

УДК 551.763.3[550.384.5:550.384](1-924.71)

А.Ю. Гужигов¹, Г.Н. Александрова², Е.Ю. Барабошкин³

НОВЫЕ СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ, МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ И ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАЗРЕЗА ВЕРХНЕГО МЕЛА АЛАН-КЫР (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КРЫМ)

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, 410012, Саратов, ул. Астраханская, 83

Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1

Saratov State University, 410012, Saratov, Astrakhanskaya Street, 83

Geological Institute RAS, 119017, Moscow, Pyzhevsky lane, 7

Lomonosov Moscow State University, 119991, GSP-1, Leninskiye Gory, 1

Приведены результаты седиментологических, палинологических, палеомагнитных и петромагнитных исследований разреза верхнего мела Алан-Кыр (Центральный Крым). Уточнена номенклатура пород и обоснован их глубоководный генезис. По палинологическим данным отложения отнесены к нижнему и частично к верхнему кампану (при двучленном делении яруса), в низах и верхах разреза палиноморфы не обнаружены. В нижней части разреза выделена магнитозона обратной полярности — вероятный аналог магнитного хрона C33r, основу которого, следуя рекомендации Е. Вольфгринга с соавторами [Wolfgring et al., 2018], целесообразно использовать в качестве первичного признака для определения нижней границы кампанского яруса в разрезе. Полученные данные обнаружили существенные расхождения с полученными ранее микрофаунистическими датировками разреза [Брагина и др., 2016].

Ключевые слова: верхний мел, сантон, кампан, палинология, диноцисты, магнитостратиграфия, геомагнитная полярность, Крым.

In this article there are the results of sedimentological, palynological and paleomagnetic studies of upper Cretaceous in Alan-Kyr section (Central Crimea). The nomenclature of rocks was specified, and their deep-water genesis was justified. According to palynologic data, the age of sediments is estimated as late Campanian, in the lower part of the section palynomorphs were not found. In the lower part of the section there was established a reverse polarity magnetozone — probable analogue of C33r magnetic chron, which base should be desirable to use as a primary attribute to determine the lower border of Campanian stage in the section according to Wolfgring's recommendation [Wolfgring et al., 2018]. The received data found a significant divergence microfaunistic dating of the section, conducted before [Bragina et al., 2016].

Key words: Upper cretaceous, Cretaceous, Santonian, Campanian, Palynology, Dinocysts, Magnetostratigraphy, Geomagnetic polarity, Crimea.

Введение. В разрезе верхнего мела Алан-Кыр (Центральный Крым) мощностью ~70 м, представленном известняками и мергелями, по микрофаунистическим данным (бентосные и планктонные фораминиферы, радиолярии) ранее был обоснован коньякский, сантонский и кампанский возраст пород [Беньямовский, Копаевич, 2016; Брагина и др., 2016] (рис. 1). При этом В.Н. Беньямовский и Л.Ф. Копаевич [2016] отметили несовпадение возраста сантонских и кампанских биостратонов, выделяемых, с одной стороны, по бентосным фораминиферам, а с другой — по планктонным фораминиферам и радиоляриям. В основании разреза бентосные фораминиферы не обнаружены, и

породы были отнесены к коньякскому ярусу по результатам анализа только радиолярий и планктонных фораминифер [Брагина и др., 2016].

Нами проведено комплексное доизучение этого разреза, включавшее седиментологическое описание и отбор проб (по системе «образец в образец») с 43-х уровней для палеомагнитного, палинологического и микрофаунистического анализа (рис. 1, Б). В статье представлены седиментологические, палинологические, палеомагнитные и петромагнитные данные доизучения. Результаты микрофаунистических исследований, продолжающихся в настоящее время, будут представлены в отдельной публикации.

¹ Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, геологический факультет, кафедра общей геологии и полезных ископаемых, профессор, докт. геол.-минер. н.; e-mail: guzhikovay@info.sgu

² Геологический институт РАН, лаборатория палеофлористики, вед. науч. с., канд. геол.-минер. н.; e-mail: dinoflag@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, профессор, докт. геол.-минер. н.; e-mail: barabosh@geol.msu.ru

