

УДК 551.86(561.252)

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ СЕНОМАН-ТУРОНСКИХ ДИНОЦИСТ (DINOFLAGELLATE CYSTS) СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ: НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПАЛЕОБИОГЕОГРАФИИ И ПАЛЕОКЛИМАТОЛОГИИ¹

© 2023 г. Н. К. Лебедева*

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

**e-mail: LebedevaNK@ipgg.sbras.ru*

Поступила в редакцию 28.06.2022 г.

После доработки 12.09.2022 г.

Принята к публикации 19.09.2022 г.

Проведена таксономическая типизация комплексов диноцист на основе качественной и количественной оценки их родового состава для Северного полушария в сеноман-туронское время в целях выявления корреляционных таксонов. В сеномане выделено три типа комплексов диноцист. Сеноманские комплексы диноцист слабо дифференцированы; установлено большое количество космополитных родов, что хорошо согласуется с палеоботаническими данными об очень теплом, гумидном климате. Для туронского века установлено три типа комплексов диноцист. Уменьшается число космополитных родов диноцист, резко возрастает видовой эндемизм в отдельных туронских бассейнах. Усиливается дифференциация комплексов и уменьшается их корреляционный потенциал. Однако выявленные общие роды и виды диноцист в различных типах комплексов обеспечивают возможность межрегиональной корреляции верхнемеловых отложений на ярусном, подъярусном, а на некоторых срезах и на более детальном уровне в разных климатических зонах.

Ключевые слова: верхний мел, палеоальгология, биостратиграфия, корреляция, палеобиогеография, палеогеография

DOI: 10.31857/S0869592X23020047, **EDN:** MEJWPE

ВВЕДЕНИЕ

Биогеография по современным планктонным водорослям строится на картировании видовых ареалов и последующем их анализе. Однако, несмотря на вековую историю пелагической биогеографии, динофлагеллаты только в последние десятилетия стали объектом ее исследования. Впервые Ю.Б. Околотковым (2000) проведено районирование Северного Ледовитого океана по этой группе микрофитопланктона. Им показано, что флора динофлагеллат Евразийской Арктики представляет собой обедненную флору умеренных вод Северного полушария и в наибольшей степени сходна с таковой Северной Атлантики. При этом отмечается, что использование динофлагеллат как показателей направления течений возможно лишь на основе знания видовых ареалов. Например, тропическо-бореальные и антарктическо-тропическо-бореальные виды служат надежными индикаторами вод Норвежского и Тихоокеанского течений в Арктике. Ю.Б. Околотковым

(2000) установлено отсутствие эндемиков видового и родового ранга в арктических водах и циркумполярное распространение аркто-бореальных видов.

В ископаемом состоянии сохраняются лишь цисты динофлагеллат. Безусловно, совместный анализ распространения динофлагеллат на вегетивной стадии, обитающих в пелагиали, и покоящихся цист того же вида в поверхностном слое донных осадков является наиболее эффективным и позволяет провести биогеографическое районирование, более приближенное к действительности (Околотков, 2000). Однако подобные исследования пока редки и разрозненны.

В последние десятилетия появилось много работ, посвященных изучению географического распределения современных и четвертичных диноцист, но они ограничиваются главным образом неритическими водами Атлантики. Наиболее крупными сводками по этому вопросу являются работы Д. Уолла с соавторами (Wall et al., 1977), Б. Дэйла (Dale, 1996), К. Зонневельда с соавторами (Zonneveld et al., 2013). Существуют также многочисленные публикации по распространению ди-

¹ Дополнительная информация для этой статьи доступна по doi 10.31857/S0869592X23020047 для авторизованных пользователей.

ноцист в отдельных морях и участках Мирового океана, но цельной картины, обобщающей все эти разрозненные, хотя и обильные сведения, пока не получено, что затрудняет их использование при палеобиогеографических реконструкциях.

Палеобиогеографические данные стоят в ряду важнейших показателей палеотечений и температуры поверхностных вод. Как показали современные биогеографические исследования, динофлагеллаты и их цисты могут служить индикаторами направления течений и климатических флуктуаций (Окологков, 2000). Многочисленные исследования показывают, что основными факторами, влияющими на географическое распространение динофлагеллат в акваториях Мирового океана, являются температура поверхностных вод и течения. Однако закономерности широтного распределения динофлагеллат, выявленные для настоящего времени, могут быть использованы в палеобиогеографических реконструкциях весьма ограниченно. Несмотря на отсутствие полной картины климатических флуктуаций в поздне меловую эпоху (имеются сведения по отдельным территориям и по некоторым отрезкам времени), можно с уверенностью говорить о гораздо более выровненном и теплом климате по сравнению с современным. Отсутствовала резкая широтная температурная контрастность, вызванная ледяными покровами на полюсах, экваториально-полярный градиент температуры был почти вдвое меньше современного (Красилов, 1985; Герман, 2004). Принципиально другой была вертикальная циркуляция Мирового океана. При моделировании системы течений обычно принимают в расчет безледниковый климат и существование меридиональных проливов в области Тетис. Можно считать обоснованной противоположную направленность даунвеллингов и апвеллингов в поздне меловую и современную эпохи: сейчас режим Арктического бассейна “лагунный” (глубинные воды вытекают из бассейна, поверхностные – втекают в него), тогда как в позднем мелу он был “эстуариевым” (приток глубинных вод, отток поверхностных) (Красилов, 1985; Несов, 1992). Развитие поверхностных течений в поздне меловую эпоху в Северном полушарии определялось двумя важнейшими факторами: огромным широтно расположенным океаном Тетис и относительно узкими меридиональными проливами (Волков, Найдин, 1994; Ziegler, Rowley, 1997).

Биогеография по ископаемым диноцистам для дочетвертичного времени находится в пионерной стадии. Концепция провинциализма ископаемых диноцист была выдвинута Г. Норрисом (Norris, 1965). Он предположил, что провинциализм отражает широтный климатический контроль. Для временного интервала, охватывающего келловей-неоком, им установлены бореальная, тетическая и анти-бореальная провинции. Единственной работой, касающейся биогеографии поздне меловых

диноцист, является работа Дж. Лентин и Г. Уильямса (Lentin, Williams, 1980). На основании анализа литературных и собственных данных о распределении перидиниоидных диноцист в кампанских отложениях ими были выделены три серии региональных комплексов, соответствующих умеренно холодноводной (бореальной), умеренно тепловодной провинциям и провинции наиболее теплых вод тропических и субтропических широт. Эти исследования были продолжены и распространены на территорию России (Хлонова, Лебедева, 1988).

