фототаблицах IV, V, VI. Для интерпретации возможных палеообстановок цисты динофлагеллат были объединены в 11 групп: (1) *Canningia*, *Senoniasphaera*; (2) *Chatangiella*, *Isabelidium*; (3) *Surculosphaeridium*; (4) *Spiniferites*; (5) *Dinogymnium*; (6) *Acanthaulax wilsonii*; (7) *Palaeohystrichophora infusorioides*; (8) *Odontochitina*; (9) *Trithyrodinium*, (10) остальные гониаулакоидные, (11) зеленые водоросли. В группу (12) вошли пыльца и споры растений.

Комплекс с *Senoniasphaera macroreticulata*—*Surculosphaeridium longifurcatum* (ДК-1) (Кудрино-2, т.н. 3184, подпачки XVIa—XVIc, пробы 20–35). Ассоциация диноцист в низах подпачки XVIa

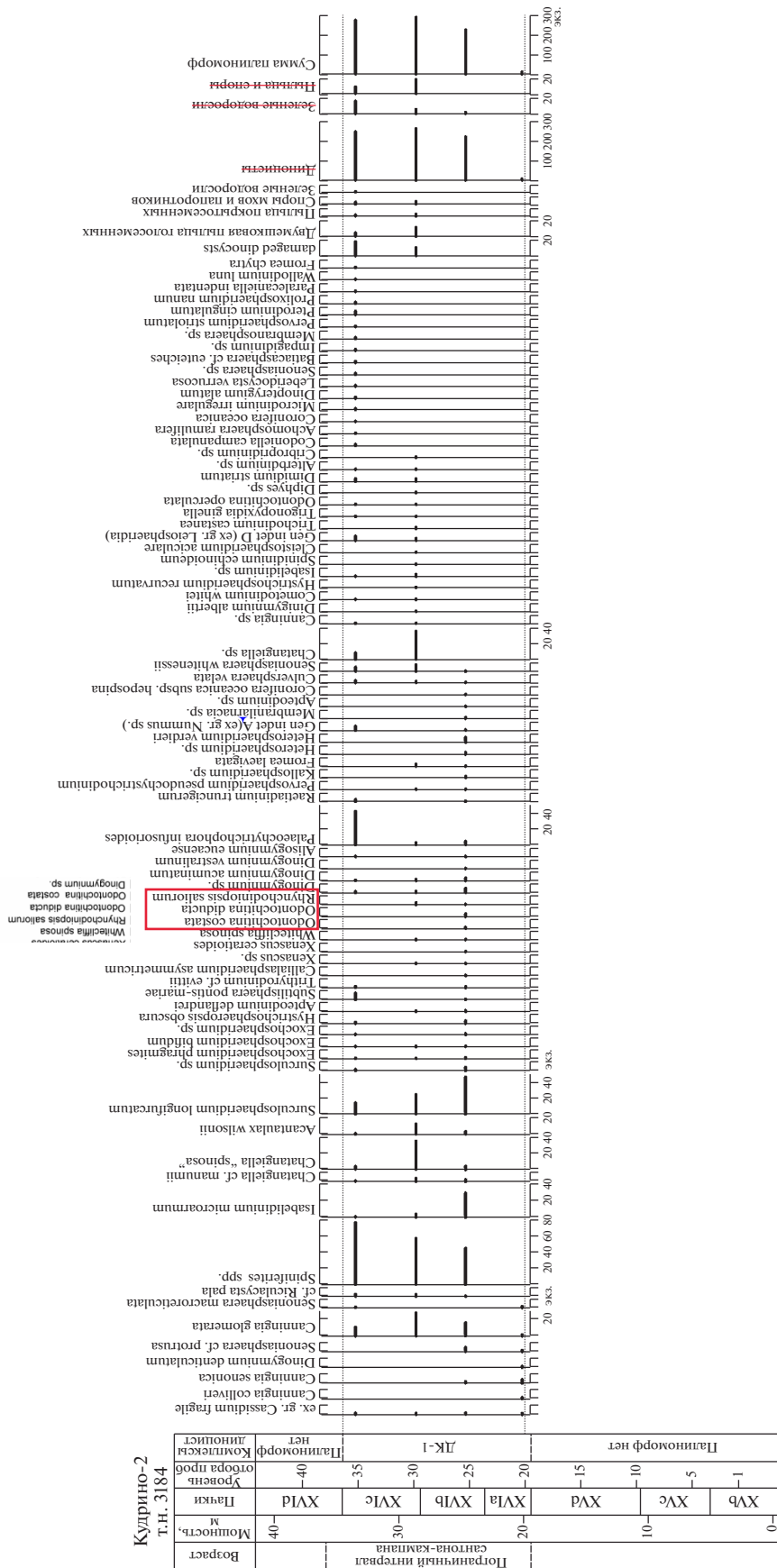


Рис. 4. Распределение палиноморф в разрезе Кудрино-2.

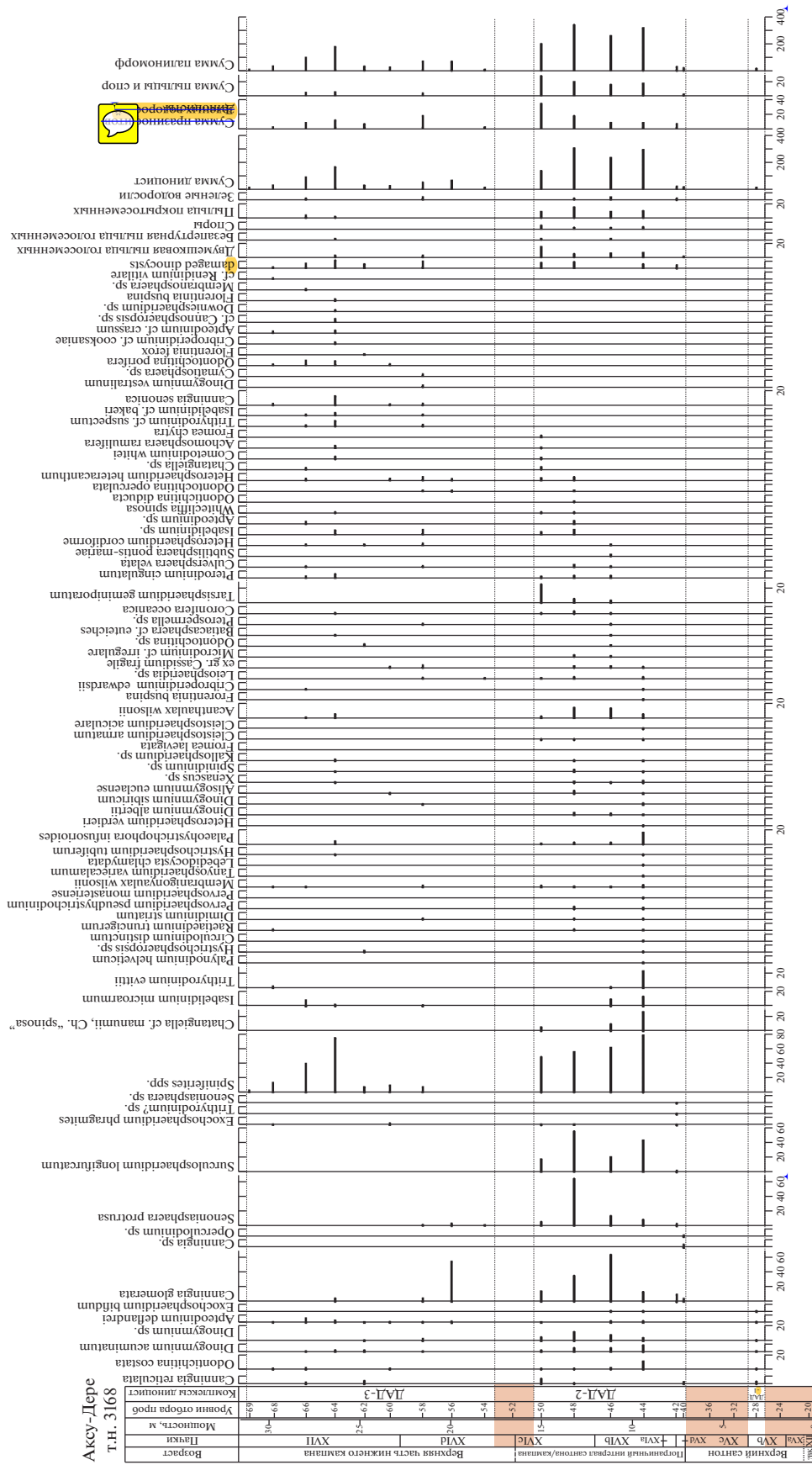


Рис. 5. Распределение палиноморф в разрезе Акху-Дере.

(проба 20) чрезвычайно бедная в количественном и видовом отношении. Присутствующие в ней *Senoniasphaera protrusa* Clarke et Verdier, *Senoniasphaera macroreticulata* Prince et al., *Canningia glomerata* sensu Fensome et al., 2019, *C. colliveri* Cookson et Eisenack, *C. senonica* Clarke et Verdier, *Dinogymnium denticulatum* (Alberti) Evitt et al., ex gr. *Cassidium fragile* (Harris) Drugg представлены редкими (чаще единичными) экземплярами плохой сохранности.

Выше разнообразие и количество диноцист увеличиваются (рис. 4, 5). Преобладают *Spiniferites* spp., многочисленны *Chatangiella* (Ch. sp., Ch. "spinosa" sensu H. Nøhr-Hansen, Ch. cf. *manumii* (Vozzhennikova) Lentin et Williams), *Surculosphaeridium longifurcatum* (Firtion) Davey et al., *Canningia glomerata*. Постоянно присутствуют *Isabelidium microarmum* (McIntyre) Lentin et Williams, *Acanthaulax wilsonii* Yun Hyesu, *Surculosphaeridium* sp., *Exochosphaeridium* sp., *Ex. phragmites* Davey et al., *Ex. bifidum* (Clarke et Verdier) Clarke et al., *Hystriosphaeopsis obscura* Habib, *Apteodinium deflandrei* (Clarke et Verdier) Lucas-Clark, cf. *Riculacysta pala Kirsch*, *Subtilisphaera pontis-mariae* (Deflandre) Lentin et Williams, *Trithyrodinium evittii* Drugg, *Culversphaera velata* (Clarke et Verdier) Prince et al., *Trimuridinium whitenessense* (Prince et al.) Fensome et al., *Palaeohystrichophora infusorioides* Deflandre, *Dinogymnium* spp.

Внутри интервала, охарактеризованного ДК-1, зафиксированы изменения в содержании доминирующих видов (рис. 6). Так, в средней части подпачки XVIa (проба 25) преобладают *Surculosphaeridium longifurcatum*, *Spiniferites* spp., *Canningia glomerata*, *Isabelidium microarmum*. В основании подпачки XVIc (проба 30) резко сокращается количество *Isabelidium microarmum* и возрастает *Chatangiella* spp., *Acanthaulax wilsonii*. В верхней части этой подпачки (проба 35) фиксируются высокое содержание *Palaeohystrichophora infusorioides* и частые *Subtilisphaera pontis-mariae*, вклад *Chatangiella* spp., *Acanthaulax wilsonii* незначителен.

Ассоциация диноцист ДК-1, на основании совместной встречаемости *Senoniasphaera macroreticulata*, *S. protrusa*, *T. whitenessense*, *Raetiaedinium truncigerum* (Deflandre) Kirsch, *Whitecliffia spinosa* (Clarke et Verdier) Pearce, *Surculosphaeridium? Longifurcatum* и обилия *Chatangiella*, может быть сопоставлена с комплексом диноцист из формаций Newhaven Chalk острова Уайт и Margate Chalk (Prince et al., 1999, 2008; Pearce et al., 2020), соответствующим зонам *Marsupites testudinarius*—*Offaster pilula* пограничного интервала сантона—кампа (рис. 7).

По данным изучения сантонских—кампанских отложений в Англии первое появление *Trimuridinium whitenessense* установлено в верхнесантонской зоне *Uintacrinus socialis* разреза Уайт Несс (White Ness) в восточном Кенте (Prince et al.,

2008), а в разрезе скважины Гранч (Grunch) аналогичное событие зафиксировано стратиграфически выше — в нижнекампанской зоне *Offaster pillula* (Pearce et al., 2020). *Senoniasphaera macroreticulata* была описана и встречена только в верхнем сантоне—базальной части нижнего кампа: в зоне *Uintacrinus socialis* разреза Уайт Несс и в зонах *Marsupites*—*Uintacrinus anglicus* разреза Форенесс Пойнт (Foreness Point), что позволяет ограничить верхнюю границу ДК-1 базальными горизонтами нижнего кампа.

Частая встречаемость в интервале средней части подпачки XVIa—низах подпачки XVIc бореальных родов перидиниоидных таксонов *Isabelidium*, *Chatangiella*, в совокупности с низким таксономическим разнообразием диноцист, указывает на развитие относительно холодноводных с высокой продуктивностью обстановок формирования отложений.

Комплекс ДАД-1 (т.н. 3168, Аксу-Дере, пачка XVb, проба 28). Спектр диноцист чрезвычайно бедный в количественном и видовом отношении (рис. 5). Присутствуют единичные экземпляры *Canningia reticulata* Cookson et Eisenack, *Odontochitina costata* Alberti, *Dinogymnium acuminatum* Evitt et al., *Dinogymnium* sp., *Apteodinium deflandrei*, *Exochosphaeridium bifidum*. Эти таксоны имеют широкий диапазон распространения в позднем мелу, поэтому точных выводов о возрасте вмещающих отложений сделать нельзя.

Комплекс с *Canningia glomerata*—*Surculosphaeridium longifurcatum* (ДАД-2) (т.н. 3168, Аксу-Дере, подпачки XVIa—XVIc, пробы 40—50). В пробах 40 и 42 диноцист мало (14 и 20 экз. соответственно), и они не разнообразны (рис. 5). На этом уровне встречаются *Canningia* sp., *C. glomerata* sensu Fensome et al., 2019, *Senoniasphaera* sp., *S. protrusa*, *Surculosphaeridium longifurcatum*, *Exochosphaeridium phragmites*, *Operculodinium* sp., *Trithyrodinium?* sp. Выше по разрезу (проба 44) разнообразие и количество диноцист увеличиваются. Преобладают *Canningia glomerata*, *Senoniasphaera protrusa*, *Surculosphaeridium longifurcatum*, *Spiniferites* spp., *Acanthaulax wilsonii*, *Chatangiella* spp. Постоянно присутствуют *Odontochitina costata*, *Dinogymnium acuminatum*, *Dinogymnium* sp., *Apteodinium deflandrei*, *Exochosphaeridium bifidum*, *Membranigonyaulax wilsonii* Slimani, *Palaeohystrichophora infusorioides*. Начиная с уровня пробы 46 и выше, встречаются *Coronifera oceanica* Cookson et Eisenack, *Pterodinium cingulatum* (Wetzel) Below и празиофиты *Tarsisphaeridium geminiporatum* W. Riegel, а с уровня образца 48 и выше — *Whitecliffia spinosa* и *Odontochitina diducta* Pearce. Остальные таксоны распространены неравномерно. Палинокомплекс характеризуется постоянной относительно частой встречаемостью пыльцы растений (от 5.5 до 13% от суммы всех палиноморф) (рис. 6).

Внутри интервала, охарактеризованного ДАД-2, зафиксированы изменения в содержании доминирующих видов. В пробе 44 преобладают *Spiniferites* spp. и *Surculosphaeridium longifurcatum*, часты *Chatangiella*, *Isabelidinium*, *Trythirodinium*, *Dinogymnium* spp., *Palaeochystrichophora infusorioides*. Выше (пробы 46–50) резко возрастает содержание (до 30%) *Canningia glomerata*, *Senoniasphaera protrusa*, часты *Spiniferites* spp., *Surculosphaeridium longifurcatum*, остальные таксоны встречаются в незначительном количестве.

Выявленная в ДАД-2 ассоциация диноцист близка к комплексу ДК-1, установленному в разрезе Кудрино-2. Отличием ДАД-2 является отсутствие в нем *Senoniasphaera macroreticulata*, *Trimuridinium whitenessense*, *Canningia colliveri*, *C. senonica* и в целом высокое количество таксонов семейства *Areoligeraceae* (*Senoniasphaera* и *Canningia*) (рис. 6). Следует отметить, что ассоциация диноцист ДАД-2 по таксономическому составу близка к комплексу, установленному на уровне пачки 2–нижней части пачки 3 в разрезе Алан-Кыр (Гужиков и др., 2019).

Комплекс ДК-1 в разрезе Кудрино-2 датируется терминальной частью сантона–началом кампана. Согласно имеющимся данным по эвстатическим изменениям, этому времени отвечает последовательное фронтальное развитие крупной морской трансгрессии (“*Marsupites transgression*”) и изотопное событие SCBE (*Santonian–Campanian Boundary Event*) – положительный углеродный экскурс (Haq et al., 1987; McArthur et al., 1992, 1993; Jenkyns et al., 1994; Jarvis et al., 2002, 2006 и др.). Высоко-разрешающая хеостратиграфия разрезов английского верхнего мела свидетельствует, что начало углеродного события SCBE приурочено к верхнему сантону (середина зоны *Marsupites*), а его завершение – к базальным слоям кампана, ниже первого появления *Offaster pilula* (Jarvis et al., 2002, 2006).

Обилие в ДАД-2 таксонов семейства *Areoligeraceae* свидетельствует о формировании пород в мелководных обстановках с высокой гидродинамикой во время трансгрессивной фазы развития бассейна. Тем не менее пропорции *Spiniferites* и *Surculosphaeridium* указывают на условия “максимальной поверхности затопления” (*maximum flooding surface*) (Prauss, 2001), а значимое количество пыльцы – на существенный снос с прилегающей суши. В целом снижение снизу вверх по разрезу количества *Chatangiella* и *Isabelidinium* позволяет предполагать тенденцию к потеплению вод во время формирования подпачек XVa–XVIc. Эти

данные свидетельствуют о том, что комплекс ДАД-2 имеет более молодой возраст, чем ДК-1.

Комплекс с *Odontochitina porifera* (ДАД-3) (т.н. 3168, Аксу-Дере, подпачка XVId–пачка XVII, пробы 54–69). На этом уровне отмечается крайне низкое количество диноцист. В большей части этого интервала разреза все таксоны встречаются в незначительном количестве (чаще единично) и преимущественно спорадически, за исключением *Spiniferites* spp. (рис. 5). Пыльца и споры растений тоже встречены спорадически, в виде единичных экземпляров.