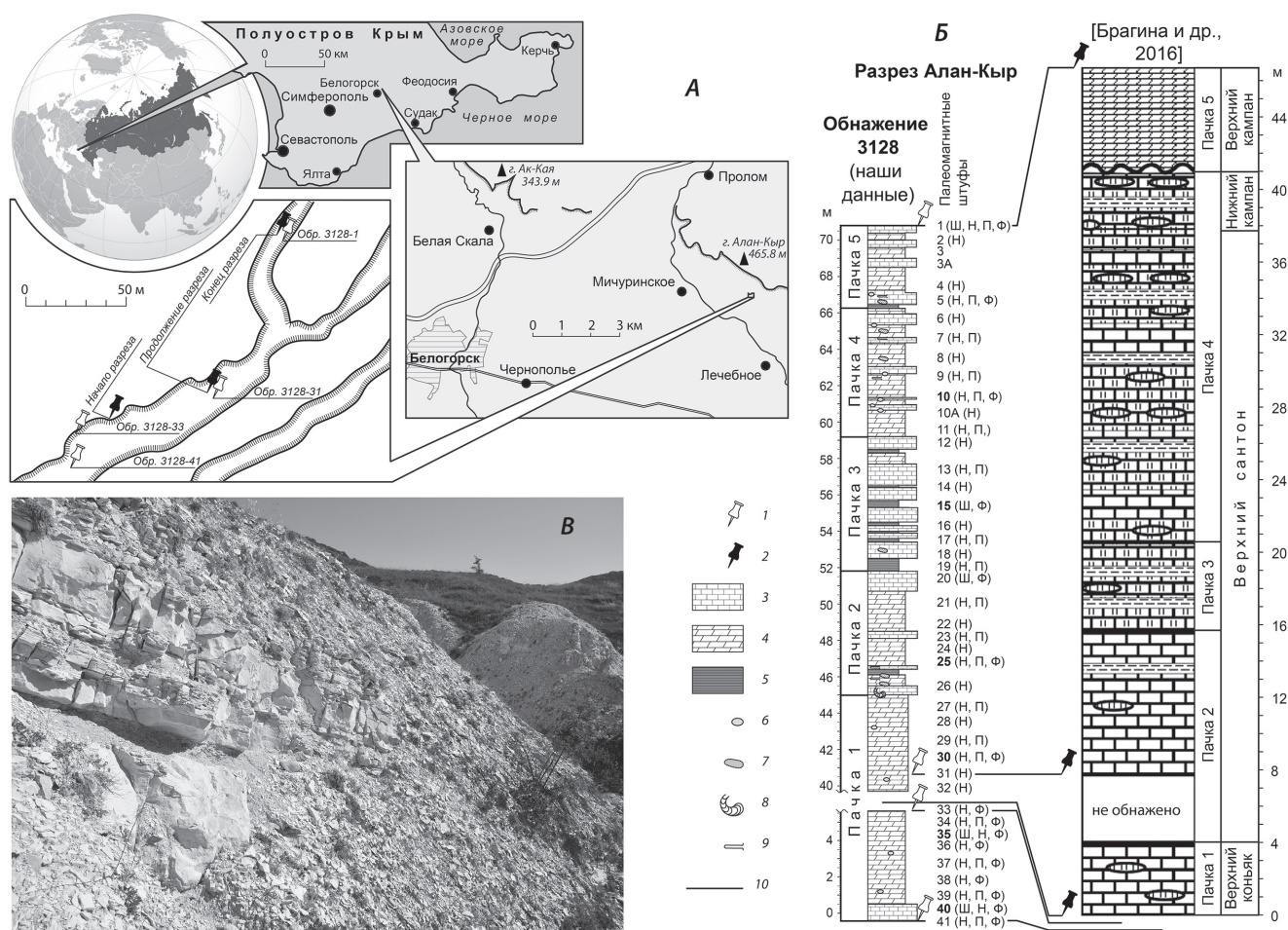


Рис. 1. Местонахождение разреза Алан-Кыр (А), его литологическая характеристика в сопоставлении с предыдущим описанием разреза [Брагина и др., 2016] (Б) и вид на нижнюю часть пачки 2 (В): 1, 2 — пункты, в которых нами и Л.Г. Брагиной с соавторами [2016] соответственно зафиксированы GPS-координаты; 3–5 — литологический состав: 3 — пакстоуны, 4 — мад-вакстоуны, 5 — известковые глины; 6, 7 — конкреции: 6 — кремней, 7 — пирита; 8, 9 — икнофоссилии: 8 — *Zoophycos*, 9 — *Planolites*; 10 — реперные уровни, определенные по GPS-координатам, по которым наши данные сопоставлены с описанием разреза в [Брагина и др., 2016]. Буквы («Ш», «Н», «П» и «Ф») рядом с номерами уровней, из которых взяты палеомагнитные штыфы, означают, что с этих же уровней проанализированы шлифы (Ш), определен нанопланктон (Н), палиноморфы (П) и фораминиферы (Ф)

Строение разреза. Разрез вскрыт в одном из оврагов у подножия г. Алан-Кыр вблизи с. Лечебное Белогорского района Крыма (рис. 1, А). Слои залегают согласно и наклонены на северо-запад (азимуты падения варьируют от 40 до 60°), углы от 10 до 30° (рис. 1, В). Наше понимание строения разреза отличается от такового в работе [Брагина и др., 2016], поэтому его увязка с описанием предшественников базируется только на данных о GPS-координатах в трех точках (рис. 1, А, Б). Разрез сложен ритмичным переслаиванием известняков, мергелей и известковых глин и содержит многочисленные конкреции кремней. Микроскопическое изучение шлифов с использованием модифицированной классификации Р. Данема [Flügel, 2010] позволило уточнить номенклатуру пород. Все породы полностью биотурбированы, биотурбационный индекс (Bi) равен 6. Снизу вверх обнажаются:

пачка 1, в основании которой присутствует пласт плотных спиккулиново-радиоляриевых пакстоунов с единичными «глобигеринами» (рис. 2,

А, обр. 3128-40) видимой мощностью 0,7 м. Он надстраивается радиоляриево-фораминиферовыми мад-вакстоунами с «глобигеринами» и «гетерохелицидами» (рис. 2, В, обр. 3128-35) с мелкими конкрециями светло-серых и черных кремней. Породы плохо обнажены, поэтому характер их ритмичности неясен. Видимая мощность 5,7 м.

Перерыв в обнаженности 35–40 м.

Выше пачка 1 надстраивается плохо обнаженными радиоляриево-фораминиферовыми мад-вакстоунами с «гетерохелицидами» и «глоботрунканами», которые содержат мелкие рассеянные конкреции серых кремней. Видимая мощность 5,3 м. Видимая мощность пачки 1 около 45–50 м;

пачка 2 — чередование плотных радиоляриево-фораминиферовых пакстоунов с небольшой примесью спиккул (0,2–1,1 м) и глинистых радиоляриево-фораминиферовых пакстоунов (0,6–2,2 м) с рассеянными конкрециями пирита и кремней. К кровле мощность всех прослоев возрастает; в 5,5 м ниже кровли присутствует слой зеленоватых известковых глин мощностью 0,3 м. Встречены