Стандартная шкала севера Сибири по диноцистам, увязанная со шкалой по иноцератам, может служить хорошей временной основой для выявления палеобиогеографических особенностей этой группы водорослей (Lebedeva, 2006). Панбореальная корреляция верхнемеловых отложений по диноцистам представляет объективные трудности. Первые попытки проанализировать географическую дифференциацию диноцист Северного полушария в поздне меловую эпоху сделаны автором в докторской диссертации (Лебедева, 2008), но опубликованы результаты лишь частично в материалах конференций (Лебедева, 2005а, 2007). В настоящее время накоплено много новых данных по новым местонахождениям как автором статьи, так и другими исследователями. Для выяснения корреляционного потенциала поздне меловых диноцист было проанализировано распространение около 100 родов в 30 местонахождениях Северного полушария в сеноман-туронское время, проведена типизация комплексов диноцист, выявлено их сходство и возможность сопоставления верхнемеловых отложений по диноцистам.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для этой работы послужили собственные исследования автора на разрезах Усть-Енисейского района, скважин Западной Сибири и Карского шельфа, Полярного Предуралья, Приполярного Урала, Северного Тургая, а также многочисленные литературные источники по Северной Америке, северу Южной Америки, Европе, Африке, Индии. Недостаточность данных на сегодняшний день для определения ареалов ископаемых видов диноцист (что является основой для современных биогеографических построений) обусловила выбор таксонов родового ранга для изучения структуры комплексов диноцист хорошо изученных территорий. Для количественной оценки сходства сравниваемых флор динофлагеллат использовались только публикации, в которых отражены достаточно представительные по таксономическому разнообразию комплексы диноцист и имеются достоверные возрастные данные по ортостратиграфическим группам фауны. Необходимость обработки огромного масси-

Таблица 1. Состав родов диноцист, обнаруженных только в пределах указанных типов комплексов в сеномане

1С тип	2аС тип	2С тип	2бС тип	3С тип
Alterbidinium, Chlonoviella, Pierceites	Adnatospaeridium, Carpodinium, Codoniella, Cometodinium, Dapsilidinium, Ellipsodinium, Gonyaulacysta, Hystrichostrogylon, Ovoidinium, Prolixospaeridium	Achomosphaera, Callaiosphaeridium, Epelidosphaeridia, Exochospaeridium, Leberidocysta, Stephodinium, Surculosphaeridium, Tanyospaeridium		Cerodinium

Таблица 2. Выбранный состав родов диноцист, обнаруженных в двух или трех типах комплексов в сеномане

Роды диноцист, обнаруженные в 1С и 2С типах комплексов	Космополитные роды диноцист
Arteodinium, Chlamydothorella, Cribroperidinium, группа Cyclonephelium/Circulodinium, Dorocysta, Exochospaeridium, Florentinia, Isabelidinium, Litosphaeridium, Odontochitina, Oligospaeridium, Pterodinium, Spiniferites, Trithyrodinium	Canningia, Kallosphaeridium, Microdinium, Palaeohystrichophora, Pervospaeridium, Subtilisphaera, Xenascus

ва данных потребовала привлечения методов количественной оценки. Подготовка данных для кластерного анализа проводилась следующим образом: в программе Exel составлялись списки родов диноцист, для каждого из которых символами 0 или 1 указывалось присутствие или отсутствие в каждом местонахождении (ДМ²_1, ДМ_2). Типизация комплексов осуществлялась методом кластерного анализа по расчетной модели Жаккарда (программа BioDiversity Professional, 1997, The Natural History Museum and The Scottish Association For Marine Science). Для объединения кластеров в иерархическую структуру использовался метод связи группового среднего, который хорошо работает, когда естественные объекты не имеют на самом деле иерархического соподчинения. Полученные дендрограммы отражают степень сходства (в процентах) комплексов диноцист из различных местонахождений по родовому составу. Выявленные кластеры представляют собой типы, объединяющие комплексы диноцист наиболее близкие по этому признаку.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сеноман

В сеномане на основе анализа распределения 86 родов из 20 местонахождений выделено три типа комплексов диноцист (рис. 1).

² ДМ – дополнительные материалы.

1С тип установлен в терригенных осадках севера Западной Сибири (Усть-Енисейский район, Карский шельф). Характерными родами, обнаруженными только в этом комплексе, являются: *Alterbidinium* (отмечен также единично в разрезе сеномана штата Альберта, Западная Канада), *Chlonoviella*, *Pierceites* (табл. 1). Разнообразие диноцист невелико и составляет 28 родов. Роды представлены обычно 1–2 видами, редко большим количеством. Наибольшее число общих родов наблюдается в 1 и 2 типах (табл. 2).

2С тип выявлен в Крыму (разрез Аксу-Дере), Северо-Западной Европе, штатах США Колорадо, Техас, Нью-Джерси, Аризона, в Западной Канаде (штаты Альберта и Саскачеван), на Багамских островах, в Бискайском заливе, Восточной Гренландии, на о-вах Грэнд Бэнкс и Ньюфаундленд (Атлантическое побережье Канады), в Северо-Западной Африке, Египте.

Этот тип отличается максимальным таксономическим разнообразием (69 родов и 206 видов) и самым большим содержанием характерных родов (табл. 1).

Внутри этого типа обособляется группа комплексов (подтип 2б) (рис. 1), установленная в Нью-Джерси, Бискайском заливе, юго-западной части Баренцева моря, на о-вах Грэнд Бэнкс и Ньюфаундленд (Атлантическое побережье Канады), отличающаяся меньшим родовым разнообразием и отсутствием некоторых родов, характерных для подтипа 2а, например *Codoniella*, *Cometodini-*