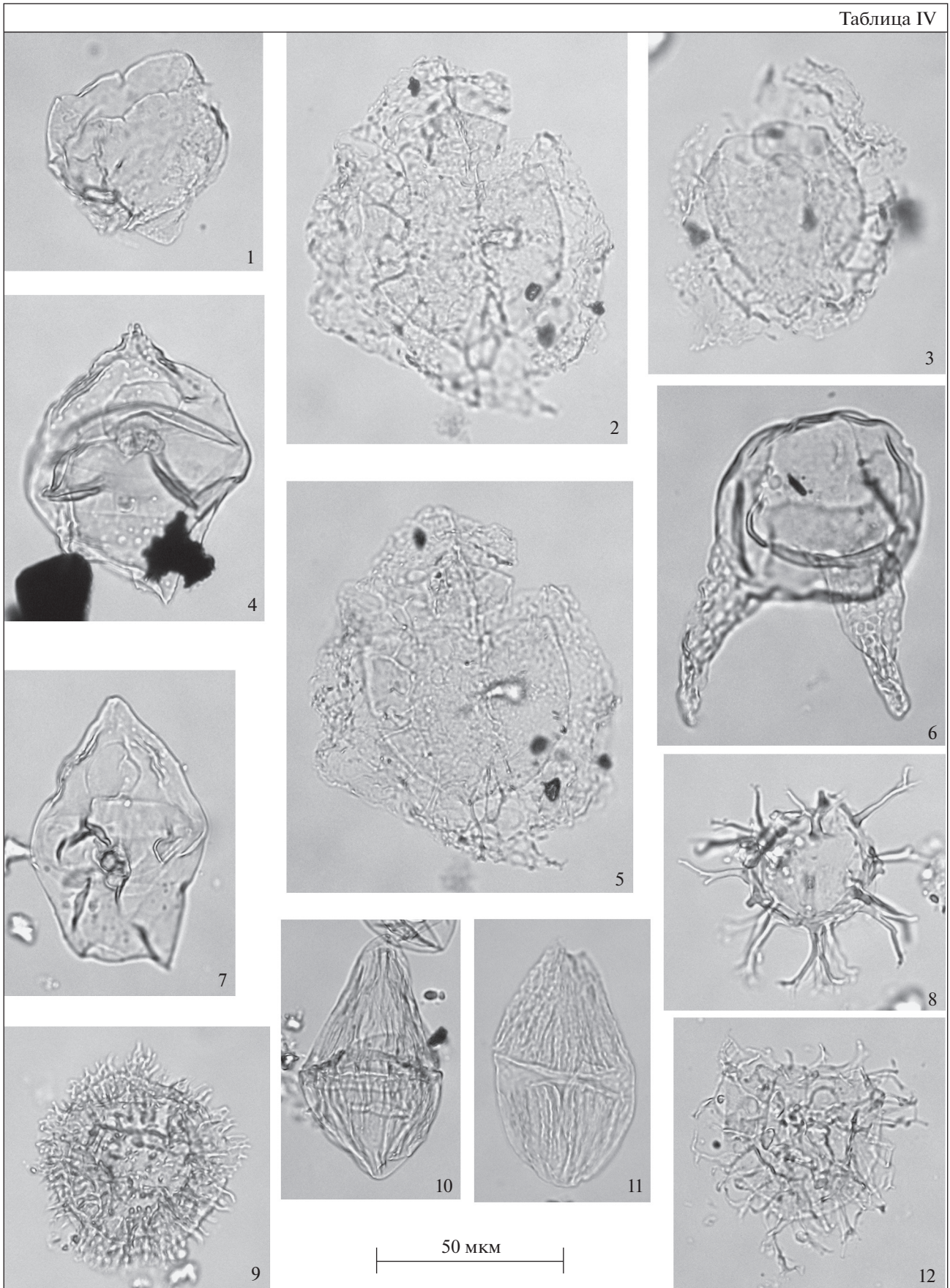
Присутствует большинство таксонов, выявленных в ДАД-2. Впервые встречаются *Odontochitina porifera*, *Dinogymnium vestralinum*, *Florentinia ferox*, *Cribroperidinium cf. cooksaniae*, *Apteodinium* sp., *Apteodinium cf. crassum*, cf. *Cannosphaeropsis* sp., *Downiesphaeridium* sp., *Membranosphaera* sp. Не обнаружены *Surculosphaeridium longifurcatum*, *Chatangiella cf. manumii*, Ch. “*spinosa*”, *Exochosphaeridium bifidum*, присутствовавшие в ДАД-2. На уровне пробы 58 установлено последнее присутствие *Senoniasphaera protrusa*, *Dimidinium striatum*, *Pervosphaeridium pseudhystrichodinium*, *P. monasteriense*.

Состав диноцист не позволяет точно судить о возрасте вмещающих пород в этой части разреза Аксу-Дере. В разрезах Англии многие из встреченных таксонов исчезают на уровне зоны *Offaster pilula*, при этом первое присутствие единичных экземпляров *Odontochitina porifera* выявлено в середине коньяка, а ее постоянная встречаемость – с верхнего сантона, с уровня зоны *Uintacrinus socialis* (Prince et al., 1999, 2008; Pearce et al., 2020) (рис. 7). Отсутствие в комплексе ДАД-3 *Surculosphaeridium longifurcatum* позволяет предполагать, что его нижняя граница не древнее средней части зоны *Offaster pilula*. Исчезновения *R. truncigerum* и *S. protrusa* в верхах зоны *Offaster pilula*, фиксируемые в Англии как синхронные, в разрезе Аксу-Дере приурочены к разным уровням: последняя *S. protrusa* встречена в верхах пачки XVI, а *R. truncigerum* – в пачке XVII, почти в кровле разреза.

В разрезах гелльветских и ультрагельветских покровов Германии совместная встречаемость *O. porifera*, *Ap. deflandrei* установлена внутри диноцистовой Зоны 4 *Areoligera coronata*, охватывающей большую часть кампана – от середины зоны *Globotruncanita elevata* до зоны *Radotruncana calcarata* по планктонным фораминиферам (Kirsch, 1991). В разрезах Австрии и Венгрии присутствие

Таблица IV. Палиноморфы из разрезов Кудрино-2 и Аксу-Дере. Все фигуры в одном увеличении. 1 – *Canningia colliveri* Cookson et Eisenack, Кудрино-2, проба 20; 2, 3, 5 – *Senoniasphaera macroreticulata* Prince et al., Кудрино-2, проба 20; 4, 7 – *Isabelidinium microarmum* (McIntyre) Lentini et Williams: 4 – Аксу-Дере, проба 44, 7 – Кудрино-2, проба 25; 6 – *Odontochitina porifera* Cookson, Аксу-Дере, проба 62; 8 – *Surculosphaeridium longifurcatum* (Firtion) Davey et al., Кудрино-2, проба 25; 9 – *Acanthaulax wilsonii* Yun Hyesu, Кудрино-2, проба 25; 10 – *Dinogymnium acuminatum* Evitt et al., Кудрино-2, проба 25; 11 – *D. denticulatum* (Alberti) Evitt et al., Кудрино-2, проба 20; 12 – *Heterosphaeridium verdieri* Yun Hyesu, Кудрино-2, проба 25.

Таблица IV



этих таксонов выявлено в нижнекампанской подзоне *Apeodinium deflandrei* зоны *Odontochitina operculata* по диноцистам, соответствующей зонам *CC18* (*B. parca*)—*CC19* (*C. ovalis*) (первая половина) по наннопланктону (Siegl-Farkas, Wagreich, 1996; Siegl-Farkas, 1997). Появление *O. porifera* в разрезах Полярного Предуралья установлено в основании нижнекампанских слоев с *Chatangiella niiga* (Лебедева, 2005, 2006). Исходя из присутствия руководящего вида эта часть разреза также может быть сопоставлена с диноцистовыми слоями с *Odontochitina porifera* пудовкинской свиты Нижнего Поволжья, охарактеризованной зоной *Sibicidoides temirensis/Bolivinoidea decoratus* (LC13) по бентосным фораминиферам и слоями с *Prunobrachium crassum*—*Archaeospongoprunum salumi* по радиоляриям, датируемыми ранним кампаном (Александрова и др., 2012).

Учитывая вышеприведенные сведения и положение комплекса ДАД-3 в разрезе, можно предположить раннекампанский возраст пачек XVI и XVII (рис. 7).

Комплексы диноцист, выявленные в Крыму, в целом близки к позднесантонским—раннекампанским комплексам Англии. Опираясь на распространение руководящих видов диноцист в разрезах, мы предполагаем, что комплекс ДК-1 из разреза Кудрино-2 занимает немного более низкое стратиграфическое положение, чем ДАД-2, и, исходя из существенного содержания в нем бореальных родов, вероятно, приурочен к пограничному интервалу сантона—кампана и событию SCBE. Комплекс ДАД-2 в разрезе Аксу-Дере характеризует относительно теплые мелководные палеообстановки. В верхней части разреза Аксу-Дере установлен таксономически бедный комплекс ДАД-3, который, с долей условности, отнесен к нижнему кампану.

Нерешенным остается вопрос точного соотношения между собой комплексов ДК-1 и ДАД-2, а также их соотношения с комплексом диноцист из разреза Алан-Кыр, поскольку все они выделены в разных разрезах и их непрерывная последовательность нами не наблюдалась.

Наннопланктон

Из разреза Кудрино-2 было проанализировано 9 образцов, из Аксу-Дере — 21 образец. Во всех них присутствует наннопланктон. Препараты из-

готовливали по стандартной технологии (Wown, Young, 1998) и изучали под световым поляризационным микроскопом БиОптик200 в проходящем свете и скрещенных николях при увеличении $\times 1000$. Фотографии сделаны при помощи цифрового фотоаппарата Canon EOS 550D и фотонасадки Canon. Для оценки относительного количества определенных видов производили подсчет в 100 полях зрения подряд на произвольно выбранной площади препарата. Видовое разнообразие оценивали по всему препарату, площадь предметного стекла которого составляет 24×24 мм. Сохранность наннофоссилий варьирует от плохой (значительное растворение и перекристаллизация) до умеренной (вторичные изменения незначительны). Несмотря на не очень хорошую сохранность, все наннофоссилии оказались определяемыми до вида.

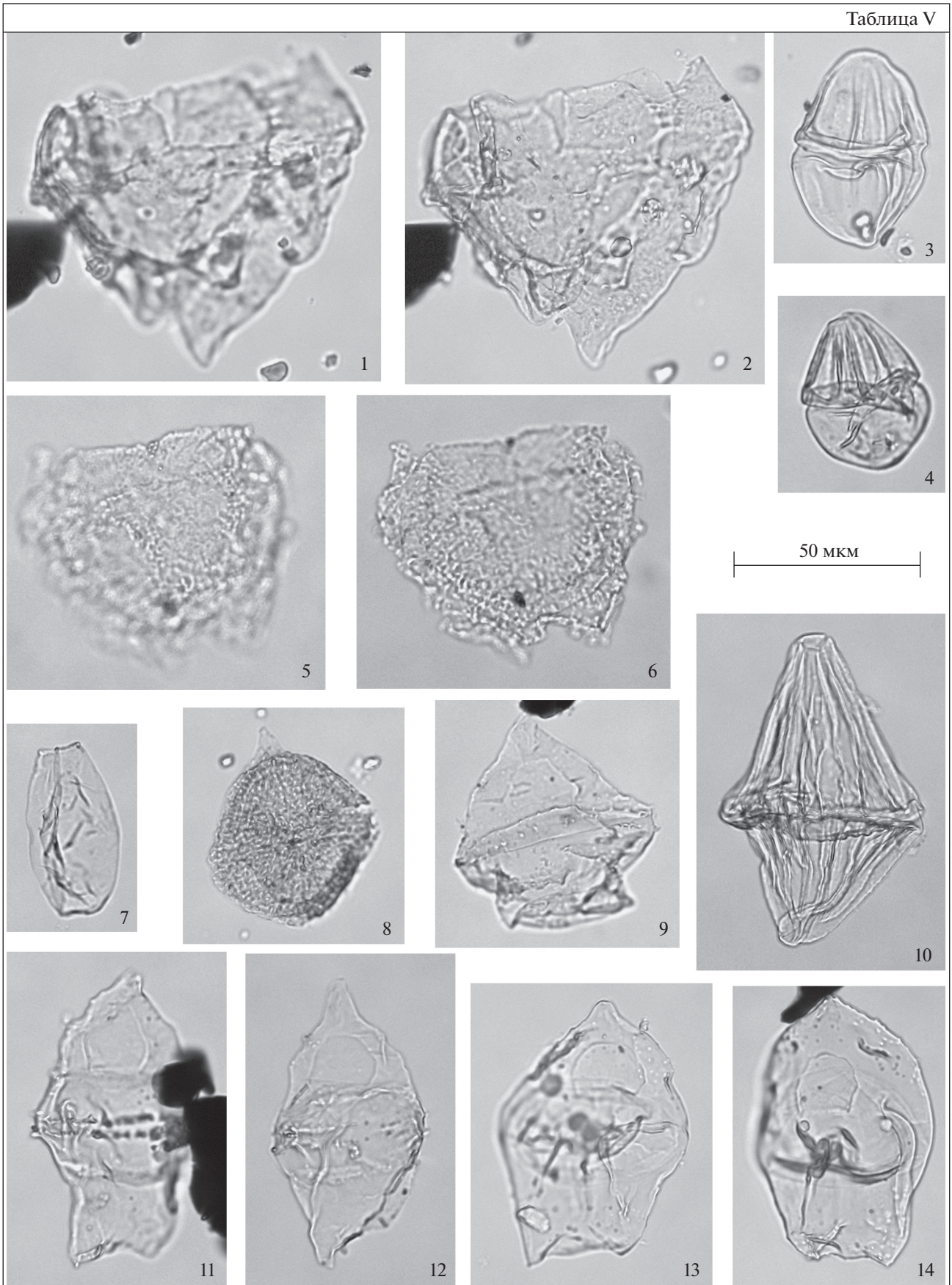
Известковый наннопланктон верхнего мела разреза Аксу-Дере был впервые изучен С.И. Шуменко (Шуменко, Стеценко, 1978), им же были выделены зональные комплексы. В 2016 г. его изучение было продолжено Е.А. Щербининой (Щербинина, Гаврилов, 2016). С тех пор накопилось много новых данных о таксономическом разнообразии, стратиграфическом и площадном распространении зональных маркеров, что позволяет сопоставлять между собой удаленные разрезы и уточнять границы выделенных зон. К настоящему времени наиболее пригодной для решения этих задач является биостратиграфическая шкала верхнего мела по наннопланктону, разработанная Барнетт (Burnett, 1998), хотя шкала, разработанная для отложений этого возраста Сиссингом (Sissingh, 1977), не утратила своей актуальности и хорошо сопоставляется со шкалой Барнетт 1998 г.

Всего в разрезах Кудрино-2 и Аксу-Дере было определено 68 видов наннопланктона, большинство которых относится к родам *Broinsonia*, *Pre-discosphaera*, *Zeughrabdodus*, *Watznaueria*.

Комплекс известкового наннопланктона разреза Кудрино-2 небогат в видовом отношении: всего определено 46 видов (рис. 8). С долей условности здесь выделены **нижнекампанские зоны UC13 и UC14a**. Первая зона установлена по появлению *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina, вторая — по появлению *Broinsonia parca parca* (Stradner) Bukry (Burnett, 1998). Но, так как второй вид выявлен только в одном образце в единственном экземпляре, граница между зонами внутри подпачки XVd проведена условно (рис. 8).

Таблица V. Палиноморфы из разрезов Кудрино-2 и Аксу-Дере. Все фигуры в одном увеличении. 1, 2 — *Senoniasphaera protrusa* Clarke et Verdier, Кудрино-2, проба 25; 3 — *Dinogymnium albertii* Clarke et Verdier, Кудрино-2, проба 30; 4 — *Alisogymnium euclaense* (Cookson et Eisenack) Lentin et Vozzhennikova, Аксу-Дере, проба 44; 5, 6 — *Canningia reticulata* Cookson et Eisenack, Аксу-Дере, проба 58; 7 — *Fromea laevigata* (Drugg) Stover et Evitt, Кудрино-2, проба 25; 8 — *Apteodinium deflandrei* (Clarke et Verdier) Lucas-Clark, Кудрино-2, проба 25; 9 — *Chatangiella cf. manumii* (Vozzhennikova) Lentin et Williams, Аксу-Дере, проба 44; 10 — *Dinogymnium muticum* (Vozzhennikova) Lentin et Williams, Аксу-Дере, проба 46; 11, 12 — *Chatangiella "spinosa"* sensu Nohr-Hansen et al., 2019: 11 — Аксу-Дере, проба 44, 12 — Кудрино-2, проба 25; 13, 14 — *Isabelidinium microarmum* (McIntyre) Lentin et Williams: 13 — Кудрино-2, проба 25, 14 — Аксу-Дере, проба 44.

Таблица V



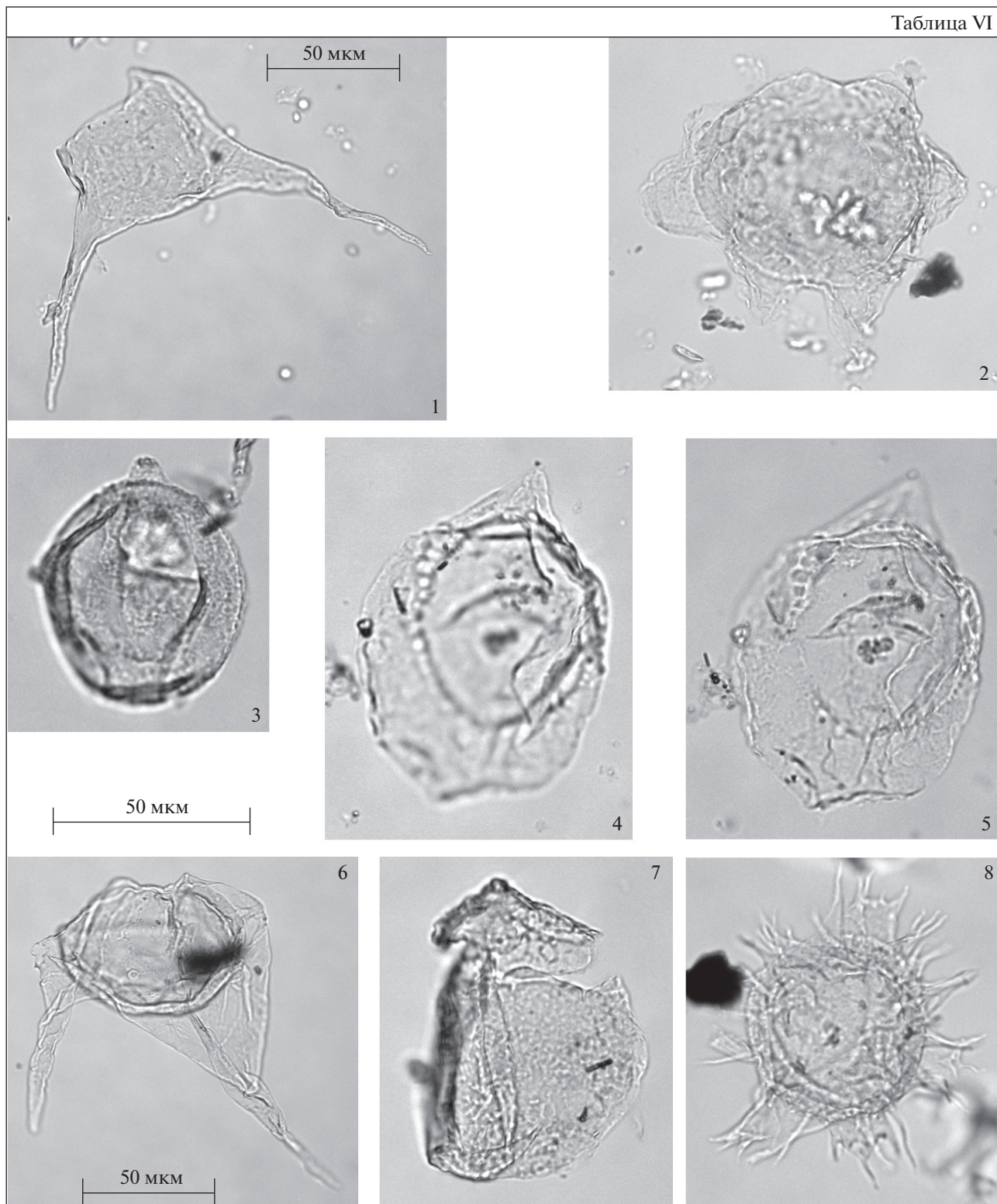


Таблица VI. Палиноморфы из разрезов Кудрино-2 и Аксу-Дере. 1 – *Odontochitina diducta* Pearce, Кудрино-2, проба 25; 2 – *Canningia glomerata* sensu Fensome et al., 2019, Кудрино-2, проба 25; 3 – *Arpeodinium* cf. *crassum* Slimani et Louwye, Аксу-Дере, проба 64; 4, 5 – *Senoniasphaera protrusa* Clarke et Verdier, Кудрино-2, проба 30; 6 – *Xenascus* sp., Аксу-Дере, проба 44; 7 – *Canningia reticulata* Cookson et Eisenack, Аксу-Дере, проба 28; 8 – *Florentinia buspina* (Davey et Verdier) Duxbury, Аксу-Дере, проба 64.