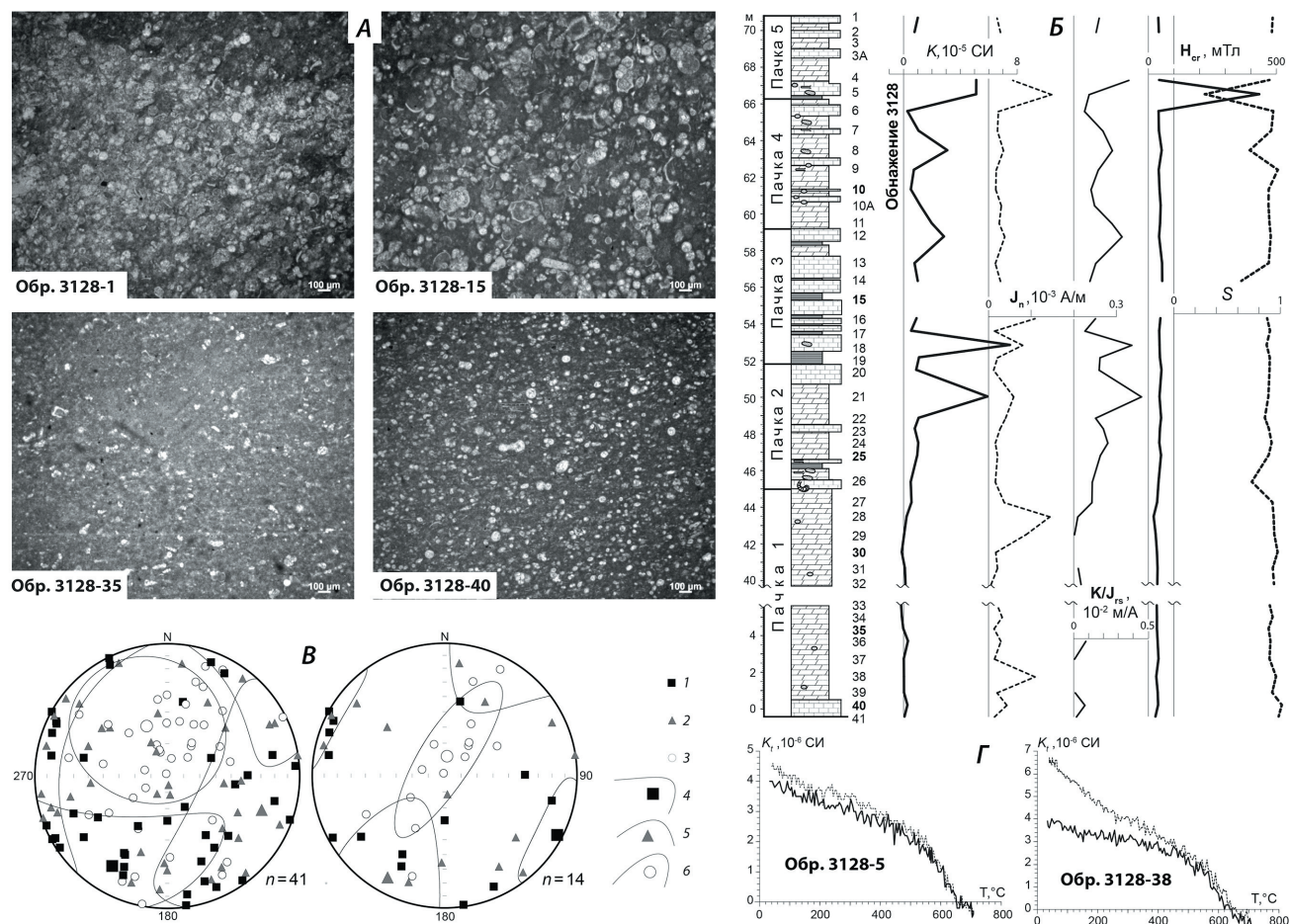


Рис. 2. Микрофашиальные и магнито-минералогические характеристики разреза Алан-Кыр: А — микрофашиальные типы пород: обр. 3128-1 — фораминиферо-радиоляриевый пакстоун с примесью спикул; обр. 3128/15 — радиоляриево-фораминиферовый пакстоун; обр. 3128/35 — радиоляриево-фораминиферовый мад-вакстоун; обр. 3128/40 — спикулитово-радиоляриевый пакстоун. Все фото сделаны в неполяризованном свете на микроскопе «Zeiss Axio Lab A1pol» камерой «Axioscam ICC5»; Б — петромагнитные параметры; В — стереопроекции осей магнитных эллипсоидов (в палеогеографической системе координат) по разрезу в целом (слева) и по образцам, у которых $K > 1 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ (справа): 1–3 — проекции длинных (K1), средних (K2) и коротких (K3) осей соответственно; 4–6 — проекции средних направлений и овалы доверия для K1, K2 и K3 соответственно; n — число образцов в выборке; Г — кривые терромагнитного анализа: сплошная линия — нагрев, пунктир — охлаждение. Обозначения литологических разностей см. на рис. 1

биотурбации *Planolites* isp. и *Zoophycos* isp. Мощность пачки 2,7 м;

пачка 3 — чередование плотных радиоляриево-фораминиферовых пакстоунов с многочисленными «глобигеринами» и «глоботрунканами», а также примесью спикул (рис. 2, Б, обр. 3128-15) (0,3–1,2 м) и зеленоватых известковых глин (0,1–0,7 м). В 0,9 м ниже кровли присутствует единичный прослой глинистых радиоляриево-фораминиферовых вакстоунов (0,6 м), а также единичные конкреции пирита. Мощность 8,5 м;

пачка 4 — чередование плотных фораминиферо-радиоляриевых пакстоунов с примесью спикул (рис. 2, А, обр. 3128-1) (0,1–0,6 м) и глинистых радиоляриево-фораминиферовых вакстоунов (0,3–1,4 м) с единичным прослоем зеленоватых известковых глин (0,2 м). В нижней половине пачки присутствуют рассеянные конкреции пирита и кремней; встречены биотурбации *Planolites* isp. Мощность около 7 м;

пачка 5 аналогична пачке 4. В подошве присутствует прослой глин (0,2 м); пиритовые и кремневые конкреции исчезают вверх по разрезу. Видимая мощность около 7 м.

Условия осадконакопления. Микроскопическое строение пород свидетельствует об их формировании в условиях пелагического бассейна. Согласно модели Э. Флюгеля [Flügel, 2010] породы отвечают стандартной микрофашии 3: «пелагический мад-, вак-, пакстоун с планктонными микрофоссилиями». Подобные отложения характеризуют бассейновые фации или глубокий шельф. Хаотичное расположение спикул свидетельствует об отсутствии сильных донных течений или последующей биотурбации. Последняя, как отмечено выше, была весьма интенсивна, ихнофоссилии хорошей сохранности редки. Из определимых отмечены *Planolites* isp. и *Zoophycos* isp., обычные для ихнофашии *Zoophycos*, также распространенной в глубокой части шельфа или дна бассейна.

Магнитостратиграфия. Палеомагнитные и петромагнитные исследования образцов включали изучение магнитной восприимчивости (K) и ее анизотропии, измерение естественной остаточной намагниченности (J_n), опыты магнитного насыщения, термомагнитный анализ, магнитную чистку переменным полем. Измерения K велись на каппабридже MFK1-FB. Для изучения зависимостей K от температуры использовался каппабридж MFK1-FA с приставкой CS3 (ИФЗ РАН, Москва). Чистки переменным полем проводились на установке LDA-3 AF с последующими замерами J_n на спин-магнитометре JR-6 (СГУ) и криогенном магнитометре (SQUID) «2G-Enterprises» (ИФЗ РАН, Москва).

Магнитная восприимчивость и естественная остаточная намагниченность пород, слагающих разрез, составляет $<6 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ и $<0,15 \cdot 10^{-3}$ А/м соответственно. Однако даже на этом слабомагнитном фоне пачка 1 выделяется минимальными значениями K , вплоть до проявлений диамагнитного эффекта ($-1 < K < 0,5 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ), что свидетельствует о крайне малой концентрации ферромагнетиков в отложениях. Пачка 1 отличается также наименьшей средней размерностью ферромагнитных зерен, индикатором которой служат минимальные величины параметра K/J_{rs} (где J_{rs} — остаточная намагниченность насыщения) (рис. 2, Б). Форма ферромагнитных частиц близка к изометричной (магнитная анизотропия не превышает несколько процентов). Закономерности в ориентировке осей эллипсоидов магнитной восприимчивости по разрезу в целом не выявлены (рис. 2, В). Это не удивительно, учитывая, что значения магнитной восприимчивости у большинства образцов сопоставимы или меньше пороговой чувствительности измерительного прибора. Но картина на стереограмме кардинально меняется после исключения из рассмотрения образцов с $K < 1 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ и обнаруживает отчетливую растянутость проекций коротких осей магнитных эллипсоидов ($K3$) вдоль линии юго-запад — северо-восток (рис. 2, В). Подобные магнитные текстуры возникают в породах под действием напряжений, как правило, тектонической природы [Tarling, Hrouda, 1993]. Ориентировка длинной оси овала доверия для среднего значения $K3$, сохраняющаяся и в современной (географической), и в древней (палеогеографической) системах координат, совпадает как с северо-восточным падением пластов, так и с юго-западной экспозицией склона г. Алан-Кыр, на котором находится изученное обнажение. Возможно, в данном случае линейная упорядоченность проекций $K3$ связана не только с тектоническим стрессом, обусловившим наклон слоев, но и с гравитационными процессами на склоне.