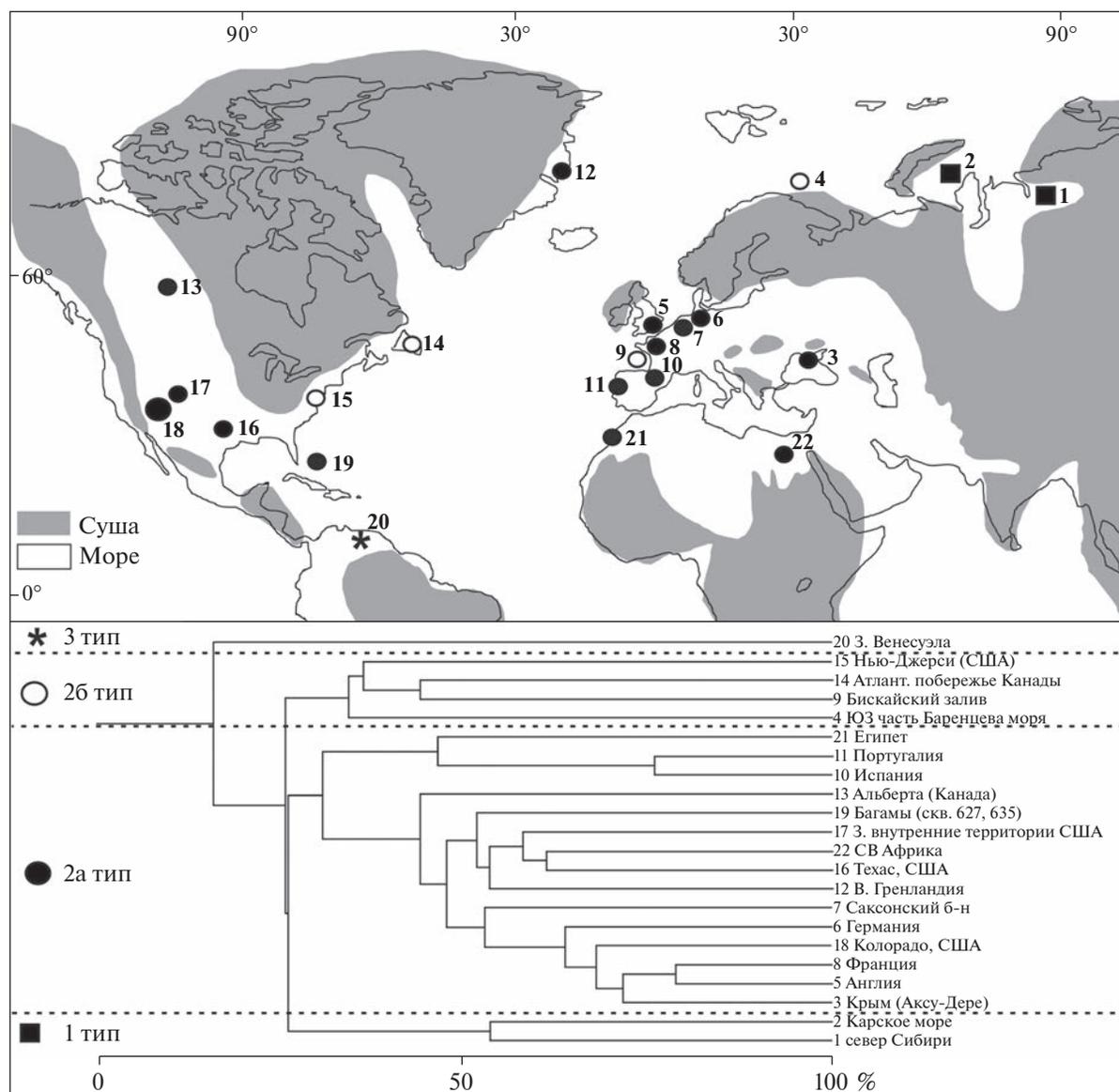


Рис. 1. Дифференциация позднесеноманских комплексов диноцист.

На дендрограмме дана шкала степени сходства комплексов диноцист в %. Палеогеографическая основа построена на сведениях из работ: Атлас..., 1976; Ziegler, 1988; Srivastava, 1992; Волков, Найдин, 1994; Simons et al., 2003; Алексеев и др., 2005; Prauss, 2006, 2012; Pearce et al., 2009; Peyrot et al., 2011; Olde et al., 2015.

Местонахождения: 1 – Север Сибири (Lebedeva, 2006); 2 – шельф Карского моря, скв. Ленинградская 1 (Lebedeva, 2006); 3 – Аксу-Дере, Крым (Dodsworth, 2004); 4 – юго-западная часть Баренцева моря (Radmacher et al., 2014); 5 – Англия (Clarke, Verdier, 1967; Marshall, Batten, 1988; Jarvis et al., 1988; Costa, Davey, 1992; Tocher, Jarvis, 1995; Dodsworth, 2000; Pearce et al., 2009); 6 – Германия (Prössl, 1990; Kirsch, 1991); 7 – Саксонский бассейн (Marshall, Batten, 1988); 8 – Франция (Foucher, 1975, 1979, 1981, 1982; Robaszynski et al., 1982); 9 – Бискайский залив (Fausonnier, 1984); 10 – Испания (Riegel, 1973; Peyrot, 2011); 11 – Португалия (Barroso-Barcenilla et al., 2011); 12 – Восточная Гренландия (Soper et al., 1976; Nøhr-Hansen, 2012); 13 – Альберта, Канада (Wall, Singh, 1975; Singh, 1983); 14 – Атлантическое побережье Канады (Williams, Brideaux, 1975; Jansa et al., 1977; Barss et al., 1979); 15 – Нью-Джерси, США (May, 1980; Aurisano, 1989); 16 – Техас, США (Srivastava, 1992); 17 – Колорадо, США (Dodsworth, 2000); 18 – Западные внутренние территории США (Li, Habib, 1996; Dodsworth, 2000; Овох-Икуенобе et al., 2007); 19 – Багамы (скв. 627, 635) (Masure, 1998); 20 – Западная Венесуэла (Helenes et al., 1998); 21 – Египет (Mahmoud, 1998); 22 – Северо-Западная Африка (Below, 1984).

um, Dapsilidinium, Ellipsodinium, Hystrichostrogylon, Ovoidinium, Prolixosphaeridium и др.

На основе изучения скважин и естественных обнажений на северо-востоке Гренландии разработано детальное зонирование по диноцистам, соотнесенное с аммонитовой шкалой для всего комплекса меловых отложений (Nøhr-Hansen et al., 2019). Однако в этой работе указаны только виды, характерные для каждой зоны, без сопутствующих таксонов, поэтому в статистическом анализе эти данные использованы не были.

3С тип. Комплекс Западной Венесуэлы (Helenes et al., 1998) существенно отличается от других и не вошел ни в один из выделенных типов. Египетский комплекс сравнительно беден (29 таксонов), его основу составляют космополитные роды, виды и общие с североевропейским типом. Имеется один характерный род *Cerodinium*.

Сеноманские комплексы диноцист в целом слабо дифференцированы, установлено большое количество космополитных родов: *Arteodinium*, *Canningia*, *Chlamydomphorella*, *Cribroperidinium*, группа *Cyclonephelium/Circulodinium*, *Florentinia*, *Kallosphaeridium*, *Litosphaeridium*, *Microdinium*, *Odontochitina*, *Oligosphaeridium*, *Palaeohystrichophora*, *Pervosphaeridium*, *Pterodinium*, *Spiniferites*, *Subtilisphaera*, *Xenascus*. Это хорошо согласуется с палеоботаническими данными об очень теплом, гумидном климате (Гольберт и др., 1977; Герман, 2004).