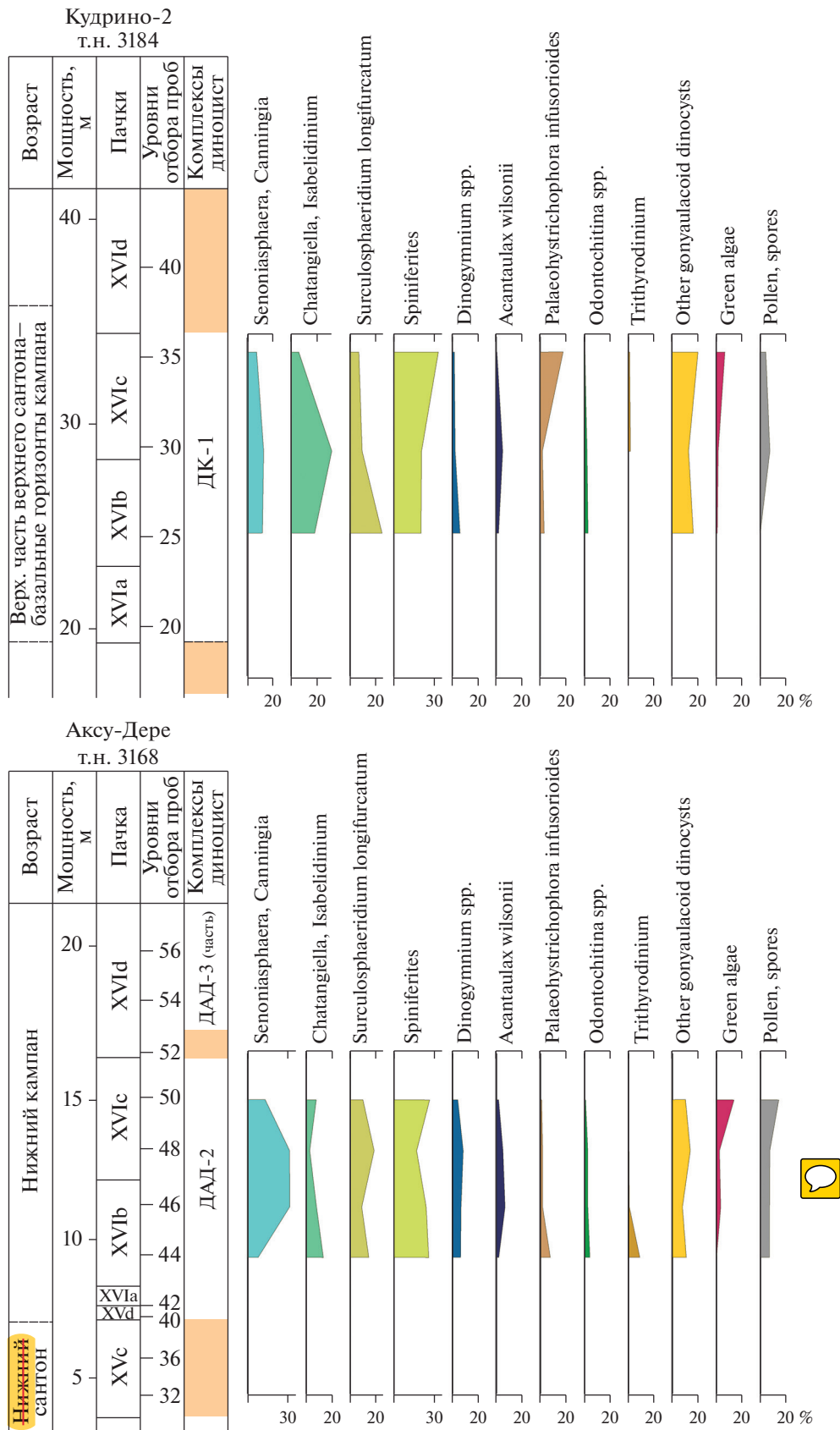


Рис. 6. Соотношения различных групп палиноморф в ДК-1 разреза Кудрино-2 и в ДАД-2 разреза Аксу-Дере.

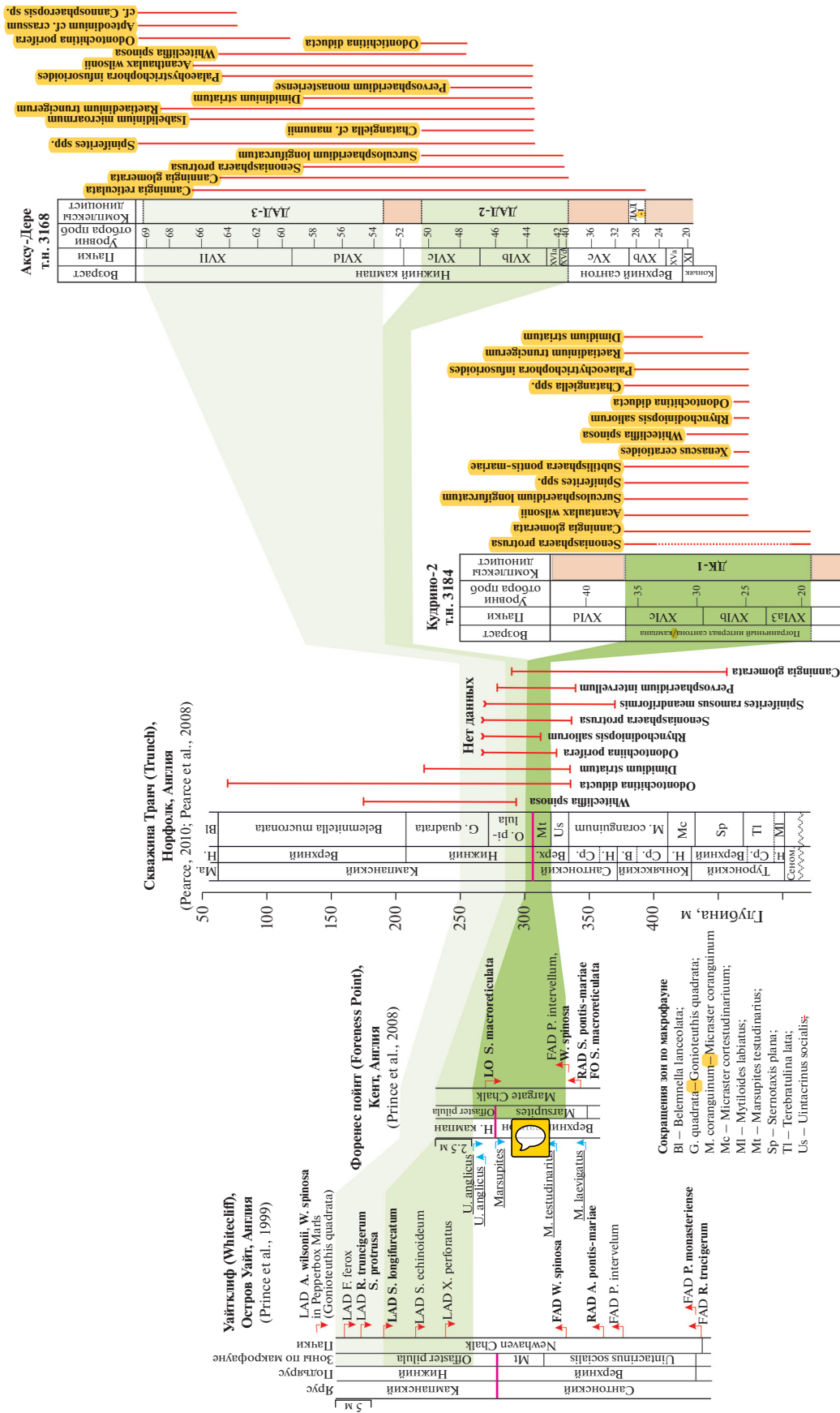


Рис. 7. Корреляция разрезов Кулдино-2 и Аксу-Дере с разрезами Англии.

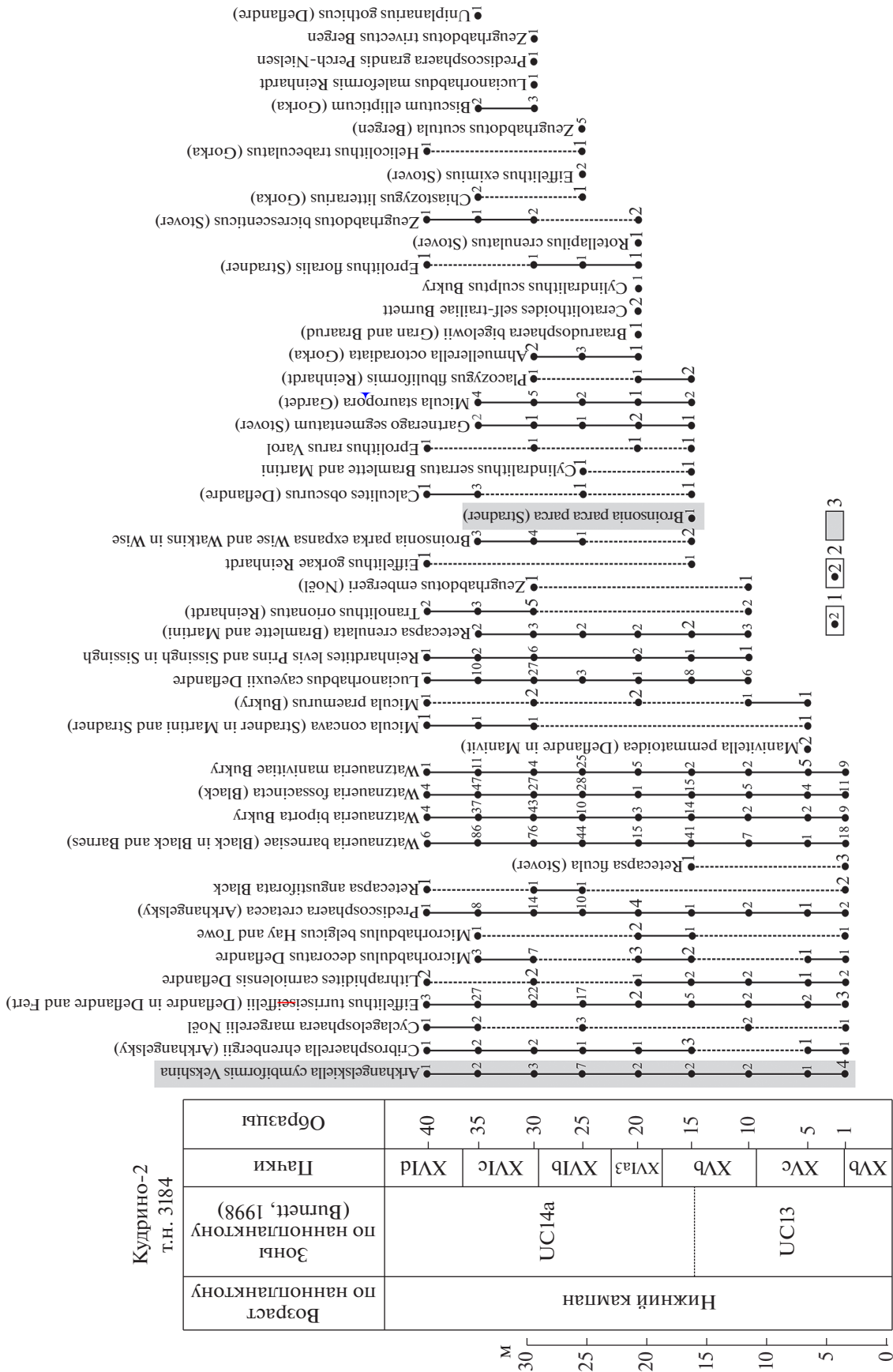


Рис. 8. Распределение наннопланктона в разрезе Кудрино-2. 1 — количество экземпляров на 100 полей зрения подряд, 2 — количество экземпляров на весь пре-параг, 3 — распространение в разрезе видов-индекс зон.

Комплекс наннопланктона, определенный в разрезе Аксу-Дере, более разнообразен в видовом отношении и имеет свои особенности (рис. 9, табл. VII). В этом разрезе выделено 4 зоны (рис. 9). Хотя коньякский ярус в данной работе не рассматривается, отметим, что образцы из пачки XI содержат *Lucianorhabdus saueuxii* Deflandre. Этот таксон появляется в основании подзоны UC11с верхнего коньяка (Burnett, 1998), что находится в противоречии с возрастом данной пачки, установленным по фораминиферам, иноцератам и другой макрофауне (Найдин и др., 1981; Алексеев, 1989; Кораевич, Walaszczyk, 1990). Зона UC12 верхнего сантона не имеет характерных только для нее видов (Burnett, 1998), и ее граница с вышележащей зоной UC13 нижнего кампана определяется по появлению *Arkhangelskiella cymbiformis*, что зафиксировано нами в верхах подпачки XVb (рис. 9, табл. VII). Зона UC14 нижнего кампана представлена двумя подзонами: UC14а, основание которой определено в середине подпачки XVc по появлению *Broinsonia parca parca*, и UC14b, подошва которой установлена в низах пачки XVII по появлению *Broinsonia parca constricta* Hattner et al. (Burnett, 1998) (рис. 9, табл. VII). Выделенные зоны и комплексы наннофоссилий хорошо коррелируются с одновозрастными зонами верхнего сантона–нижнего кампана Южных Карпат (Melinte-Dobrinescu, 2018), Северных Известняковых Альп (Wolfgring et al., 2018), Южной Англии и Южной Польши (Dubicka et al., 2017). В то же время корреляция с разрезом Алан-Кыр в Центральном Крыму затруднена из-за плохой сохранности наннопланктона в последнем (Копачевич и др., 2020; Ovechkina et al., 2021).

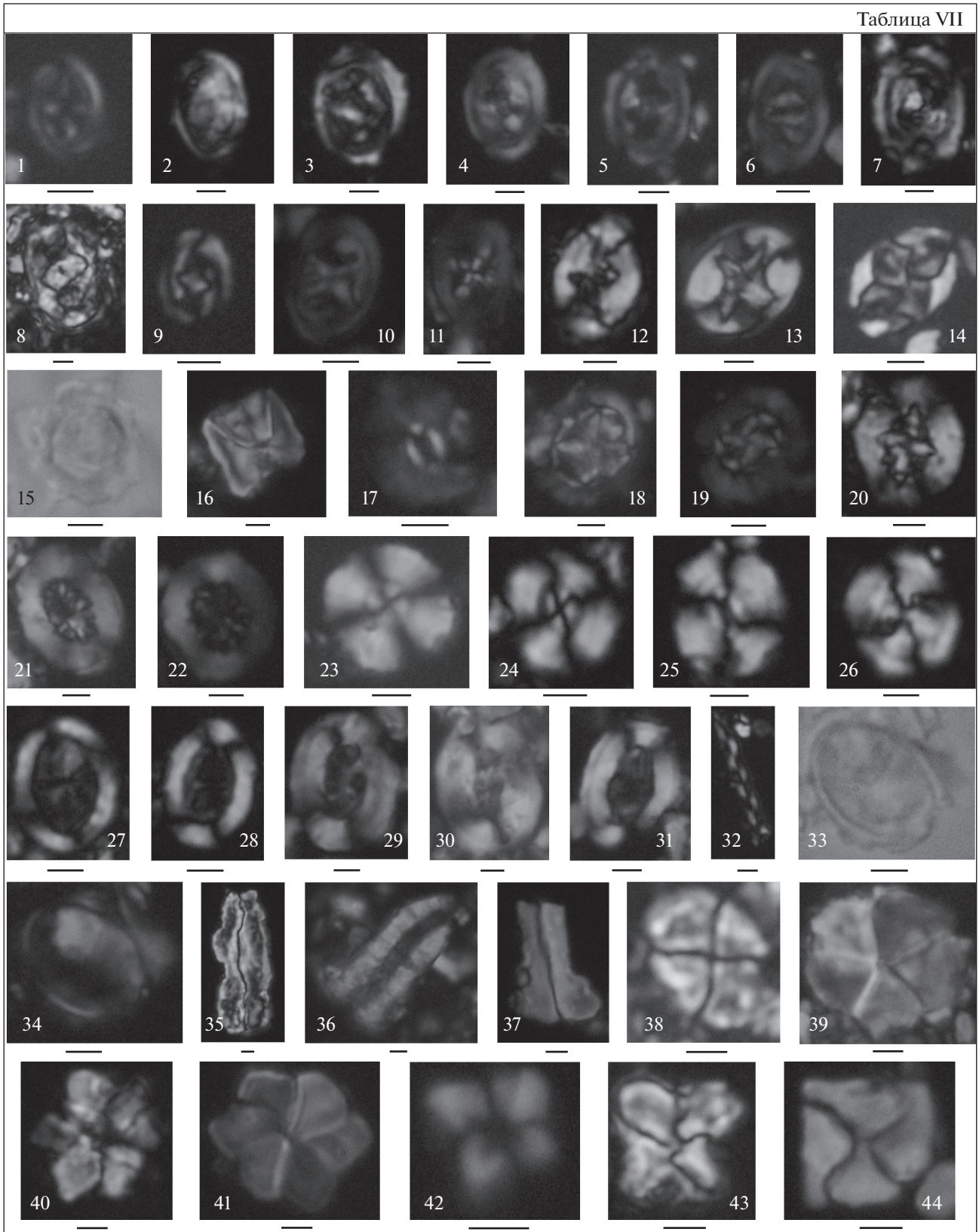
Особенностью комплексов наннопланктона разреза Аксу-Дере является то, что виды-маркеры

зон присутствуют не массово, а в единичных экземплярах (рис. 9). Впрочем, это характерно и для западноевропейских разрезов (Dubicka et al., 2017; Melinte-Dobrinescu, 2018; Wolfgring et al., 2018). В них также встречаются в единичных экземплярах виды, нехарактерные для нижнего кампана. В частности, существование *Zeughrabdotos scutula* (Bergen) Rutledge et Bown ограничено готеривом–сантоном, но, по-видимому, он спорадически встречается и в кампане (Mikrotax.org). В разрезе Аксу-Дере он выявлен в 4 образцах, а в Кудрино-2 – в одном образце (рис. 8) в количестве 1–2 экземпляров (рис. 9, табл. VII). Это позволяет предположить, что либо этот таксон был переотложен, либо он имеет более широкое стратиграфическое распространение. Не менее интересно и распространение по разрезу *Reinhardtites levis* Prins et Sissingh in Sissingh. В биостратиграфической схеме Барнетт его первое появление приходится на основание зоны UC14d (Burnett, 1998). Но первое появление этого таксона отмечается в нижнекампанской зоне UC14а скв. 763 плато Экмут на северо-западе шельфа Австралии и в основании подзоны UC14а плато Кергелен, скв. 1138 (Russo, 2012–2013). В разрезе Алан-Кыр также установлено его более раннее появление (Копачевич и др., 2020; Ovechkina et al., 2021).