Опыты магнитного насыщения фиксируют преимущественно магнитомягкую фазу: остаточная

коэрцитивная сила (H_{cr}) варьирует от 20 до 60 мТл, что характерно для тонкодисперсного магнетита. Единственное исключение в этом плане — уровень основания пачки 5 (обр. 3128-5), на котором $H_{cr}=433$ мТл, а параметр $S = |J_{r(-300\text{ мТл})}/J_{rs}|$ убывает до 0,25 (рис. 2, Б), что указывает на наличие гематита или сильно дегидратированных гидроксидов железа. Тем самым магнито-минералогические данные косвенно подтверждают наличие перерыва в осадконакоплении, установленного ранее на этом уровне по фораминиферам [Брагина и др., 2016], потому что для подобных зон характерно активное окисление магнетита. Термомагнитный анализ (анализ зависимостей магнитной восприимчивости от температуры) подтверждает предположение о видах носителей намагниченности: у обр. 3128-5 резкий спад K происходит вблизи температуры Кюри гематита (675°C), у остальных образцов (например, у обр. 3128-38) характерный перегиб кривых намечается около точки Кюри магнетита (578°C) (рис. 2, Г).

Из-за малых величин J_n чувствительности спин-магнитометра JR-6 в большинстве случаев оказывается недостаточно для ее надежных измерений, и выделение характеристических компонент намагниченности (ChRM) возможно только по результатам магнитных чисток на криогенном магнитометре «2G-Enterprises» (измерения проводились в ИФЗ РАН, Москва) (рис. 3, А). Палеомагнитные векторы, соответствующие нормальной (N) полярности (т.е. ChRM, группирующиеся преимущественно в северо-восточном секторе нижней полусферы, например обр. 3128-12 и 3128-21А на рис. 3, А) имеют значительный, но все же приемлемый для палеомагнитных определений разброс (палеомагнитная кучность ~ 10) (рис. 3, Б). Важным аргументом в пользу первичности выделенных компонент намагниченности служат результаты теста складки, который проводился в двух вариантах [McFadden, 1990]. Тестирование по первому варианту (Fold1) не дало корректных результатов, но при использовании второго (Fold2) была обнаружена доскладчатая компонента на уровне значимости $p=0,05$.

Палеомагнитные векторы с аномальными направлениями, рассеянными по верхней полусфере (палеомагнитная кучность <3) (рис. 3, Б), предположительно соответствуют обратной (R) полярности (например, обр. 3128-32 на рис. 3, А). На ряде стратиграфических уровней ChRM не выделяются, но проекции J_n в ходе магнитных чисток смещаются по дугам больших кругов (БК) с нижней полусферы на верхнюю (рис. 3, А, Б). Такая закономерность характерна для обратномагнитных пород, частично перемагниченных полем противоположного направления. Можно предположить, что причина смещения палеомагнитных векторов по дугам большого круга (БК), а также аномальных направлений ChRM заключена в на-

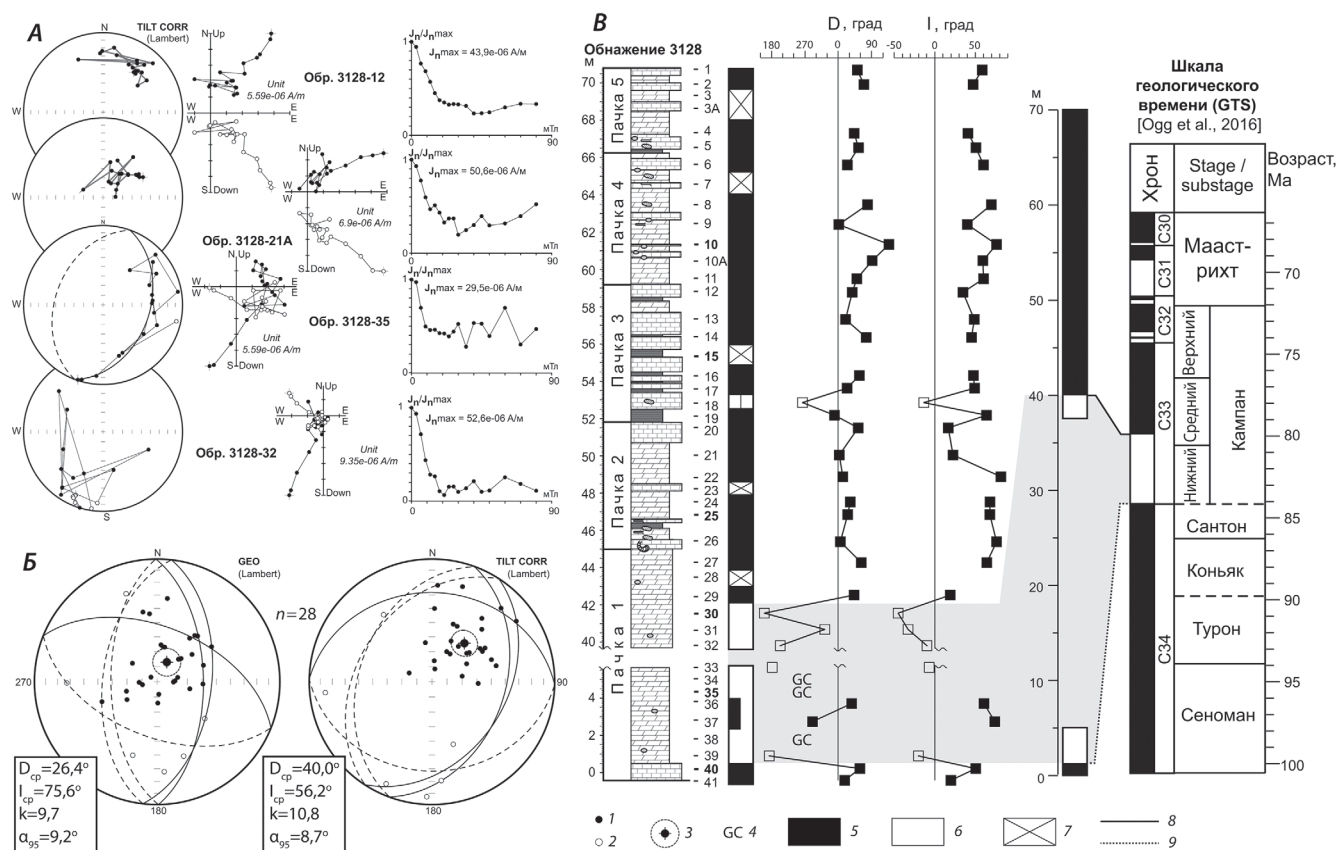


Рис. 3. Палеомагнитная характеристика разреза Алан-Кыр: *A* — результаты компонентного анализа (в стратиграфической системе координат) слева направо: стереографические изображения изменения векторов J_n в процессе чисток переменным полем, диаграммы Зийдерведа, графики размагничивания образцов; *B* — стереопроекции ChRM и больших кругов до (слева) и после тектонической коррективы; D_{cp} , I_{cp} — среднее направление и наклонение ChRM соответственно, k — палеомагнитная кучность, α_{95} — радиус круга доверия вектора; *B* — палеомагнитная колонка разреза Алан-Кыр и ее сопоставление со Шкалой геологического времени (GTS).