Сеноманский Западно-Сибирский бассейн представлял собой опресненный, мелководный водоем (Атлас..., 1976; Конторович и др., 2014). Однако в верхнем сеномане в естественных выходах Усть-Енисейского района (Захаров и др., 1989) в некоторых скважинах Западной Сибири и Карского шельфа зафиксированы следы начала одной из крупнейших в мелу трансгрессии, превратившей Западную Сибирь в обширный эпиконтинентальный бассейн на все шесть веков позднего мела. С позднесеноманской—раннетуронской трансгрессией связаны отложения черных сланцев, широкое распространение аноксидных обстановок и нивелировка состава фауны (Захаров и др., 2000, 2003; Лебедева, Зверев, 2003). Многие исследователи, анализируя в климатическом аспекте многочисленные литологические, седиментологические, палеонтологические, геохимические данные, отметили однородность физико-географических и, главным образом, климатических условий, сложившихся в сеноманском веке почти на всей территории Сибири, и делают вывод о гумидном, равномерно-влажном, теплом климате территории (Гольберт и др., 1977; Хернгрин, Хлонова, 1983; Zakharov et al., 2002; Захаров и др., 2002; Герман, 2004; Головнева, 2005). Изучение особенностей распределения родов иноцерамов в Арктической биохории в позднем

сеномане и начале раннего турона показало, что ее населяли космополитные роды и подроды: *Inoceramus* (*Inoceramus*), *Inoceramus* (*Mytiloides*) (Хоментовский, 1998; Захаров и др., 2001). Присутствуют также иноцерамиды тихоокеанского происхождения, в это же время в Западно-Сибирском бассейне появляются аммониты *Placenticeras* и *Borissiakoceras* (Захаров и др., 2003; Рогов и др., 2019). Отсутствие эндемиков надвидового ранга и преобладание бореальных космополитов даже на видовом уровне свидетельствуют о наличии постоянных морских путей, связывающих Арктический бассейн с Мировым океаном в позднем сеномане—раннем туроне (Захаров и др., 2001).

В Западно-Канадском бассейне в раннем и среднем сеномане по литолого-палеонтологическим особенностям формации *Belle Fourche* реконструированы холодноводные условия с пониженной соленостью. Однако в конце сеномана—начале турона, так же как и в Западно-Сибирском бассейне, отмечается максимальная трансгрессия (формация *Second White Specks*), проникновение теплых вод, установление морского режима с нормальной соленостью (Bloch et al., 1999). Детальный анализ состава диноцист из североамериканского Западного Внутреннего бассейна показал наибольшее таксономическое разнообразие (91 таксон) в комплексе разреза Пуэбло (Колорадо, США), многие виды являются космополитами, подтверждая наличие связей с океаническими водами на юге в течение сеномана и раннего турона (Dodsworth, 2000).

В.А. Красилов (1985) писал, что связь арктических и тетических вод могла поддерживаться через североамериканское Западное Внутреннее море. Это подтверждается распределением аммонитов рода *Borissiakoceras*, предположительно появившихся в среднем сеномане североамериканского Западного Внутреннего бассейна и через Арктический бассейн (находки в Усть-Енисейской впадине) проникших в Азию (находки в Таджикской депрессии, низовья Амударьи) (Михайлова, Найдин, 2002; Захаров и др., 2002; Найдин, 2003). Косвенным образом с предположением В.А. Красилова согласуется достаточно большое количество космополитных таксонов цист динофлагеллат, которые могли проникать через систему меридиональных проливов, соединявших Северную Атлантику, североамериканское Западное Внутреннее море, Арктический бассейн и Западно-Сибирское море.

Комплексы диноцист **1С типа** в позднесеноманское—раннетуронское время обнаруживают наибольшее сходство с одновозрастными комплексами Северной Европы (**2аС тип**). К. Маршалл и Д. Баттен (Marshall, Batten, 1988) описали комплексы диноцист из пограничных сеномантуронских отложений, представленных в Нижнесаксонском бассейне Германии битуминозными

мергелями. Систематический состав диноцист, приведенный в этой работе, сходен с составом северосибирских диноцист наличием большого количества общих видов: *Eurydinium saxoniense*, *Apteodinium granulatum*, *Kallosphaeridium? ringnesiorum*, *Cauveridinium membraniphorum*, *Cyclonephelium vannophorum*, *Florentinia ferox*, *Litosphaeridium siphoniphorum*, *Microdinium ornatum*, *Odontochitina operculata*, *Pterodinium cingulatum*. Однако комплекс диноцист Германии характеризуется обилием хоротных форм, тогда как в северосибирских комплексах преобладают каватные цисты. Р. Дэви (Davey, 1969, 1970) описал комплексы сеноманского возраста Англии и Северной Франции и сравнил их с одновозрастными комплексами Северного Техаса и Канады. Среди диноцист здесь также значительное место занимают каватные формы. Общими видами с диноцистами исследуемого района являются *Alterbidinium "daveyi"*, *Subtilisphaera pirnaensis*, *Trithyrodinium suspectum*, *Isabelidinium magnum*, *Palaeohystrichophora infusorioides*, *Odontochitina operculata*, *Xenascus blastema*, *Cribooperidinium exilicristatum*, *Microdinium crinitum*, *M. ornatum*, *Rhiptocorys veligera*, *Apteodinium granulatum*, *Trichodinium castanea*, *Oligosphaeridium complex*, *O. prolixispinosum*, *Cauveridinium membraniphorum*, *Cyclonephelium vannophorum*.

Существует много работ, посвященных диноцистам сеномана Англии (Cookson, Hughes, 1964; Clarke, Verdier, 1967; Davey, 1969, 1970; Jarvis et al., 1988; Batten, Marshall, 1991; Tocher, Jarvis, 1995; Pearce et al., 2003, 2020), Франции (Davey, 1969, 1970; Foucher, Taugordean, 1975; Foucher, 1976, 1979 и др.), Нидерландов, Испании (Herngreen, 1977, 1980), Северной Богемии (Svobodova, Vavrdova, 1987), Китая (Mao Shaozhi, Norris, 1988), Северо-Восточной Ливии (Uwins, Batten, 1988), Канады (Barss et al., 1979; Singh, 1983; Bloch et al., 1999), Атлантического побережья США (Aurisano, Nabib, 1977; Aurisano, 1989). Большинство видов диноцист, отмечаемых в сеноманских комплексах, имеют широкий стратиграфический диапазон распространения. В этих работах упоминается широко распространенный вид *Litosphaeridium siphoniphorum*, не выходящий за пределы сеномана. Он указывается как вид-индекс для сеномана Англии, Франции, Нидерландов. Детально диапазон распространения этого вида рассмотрен в работе М.А. Пирса с соавторами (Pearce et al., 2020).

Ограничено сеноманом также распространение *Kiokansium polypes*, *Apteodinium granulatum*, *Eurydinium eurense*. В сеномане появляется большое количество каватных цист *Eurydinium saxoniense*, *Isabelidinium magnum*, *Trithyrodinium rhomboideum*, характерных для сеномана—раннего турона. *Alterbidinium "daveyi"*, *Trithyrodinium suspectum*, *Ginginodinium evittii* обнаружены в позднем сеномане и проходят до кампана; *Subtilisphaera pir-*

naensis появляется в позднем сеномане и исчезает в коньяке.