Позднетуронский–маастрихтский интервал позднего мела считается временем глобального похолодания и пониженного содержания питательных веществ в поверхностных водах (Linnert et al., 2014, 2018), что не могло не отразиться на таксономическом составе наннопланктона. Тем не менее анализ изменения относительного количества наннофоссилий в разрезе Аксу-Дере позволяет предположить, что имели место и периоды повышения температуры. Так, возрастание количества

Таблица VII. Наннопланктон из разрезов Кудрино-2 и Аксу-Дере. Длина масштабной линейки 2 мкм. Все фотографии сделаны в скрещенных николях, кроме фиг. 15 и 33, сделанных в проходящем свете. 1 – *Staurolithites laffittei* Caratini, обр. 32, Аксу-Дере; 2 – *Tranolithus orionatus* (Reinhardt) Reinhardt, обр. 10, Кудрино-2; 3, 4 – *Reinhardtites levis* Prins et Sissingh in Sissingh: 3 – обр. 10, Кудрино-2, 4 – обр. 32, Аксу-Дере; 5 – *Reinhardtites anthophorus* (Deflandre) Perch-Nielsen, обр. 32, Аксу-Дере; 6 – *Zeughrabdotos bicrescenticus* (Stover) Burnett in Gale et al., обр. 50, Аксу-Дере; 7 – *Z. scutula* (Bergen) Rutledge et Bown, обр. 25, Кудрино-2; 8 – *Z. embergeri* (Noël) Perch-Nielsen, обр. 30, Кудрино-2; 9 – *Placozygus fibuliformis* (Reinhardt) Hoffmann, обр. 30, Кудрино-2; 10 – *Chiastozygus bifarius* Bukry, обр. 54, Аксу-Дере; 11 – *Ch. literarius* (Górka) Manivit, обр. 48, Аксу-Дере; 12 – *Eiffelithus gorkae* Reinhardt, обр. 25, Кудрино-2; 13 – *E. turrisseiffelii* (Deflandre in Deflandre et Fert) Reinhardt, обр. 50, Аксу-Дере; 14 – *Helicolithus trabeculatus* (Górka) Verbeek, обр. 1, Аксу-Дере; 15 – *Cylindralithus biarcus* Bukry, обр. 52 (Аксу-Дере); 16 – *C. serratus* Bramlette et Martini, обр. 44, Аксу-Дере; 17 – *Biscutum ellipticum* (Górka) Grün in Grün et Allemann, обр. 44, Аксу-Дере; 18 – *Prediscosphaera grandis* Perch-Nielsen, обр. 50, Аксу-Дере; 19 – *Pr. cretacea* (Arkhangelsky) Gartner, обр. 42, Аксу-Дере; 20 – *Retecapsa angustiforata* Black, обр. 1, Кудрино-2; 21 – *R. ficula* (Stover) Burnett, обр. 66, Аксу-Дере; 22 – *R. crenulata* (Bramlette et Martini) Grün in Grün et Allemann, обр. 8, Аксу-Дере; 23 – *Cyclagelosphaera margerelii* Noël, обр. 32, Аксу-Дере; 24 – *Watznaueria barnesia* (Black in Black et Barnes) Perch-Nielsen, обр. 1, Кудрино-2; 25 – *W. fossacincta* (Black) Bown in Bown et Cooper, обр. 5, Кудрино-2; 26 – *W. biporta* Bukry, обр. 25, Кудрино-2; 27 – *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina, обр. 1, Кудрино-2; 28 – *Broinsonia parca expansa* Wise et Watkins in Wise, обр. 25, Кудрино-2; 29 – *Br. parca parca* (Stradner) Bukry, обр. 64, Аксу-Дере; 30 – *Br. parca constricta* Hattner et al., обр. 62, Аксу-Дере; 31 – *Br. matalosa* (Stover) Burnett in Gale et al., обр. 50, Аксу-Дере; 32 – *Microrhabdulus decorates* Deflandre, обр. 20, Кудрино-2; 33, 34 – *Kamptnerius magnificus* Deflandre, обр. 66, Аксу-Дере; 35, 36 – *Lucianorhabdus saueuxii* Deflandre: 35 – обр. 25, Кудрино-2, 36 – обр. 54, Аксу-Дере; 37 – *L. maleformis* Reinhardt, обр. 46, Аксу-Дере; 38 – *Calculites obscurus* (Deflandre) Prins et Sissingh in Sissingh, обр. 30, Кудрино-2; 39 – *Braarudosphaera bigelowii* (Gran et Braarud) Deflandre, обр. 66, Аксу-Дере; 40 – *Eprolithus rarus* Varol, обр. 20, Кудрино-2; 41 – *E. moratus* (Stover) Burnett, обр. 20, Аксу-Дере; 42 – *Micula concave* (Stradner in Martini et Stradner) Verbeek, обр. 18, Аксу-Дере; 43 – *M. staurophora* (Gardet) Stradner, обр. 30, Кудрино-2; 44 – *M. swastika* Stradner et Steinmetz, обр. 68, Аксу-Дере.

Таблица VII



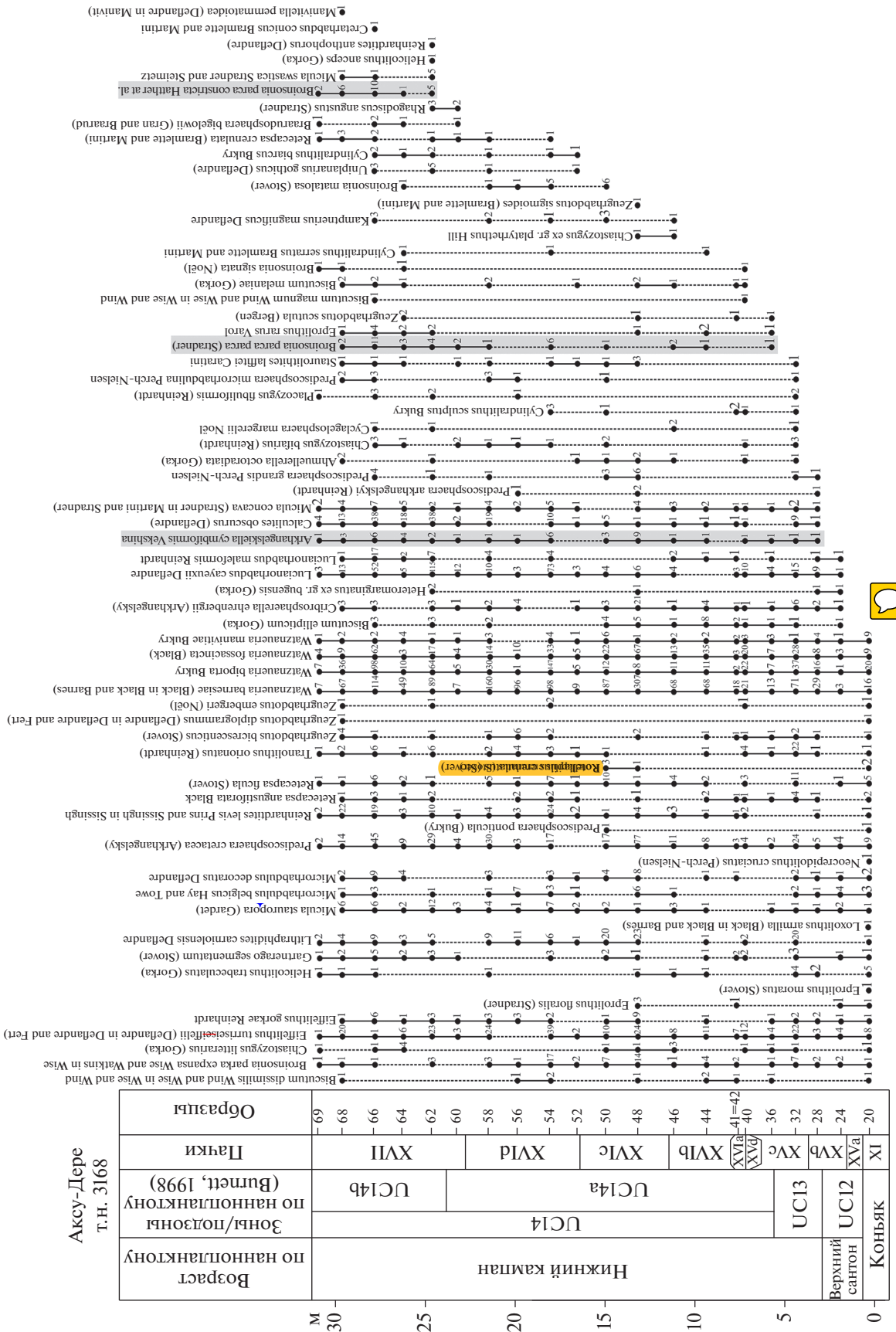


Рис. 9. Распределение наннопланктона в разрезе Аксу-Дере. Условные обозначения см. рис. 8.

Watznaueria barnesiae (Black in Black et Barnes) Perch-Nielsen, *Calculites obscurus* (Deflandre) Prins et Sissingh in Sissingh и *Lucianorhabdus saueuxii* (рис. 9) может свидетельствовать о повышении температуры неглубокого бассейна, где они обитали (Sanjary et al., 2019). В разрезе Аксу-Дере существенное увеличение количества (больше 50 экз./100 полей зрения) *W. barnesiae* отмечено на многих уровнях разреза, начиная с подпачки XVc и выше (обр. 32, 44–50, 54–58, 62 и 66–68) (рис. 9). Резкие возрастания численности двух других видов отмечены только в самых верхах разреза: *S. obscurus* (больше 30 экз./100 полей зрения) фиксируется в пачке XVII (обр. 62, 66), *Lucianorhabdus saueuxii* (больше 50 экз./100 полей зрения) в подпачке XVIд (обр. 54) и пачке XVII (обр. 62 и 66).

В разрезе Кудрино-2 значительное увеличение количества *W. barnesiae* отмечено только в подпачке XVIc (обр. 30–35), где ему сопутствует возрастание числа *L. saueuxii* (до 10–27 экз./100 полей зрения), а *S. obscurus* встречается в единичных экземплярах (рис. 8).

Бентосные фораминиферы

Сообщества бентосных фораминифер (БФ) из сантон-кампанской части разреза Аксу-Дере были изучены в пробах, взятых с 28 уровней. Для извлечения раковин фораминифер использовали метод сплавления породы с глауберовой солью, однако полученный результат оказался неудовлетворительным, и понадобилась дополнительная обработка порошков с использованием уксусной ледяной кислоты, которая дала необходимый эффект. Полученный материал изучали по фракции <0.2 мм с использованием стереоскопического микроскопа MC-2 ZOOM. Более крупная фракция не была получена по техническим причинам.

Из разреза Кудрино-2 на изучение комплексов БФ было отобрано 9 проб. Их обрабатывали по методике с замачиванием в ледяной уксусной кислоте и дальнейшей промывкой через сито с ячейкой 0.1 мм. Просушенный порошок делили на фракции <0.4 мм и >0.4 мм, которые затем изучали под стереоскопическим микроскопом MC-2 ZOOM.

В лаборатории диагностики наноматериалов и структур Саратовского государственного университета с использованием автоэмиссионного сканирующего электронного микроскопа MIRA 2 LMU (производство фирмы Tecscan) были получены детальные изображения отдельных экземпляров, позволившие получить более четкие представления о морфологии раковин.

Биостратиграфические подразделения по результатам изучения комплексов БФ выделены в ранге слоев. Сопоставление полученных ранее микрофаунистических данных по сантону–кампану Крыма (Маслакова, 1959; Беньямовский,

Копаевич, 2016; Брагина и др., 2016) с зонами по БФ, установленными в других регионах (Koch, 1977; Hart et al., 1989; Беньямовский, 2008а, 2008б; Walaszczyk et al., 2016; Vishnevskaya et al., 2018), обнаружилось ряд “стратиграфических коллизий” (Беньямовский, Копаевич, 2016), например появление зонального вида кампана Восточно-Европейской платформы *Pseudovalvulineria clementiana clementiana* (d’Orbigny) в сантонских отложениях с *Marsupites testudinarius*. Подобные примеры, тщательно проанализированные В.Н. Беньямовским и Л.Ф. Копаевич (2016), доказали преждевременность оптимистичного вывода о том, что слои с БФ в сантоне–кампане Центрального Крыма “легко коррелируются со схемами, предложенными для Европейской палеобиогеографической области” (Брагина и др., 2016).

Разрез Аксу-Дере. В этом разрезе комплексы БФ установлены во всех образцах. Всего обнаружено около 40 видов, в том числе руководящие формы, позволяющие определить возраст вмещающих отложений (табл. VIII). В разрезе выделены следующие подразделения в ранге слоев (рис. 10): слои с *Pseudovalvulineria stelligera/Stensioeina gracilis/St. perfecta* (верхний сантон); слои с *Bolivinooides strigillatus/B. culverensis/Pseudovalvulineria ex gr. thalmanni* (переходный интервал сантона–кампана); слои с *Pseudogavelinella clementiana clementiana* (переходный интервал сантона–кампана); слои с *Bolivinooides granulatus* (нижний кампан).

Слои с *Pseudovalvulineria stelligera/Stensioeina gracilis/S. perfecta* (БФАД-4) установлены в интервале обр. 25–37 (подпачки XVb, XVc) по присутствию видов-индексов, а также по значительному количеству представителей рода *Osangularia*, что позволяет сопоставлять их с подзоной *Pseudovalvulineria stelligera* (LC10a) верхнего сантона схемы В.Н. Беньямовского (2008б). Комплекс отличается хорошей сохранностью и, кроме руководящих БФ, включает агглютинирующие *Spiroplectammia rosula* (Ehrenberg), *Arenobulimina presli* (Reuss), *Heterostomella carinata* Franke, а также секретирующие *Cibicidoides eriksdalensis* (Brotzen), *Gavelinella pertusa* (Marsson), *Eponides concinnus* Brotzen, *Osangularia whitei* (Brotzen), *Eouvigerina aculeata* (Ehrenberg), *Quadriformina* sp. В верхней части слоев (обр. 30 и выше) появляются *Eouvigerina* sp., *Fursenkoina* cf. *polonica* (Gawor-Biedowa), *Loxostomum eleyi* (Cushman), *Sitella gracilis* (Cushman). *S. gracilis* характерен для верхнего сантона, о чем упоминает В.Н. Беньямовский в работе по разрезу Алан-Кыр (Беньямовский, Копаевич, 2016). Уровень первого (единичного) появления вида *Bolivinooides strigillatus* (Chapman), который является видом-индексом одноименной верхнесантонской зоны в ряде региональных схем (Hart et al., 1989; Беньямовский, 2008а, 2008б; Walaszczyk et al., 2016; Vishnevskaya et al., 2018), установлен в обр. 35.

Слои с *Bolivinooides strigillatus*/*Bolivinooides culverensis*/*Pseudovalvulineria ex gr. thalmani* (БФАД-5) установлены по первому появлению *V. culverensis* (Barr) и постоянной совместной встречаемости видов-индексов на уровне подпачек XVd, XVIa и XVIb (интервал обр. 40–46). Комплекс обновляется за счет секретирующих *Stensioeina pommerana* Brotzen, *Gavelinella costulata* Marie, *Valvulineria lenticula* Reuss, *V. laevis* Brotzen, *Reussella kelleri* (Vassilenko), *Sitella laevis* (Beissel). В верхней части слоев (обр. 44) отмечены редкие *Neoflabellina cf. suturalis praecursor* (Wedekind), появляются редкие представители рода *Quadriformina*.

Появление *Pseudovalvulineria ex gr. thalmani* (Brotzen) отмечается также в подпачке XVd разреза Кудрино-2, где данный вид характеризуется схожим интервалом распространения, в связи с чем было принято решение включить данную форму в название слоев как руководящую. От типичной “*thalmani*” она отличается отсутствием заметных наростов на спинной стороне, что, возможно, связано с особенностями палеоэкологии.

Зона *V. culverensis*, выделяемая по совместной встречаемости *strigillatus* и *culverensis*, установлена для нижнего кампана зональной схемы Предкарпатской Польши (Walaszczuk et al., 2016). Появление *V. culverensis* (Barr) отмечается в основании нижнего кампана также на территории Южной Англии (Bailey et al., 2009), Польши и Западной Украины (Dubicka, Peryt, 2016). В Крыму уровень совместной встречаемости этих видов, по заключению В.Н. Беньямовского и Л.Ф. Копаевич (2016), соответствует верхнему сантону. Исходя из этого, слои БФАД-5 отнесены к переходному интервалу сантона–кампана. Появление *Stensioeina pommerana* Brotzen – верхнесантонского–нижнекампанского представителя рода *Stensioeina* – на уровне обр. 40 не противоречит этим выводам, а подтверждает сходство комплексов БФ разрезов Аксу-Дере и Кудрино-2.

Слои с *Pseudogavelinella clementiana clementiana* (БФАД-6). Нижняя граница слоев проводится по присутствию вида-индекса и исчезновению *Bolivinooides strigillatus*. Комплекс установлен в интервале обр. 46–60 (подпачки XVIb–XVI d) и характеризуется хорошей сохранностью, по видовому составу схож с комплексом нижележащих отложений. В нижней части слоев отмечается последняя встречаемость *V. culverensis* (Barr), *Stensioeina exculpta*

(Reuss), *Valvulineria laevis* Brotzen. Внутри слоев (обр. 49) появляется *Neoflabellina asema* Koch (потомок *Neoflabellina suturalis praecursor*), присутствие которой отмечается в верхнем сантоне (единично)–нижнем кампане (постоянно) Северо-Западной Германии (Koch, 1977). В кровле слоев исчезают *Cibicidoides eriksdalensis* Brotzen, *Pseudovalvulineria ex gr. thalmani* (Brotzen), *Eouvigerina* sp., *Loxostomum eleyi* (Cushman).

Слои БФАД-6 по составу сообществ БФ отвечают нижнекампанской зоне LC12 схемы В.Н. Беньямовского (20086). Вид *Pseudogavelinella clementiana clementiana* является маркером нижнего кампана в пределах Восточно-Европейской платформы (Олферьев, Алексеев, 2005), но в Крыму он установлен в отложениях с криноидеями *Marsupites testudinarius* Schlotheim, являющимися индикатором верхнего сантона (Беньямовский, Копаевич, 2016; Маслакова, 1959). Поэтому слои БФАД-6 также датированы поздним сантоном–ранним кампаном.

Слои с *Bolivinooides granulatus* (БФАД-7) выделены в пределах пачки XVII (интервал обр. 61–69) по появлению вида-индекса. Комплекс состоит из раковин хорошей сохранности, но состав его несколько обедняется за счет исчезновения ряда видов и обновляется за счет появления видов-индексов. На уровне обр. 66 отмечено присутствие *Bolivinooides cf. laevigatus* (Marie) – потомковой нижнекампанской формы *Bolivinooides granulatus* (Hofker). В основании слоев встречаются многочисленные *Stensioeina gracilis* Brotzen, количество которых к кровле заметно сокращается.