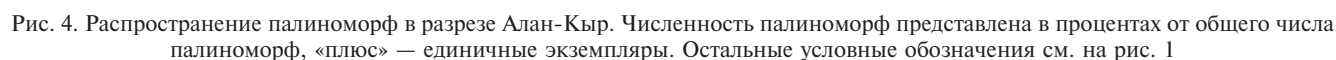
I, *2* — проекции J_n на нижнюю и верхнюю полусферы соответственно (для стереограмм), а также на горизонтальную и вертикальную плоскости соответственно (для диаграмм Зийдерведа); *3* — среднее направление ChRM, соответствующих нормальной полярности геомагнитного поля, и круг доверия (α_{95}); *4* — уровни, на которых смещение векторов J_n в процессе магнитных чисток происходит по дугам больших кругов; *5*, *6* — геомагнитная полярность нормальная и обратная соответственно; *7* — отсутствие данных о полярности; *8*, *9* — линии палеомагнитной корреляции надежные и предполагаемые соответственно. Остальные обозначения см. на рис. 1

личии древней R-компоненты, которую не удалось вычистить полностью. Базируясь на этой гипотезе, в палеомагнитной колонке разреза на фоне доминирующей нормальной полярности выделена зона обратного знака, приуроченная к интервалу проб с 3128-39 по 3128-30 (рис. 3, *B*). Внутри R-зоны на двух уровнях (обр. 3128-37, 3128-36) отмечена нормальная полярность. Этого (так же, как и в случае с обратной (аномальной) полярностью на единичном уровне обр. 3128-18) недостаточно для выделения самостоятельного магнитостратиграфического подразделения, поскольку магнитозона должна быть обоснована образцами не менее чем с трех уровней [Храмов, Шолпо, 1967]. Поэтому знак полярности на уровнях обр. 3128-37, 3128-36 и 3128-18 обозначен в половину толщины палеомагнитной колонки (рис. 3, *B*).

Сопоставление полученных данных со Шкалой геологического времени (GTS) [Ogg et al., 2016] допускает только один вариант идентификации гипотетической R-зоны с хроном C33r

(рис. 3, *B*), потому что другие хроны обратной полярности в этом интервале шкалы не указаны. Мощность магнитозоны обратной полярности в разрезе (с учетом перерыва в обнаженности) может составлять ~40 м, что кажется правдоподобным, учитывая большую длительность C33r (~4 млн лет) (рис. 3, *B*).

В Общей магнитостратиграфической шкале [Дополнения..., 2000] отражены сведения о наличии магнитозоны обратного знака в пределах коньякского яруса (так называемая Ключевская R-зона), которые подтверждаются в последнее время данными для разрезов в Нижнем Поволжье [Guzhikova et al., 2019]. Однако если предположить, что низы R-зоны в разрезе Алан-Кыр (обр. 3128-39–3128-33) представляют собой аналог Ключевской магнитозоны, то верхняя часть этой R-зоны (обр. 3128-32–3128-30) все равно может соответствовать только верхам C33r (рис. 3, *B*), потому что возраст соответствующих отложений заведомо моложе коньякского [Брагина и др., 2016].



Палинология. Было изучено 18 проб из пачек 1–5 разреза Алан-Кыр (рис. 4, фототаблица). Из них в 11 пробах содержались палиноморфы удовлетворительной и плохой сохранности. Представительные спектры выявлены в пачке 2 (пробы с 3128-25 по 3128-21) и нижней части пачки 4 (проба 3128-10), где палиноморфы представлены многочисленными диноцистами, при единичной встречаемости прازیнофитов, спор и пыльцы высших растений. Количественный анализ выполнен для 4 проб, содержание палиноморф в которых превышало 200 экз., в остальных случаях (7 проб) были встречены единичные экземпляры (рис. 4).

Пачка 1 охарактеризована единичными экземплярами диноцист широкого стратиграфического диапазона (*Circulodinium distinctum*, *Cassiculosphaeridia* sp.), а также прازیнофитов (*Tyrrhodiscus* sp.).

Ассоциация диноцист из пачки 2 — нижней части пачки 3 разнообразна, здесь определено более 50 таксонов. Ассоциация характеризуется преобладанием *Surculosphaeridium longifurcatum* (25–45%), частой встречаемостью *Senoniasphaera protrusa*, *Senoniasphaera rotundata*, *Spiniferites* spp., *Subtilisphaera pontis-mariae* при незначительном, преимущественно единичном участии других таксонов. В пробе 3128-21 зафиксировано также высокое содержание *Palaeochystrichophora infusorioides*.

В ассоциации диноцист из пачки 4 значительно сокращается разнообразие, здесь обнаружено только 16 таксонов из встреченных ранее. На этом уровне впервые встречаются *Cladopyxidium saeptum*, *Xenascus ceratioides*, *Heterosphaeridium heterocanthum*, cf. *Areoligera coronata*.

В пробе 3128-1 из пачки 5 встречены единичные палиноморфы (рис. 4, фототаблица).

Ассоциация диноцист из пачек 2–4 на основании совместной встречаемости of *S. protrusa*, *R. truncigerum*, *Whitecliffia spinosa*, *Surculosphaeridium? longifurcatum*, может быть сопоставлена с комплексом диноцист из тех частей формаций Ньюхевен Чолк [Prince et al., 1999] и Маргейт Чолк [Prince et al., 2008], которые отнесены к макрофаунистическим зонам *Uintacrinus socialis* (терминальная часть) — *Marsupites testudinarius* — *Offaster pilula* позднего сантона–раннего кампана.