Возрастной диапазон многих других сеноманских видов, характерных для некоторых районов, еще точно не установлен. В дополнение к уже проведенной панбореальной корреляции позднемеловых комплексов диноцист (Микрофитофоссилии..., 1994; Zakharov et al., 2002; Лебедева, 2005б) появились новые литературные данные. В скважинах из юго-западной части Баренцева моря, а также из Норвежского моря установлена интервал-зона *Palaeohystrichophora infusorioides*—*Palaeohystrichophora palaeoinfusa* (часть нижнего сеномана—часть верхнего сеномана), в которой, помимо прочих таксонов, характерными являются *Cauveridinium membraniphorum*, *Litosphaeridium siphoniphorum*, *Stephodinium coronatum*, *Palaeoperidinium cretaceum*, *Chlamydophorella nyei*, *Surculosphaeridium longifurcatum* (Radmacher et al., 2014, 2015). В верхнем сеномане Западной Гренландии (Nuussuaq Basin) отмечается первое появление *Trithyrodinium suspectum*, *Isabelidinium magnum*, *Cauveridinium membraniphorum* (Pedersen, Nøhr-Hansen, 2014). На северо-востоке Гренландии в верхнем сеномане выделена зона *Cyclonephelium compactum*—*Cauveridinium membraniphorum complex*, которая определяется от первого появления группы *Cyclonephelium compactum*—*Cauveridinium membraniphorum* до первого появления *Heterosphaeridium difficile* (Nøhr-Hansen et al., 2019). Характерными таксонами также являются *Surculosphaeridium longifurcatum*, *Chlamydophorella nyei*, *Isabelidinium spp.*, *Palaeohystrichophora infusorioides*, *Spiniferites spp.*, *Subtilisphaera kalaalliti*.

Таким образом, позднесеноманский комплекс диноцист хорошо прослеживается в Северном полушарии.

Турон

Для туронского времени проанализировано распределение 79 родов в 25 местонахождениях. Установлено три типа комплексов диноцист (рис. 2).

1Т тип выявлен в терригенных отложениях севера Западной Сибири (Усть-Енисейский район, Карский шельф, скв. Березовская 23к, Южно-Русская 113), Западной Канады (территории штатов Альберта и Саскачеван), юго-западной части Баренцева моря. Увеличивается количество характерных родов: *Alterbidinium* (отмечен также единично в разрезе Техаса, США), *Dorocysta*, *Laciadinium*, *Pierceites*, *Spinidinium*, *Chlonoviella* (последний род только на севере Сибири) (табл. 3).

Увеличивается родовое и видовое разнообразие, что связано с трансгрессивными событиями в пограничное сеноман-туронское время в Северном полушарии. Наибольшее видовое разнообразие, по сравнению со 2 типом, наблюдается в родах *Alter-*

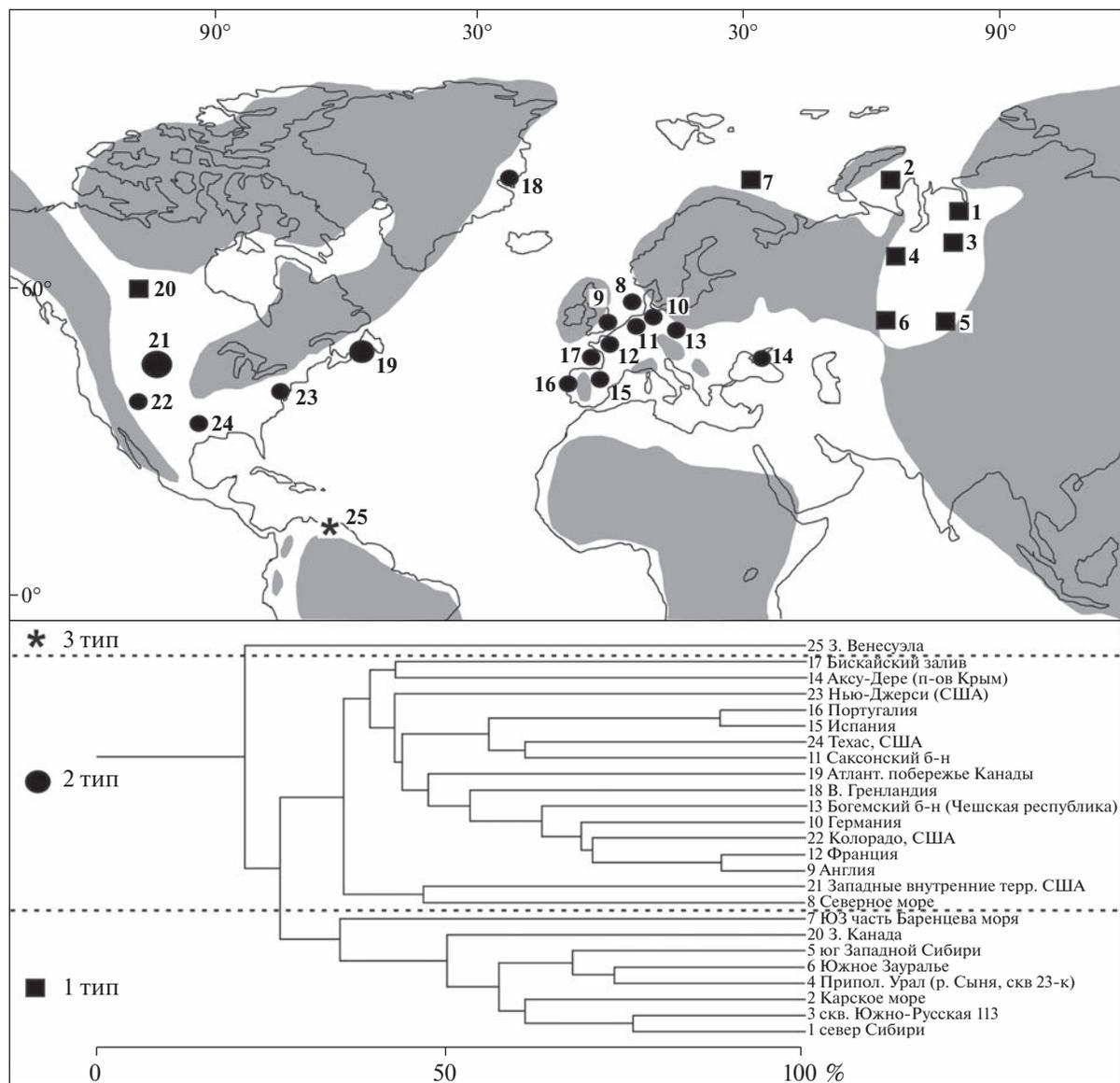


Рис. 2. Дифференциация туронских комплексов диноцист.

Палеогеографическая основа построена на сведениях из работ: Атлас..., 1976; Ziegler, 1988; Srivastava, 1992; Волков, Найдин, 1994; Simons et al., 2003; Prauss, 2006, 2012; Pearce et al., 2009; Peyrot et al., 2011; Olde et al., 2015.