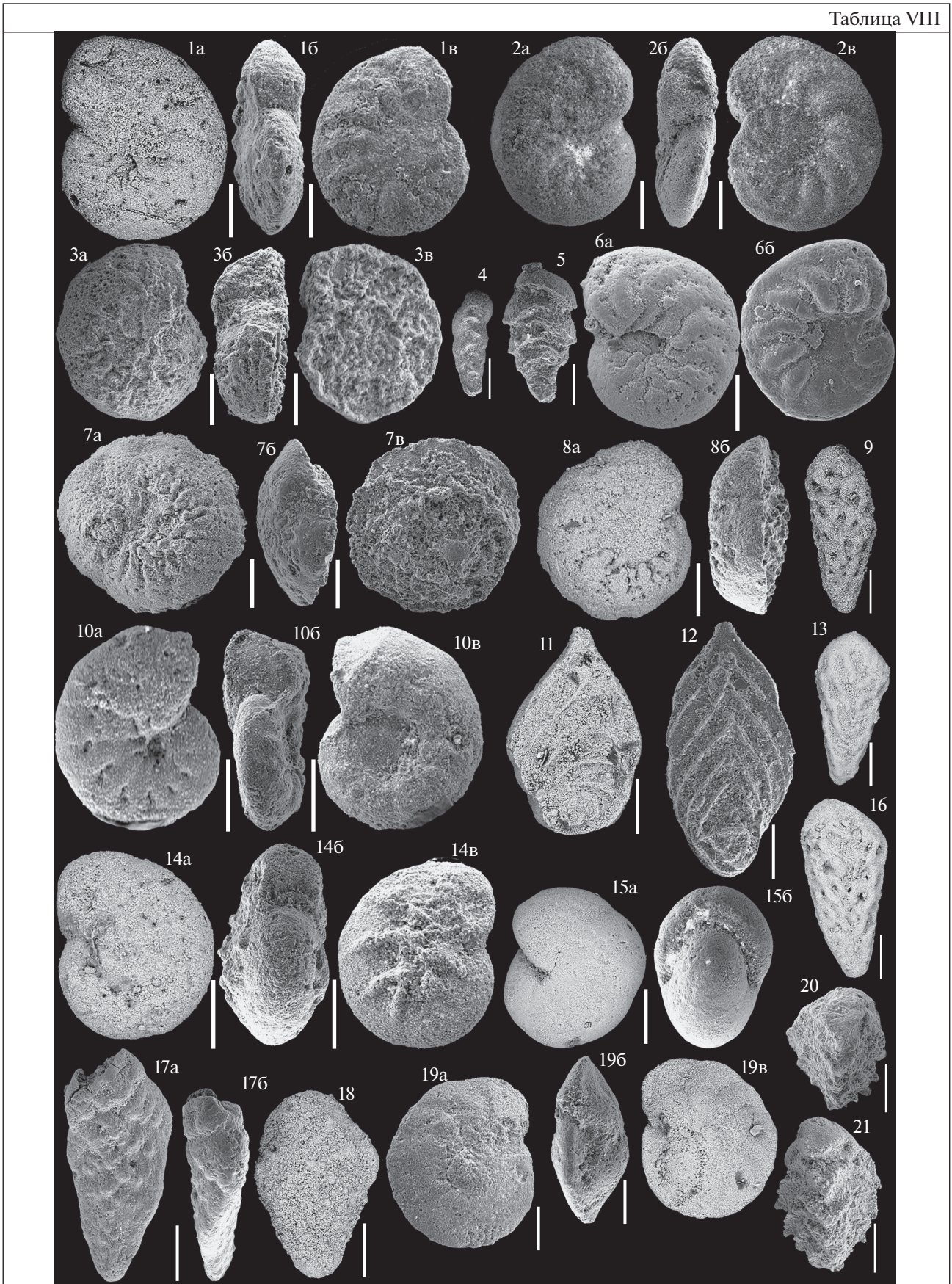
На основании присутствия *Bolivinooides granulatus* слои БФАД-7 сопоставляются с зоной *Bolivinooides granulatus*/*Stensioeina gracilis* нижнего кампана схемы Предкарпатского прогиба (Walaszczuk et al., 2016).

Разрез Кудрино-2. Фораминиферы установлены во всех 9 образцах. Комплексы хорошей сохранности, характеризуются значительным видовым разнообразием – всего определено порядка 38 видов, среди которых руководящие формы, позволяющие оценить возраст вмещающих отложений (табл. IX).

В разрезе Кудрино-2 установлены следующие подразделения в ранге слоев (рис. 11): слои с *Pseudovalvulineria stelligera*/*Stensioeina gracilis*/*St. perfecta* (верхний сантон); слои с *Heterostomel-*

Таблица VIII. Бентосные фораминиферы из разреза Аксу-Дере. Длина масштабной линейки 100 мкм. а – брюшная сторона, б – вид сбоку, в – спинная сторона. 1 – *Pseudovalvulineria stelligera* (Marie), обр. 42; 2 – *Ps. stelligera* (Marie) spp., обр. 69; 3 – *Stensioeina perfecta* Koch, обр. 42; 4 – *Eouvigerina* sp., обр. 40; 5 – *E. aculeata* (Ehrenberg), обр. 44; 6 – *Pseudovalvulineria stelligera* (Marie) spp., обр. 58; 7 – *Stensioeina gracilis* Brotzen, обр. 46; 8 – *St. pommerana* Brotzen, 1936, обр. 44; 9 – *Bolivinooides strigillatus* (Chapman), обр. 42; 10 – *Pseudovalvulineria ex gr. thalmani*, обр. 42; 11 – *Neoflabellina cf. suturalis praecursor*, обр. 44; 12 – *N. asema* Koch, обр. 49; 13 – *Bolivinooides culverensis* Barr, обр. 48; 14 – *Pseudogavelinella clementiana clementiana* (d’Orbigny), обр. 46; 15 – *Pullenia dampelae* Dain, обр. 56; 16 – *Bolivinooides culverensis* Barr, обр. 44; 17 – *B. granulatus* Hofker, обр. 61; 18 – *B. cf. laevigatus* Marie, обр. 66; 19 – *Cibicidoides eriksdalensis* (Brotzen), обр. 46; 20 – *Reussella kelleri* Vassilenko, обр. 42; 21 – *R. szajnochae praecursor* De Klasz et Knipscheer, обр. 69.

Таблица VIII



la praefoveolata (верхи верхнего сантона); слои с *Bolivinooides strigillatus/V. culverensis/Pseudovalvulineria ex gr. thalmanni* (пограничный интервал сантона—кампана); слои с *Pseudogavelinella clementiana clementiana* (пограничный интервал сантона—кампана).

Слои с *Pseudovalvulineria stelligera/Stensioeina gracilis/Stensioeina perfecta* (БФК-1) установлены в интервале обр. 1—5 (подпачки XVb, XVc) и по составу выявленного комплекса соответствуют слоям БФАД-4 (верхний сантон), выделенным в разрезе Аксу-Дере и описанным выше.

Слои с *Heterostomella praefoveolata* (БФК-2) выделены по появлению вида-индекса в нижней части подпачки XVd на уровне обр. 10. Комплекс обновляется за счет агглютинирующих *Ataxophragmium crassum* (d'Orbigny) и секретирующих *Neoflabellina* sp., *Globorotalites mischelianus* (d'Orbigny), *Eouvigerina* sp., *Fursenkoina* cf. *polonica* (Gawor-Biedowa), *Sitella gracilis* (Cushman). Появляются переходные формы *Stensioeina* от "perfecta" к "pommerana". Нижняя граница БФК-2 условно совмещена с подошвой подпачки XVd.

Согласно схеме В.Н. Беньямовского (2008б), *Heterostomella praefoveolata* (Mjatluk) характерна для сообществ верхнесантонской зоны *Stensioeina pommerana* (LC11). В разрезе Кудрино-2 типичная *S. pommerana* появляется выше уровня первых находок *H. praefoveolata*, поэтому возраст слоев БФК-2 можно определить как позднесантонский.

Слои с *Bolivinooides strigillatus/V. culverensis/Pseudovalvulineria ex gr. thalmanni* (БФК-3) установлены в обр. 15 (верхняя часть пачки XVd) по совместной встречаемости видов-индексов и заметному обновлению комплекса за счет агглютинирующих *Marssonella* sp., *Gaudryina laevigata* Franke, *Arenobulimina minutissima* Gawor-Biedowa, *Heterostomella ex gr. carinata* и секретирующих *Ammodiscus cretacea* (Reuss), *Neoflabellina* cf. *suturalis praecursor* (Wedekind), *Pseudogavelinella clementiana clementiana* (d'Orbigny), *Stensioeina pommerana* Brotzen, *Gavelinella pertusa* Marsson, *Valvulineria lenticula* (Reuss), *Sitella gracilis* (Cushman), *Eouvigerina aculeata* (Ehrenberg), *Loxostomum eleyi* (Cushman), *Praebulimina reussi* (Morrow). Верхняя граница БФК-3 условно совмещена с кровлей подпачки XVd.

Слои БФК-3 коррелируют со слоями БФАД-5 в Аксу-Дере и также отнесены к пограничному интервалу сантона—кампана.

Слои с *Pseudogavelinella clementiana clementiana* (БФК-4) выделяются по присутствию вида-индекса, отсутствию *Bolivinooides strigillatus* (Чарман), нижней части слоев и наличию характерного комплекса, выявленного в обр. 20—40 (пачка XVI). Раковины фораминифер характеризуются хорошей сохранностью, по видовому составу ассоциация схожа с комплексом БФ из нижележащих отложений. В основании слоев (обр. 20—25) отмечается присутствие *Angulogavelinella grodnoensis* (Akimetz), характерной для нижнего кампана Польши (Gawor-Biedowa, 1992). В нижней части слоев исчезают *Pseudovalvulineria ex gr. thalmanni*. Внутри слоев (обр. 25) отмечается эпиболь *Heterostomella praefoveolata* (Mjatluk), а также появление *Neoflabellina* cf. *asema* Koch, 1977 и *Cibicides beaumontianus* (d'Orbigny). В верхней части слоев присутствуют *V. culverensis* (Barr) и *Neoflabellina suturalis suturalis* (Cushman) — виды, характерные как для позднего сантона, так и для раннего кампана. Ввиду сходства комплексов БФК-4 и БФАД-6, возраст слоев характеризуется также как переходный позднесантонский—раннекампанский.

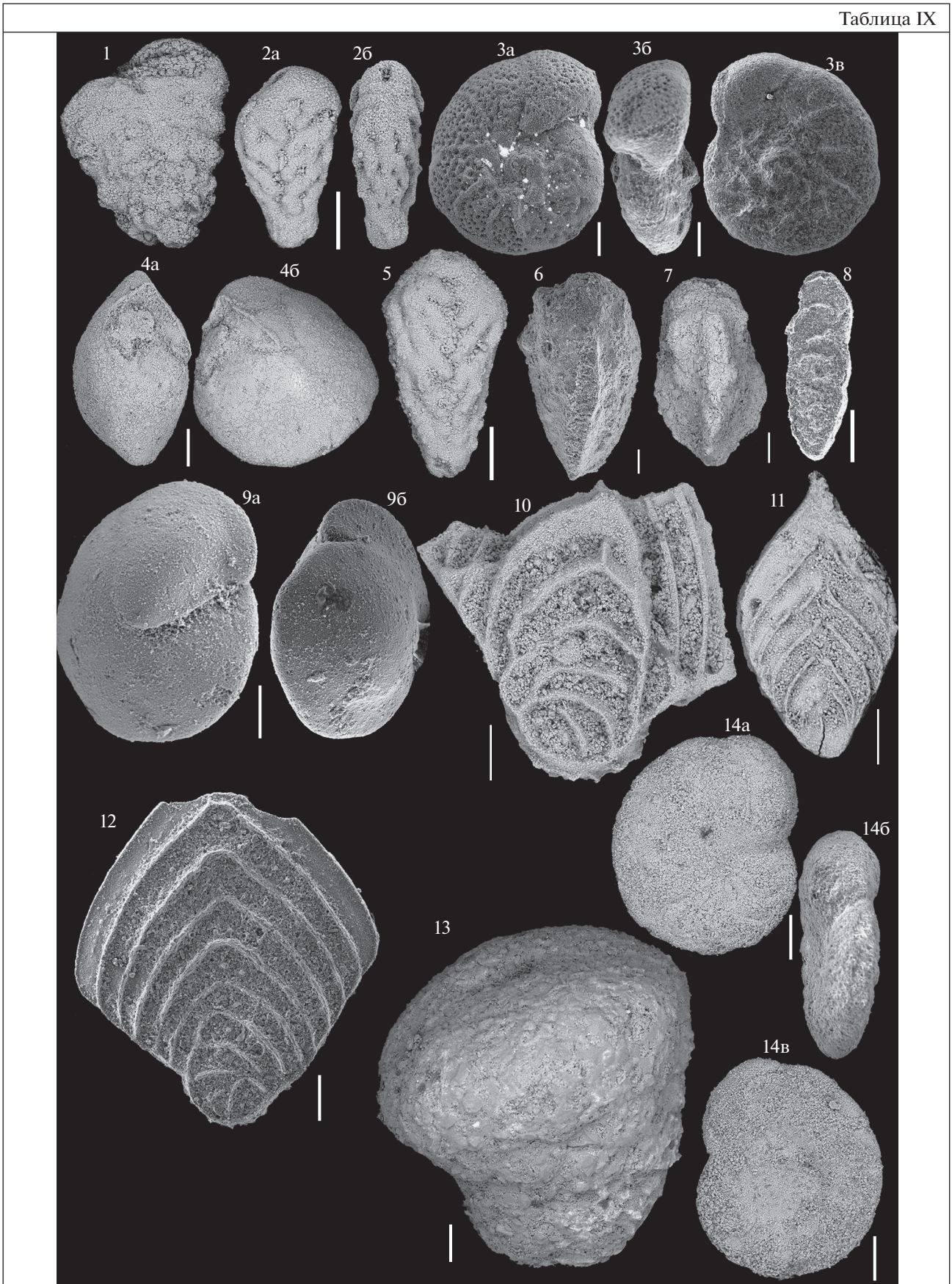
Планктонные фораминиферы

Техническая обработка образцов для изучения раковин планктонных фораминифер (ПФ) выполнена П.А. Прошиной в лаборатории микропалеонтологии Геологического института РАН (Москва) и И.П. Рябовым в лаборатории стратиграфии и палеонтологии Нижне-Волжского Научно-исследовательского института геологии и геофизики (НВНИИГГ), Саратов. В ГИН РАН обработку проб проводили по методике сплавления с гипосульфитом (тиосульфатом натрия) с последующей обработкой в ультразвуковой ванне, в НВНИИГГ — по стандартной методике с использованием ледяной уксусной кислоты. ПФ сфотографированы на сканирующем электронном микроскопе TESCAN2300 в Палеонтологическом институте РАН (Москва), а также на электронном микроскопе JEOL JSM-6480LV на кафедре петрологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва). Изображения раковин ПФ приведены в табл. X и XI. Распределение ПФ в разрезе Кудрино-2 показано на рис. 12, в разрезе Аксу-Дере — на рис. 13.

Раковины ПФ изучены из верхнесантонского—нижекампанского интервала разрезов Кудрино-2 (в 9 образцах) и Аксу-Дере (в 24 образцах).

Таблица IX. Бентосные фораминиферы из разреза Кудрино-2. Длина масштабной линейки 100 мкм. а — брюшная сторона, б — вид сбоку, в — спинная сторона. 1 — *Spiroplectammina lingua* Akimetz, обр. 10; 2 — *Bolivinooides strigillatus* (Чарман), обр. 15; 3 — *Pseudogavelinella clementiana clementiana* (d'Orbigny), обр. 15; 4 — *Osangularia whitei crassa* Vassilenko, обр. 10; 5 — *Bolivinooides culverensis* Barr, обр. 15; 6 — *Heterostomella praefoveolata* Mjatluk, обр. 25; 7 — *H. praefoveolata* Mjatluk, обр. 20; 8 — *Loxostomum eleyi* (Cushman), обр. 30; 9 — *Angulogavelinella grodnoensis* (Akimetz), обр. 20; 10 — *Neoflabellina suturalis* cf. *praecursor* (Wedekind), обр. 15; 11 — *N. asema* Koch, обр. 25; 12 — *N. suturalis suturalis* (Cushman), обр. 40; 13 — *Ataxorbignyina variabilis* (Orbigny), обр. 30; 14 — *Pseudovalvulineria stelligera* (Marie) spp., обр. 15.

Таблица IX



Определено 22 вида ПФ, принадлежащих 10 родам. В разрезе Аксу-Дере раковины ПФ имеют среднюю, реже плохую сохранность и распределены по разрезу неравномерно. В разрезе Кудрино-2 раковины ПФ имеют хорошую сохранность, а их комплексы таксономически разнообразны. В разрезе Аксу-Дере самый представительный комплекс ПФ приурочен к нижней части разреза – пробы от 30 до 40. В вышележащих отложениях комплексы однообразны, а сохранность раковин не всегда позволяет дать точные определения. К сожалению, некоторые виды-индексы в этом разрезе не были обнаружены.

Относительно бедный таксономический состав комплекса ПФ объясняется постепенно усиливающимся влиянием Бореальной провинции на территории Восточно-Европейской платформы и ее южного обрамления, то есть Крымско-Северокавказского региона (Кобаевич, Вишневецкая, 2016; Кобаевич, Vishnevskaya, 2016; Кобаевич и др., 2020; Vishnevskaya, Кобаевич, 2020). Зачастую в крымских комплексах ПФ виды-индексы содержатся в единичных экземплярах или отсутствуют вовсе, что препятствует обоснованию зон по ПФ. В таких случаях можно выделять только “аналоги” зон по ПФ, используя некоторые “биособытия” и комплексы сопутствующих таксонов для стратиграфических корреляций.

Разрез Кудрино-2. Содержит комплекс ПФ, позволяющий выделить две зоны (рис. 12).

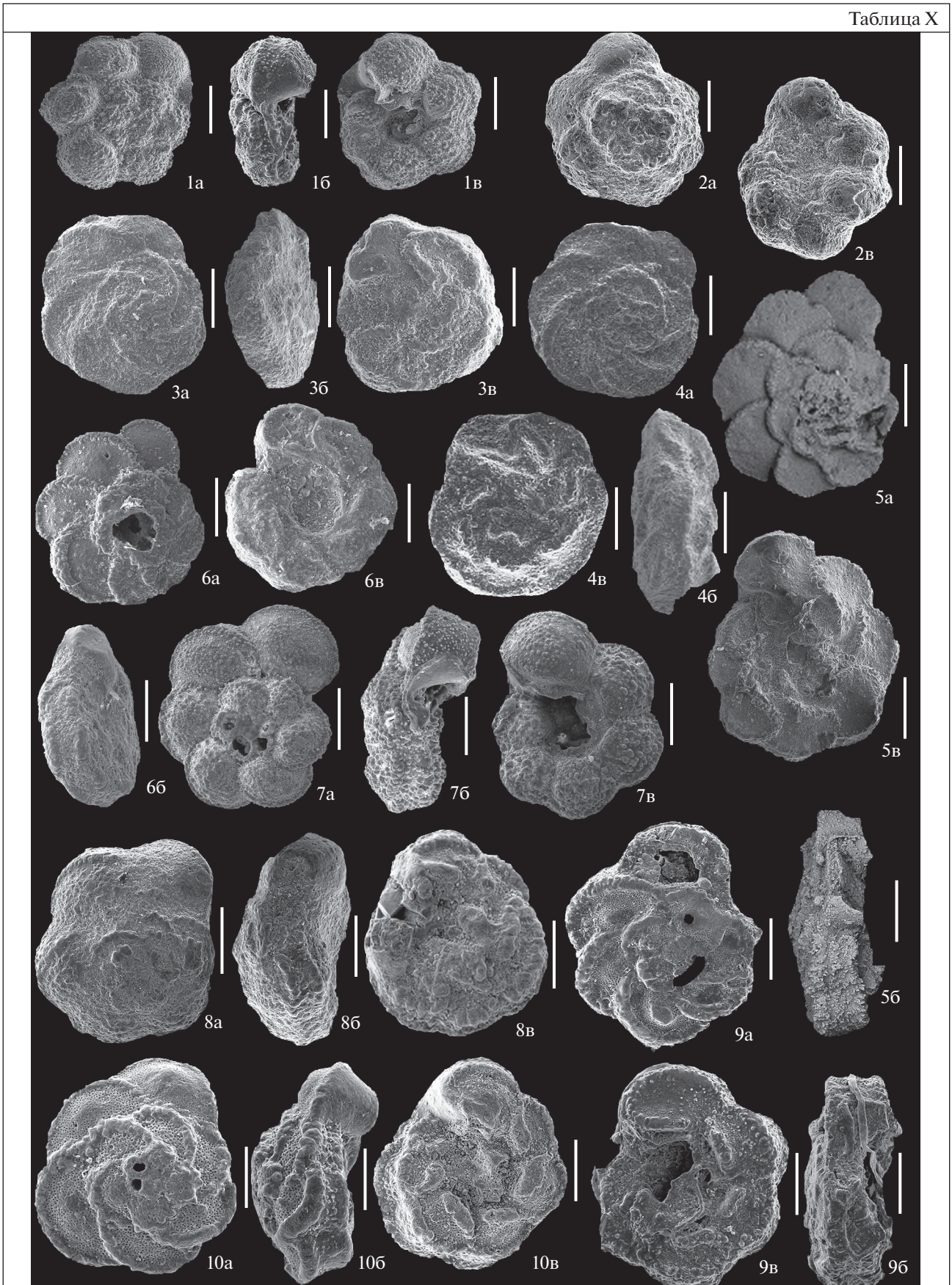
Зона *Dicarinella asymetrica* выделяется в интервале проб от 1 до 15 включительно (подпачки XVb, XVIc и большая часть подпачки XVd) и охарактеризована комплексом ПФ, в состав которого входят следующие виды: килеватые спирально-конические *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno, *M. marginata* (Reuss), *M. coronata* (Bolli); бескилевые спирально-конические с более простой морфологией раковины *Archaeoglobigerina cretacea* (d’Orbigny), *A. bosquensis* Pessagno, *Costellagerina pilula* (Belford), *C. bulbosa* (Belford); спирально-плоскостные мелкие *Globigerinelloides asper* (Ehrenberg), *G. biforaminatus* (Hofker), а также спирально-винтовые двурядные *Planoheterohelix/Heterohelix* spp. Первые появления этих таксонов происходят еще в туроне–коньяке. Но присутствие в ассоциации двукилевых представителей рода *Globotruncana* – *G. linneiana* (d’Orbigny) и *G. bulloides* Vogler – указывает на заведомо сантонский возраст вмещающих пород, потому что в GSSP сантона – в разрезе

Олазагутия (Северная Испания) – первые раковины этого вида встречены на 10 см выше первых находок *Platyceramus undulatoaplicatus* (Roemer) – зональной формы нижнего сантона (Lamolda et al., 2014; Coccioni, Premoli Silva, 2015). Показателем позднесантонского возраста является постоянное присутствие двукилевых спирально-выпуклых *Contusotruncana fornicata* (Plummer) вместе с двукилевыми умбиликально-выпуклыми *Dicarinella concavata* (Brotzen) и *D. asymetrica* (Sigal). В разрезах Крыма и Северного Кавказа эти виды встречаются вместе только в верхнесантонских отложениях (Маслакова, 1978; Кобаевич, 2010; Кобаевич, Vishnevskaya, 2016), однако представители рода *Dicarinella* весьма редки.