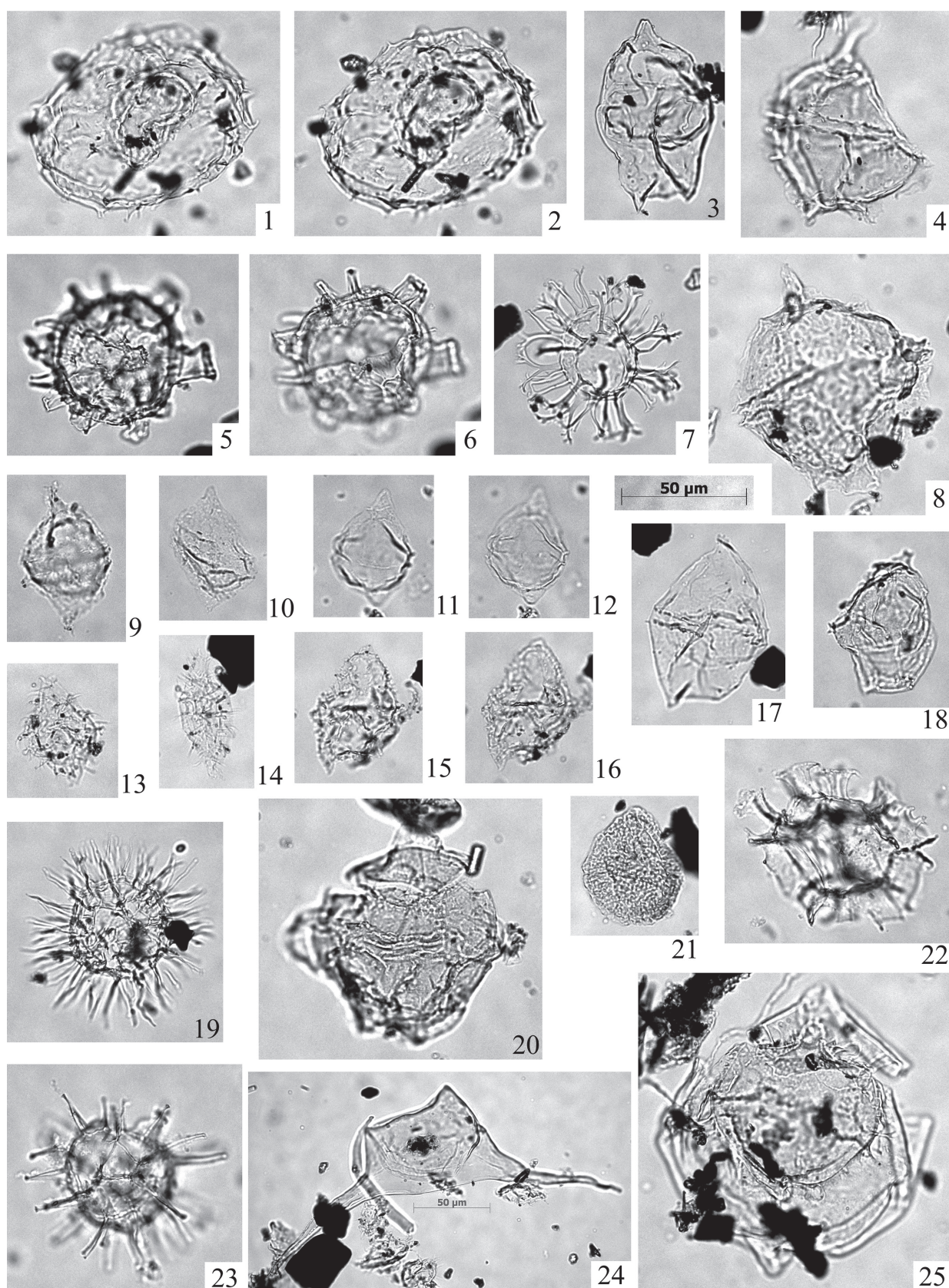
В пограничном интервале сантона–кампана Англии, несмотря на отсутствие в нем существенных изменений в составе комплексов диноцист, установлено несколько датум-плейнов, предлагаемых для корреляций [Prince et al., 1999] (рис. 5). Большая часть из указанных таксонов встречена в разрезе Алан-Кыр. Так, *Raetiaadinium truncigerum* появляется в основании зоны *Uintacrinus socialis* верхнего сантона и совместно с *Surculosphaeridium? longifurcatum*, *Pervosphaeridium monasteriense* постоянно присутствует в комплексах по нижний кампан включительно. Уровень появления *Whitecliffia* (= *Thalassiphora?*) *spinosa* установлен

в верхах зоны *Uintacrinus socialis*, а исчезновения — в основании зоны *Gonioteuthis quadrata*. В раннем кампане (зона *O. pilula*) установлено последовательное исчезновение видов *Xenascus perforatus*, *Spinidinium echinoideum*, *S.? longifurcatum*, *R. truncigerum* и *S. protrusa*. Первые два вида не установлены в разрезе Алан-Кыр, остальные таксоны постоянно присутствуют, при этом их совместная встречаемость, выявленная в пачке 2, свидетельствует в пользу раннекампанского возраста последней. Повторное появление *Subtilisphaera pontis-mariae* установлено в средней части зоны *Uintacrinus socialis*, а частая встречаемость этого вида выявлена в нижнем кампане — в зоне *Offaster pilula* и в базальной части зоны *Gonioteuthis quadrata*. Все указанные таксоны, а также частая встречаемость *Subtilisphaera pontis-mariae* выявлены в пачках 2–4 разреза Алан-Кыр, что позволяет утверждать, что их возраст не древнее раннего кампана.

Этот вывод подтверждается и присутствием *Rhynchodiniopsis saliorum* (проба 3128-21), описанного из нижнего кампана Бельгии [Louwye, 1995]. Близкий таксон (*Rhynchodiniopsis* sp.) указан для диноцистовых зон нижнего кампана–нижней части верхнего кампана (при двучленном делении яруса) Бельгии [Slimani, 2001] (рис. 5). В этом регионе указанный вид, а также *Whitecliffia spinosa* часто встречаются и являются руководящими для диноцистовой зоны *Exochosphaeridium? masurae*, приуроченной к зоне *Belemnitella mucronata* нижнего кампана, а их исчезновение установлено на уровне нижней части зоны *Belemnitella woodi* верхнего кампана. В средней части зоны *Belemnitella woodi* фиксируется исчезновение видов *Spinidinium angustispinum*, *P. infusorioides*, присутствующих только в пачке 2 разреза Алан-Кыр.

Ассоциация диноцист пачки 2 на основании присутствия руководящего вида и встречаемости *R. truncigerum*, *Pervosphaeridium monasteriense*, *P. infusorioides* может быть сопоставлена со слоями с *Odontochitina porifera* по диноцистам, установленным в пудовкинской свите Нижнего Поволжья. Она отвечает зоне *Cibicidoides temirensis* / *Bolivinoidea decoratus* (LC13) по бентосным фораминиферам, слоям с *Prunobrachium crassum*–*Archaeospongoprunum salumi* по радиоляриям, датируемым ранним кампаном [Александрова и др., 2012]. В разрезах гельветских и ультргельветских покровов Германии [Kirsch, 1991] совместная встречаемость *O. porifera*, *R. truncigerum*, *Ap. deflandrei*, *P. monasteriense* установлена внутри зоны *Areoligera coronata*, охватывающей большую часть кампана и отвечающей стратиграфическому интервалу от середины зоны *Globotruncana elevata* до зоны *Radotruncana calcarata* по планктонным фораминиферам (рис. 5).