Местонахождения: 1 – Север Сибири (Lebedeva, 2006); 2 – шельф Карского моря, скв. Ленинградская 1 (Lebedeva, 2006); 3 – скв. Южно-Русская 113 (Лебедева и др., 2004); 4 – Приполярный Урал (Chlonova, 1996; Lebedeva, 2006); 5 – юг Западной Сибири, Омский прогиб (Лебедева и др., 2013; Лебедева, Кузьмина, 2018); 6 – Южное Зауралье (Кузьмина и др., 2021); 7 – юго-западная часть Баренцева моря (Radmacher et al., 2014); 8 – Северное море (Batten, Marshall, 1991); 9 – Англия (Clarke, Verdier, 1967; Marshall, Batten, 1988; Jarvis et al., 1988; Costa, Davey, 1992; Tocher, Jarvis, 1995; Dodsworth, 2000; Pearce et al., 2009); 10 – Германия (Prössl, 1990; Kirsch, 1991, 2000); 11 – Саксонский бассейн (Marshall, Batten, 1988); 12 – Франция (Foucher, 1975, 1979, 1981, 1982; Robaszynski et al., 1982); 13 – Чехия, Богемский бассейн (Olde et al., 2015); 14 – Аксу-Дере, Крым (Dodsworth, 2004); 15 – Испания (Riegel, 1973; Peyrot, 2011); 16 – Португалия (Barroso-Barcenilla et al., 2011); 17 – Бискайский залив (Fauconnier, 1984); 18 – Восточная Гренландия (Soper et al., 1976; Nøhr-Hansen, 2012); 19 – Атлантическое побережье Канады (Williams, Brideaux, 1975; Jansa et al., 1977; Barss et al., 1979); 20 – Западная Канада (Volch et al., 1999); 21 – Западные внутренние территории США (Li, Habib, 1996; Dodsworth, 2000; Oboh-Ikuenobe et al., 2007); 22 – Колорадо, США (Dodsworth, 2000); 23 – Нью-Джерси, США (May, 1980; Aurisano, 1989); 24 – Техас, США (Srivastava, 1992); 25 – Западная Венесуэла (Helenes et al., 1998).

Таблица 3. Состав родов диноцист, обнаруженных только в пределах указанных типов комплексов в туроне

1Т тип	2Т тип	3Т тип
Alterbidinium, Chlonoviella, Dorocysta, Laciadinium, Pierceites, Spinidinium	Achomosphaera, Apteodinium, Callaiosphaeridium, Codoniella, Cometodinium, Dapsilidinium, Dinopterigium, Ellipsodinium, Endoscrinium, Hystrichodinium, Hystrichostrogylon, Kleithriasphaeridium, Prolixosphaeridium, Tanyosphaeridium, Xiphophoridinium	Andalusiella, Cerodinium

Таблица 4. Выбранные роды диноцист, обнаруженные в двух или трех типах комплексов в туроне

Роды диноцист, обнаруженные в 1Т и 2Т типах комплексов	Космополитные роды диноцист
Chatangiella, Chlamydophorella, группа Cyclonephelium/Circulodinium, Eurydinium, Exochosphaeridium, Florentinia, Heterosphaeridium, Isabelidinium, Leberedocysta, Oligosphaeridium, Pervosphaeridium, Pterodinium, Rhyptocorys, Spiniferites, Surculosphaeridium, Trithyrodinium, Wal lodinium, Xenascus	Canningia, Coronifera, Cribroperidinium, Kallosphaeridium, Microdinium, Odontochitina, Palaeohystrichophora, Palaeoperidinium, Subtilisphaera, Trichodinium

bidinium, Chatangiella, Microdinium. В двух скважинах Варьеганского мегавала (Западная Сибирь) выделен комплекс диноцист совместно с фораминиферами раннего турона (Александрова и др., 2010). Он не был включен в количественный анализ, поскольку в работе указано “ядро” комплекса, а не полный состав таксонов. Однако этот комплекс хорошо сопоставляется с другими сеноман-раннетуронскими западносибирскими комплексами диноцист и может быть отнесен к 1 типу. Г.Н. Александрова (Александрова и др., 2010) отмечает, что совместное присутствие в комплексе таких видов, как Eurydinium saxoniense, Isabelidinium magnum, указывает на его переходный характер от комплекса слоев с Chlamydophorella puei—Chlonoviella agarica (Усть-Енисейский район, верхний сеноман—нижняя часть среднего турона (Микрофитофоссилии..., 1994) к комплексу слоев с Chatangiella spectabilis—Heterosphaeridium difficile (верхний турон (Lebedeva, 2006)), и время его формирования, вероятно, отвечает концу раннего турона. На это указывает и отсутствие в нем представителей рода Chatangiella, которые известны со среднего турона.

2Т тип включает комплексы из карбонатных отложений Англии, Франции, Саксонского бассейна, Германии, Атлантического побережья Канады, Колорадо, Техаса, США и из терригенных осадков Северного моря, Нью-Джерси, Аризоны, США. Характерные роды: Achomosphaera, Cal-

laiosphaeridium, Cometodinium, Dapsilidinium и др. (табл. 4). Комплексы диноцист, объединенные во второй тип, отличаются наибольшим таксономическим разнообразием. Количество видов в родах Achomosphaera, Florentinia, Hystrichosphaeridium, Oligosphaeridium, Pterodinium, Spiniferites колеблется от 2 до 10.

3Т тип включает один комплекс из туронских отложений Западной Венесуэлы (Helenes et al., 1998). Разнообразие диноцист невелико: 12 видов из 12 родов. Характерные роды: Cerodinium, Andalusiella.

В туронское время достаточно велико было количество космополитных родов, однако в отдельных бассейнах наблюдался эндемизм на уровне видов. Примером является большое количество местных видов рода Chatangiella (более 15) в северосибирских комплексах, Dinogymnium, Hystrichosphaeridium — во французском комплексе, Subtilisphaera — в североамериканском Западном Внутреннем бассейне. Увеличивается видовое различие в западносибирских и западноканадских комплексах.

Климат в туроне по палеоботаническим данным был влажным и теплоумеренным (Гольберт и др., 1977; Герман, 2004; Головнева, 2005). Данные CLAMP анализа туронской флоры на о-ве Новая Сибирь указывают на теплоумеренный климат со среднегодовыми температурами $+9.2 \pm 2.2^{\circ}\text{C}$ (Spicer, Herman, 2010). Однако в туронское время

происходит ряд существенных изменений в гидрогеологической и климатической обстановке. Вслед за сеноман-туронским пиком потепления, в среднем туроне отмечается похолодание, которое В.А. Вахрамеев (1978) объяснял влиянием крупной трансгрессии, захватившей всю Западную Сибирь. В Западно-Сибирском бассейне в среднем туроне происходит перестройка морской биоты. Снижается разнообразие донных сообществ моллюсков и фораминифер, возрастает эндемизм. Так, среди иноцерамов известны лишь два космополита и 8 видов-эндемиков (Хоментовский, 1998; Захаров и др., 2000, 2003). Эндемизм усиливается и в планктонных альгофлорах цист динофлагеллат.