Зона *Gbotruncanita elevata* выделяется в интервале проб от 20 до 40 включительно и охватывает верхнюю часть подпачки XVIa и подпачки XVIb–XVI d (рис. 13). На уровне пробы 20 из разреза исчезают раковины *D. concavata/asymetrica*, но появляются и далее вверх по разрезу постоянно присутствуют умбиликально-выпуклые однокилевые *Globotruncanita elevata* (Brotzen). Сочетание этих двух “биособытий” является признаком границы между двумя зонами – *Dicarinella asymetrica* и *Gbotruncanita elevata*, которая близка к границе между сантонским и кампанским ярусами (Premoli Silva, Sliter, 1999; Coccioni, Premoli Silva, 2015; Dubicka et al., 2017; Кобаевич и др., 2020). Отложения зоны *Gbotruncanita elevata* продолжают вплоть до верхов разреза (до пробы 40). В состав комплекса ПФ помимо зонального вида входят появившиеся на уровне пробы 20 двукилевые *Globotruncana arca* (Cushman), *G. mariei* Banner et Blow. В пробе 25 к ним присоединяются *G. neotricarinata* Petrizzo, Falzoni et Premoli Silva и *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), чье присутствие подтверждает раннекампанский возраст вмещающих пород. Появление в пробе 40 раковин *Globotruncana ventricosa* (White) предполагает возможность выделения в вышележащем отложении одноименной зоны, но на данном этапе исследования этого нельзя сделать, потому что вид *G. ventricosa*, не обладающий четкими морфологическими признаками, обнаружен в единственной пробе. В настоящее время вид-индекс этой зоны изменен на *Contusotruncana plummerae* (Gandolfi) (Petrizzo et al., 2011), но его раковины в пробе 40 отсутствуют. Последние раковины *Marginotruncana pseudolinneiana* и *M. coronata* встречены в пробе 30,

Таблица X. Планктонные фораминиферы из сантонских и кампанских отложений разрезов Аксу-Дере и Кудрино-2. Длина масштабной линейки 200 мкм. Для всех спирально-конических раковин: а – вид с дорзальной стороны; б – вид с периферического края; в – вид с умбиликальной стороны. 1 – *Archaeoglobigerina cretacea* (d’Orbigny), Аксу-Дере, проба 20; 2 – *Ar. bosquensis* Pessagno, Аксу-Дере, проба 25; 3 – *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno, Кудрино-2, проба 1; 4 – *M. pseudolinneiana* Pessagno, Кудрино-2, проба 25; 5 – *M. coronata* (Bolli), Аксу-Дере, обр. 5; 6 – *Globotruncana linneiana* (d’Orbigny), Аксу-Дере, проба 1; 7 – *Marginotruncana marginata* (Reuss), Кудрино-2, проба 30; 8 – *Contusotruncana fornicata* (Plummer), Аксу-Дере, проба 20; 9 – *Globotruncana linneiana* (d’Orbigny), Кудрино-2, проба 1; 10 – *Gl. arca* (Cushman), Аксу-Дере, проба 40.

Таблица X



раковины *M. marginata* проходят выше, вплоть до пробы 40.

Таким образом, граница между сантонским и кампанским ярусами, определяемая по ПФ, располагается в интервале между пробами 15 (верхи подпачки XVd) и 20 (низы подпачки XVIa). Для уточнения ее положения необходимо проведение более детального опробования разреза Кудрино-2 и дополнительные исследования.

Разрез Аксу-Дере. ПФ распределены по разрезу неравномерно, их анализ позволяет выделить три зоны (рис. 13).

Зона *Contusotruncana fornicata* соответствует подпачкам XVa–XVc (пробы 20–37). В этой части разреза ПФ представлены разнообразными морфотипами, в состав которых входят килеватые и бескилевые таксоны спирально-конических ПФ, спирально-плоскостные и двурядные спирально-винтовые раковины. Килеватые морфотипы состоят из представителей родов *Marginotruncana Hofker*, *Contusotruncana Korchagin* и *Globotruncana Cushman*. В единичных экземплярах присутствуют двукилевые умбиликально-выпуклые раковины рода *Dicarinella Porthault*. Род *Marginotruncana* представлен видами *M. pseudolinneiana*, *M. marginata*, *M. coronata*, род *Globotruncana* – *G. linneiana* и *G. bulloides*, род *Contusotruncana* – *C. fornicata* (Plummer). Как указывалось выше, важными моментами являются присутствие раковин *G. linneiana*, свидетельствующее о сантонском возрасте вмещающих отложений, а также первое появление и постоянное присутствие *Contusotruncana fornicata*, типичное для верхнесантонских отложений Горного Крыма и Центральной Польши (Маслакова, 1978; Walaszczyk, Peryt, 1998). Присутствующие в этом интервале единичные экземпляры рода *Dicarinella* удалось идентифицировать только в открытой номенклатуре, так как они не обладают явно выраженными морфологическими признаками. Можно предположить, что это переходные морфотипы от умеренно умбиликально-выпуклых *Marginotruncana marginata* к более сильно умбиликально-выпуклым *Dicarinella cf. concavata* или *D. cf. asymetrica*. Остальную часть комплекса составляют раковины бескилевых таксонов с высоко-спиральной трохойдной раковиной и глобулярными камерами. Они представлены *Archaeoglobigerina cretacea*, *A. bosquensis*, *Costellagerina pilula*, *C. bulbosa*. Планоспиральные раковины рода

Globigerinelloides в этом интервале присутствуют постоянно, но в единичных экземплярах. Постоянно встречаются двурядные таксоны группы гетерогелицид, которые, напротив, весьма многочисленны. Начиная с пробы 35, в пачке XVc явным преобладанием пользуются раковины бескилевых таксонов, которые проходят практически через весь разрез Аксу-Дере.

Зона *Globotruncana arca/Globotruncanita elevata* (пачка XVI, пробы 40–58). На уровне пробы 40 появляются раковины вида *Globotruncana arca* (Cushman), который считается в Крыму и Северной Польше маркером сантонской–кампанской границы, хотя в Польше его первое появление упоминалось и в верхнем сантоне. На уровне пробы 46 появляются *G. mariei* Banner et Blow, а в пробе 47 – *G. neotricarinata* и *G. cf. orientalis* El Naggar. Здесь же появляются и затем присутствуют в каждом образце *Rugoglobigerina rugosa*. Появление этих видов указывает на кампанский возраст отложений. Наряду с прогрессирующим числом раковин рода *Globotruncana*, быстро сокращается число раковин *Marginotruncana*, последние представители которого в единичных экземплярах встречены в подпачке XVIc. Вместе с проходящими видами родов *Costellagerina* и *Archaeoglobigerina* значительно увеличивается число мелких планоспиральных раковин рода *Globigerinelloides*, принадлежащих видам *G. asper* и *G. biforaminatus*.

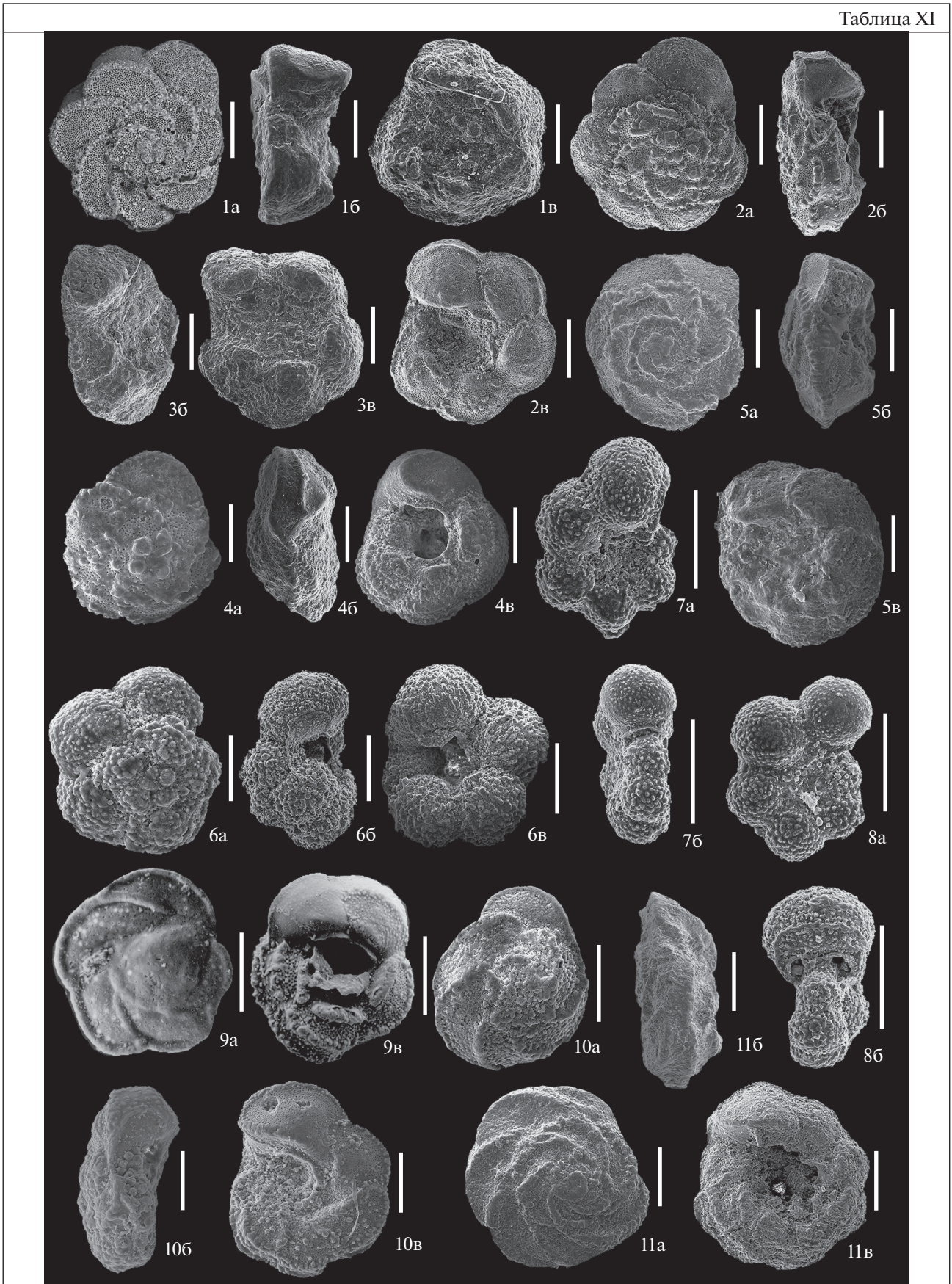
Верхи разреза (пачка XVII, пробы 60–66) характеризуются появлением видов *Globotruncana ventricosa* и *G. rugosa* (Marie). Эти виды встречены в незначительном количестве, однако их присутствие позволяет выделить здесь **среднюю зону кампана** – *Globotruncana ventricosa* (Caron, 1985; Premoli Silva, Sliter, 1995; Petrizzo et al., 2011). При принятом в России двучленном делении кампана эта зона в большей своей части соответствует нижнему кампану.

Таким образом, граница между сантонским и кампанским ярусами в разрезе Аксу-Дере по ПФ определяется по основанию зоны *Globotruncana arca*, соответствующей зоне *Globotruncanita elevata* в разрезе Кудрино-2, и может быть совмещена с подошвой подпачки XVIa.

Магнито- и хемотратиграфические данные, а также обсуждение результатов комплексных исследований будут представлены в статье 2.

Таблица XI. Планктонные фораминиферы из сантонских и кампанских отложений разрезов Аксу-Дере и Кудрино-2. Длина масштабной линейки 200 мкм. Для всех спирально-конических раковин: а – вид с дорзальной стороны, б – вид с периферического края, в – вид с умбиликальной стороны. 1 – *Dicarinella asymetrica* (Sigal), Кудрино-2, проба 15; 2 – *Globotruncana bulloides* Vogler, Кудрино-2, проба 5; 3 – *Dicarinella concavata* (Brotzen), Кудрино-2, проба 15; 4 – *Contusotruncana fornicata* (Plummer), Кудрино-2, проба 1; 5 – *Globotruncanita elevata* (Brotzen), Кудрино-2, проба 20; 6 – *Rugoglobigerina rugosa* Plummer, Аксу-Дере, проба 45; 7 – *Globigerinelloides asper* (Ehrenberg), Аксу-Дере, проба 40; 8 – *Gl. biforaminatus* (Hofker), Аксу-Дере, проба 44; 9 – *Globotruncana mariei* Banner et Blow, Аксу-Дере, проба 40; 10 – *Gl. rugosa* (Marie), Аксу-Дере, проба 40; 11 – *Gl. ventricosa* White, Аксу-Дере, проба 55.

Таблица XI



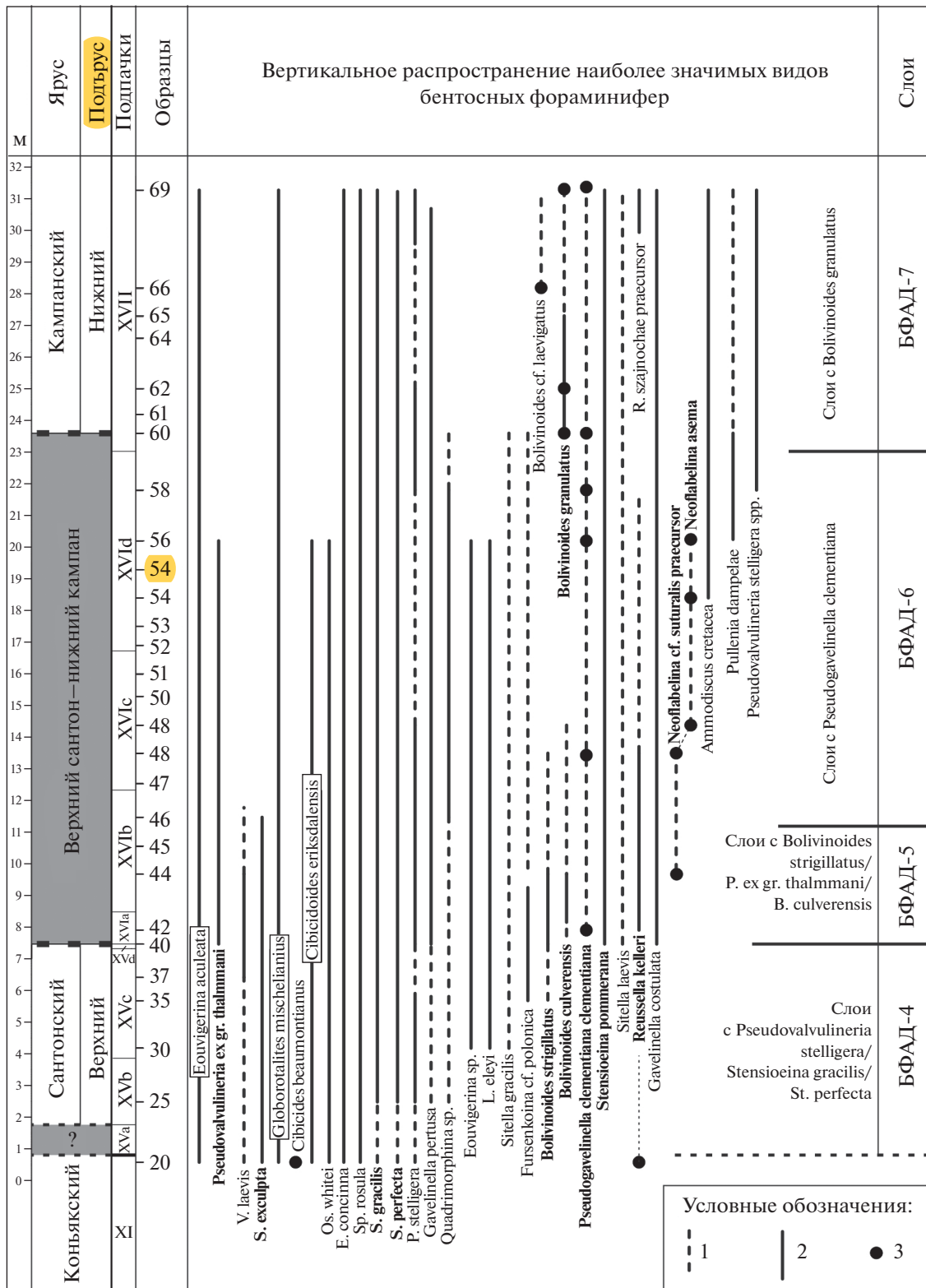


Рис. 10. Распределение бентосных фораминифер в разрезе Аксу-Дере. 1 — единичная встречаемость, 2 — постоянная встречаемость, 3 — достоверная находка вида. Полу жирным шрифтом выделены виды, имеющие наибольшее стратиграфическое значение.