Важным представляется присутствие в пачке 4 cf. *Areoligera coronata*, являющейся видом-индексом



Фототаблица. Характерные виды диноцист из разреза Алан-Кыр, в одном увеличении, кроме 24: 1, 2 — *Whitecliffia spinosa* (Clarke et Verdier, 1967) Pearce, 2010; 3 — *Isabelidium cooksoniae* (Alberti, 1959) Lentin et Williams, 1977; 4, 8 — *Rhynchodiniopsis saliorum* Louwe, 1997; 5, 6 — *Raetiaedinium truncigerum* (Deflandre, 1937) Kirsch, 1991; 7 — *Surculosphaeridium? longifurcatum* (Firtion, 1952) Davey et al., 1966; 9–12 — *Subtilisphaera pontis-mariae* (Deflandre, 1936) Lentin et Williams, 1976; 13, 14 — *Palaeohystrichophora infusorioides* Deflandre, 1935; 15, 16 — *Spinidinium angustispinum* in Wilson, 1974; 17 — *Chatangiella* sp.; 18 — *Hystrichosphaeropsis ovum* Deflandre, 1935; 19 — *Coronifera oceanica* Cookson et Eisenack, 1958; 20 — *Senoniasphaera rotundata* Clarke et Verdier, 1967; 21 — *Aptodinium deflandrei* (Clarke et Verdier, 1967) Lucas-Clark, 1987; 22 — *Montanarocysta aemiliana* Corradini, 1973; 23 — *Pervosphaeridium monasteriense* Yun Hyesu, 1981; 24 — *Odontochitina diducta* Pearce, 2010; 25 — *Senoniasphaera protrusa* Clarke et Verdier, 1967

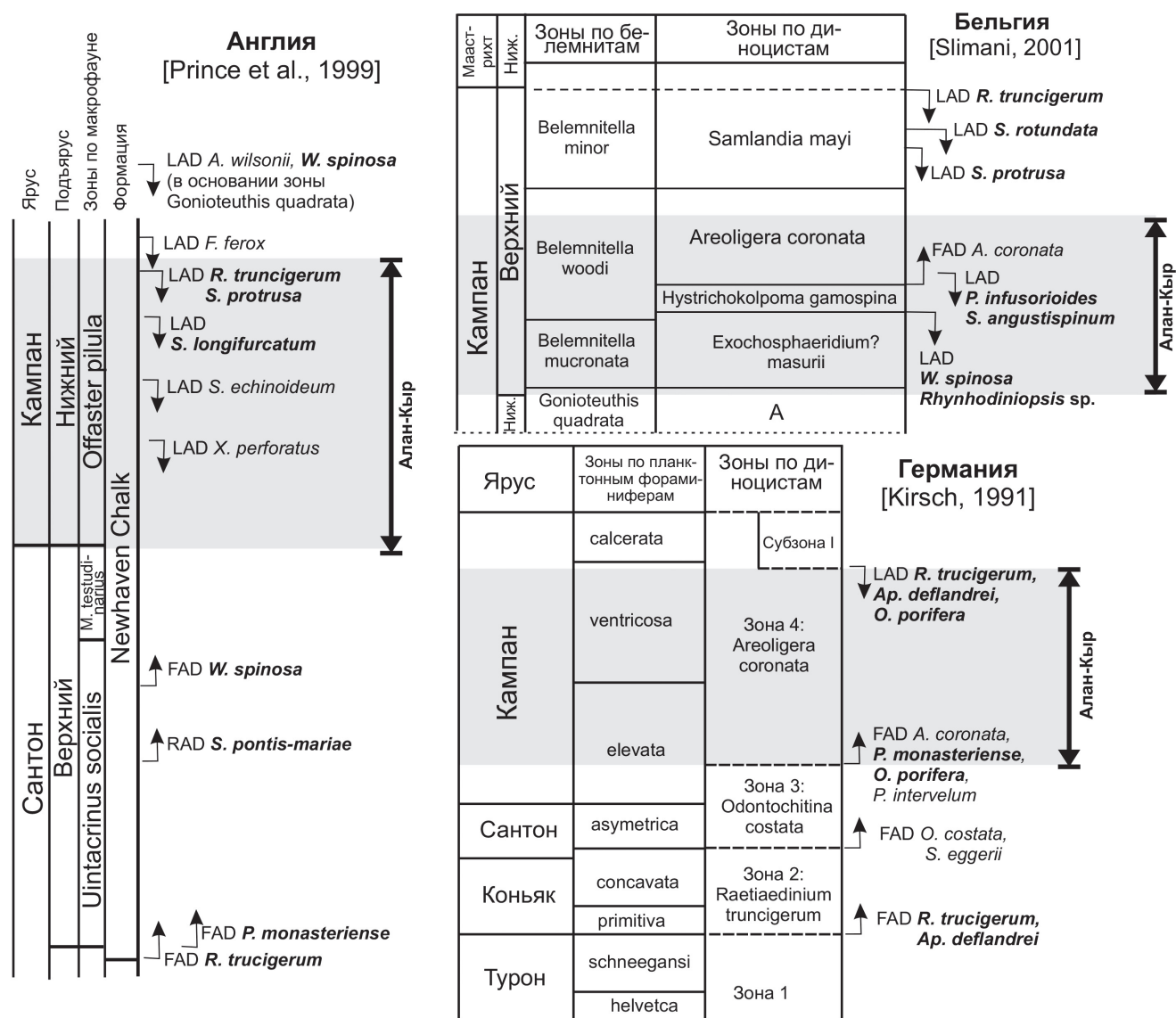


Рис. 5. Стратиграфический диапазон комплекса диноцист из пачек 2–4 разреза Алан-Кыр при его сопоставлении с данными о распространении диноцист в сantonе–кампане из разных регионов Европы. FAD — появление; LAD — исчезновение; RAD — повторное появление. Полуужирным шрифтом показаны таксоны, встреченные в разрезе Алан-Кыр

одноименной диноцистовой зоны не только в Германии [Kirsch, 1991], но и в Бельгии [Slimani, 2001] (рис. 5). В Бельгии стратиграфический объем зоны *Areoligera coronata* меньше, чем в Германии: он охватывает большую часть зоны *B. woodi*, что соответствует только середине верхнего кампана при двучленном делении яруса. Как в бельгийских, так и в немецких разрезах наблюдается более позднее (в верхней части верхнего кампана) исчезновение видов *S. protrusa*, *S. rotundata*, *R. truncigerum* по сравнению с английскими разрезами. Эти данные не исключают и позднекампанский возраст изученной части разреза Алан-Кыр.

Сравнение комплекса диноцист из разреза Алан-Кыр с зональными комплексами верхнего мела Западной Сибири [Lebedeva, 2006], Гренландии [Nøhr-Hansen, 1996], Норвежского и Баренцева морей [Radmacher et al., 2014, 2015] показывает

существенные различия в их систематическом составе и невозможность прямого сопоставления.

В результате анализа опубликованных данных по диноцистам выявлено, что уровень знаний еще не достаточен для проведения высокоразрешающей стратиграфии сantonа и кампана по этой группе. Учитывая изложенное, возраст пачек 2–4 принимается как ранний–начало позднего кампана (исходя из двучленного деления яруса). Положение подошвы яруса не установлено, но, скорее всего, она расположена ниже пачки 2 по разрезу (к сожалению, в пачке 1 стратиграфически значимые виды диноцист не обнаружены) (рис. 4).