Предполагается, что вдоль восточного склона Урала проходило мощное течение из арктической области, существование которого подтверждается литолого-фациальными и палеонтологическими данными (Атлас..., 1976). Это объясняет близкое сходство северосибирских комплексов диноцист с южносибирскими и приуральскими (Кузьмина и др., 2021).

Э.О. Амон (1996, 2001) отмечает, что в Полярном Предуралье установлены морские глинистые отложения с комплексами фораминифер и радиолярий, сопоставимыми с туронскими комплексами Западной Сибири и Зауралья, но отличающимися от известных в туроне комплексов центральных районов Европейской России, поэтому нет оснований полагать, что туронское море в бассейне р. Уса было частью Восточно-Европейского бассейна; скорее всего, здесь располагался Печорский залив Западно-Сибирского моря.

Последние годы многими исследователями обсуждается вопрос о возможности существования связей Западно-Сибирского и Туранского морей в туроне через Тургайский пролив. В Южном Тургае распространены прибрежно-морские отложения раннетуронского мелководного Туранского моря (Амон, 2001). В Северном Тургае существовал Кустанайский залив Западно-Сибирского моря, в котором формировались аналогии кузнецовской свиты (Умова и др., 1968; Папулов, 1974). Э.О. Амон (2001) не исключает, что “суша центральной части Тургайского прогиба не являлась абсолютным препятствием для сообщения вод Туранского моря и Кустанайского залива, хотя строгих данных, подтверждающих это предположение нет”, поскольку здесь обнаружены континентальные и лагунные осадки. В этой же работе Э.О. Амон указывает, что, по устному сообщению В.И. Гладковой, в туронских отложениях, вскрытых скважинами в Актюбинском Примугоджарье, установлены комплексы фораминифер, в частности, из зоны *Gaudryinopsis filiformis angusta* Западной Сибири. Г.Н. Папулов (1974) приводит данные, позволяющие полагать,

что в отдельные моменты туронского века Западно-Сибирское море имело сообщение с морскими бассейнами Туранской плиты.

Для Д.П. Найдина (2003) “существование морского соединения через пролив на рубеже сеноман–турон представляется несомненным”. Автор обосновывает это положение примером меридионального распространения “по обе стороны от ворот” аммонитов *Borissiakoceras*.

Н.Г. Шарафутдиновой (1994) в морских отложениях турона юго-восточной части Тургайского прогиба установлен комплекс диноцист, в котором наиболее обильны и разнообразны представители рода *Chatangiella*. Определены также *Trithyrodinium suspectum*, *Alterbidinium acutulum* (в работе Шарафутдиновой (1994) – *Alterbia recticornis*), *Circulodinium distinctum*, *Chlamyphorella* sp., *Spiniferites ramosus*, *Isabelidinium*, *Microdinium*. Такой состав диноцист соответствует **1Т типу**, а по видовому набору *Chatangiella* – западносибирскому комплексу. Совместно с диноцистами И.А. Богоявленской выделен комплекс фораминифер, типичный для туронских отложений Западной Сибири (Шарафутдинова, 1994).

Все эти данные с очевидностью указывают на существование связей, возможно кратковременных, между Западно-Сибирским и Туранским морями, причем определяющими были бореальные течения через Тургайский пролив.

В работе Ю.В. Волкова и Д.П. Найдина (1994) реконструированы поверхностные течения для отдельных веков мелового периода. На карте-схеме, отражающей циркуляцию поверхностных водных масс для турона, показана система течений бореального происхождения вдоль восточного склона Урала через Тургайский пролив до западных окраин Европейской палеогеографической области. В то же время Западно-Сибирский бассейн имел открытые связи с Мировым океаном через Арктический бассейн (Волков, Найдин, 1994).

Изохронные колебания кривой $\delta^{18}\text{O}$ в нескольких европейских бассейнах и данные по аммонитам, ежам и белемнитам указывают на похолодание в Европе в позднем туроне (Wiese, Voigt, 2002). Возможно, это было обусловлено вторжением более прохладных арктических вод.

Предложенная Ю.В. Волковым и Д.П. Найдиным (1994) схема циркуляции поверхностных течений для турона хорошо согласуется с выравниванием родового состава диноцист **1Т и 2Т типов** и эндемизмом альгофлор некоторых бассейнов. Например, внутри североамериканского Западного Внутреннего бассейна, где показаны две системы течений в северной и южной частях, различия в составе диноцист значительно возросли, по сравнению с поздним сеноманом.

Диноцисты турона плохо изучены, поэтому эта часть схемы для разных регионов слабо разра-

ботана. Можно дополнить опубликованные материалы сравнительного анализа туронских комплексов диноцист (Микрофитофоссилии..., 1994; Zakharov et al., 2002; Лебедева, 2005б) еще рядом исследований. В Западной Гренландии выделена зона *Heterosphaeridium difficile* (турон—?часть нижнего коньяка), которая определяется по появлению вида-индекса и *Chatangiella* spp. (Nøhr-Hansen, 2012). Эта зона прослежена в скважинах Баренцева и Норвежского морей, где также отмечается первое появление *Heterosphaeridium difficile* и рода *Chatangiella*, установлено последнее появление *Dorocysta litotes*, а также постоянное присутствие *Surculosphaeridium longifurcatum*, *Palaeohystrichophora infusorioides* (Radmacher et al., 2014, 2015). Это совпадает с характерными чертами комплекса из верхнетуронских слоев *Chatangiella spectabilis*—*Heterosphaeridium difficile* сибирской шкалы (Lebedeva, 2006). Вид *Heterosphaeridium difficile* в западносибирских комплексах появляется в верхнетуронских отложениях, и, поскольку зона, выделенная в Гренландии, имеет широкий стратиграфический объем, слои *Chatangiella spectabilis*—*Heterosphaeridium difficile* составляют только часть зоны *Heterosphaeridium difficile*.