Разрез Кудрино-2, т.н. 3184

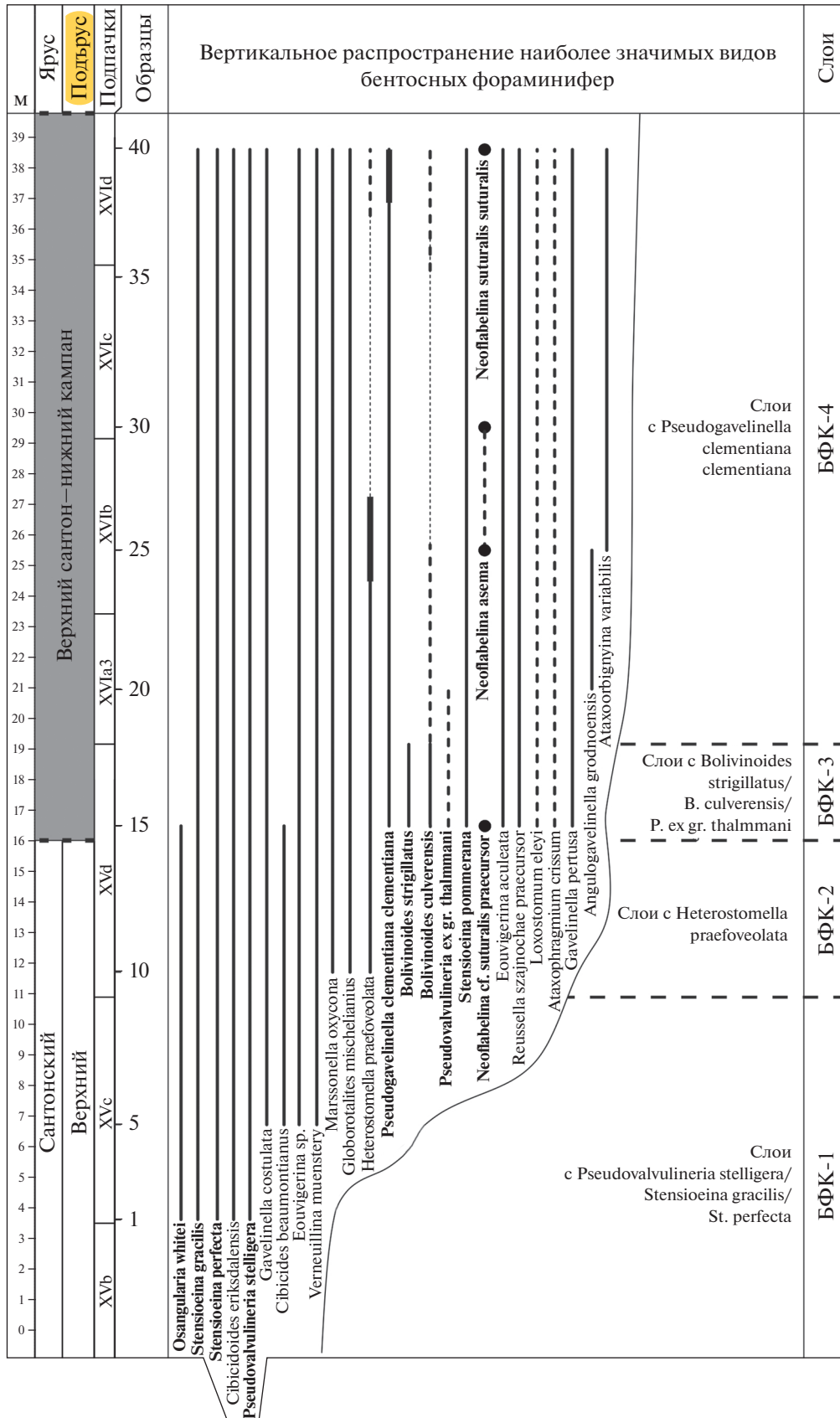


Рис. 11. Распределение бентосных фораминифер в разрезе Кудрино-2. Условные обозначения см. рис. 10.

Разрез Кудрино-2, т.н. 3184

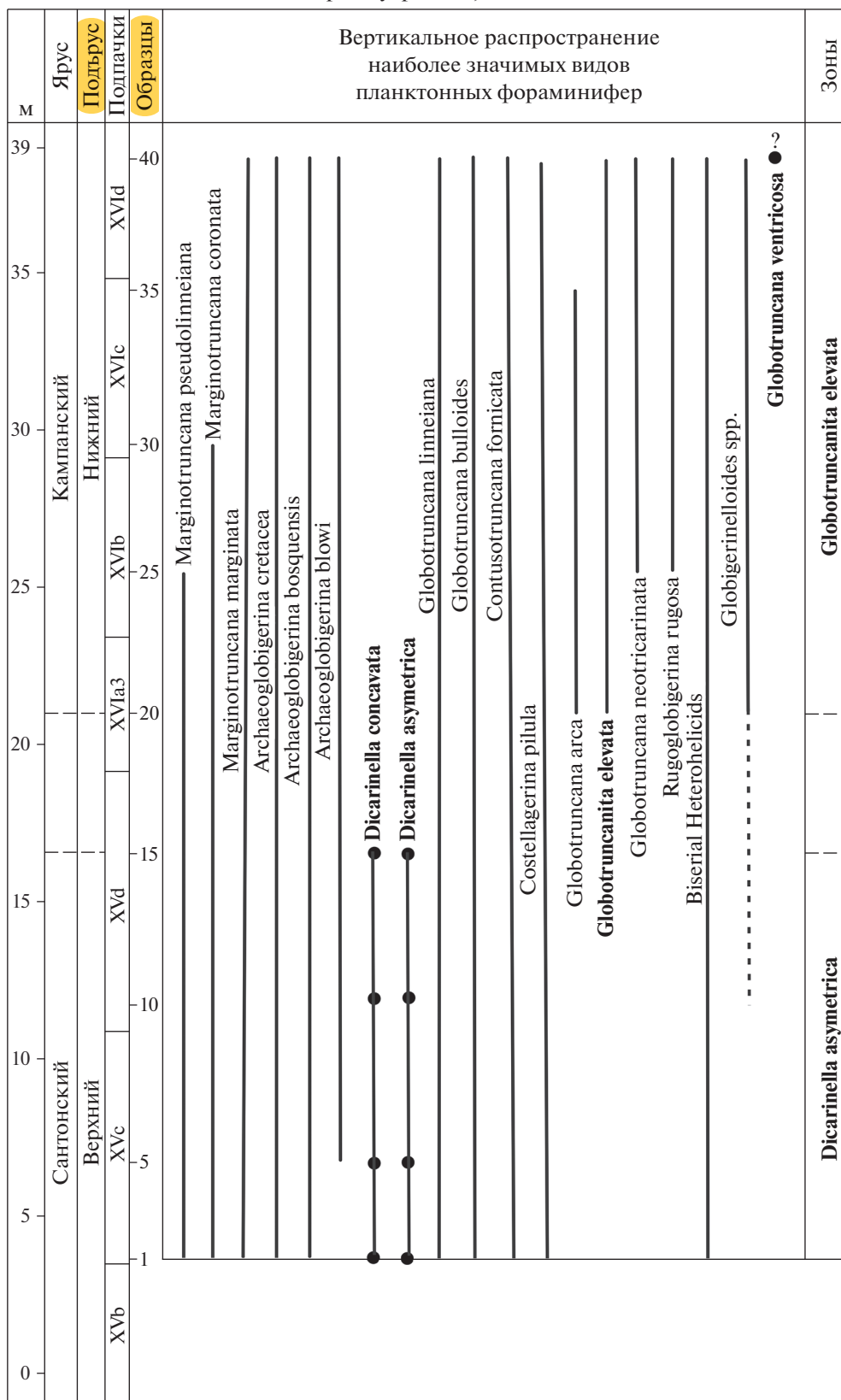


Рис. 12. Распределение планктонных фораминифер в разрезе Кудрино-2. Условные обозначения см. рис. 10.

Разрез Аксу-Дере, т.н. 3168

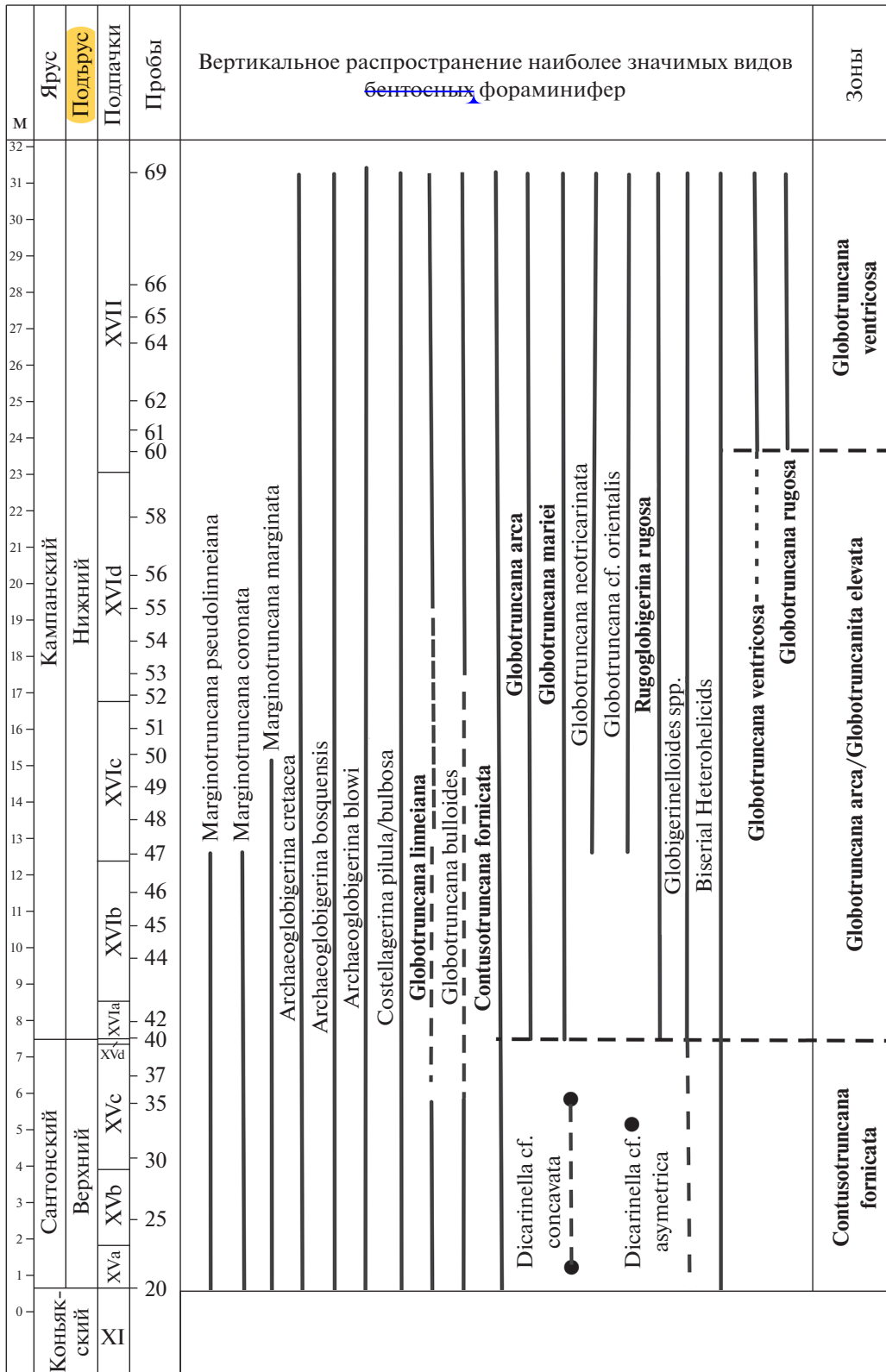


Рис. 13. Распределение планктонных фораминифер в разрезе Аксу-Дере. Условные обозначения см. рис. 10.

Благодарности. Авторы благодарны А.Г. Маникину, В.А. Грищенко, Е.В. Наумову (СГУ) и Д.С. Болотовой (МГУ) за участие в полевом изучении разреза, А.М. Захаревичу (СГУ) за помощь в фотографировании на СЭМ, П.А. Прошиной (ГИН РАН) за камеральную обработку микрофаунистических образцов из Аксу-Дере, В.А. Мусатову (НВНИИГГ) за создание условий для обработки микрофаунистических проб.

Источники финансирования. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-00784-а). Результаты исследований планктонных фораминифер получены за счет средств РФФИ (проект № 18-05-00-503-а). Определения бентосных фораминифер и наннопланктона в разрезе Аксу-Дере выполнены за счет гранта РНФ (проект № 20-77-00028) и в рамках темы госзадания ГИН РАН 0114-2021-0003 соответственно. Изучение ихнофоссилий и определения головоногих моллюсков выполнены в рамках темы госзадания АААА-А16-116033010096-8 (МГУ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова Г.Н., Беньямовский В.Н., Вишневецкая В.С., Застрожных А.С.* Новые данные по биостратиграфии верхнего мела Нижнего Поволжья // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2012. Т. 20. № 5. С. 25–64.
- Алексеев А.С.* Верхний мел // Геологическое строение Качинского поднятия Горного Крыма. Стратиграфия мезозоя. Ред. Мазарович О.А., Милеев В.С. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. С. 123–157.
- Алексеев А.С., Копеевич Л.Ф., Барабошкин Е.Ю., Габдуллин Р.Р., Олферьев А.Г., Яковишина Е.В.* Палеогеография юга Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления в позднем мелу. Статья 1. Введение и стратиграфическая основа // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2005. Т. 80. Вып. 2. С. 80–92.
- Барабошкин Е.Ю.* Ихнокомплексы сантон-кампанских отложений (верхний мел) Юго-Западного Крыма // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Материалы Десятого Всероссийского совещания, Магадан, 20–25 сентября 2020 г. Ред. Барабошкин Е.Ю., Гужиков А.Ю. Магадан: ОАО “МАОБТИ”, 2020. С. 24–27.
- Барабошкин Е.Ю., Фокин П.А.* Находки головоногих моллюсков из пограничного сантон-кампанского интервала разреза Аксудере (Горный Крым) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2019. Т. 94. Вып. 4. С. 77–84.
- Барабошкин Е.Ю., Веймарн А.Б., Копеевич Л.Ф., Найдин Д.П.* Изучение стратиграфических перерывов при производстве геологической съемки. Методические рекомендации. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 163 с.
- Беньямовский В.Н.* Схема инфразонального биостратиграфического расчленения верхнего мела Восточно-Европейской провинции по бентосным фораминиферам. Статья 1. Сенман-коньяк // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008а. Т. 16. № 3. С. 36–46.
- Беньямовский В.Н.* Схема инфразонального расчленения верхнего мела Восточно-Европейской провинции по бентосным фораминиферам. Статья 2. Сантон—мастрихт // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008б. Т. 16. № 5. С. 62–74.
- Беньямовский В.Н., Копеевич Л.Ф.* Коньяк-кампанский разрез Алан-Кыр, Горный Крым: аспекты биостратиграфии и палеобиогеографии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2016. № 2. С. 3–17.
- Брагина Л.Г., Беньямовский В.Н., Копеевич Л.Ф.* Радиоларии и фораминиферы из коньяк-кампа разреза Алан-Кыр, Горный Крым, Россия // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. Т. 24. № 1. С. 44–53.
- Гожик П.Ф., Семенов В.М., Маслун Н.В., Полетаев В.И., Иванік М.М., Міхницька Т.М., Великанов В.Я., Мельничук В.Г., Константиненко Л.Л., Кір'янов В.В., Цегельнюк П.Д., Котляр О.Ю., Берченко О.І., Вдовенко М.В., Шульга В.Ф., Немировська Т.І., Щеголев О.К., Бояріна Н.І., Пяткова Д.М., Плотнікова Л.Ф., Лещук Р.Й., Жабіна Н.М., Шевчук О.А., Якушин Л.М., Анікеева О.В., Веклич О.Д., Приходько М.Г., Тузяк Я.М., Матлай Л.М., Доротяк Ю.Б., Шайнога І.В., Клименко Ю.В., Гоцанюк Г.І.* Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України. Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України. Київ: ІГН НАН України, Логос, 2013. Т. 1. 637 с.
- Гужиков А.Ю., Александрова Г.Н., Барабошкин Е.Ю.* Новые седиментологические, магнитостратиграфические и палинологические данные для разреза верхнего мела Алан-Кыр (Центральный Крым) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2019. № 6. С. 24–34.
- Гужиков А.Ю., Александрова Г.Н., Барабошкин Е.Ю., Рябов И.П., Устинова М.А.* Новые данные по био- и магнитостратиграфии пограничного интервала сантона-кампа ЮЗ Крыма // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Материалы Десятого Всероссийского совещания, Магадан, 20–25 сентября 2020 г. Ред. Барабошкин Е.Ю., Гужиков А.Ю. Магадан: ОАО “МАОБТИ”, 2020. С. 76–80.
- Йолкичев Н.А., Найдин Д.П.* Верхний мел северной Болгарии, Крыма и Мангышлака. Статья 2. Стратиграфия верхнего мела юго-западной части Горного Крыма // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1999. Т. 75. Вып. 5. С. 48–59.
- Кликушин В.Г.* Морские лилии из верхнемеловых отложений СССР // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1980. Т. 55. Вып. 5. С. 80–84.
- Кликушин В.Г.* Палеофаунистическая характеристика верхнемеловых отложений Юго-Западного Крыма // Записки Ленинградского Горного института. 1981. Т. LXXV. С. 107–124.
- Кликушин В.Г.* Туронские, коньякские и сантонские отложения долины р. Бельбека в Крыму // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1985. Т. 60. Вып. 2. С. 69–82.
- Копеевич Л.Ф.* Зональная схема для верхнемеловых отложений Крымско-Кавказского региона по глоботрунканидам (планктонные фораминиферы) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2010. Т. 85. Вып. 5. С. 40–52.
- Копеевич Л.Ф., Вишневецкая В.С.* Распределение водных масс и динамика палеогеографии Крымско-Северо-Кавказского региона в позднем мелу // Палеонтология.