Заключение. Таким образом, существенно дополнена стратиграфическая и седиментологическая характеристика разреза Алан-Кыр по сравнению с имеющимися данными [Брагина и др., 2016]. В частности, уточнена номенклатура пород,

подтвержден пелагический генезис отложений, формировавшихся в глубокой части шельфа или на дне бассейна.

Впервые для разреза получены магнитостратиграфические и палинологические данные.

Петромагнитные данные о наличии гематита подтверждают наличие перерыва в осадконакоплении, установленного ранее в основании пачки 5 по фораминиферам [Брагина и др., 2016].

Из сопоставления палеомагнитной колонки разреза со Шкалой геологического времени (GTS) [Ogg et al., 2016] следует, что верхняя часть R-зоны в разрезе соответствует кровле хрона C33г, а верхи пачки 1 относятся к низам среднего кампана (при трехчленном делении яруса) или к низам верхнего кампана (при двухчленном делении яруса, принятом в России).

Корреляция нижней части R-зоны с хроном C33г нуждается в дополнительном обосновании, но с точки зрения полученных данных она представляется наиболее вероятной. Если следовать рекомендации использовать основание C33г в качестве первичного признака для определения подошвы кампанского яруса [Wolfgring et al., 2018], то границе сантона—кампана в разрезе соответствует уровень между образцами 39 и 40. Подтвердить этот вывод на палинологическом материале не удалось, потому что в пачке 1 палиноморфы не обнаружены, а первые находки диноцист, сделанные выше по разрезу, указывают на возраст не древнее раннего кампана.

Возраст пачек 2–4, определенный по диноцистам в диапазоне от раннего до начала позднего кампана, согласуется с датировками по радиоляриям и фораминиферам [Брагина и др., 2016] только для верхней части пачки 4, имеющей раннекампанский возраст. Остальная часть пачки 4 и

пачки 3, 2 отнесены Л.Г. Брагиной с соавторами [2016] к верхнему сантону, но в более поздней публикации [Беньямовский, Копаевич, 2016] не исключается принадлежность этих отложений к нижнему кампану.

Несовпадения в датировках, полученных палеомагнитным методом и по диноцистам, с одной стороны, и по фораминиферам и радиоляриям — с другой, нельзя объяснить неточной увязкой наших образцов с пробами, изученными Л.Г. Брагиной с соавторами [2016], тем более что противоречия фиксируются и по результатам исследований, проведенных по системе «образец в образец». Так, отложения, возраст которых по радиоляриям и планктонным фораминиферам обоснован как позднесантонский, содержат комплексы бентосных фораминифер, типичных для нижнего кампана [Беньямовский, Копаевич, 2016]. Подобные расхождения предопределяют необходимость пересмотра традиционных представлений о взаимоотношениях стратиграфических границ, обоснованных по разным микропалеонтологическим группам с учетом их диахронности при корреляциях между удаленными регионами.

Благодарности. Авторы благодарны В.Э. Павлову, Р.В. Веселовскому и другим сотрудникам лаборатории Главного геомагнитного поля и петромагнетизма ИФЗ РАН за предоставление возможности измерений на криогенном магнитометре и проведения терромагнитного анализа. Мы признательны рецензентам Л.Ф. Копаевич (МГУ имени М.В. Ломоносова), Н.К. Лебедевой (ИНГГ СО РАН) и В.А. Фомину (СГУ) за полезные замечания и комментарии.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-00784-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова Г.Н., Беньямовский В.Н., Вишневская В.С., Застрожных А.С. Новые данные по биостратиграфии верхнего мела Нижнего Поволжья // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2012. Т. 20, № 5. С. 25–64.

Беньямовский В.Н., Копаевич 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., Копаевич Л.Ф. Радиолярии, фораминиферы и биостратиграфическое расчленение коньяка—кампана разреза Алан-Кыр, Горный Крым // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. Т. 24, № 1. С. 44–63.

Дополнения к Стратиграфическому кодексу России. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 112 с.

Храмов А.Н., Шолто Л.Е. Палеомагнетизм. Л.: Недра, 1967. 224 с.

Guzhikova A.A., Guzhikov A.Y., Pervushov E.M. et al. Existence of the reversal polarity zones in Turonian-Coniacian from the Lower Volga (Russia): new data // Recent advances in rock magnetism, environmental magnetism and

paleomagnetism. Springer Geophysics. Cham: Springer, 2019. P. 353–369.

Flügel E. Microfacies analysis of limestones. Analysis, interpretation, and application. Berlin: Springer, 2010. 894 p.

Kirsch K.-H. Dinoflagellatenzysten aus der Oberkreide des Helvetikums und Nordultrahelvetikums von Oberbayern // Münchner Geowiss. Abh. Reihe A. Geol. Paläontol. 1991. N 22. S. 1–306.

Lebedeva N.K. Dinocyst biostratigraphy of the Upper Cretaceous of Northern Siberia // Paleontol. J. 2006. Vol. 40. P. S604–S621.

Louwe S. New dinoflagellate cyst species from Upper Cretaceous subsurface deposits of Western Belgium // Ann. Soc. Géol. Belgique. 1995. Vol. 118, fasc. 2. P. 147–159.

McFadden P.L. A new fold test for palaeomagnetic studies // Geophys. J. Intern. 1990. Vol. 103. P. 163–169.

Nøhr-Hansen H. Upper Cretaceous dinoflagellate cyst stratigraphy, onshore West Greenland // Bull. Grøn. Geol. Unders. 1996. Vol. 170. P. 1–104.

Ogg J.G., Ogg G.M., Gradstein F.M. A concise geologic time scale. N.Y.: Elsevier, 2016. 242 p.

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 // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2008. Vol. 150. P. 59–96.

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. Vol. 105. P. 143–169.

Radmacher W., Mangerud G., Tyszká J. Dinoflagellate cyst biostratigraphy of Upper Cretaceous strata from two wells in the Norwegian Sea // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2015. Vol. 216. P. 18–32.

Radmacher W., Tyszká J., Mangerud G., Pearce M.A. Dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Late Albian to Early

Maastrichtian in the southwestern Barents Sea // *Mar. Pet. Geol.* 2014. Vol. 57. P. 109–121.

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 // *Geol. et Palaeontol.* 2001. N 35. P. 161–201.

Tarling D.H., Hrouda F. The magnetic anisotropy of rock. L.: Chapman & Hall, 1993. 217 p.

Wolfgring E., Wagreich M., Dinarus-Turell J. et al. The Santonian–Campanian boundary and the end of the long cretaceous normal polarity-chron: isotope and plankton stratigraphy of a pelagic reference section in the NW Tethys (Austria) // *Newsl. Stratigr. PrePub Article* (Published online, May 2018).

Поступила в редакцию 11.03.2019

Поступила с доработки 25.04.2019

Принята к публикации 25.04.2019