- Стратиграфия. Астробиология. К 80-летию А.Ю. Розанова. М.: Изд-во ПИН РАН, 2016. С. 243–256.
- Копавич Л.Ф., Хотылев А.О.* Стратиграфическое положение меловых вулканитов в Крыму и на Северном Кавказе // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2014. № 6. С. 59–69.
- Копавич Л.Ф., Прошина П.А., Рябов И.П., Овечкина М.Н., Гречихина Н.О.* Новые микропалеонтологические данные о положении границы сантона и кампана в разрезе Алан-Кыр (Центральный Крым) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2020. № 2. С. 43–50.
- Лебедева Н.К.* Биостратиграфия верхнемеловых отложений в бассейне на р. Уса (Полярное Предуралье) по диноцистам // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2005. Т. 13. № 3. С. 114–131.
- Лебедева Н.К.* Диноцисты и биостратиграфия верхнемеловых отложений севера Сибири. Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Новосибирск: ИГНИГ СО РАН, 2006. 395 с.
- Маслакова Н.И.* Крым // Атлас верхнемеловой фауны Северного Кавказа и Крыма. Ред. Москвин М.М. М.: Гостоптехиздат, 1959. С. 60–84.
- Маслакова Н.И.* Глоботрунканиды и их стратиграфическое значение для верхнемеловых отложений Крыма, Кавказа и Советских Карпат. Автореферат дис. ... докт. геол.-мин. наук. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1967. 39 с.
- Маслакова Н.И.* Глоботрунканиды юга европейской части СССР. М.: Наука, 1978. 168 с.
- Маслакова Н.И., Найдин Д.П.* О сантонских отложениях в юго-западном Крыму // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1958. № 1. С. 75–77.
- Найдин Д.П.* Новый белемнит из верхнемеловых отложений Крыма // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1953. Т. 28. Вып. 2. С. 64–65.
- Найдин Д.П.* Подкласс Endocochlia. Внутреннераковинные // Атлас верхнемеловой фауны Северного Кавказа и Крыма. Ред. Москвин М.М. М.: Гостоптехиздат, 1959. С. 198–209.
- Найдин Д.П.* Верхнемеловые белемниты Русской платформы и сопредельных областей. Актинокамаксы, гониотейтисы и белемнеллокамаксы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. 190 с.
- Найдин Д.П., Алексеев А.С., Копавич Л.Ф.* Фауна туронских отложений междуречья Качи и Бодрака (Крым) и граница сеноман–турон // Эволюция организмов и биостратиграфия середины мелового периода. Ред. Найдин Д.П., Красилов В.А. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 22–40.
- Олферьев А.Г., Алексеев А.С.* Стратиграфическая схема верхнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы. Объяснительная записка. М.: Палеонтол. ин-т РАН, 2005. 204 с.
- Фокин П.А., Копавич Л.Ф., Устинова М.А., Косоруков В.Л.* Пограничные отложения сантона и кампана в разрезе Аксудере (Крым, Бахчисарайский район) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Материалы IX Всероссийского совещания, 17–21 сентября 2018, Белгород. Ред. Барабошкин Е.Ю. и др. Белгород: ПОЛИТЕРРА, 2018. С. 278–282.
- Шуменко С.И., Стеценко В.П.* Известковые нанофоссилии в верхнемеловых отложениях Крыма // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1978. Т. 53. Вып. 1. С. 130–137.
- Щербинина Е.А., Гаврилов Ю.О.* Зональное расчленение сеноманских–сантонских отложений Юго-Западного Крыма по наннопланктону // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Сб. науч. трудов. Ред. Барабошкин Е.Ю. Симферополь: Изд. дом “Черномор-пресс”, 2016. С. 292–294.
- Bailey H.W., Hart M.B., Swiecicki A.* Evolutionary lineages of benthic foraminifera in the chalk seas of N.W. Europe and their application to problem solving // Geologic Problem Solving with Microfossils: A Volume in Honor of Garry D. Jones. Eds. Demchuk T.D., Gary A.C. SEPM Spec. Publ. 2009. V. 93. P. 233–249.
- Bown P.R., Young J.R.* Techniques // Calcareous nannofossil biostratigraphy (British Micropalaeontol. Soc. Ser.). Ed. **Bown P.R. London:** Chapman and Hall, 1998. P. 16–28.
- Burnett J.A.* Upper Cretaceous // Calcareous nannofossil biostratigraphy (British Micropalaeontol. Soc. Ser.). Ed. **Bown P.R. London:** Chapman and Hall, 1998. P. 132–199.
- Caron M.* Cretaceous planktic foraminifera // Plankton stratigraphy. Eds. **Bolli H.M., Saunders J., Persh-Nielsen K.** Cambridge Univ. Press, 1985. P. 17–86.
- Coccioni R., Premoli Silva I.* Revised Upper Albian–Maastrichtian planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetostratigraphy of the classical Tethyan Gubbio section (Italy) // Newslett. Stratigr. 2015. V. 48. P. 47–90.
- Droser M.L., Bottjer D.J.* A semiquantitative field classification of ichnofabric // J. Sed. Petrol. 1986. V. 56. № 4. P. 558–559.
- Dubicka Z., Peryt D.* Bolivinoidea (benthic foraminifera) from the Upper Cretaceous of Poland and western Ukraine: taxonomy, evolutionary changes and stratigraphic significance // J. Foraminiferal Res. 2016. V. 46. P. 75–94.
- Dubicka Z., Jurkowska A., Thibault N., Razmjooei M.J., Wójcik K., Gorzelak K., Felisiak I.* An integrated stratigraphic study across the Santonian/Campanian boundary at Bocieście, southern Poland: a new boundary stratotype candidate // Cretaceous Res. 2017. V. 20. P. 61–85.
- Flügel E.* Microfacies Analysis of Limestones. Analysis, Interpretation and Application. Berlin: Springer, 2010. 894 p.
- Gale A.S., Hancock J.M., Kennedy J.W., Petrizzo M.R., Lees J., Walaszczyk I., Wray D.* An integrated study (geochemistry, stable oxygen and carbon isotopes, nannofossils, planktonic foraminifera, inoceramid bivalves, ammonites and crinoids) of the Waxahachie Dam Spillway section, north Texas: a possible boundary stratotype for the base of the Campanian Stage // Cretaceous Res. 2008. V. 29. P. 131–167.
- Gawor-Biedowa E.* Campanian and Maastrichtian foraminifera from the Lublin Upland, eastern Poland // Palaeontol. Polon. 1992. V. 52. 187 p.
- Hampton M.J., Bailey H.W., Gallagher L.T., Mortimore R.N., Wood C.J.* The biostratigraphy of Seaford Head, Sussex, southern England: an international reference section for the basal boundaries for the Santonian and Campanian Stages in chalk facies // Cretaceous Res. 2007. V. 28. P. 46–60.
- Hancock J.M., Gale A.S., Gardin S., Kennedy W.J., Lamolda M.A., Matsumoto T.M., Naidin D.P.* The Campanian Stage // Proc. Second Int. Symp. on Cretaceous Stage

- Boundaries. Eds. Rawson P.F., Dhondt J.M., **Hancock J.M.**, Kennedy W.J. Bull. de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre. 1996. V. 66 (Suppl.). P. 103–109.
- Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R.* Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic // *Science*. 1987. V. 235. P. 1156–1167.
- Hart M.B., Bailey H.W., Crittenden S., Fletcher B.N., Price R.J., Swiecicki A.* Cretaceous // *Stratigraphical Atlas of Fossil Foraminifera*. 2nd Edition. Eds. Jenkins D.G., Murray J.W. Chichester, U.K.: Ellis Horwood Ltd., 1989. P. 273–371.
- Jarvis I., Mabrouk A., Moody R.T.J., de Cabrera S.* Late Cretaceous (Campanian) carbon isotope events, sealevel change and correlation of the Tethys and Boreal realms // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2002. V. 188. P. 215–248.
- Jarvis I., Gale A.S., Jenkyns H.C., Pearce M.* Secular variations in Late Cretaceous carbon isotopes: a new $\delta^{13}\text{C}$ carbonate reference curve for the Cenomanian-Campanian (99.6–70.6 Ma) // *Geol. Mag.* 2006. V. 143. P. 561–608.
- Jenkyns H.C., Gale A.S., Corfield R.M.* Carbon and oxygen isotope stratigraphy of the English chalk and Italian Scaglia and its paleoclimatic significance // *Geol. Mag.* 1994. V. 131. P. 1–34.
- Kirsch K.-H.* Dinoflagellatenzysten aus der Oberkreide des Helvetikums und Nordultrahelvetikums von Oberbayern // *Munchener Geowissenschaftliche Abhandlungen Reihe A Geologie und Paläontologie*. 1991. V. 22. P. 1–306.
- Knaust D.* Atlas of Trace Fossils in Well Core: Appearance, Taxonomy and Interpretation. Springer, 2017. 209 p.
- Koch W.* Stratigraphie der Oberkreide in Nordwestdeutschland (Pompeckjsche Scholle). Teil 2. Biostratigraphie in der Oberkreide und Taxonomie von Foraminiferen // *Geol. Jahrb.* 1977. A. 38. P. 11–123.
- Kopaevich L.F., Vishnevskaya V.S.* Cenomanian–Campanian (Late Cretaceous) planktonic assemblages of the Crimea-Caucasus area: palaeoceanography, palaeoclimate and sea level changes // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2016. V. 441. Spec. Iss. P. 493–515.
- Kopaevich L.F., Walaszczyk I.P.* An integrated inoceramid-foraminiferal biostratigraphy of the Turonian and Coniacian strata in south-western Crimea, Soviet Union // *Acta Geol. Polon.* 1990. V. 40. № 1–2. P. 83–96.
- Lamolda M.A., Paul C.R.C., Peryt D., Pons J.M.* The Global Boundary Stratotype and Section Point (GSSP) for the base of the Santonian Stage, “Cantera de Margas”, Olazagutia, northern Spain // *Episodes*. 2014. V. 37. P. 2–13.
- Lebedeva N.K.* Dinocyst biostratigraphy of the Upper Cretaceous of Northern Siberia // *Paleontol. J.* 2006. V. 40. Suppl. 5. P. S604–S621.
- Linnert C., Robinson S.A., Lees J.A., Bown P.R., Perez-Rodriguez I., Petrizzo M.R., Falzoni F., Littler K., Arz J.A., Russell E.E.* Evidence for global cooling in the Late Cretaceous // *Nature Communications*. 2014. V. 5. № 4194. www.nature.com/articles/ncomms5194
- Linnert C., Robinson S.A., Lees J.A., Perez-Rodriguez I., Jenkyns H.C., Bown P.R., Falzoni F.* Did Late Cretaceous cooling trigger the Campanian–Maastrichtian Boundary Event? // *Newslett. Stratigr.* 2018. V. 51. № 2. P. 145–166.
- McArthur J.M., Kennedy W.J., Gale A.S., Thirlwall M.F., Chen M., Burnett J., Hancock J.M.* Strontium isotope stratigraphy in the Late Cretaceous: intercontinental correlation of the Campanian/Maastrichtian boundary // *Terra Nova*. 1992. V. 4. P. 385–393.
- McArthur J.M., Thirlwall M.F., Chen M., Gale A.S., Kennedy W.J.* Strontium isotope stratigraphy in the Late Cretaceous: numerical calibration of the Sr isotope curve and intercontinental correlation of the Campanian // *Paleoceanography*. 1993. V. 8(6). P. 859–873.
- Melinte-Dobrinescu M.C.* Uppermost Cretaceous calcareous nannofossils in red pelagic sediments (Romanian Carpatians) // *Acta Palaeontol. Roman.* 2018. V. 14. № 2. P. 35–44.
- Mitchell S.F.* New data on the biostratigraphy of the Flamborough Chalk Formation (Santonian, Upper Cretaceous) between South Landing and Danes Dyke, North Yorkshire // *Proc. Yorkshire Geol. Soc.* 1994. V. 50(2). P. 113–118.
- Mitchell S.F.* The Cretaceous crinoid *Uintacrinus socialis* from Jamaica and its significance for global correlation // *Geol. Mag.* 2009. V. 146(6). P. 937–940.
- Montgomery P., Hailwood E.A., Gale A.S., Burnett J.A.* The Magnetostratigraphy of Coniacian-Late Campanian chalk sequences in southern England // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1998. V. 156. P. 209–224.
- Nøhr-Hansen H.* Upper Cretaceous dinoflagellate cyst stratigraphy, onshore West Greenland // *Grønlands Geologiske Undersøgelse Bull.* 1996. V. 170. 104 p.
- Nøhr-Hansen H., Piasecki S., Alsen P.A.* Cretaceous dinoflagellate cyst zonation for NE Greenland // *Geol. Mag.* 2019. <https://doi.org/10.1017/S0016756819001043>
- Ogg J.G., Hinnov L.A.* Cretaceous // *The Geologic Time Scale*. Eds. Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., **Ogg G.M.** Amsterdam: Elsevier, 2012. P. 793–855.
- Okay A.I., Nikishin A.M.* Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia in the Black Sea region // *Int. Geol. Rev.* 2015. V. 57(5–8). P. 1051–1076.
- Ovechkina M.N., Kopaevich L.F., Aleksandrova G.N., Proshina P.A., Ryabov I.A., Baraboshkin E.Yu., Guzhikov A.Yu., Mostovski M.B.* Calcareous nannofossils and other proxies define the Santonian–Campanian boundary in the Central Crimean Mountains (Alan-Kyr section) // *Cretaceous Res.* 2021. V. 119. № 104706. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2020.104706>
- Pearce M.A.* New genera and species of organic-walled dinoflagellate cysts from the Cenomanian to lower Campanian of the Trunch borehole, southeast England // *J. Micro-palaeontol.* 2010. V. 29. P. 51–72.
- Pearce M.A., Jarvis I., Ball P.J., Laurin J.* Palynology of the Cenomanian to lowermost Campanian (Upper Cretaceous) Chalk of the Trunch Borehole (Norfolk, UK) and a new dinoflagellate cyst bioevent stratigraphy for NW Europe // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2020.104188>
- Petrizzo M.R., Falzoni F., Premoli Silva I.* Identification of the base of the lower-to-middle Campanian Globotruncana ventricosa Zone: comments on reliability and global correlations // *Cretaceous Res.* 2011. V. 32. P. 387–405.
- Prauss M.* Sea-level changes and organic-walled phytoplankton response in a Late Albian epicontinental setting, Lower Saxony basin, NW Germany // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2001. V. 174. P. 221–249.

- Premoli Silva I., Sliter W.V.* Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy and evolutionary trends from the Bottaccione section, Gubbio, Italy // *Palaeontographia Italica*. 1995. V. 82. P. 1–89.
- Premoli Silva I., Sliter W.V.* Cretaceous paleoceanography: evidence from planktonic foraminiferal evolution // *The Evolution of Cretaceous Ocean—Climatic System*. Eds. Barrera E., Jonson C.C. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 1999. V. 332. P. 301–328.
- Prince I.M., Jarvis I., Tocher B.A.* High-resolution dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Santonian—Basal Campanian (Upper Cretaceous): new data from Whitecliff, Isle of Wight, England // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 1999. V. 105. P. 143–169.
- Prince I.M., Jarvis I., Pearce M.A., Tocher B.A.* Dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Coniacian—Santonian (Upper Cretaceous): new data from the English Chalk // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2008. V. 150. P. 59–96.
- Radmacher W., Tyszka J., Mangerud G., Pearce M.A.* Dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Upper Albian to Lower Maastrichtian in the southwestern Barents Sea // *Mar. Petrol. Geol.* 2014. V. 57. P. 109–121.
- Radmacher W., Mangerud G., Tyszka J.* Dinoflagellate cyst biostratigraphy of Upper Cretaceous strata from two wells in the Norwegian Sea // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2015. V. 216. P. 18–32.
- Razmjooei M.J., Thibault N., Kani A., Mahanipour A., Bous-saha M., Korte C.* Coniacian—Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy and carbon-isotope stratigraphy in the Zagros Basin (Iran): consequences for the correlation of Late Cretaceous Stage Boundaries between the Tethyan and Boreal realms // *Newslett. Stratigr.* 2014. V. 47/2. P. 183–209.
- Razmjooei M.J., Thibault N., Kani A., Dinarès-Turell J., Pucéat E., Shahriari S., Radmacher W., Jamali A.M., Ullmann C.V., Voigt S., Cocquerez T.* Integrated bio- and carbon-isotope stratigraphy of the Upper Cretaceous Gurpi Formation (Iran): a new reference for the eastern Tethys and its implications for large-scale correlation of stage boundaries // *Cretaceous Res.* 2018. V. 91. P. 312–340.
- Remane J., Basset M.G., Cowie J.W., Gohrbandt K.H., Lane H.R., Michelsen O., Wang N.* Revised guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standards by the International Commission on Stratigraphy (ICS) // *Episodes*. 1996. V. 19. № 3. P. 77–81.
- Russo F.* Calcareous nannofossil revised biostratigraphy of the latest Albian—earliest Campanian time interval (Late Cretaceous). Ph. D. Thesis. Matricola R08989. Università degli studi di Milano, dottorato di Ricerca in Scienze de la Terra Ciclo XXVI. Anno Academico, 2012–2013. 147 p.
- Sanjary S., Hadavi F., Notghi-Moghaddam M., Allameh M.* Calcareous nannofossils from chalky limestone interval of the Abderas formation in the Kopet Dagh range, NE Iran // *Iran. J. Earth Sci.* 2019. V. 11. P. 47–55.
- Schulz M-G., Erns G., Ernst H., Schmid F.* Coniacian to Maastrichtian stage boundaries in the standard section for the Upper Cretaceous white chalk of NW Germany (Lägerdorf-Kronsmoor-Hemmoor): definitions and proposals // *Bull. Geol. Soc. Denmark*. 1984. V. 33. P. 203–215.
- Siegl-Farkas Á.* Dinoflagellate stratigraphy of the Senonian formations of the Transdanubian Range // *Acta Geol. Hungarica*. 1997. V. 40/1. P. 73–100.
- Siegl-Farkas Á., Wagneich M.* Correlation of palynofossils (spores, pollen, dinoflagellates) and calcareous nannofossil zones in the Late Cretaceous of the Northern Calcareous Alps (Austria) and the Transdanubian Central Range (Hungary) // *Advances in Austrian-Hungarian Joint Geological Research. 1000 years Austria & 1100 years Hungary*. Budapest: MÁFI (Geological Institute of Hungary), 1996. P. 127–135.
- Sissingh W.* Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton // *Geologie en Mijnbouw*. 1977. V. 56. P. 37–65.
- Slimani H.* Les kystes de dinoflagellés du Campanien au Danien dans la région de Maastricht (Belgique, Pays-Bas) et de Turnhout (Belgique): Biozonation et corrélation avec d'autres régions en Europe occidentale // *Geologica et Palaeontologica*. 2001. № 35. P. 161–201.
- Thibault N., Jarvis I., Voigt S., Gale A.S., Attree K., Jenkyns H.C.* Astronomical calibration and global correlation of the Santonian (Cretaceous) based on the marine carbon isotope record // *Paleoceanography*. 2016. V. 31. P. 847–865.
- Vishnevskaya V.S., Kopaevich L.F.* Microfossil assemblages as key to reconstruct sea-level fluctuations, cooling episodes and palaeogeography: the Albian to Maastrichtian of Boreal and Peri-Tethyan Russia // *Geol. Soc. London. Spec. Publ.* 2020. № 498. P. 165–187. <https://doi.org/https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.4737236>
- Vishnevskaya V.S., Kopayevich L.F., Benyamovsky V.N., Ovechkina M.N.* Correlation of the Upper Cretaceous zonal charts of the East European Platform according to foraminifera, radiolarians and nanoplankton // *Herald of the Moscow University. Ser. 4. Geology*. 2018. № 1. P. 26–35.
- Walaszczyk I., Peryt D.* Inoceramid-foraminiferal biostratigraphy of the Turonian through Santonian deposits of the Middle Vistula Section, Central Poland // *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*. 1998. T. I. № 11/12. P. 1501–1513.
- Walaszczyk I., Dubicka Z., Olszewska-Nejbert D., Remin Z.* Integrated biostratigraphy of the Santonian through Maastrichtian (Upper Cretaceous) of extra-Carpathian Poland // *Acta Geol. Polon.* 2016. V. 66. № 3. P. 313–350.
- Weber G., Malychev V.* Sur la stratigraphie du Mesocretace et du Neocretace de la Crimée // *Bull. Soc. Geol. France. Ser. 4*. 1923. T. XXIII. № 5–6. P. 193–204.
- Wolfgring E., Wagneich M., Dinarès-Turell J., Gier S., Böhm K., Sames B., Spötl K.* The Santonian—Campanian boundary and the end of the Long Cretaceous Normal Polarity-Chron: isotope and plankton stratigraphy of a pelagic reference section in NW Tethys (Austria) // *Newslett. Stratigr. prePub Arcicle*. Published online May 2018. <https://www.researchgate.net/publication/325022888>
- Mikrotax.org — a system for web-delivery of taxonomy. URL: www.mikrotax.org
- Stratigraphy.org — International Commission on Stratigraphy. URL: <https://stratigraphy.org/gssps/#cretaceous>

Рецензенты В.В. Аркадьев,
В.А. Захаров, Б.Н. Шурыгин

New Bio-, Chemo- and Magnetostratigraphy of the Santonian–Campanian Boundary in the Kudrino and Aksu-Dere Sections (SW Crimea): Problems of Global Correlation and Selection of the Lower Boundary Stratotype of the Campanian.

1. Geological Framework, Sedimentology, Biostratigraphy

A. Yu. Guzhikov^{a, #}, E. Yu. Baraboshkin^{b, c}, G. N. Aleksandrova^c, I. P. Ryabov^a, M. A. Ustinova^c, L. F. Kopaevich^b, G. V. Mirantsev^d, A. B. Kuznetsov^e, P. A. Fokin^b, and V. L. Kosorukov^b

^a*Saratov State University, Saratov, Russia*

^b*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

^c*Geological Institute of RAS, Moscow, Russia*

^d*Paleontological Institute of RAS, Moscow, Russia*

^e*Institute of Precambrian Geology and Geochronology of RAS, Saint Petersburg, Russia*

[#]*e-mail: aguzhikov@yandex.ru*

New complex data were obtained for two sections of the Santonian–Campanian boundary of Southwestern Crimea. Article 1 presents detailed geological descriptions of sections, lithological, mineralogical and paleoichnological materials, the results of determining macro- (crinoids, ammonites, belemnites) and micropaleontological (dinocysts, nannoplankton, benthic and planktonic foraminifers) remains. Based on the research results, sea level fluctuations, variations in the activity of allogenic input (including pyroclastic material) and other features of sedimentation have been reconstructed. All macro- and micropaleontological data confirm the Late Santonian–Early Campanian age of the rocks; for each of the micropaleontological groups, biostratigraphic units have been established and a detailed division of the sections has been carried out.

Keywords: Upper Cretaceous, Santonian, Campanian, dinocysts, benthic foraminifers, planktonic foraminifers, nannoplankton, crinoids, ammonites, belemnites, ichnocomplexes, Crimea