В нижнем туроне Западной Гренландии (Nussuaq Basin) отмечается первое появление *Heterosphaeridium difficile* (Nøhr-Hansen, Dam, 1997; Pedersen, Nøhr-Hansen, 2014). На северо-востоке Гренландии выделена зона *Heterosphaeridium difficile* (нижний турон—?средний коньяк), разделенная на четыре подзоны: (1) *Chatangiella granulifera*, (2) *Senoniasphaera rotundata*, (3) *Odontochitina rhakodes* и (4) *Xenascus gochtii* (Nøhr-Hansen et al., 2019). Нижняя граница первой подзоны проводится по первому появлению в нижнем туроне *Heterosphaeridium difficile* и *Chatangiella granulifera*. Это событие отмечается и другими исследователями (Costa, Davey, 1992; Dodsworth, 2000; Pearce et al., 2003; Williams et al., 2004). В западносибирских комплексах диноцист появление рода *Chatangiella* фиксируется только в среднем туроне. Поскольку для всех подзон указано только по два вида, определяющих нижнюю и верхнюю границы, а не характерный комплекс, провести сопоставление гренландских и западносибирских биостратонов невозможно. Пирс с соавторами (Pearce et al., 2020) детально проследили первое и последнее появление *Heterosphaeridium difficile* в различных местонахождениях и пришли к выводу, что этот вид распространен достаточно широко и самое раннее его появление отмечается в позднем сеномане Южного полушария, а самое позднее в сантоне Северо-Западной Европы. Тем не менее этот вид наиболее характерен для туронских комплексов диноцист.

Следует отметить, что отличительными особенностями северосибирских турон-коньякских комплексов диноцист являются значительное ко-

личество и исключительное разнообразие *Chatangiella*. При этом большинство видов (10 из 15) местные. Здесь также практически полностью отсутствуют широко распространенные виды хорватных диноцист. Это хорошо согласуется с эндемизмом иноцерамовой фауны и указывает на возможную изолированность борейского бассейна в это время, что затрудняет межрегиональную корреляцию выделенных подразделений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена таксономическая типизация комплексов диноцист на основе качественной и количественной оценки их родового состава для Северного полушария в сеноман-туронское время в целях выявления корреляционных таксонов. Типизация осуществлялась методом кластерного анализа по расчетной модели Жаккарда (программа BioDiversity Professional, 1997). Для объединения кластеров в иерархическую структуру использовался метод связи группового среднего.

Анализ особенностей широтной дифференциации диноцист с привлечением имеющихся палеогеографических данных указывает на то, что преобладающими факторами, влиявшими на их распространение, являются: климатические особенности, поверхностная температура, течения, взаиморасположение акватории и суши, характер связей между бассейнами. В сеномане выделено три типа комплексов диноцист. Сеноманские комплексы диноцист слабо дифференцированы, установлено большое количество космополитных родов, что хорошо согласуется с палеоботаническими данными об очень теплом, гумидном климате. Позднесенманские комплексы диноцист хорошо прослеживаются в Северном полушарии. Для них характерно совместное присутствие следующих видов: *Eurydinium saxoniense*, *Apteodinium granulatum*, *Kallosphaeridium ? ringnesiorum*, *Cauveridinium membraniphorum*, *Litosphaeridium siphoniphorum*, *Pterodinium cingulatum*, *Isabelidinium magnum*, *Palaeohystrichophora infusorioides*, *Xenascus blastema*.

Для туронского века установлено три типа комплексов диноцист. По сравнению с сеноманом уменьшается число космополитных родов диноцист, возрастает видовой эндемизм в отдельных туронских бассейнах. Усиливается дифференциация комплексов и уменьшается их корреляционный потенциал. Туронские комплексы диноцист различных бассейнов Северного полушария слабо сопоставимы; и можно отметить только несколько событий, которые происходят в их составе: появление *Heterosphaeridium difficile* и рода *Chatangiella*, последнее появление *Dorocysta litotes*, а также постоянное присутствие *Surculosphaeridium longifurcatum*, *Palaeohystrichophora infusorioides*.

Исследования особенностей широтной дифференциации цист динофлагеллат в сеноман-туронское время позволили выявить не только существенные различия таксономического состава на удаленных территориях, но и имеющуюся общность, благодаря которой появляется возможность межрегиональной корреляции верхнемеловых отложений на ярусном, подъярусном, а на некоторых срезах и на более детальном уровне по видам из космополитных родов диноцист.

Благодарности. Автор приносит благодарность О.В. Шурековой, Е.С. Разумковой, А.Г. Федяевскому, Г.Н. Александровой, М.А. Рогову за ценные замечания и правки, послужившие улучшению качества статьи.

Источники финансирования. Исследование поддержано Минобрнауки России в рамках государственного задания (проект № FWZZ-2022-0004).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова Г.Н., Космынин В.А., Постников А.В.* Стратиграфия и условия седиментации меловых отложений южной части Варьеганского мегавала (Западная Сибирь) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2010. Т. 18. № 4. С. 65–91.
- Алексеев А.С., Копачев Л.Ф., Барабошкин Е.Ю., Беньямовский В.Н., Габдуллин Р.Р., Олферьев А.Г., Яковичина Е.В.* Палеогеография юга Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления в позднем мелу. Статья 2. Палеогеографическая обстановка // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2005. Т. 80. Вып. 4. С. 30–44.
- Амон Э.О.* Палеобиогеография Приполярного Предуралья в позднемеловое время // Ежегодник-1995 Института геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 1996. С. 3–6.
- Амон Э.О.* Морские акватории Уральского региона в средне- и позднемеловое время // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 3. С. 471–483.
- Атлас литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины в масштабе 1 : 5000000 // Тр. ЗапСибНИГНИ (Тюмень). 1976. Вып. 93.
- Вахрамеев В.А.* Климаты Северного полушария в меловом периоде и данные палеоботаники // Палеонтол. журн. 1978. № 2. С. 3–17.
- Волков Ю.В., Найдин Д.П.* Вариации климатических зон и поверхностные океанические течения в меловом периоде // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1994. Т. 69. Вып. 6. С. 103–123.
- Герман А.Б.* Позднемеловой климат Евразии и Аляски. М.: Наука, 2004. 156 с. (Тр. ГИН РАН. Вып. 559).
- Головнева Л.Б.* Фитостратиграфия и эволюция альб-кампанской флоры на территории Сибири // Меловая система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. СПб.: СПбГУ, 2005. С. 177–197.
- Гольберт А.В., Григорьева К.Н., Ильенко Л.Л., Маркова Л.Г., Скуратенко А.В., Тесленко Ю.В.* Палеоклиматы Сибири в меловом и палеогеновом периодах. М.: Недра, 1977. 107 с.
- Захаров В.А., Бейзель А.Л., Похиалайнен В.П.* Открытие морского сеномана на севере Сибири // Геология и геофизика. 1989. № 6. С. 10–13.
- Захаров В.А., Лебедева Н.К., Маринов В.А.* Арктическая биогеографическая провинция в позднем мелу: морская биота, динамика разнообразия, биособытия и географическая дифференциация (хорология, историческая биогеография) // Среда и жизнь в геологическом прошлом. Тез. докл. Всероссийского симпозиума, посвященного 100-летию Р.Ф. Геккера. Новосибирск: Изд-во СО РАН НИЦ ОИГГМ, 2000. С. 54–56.
- Захаров В.А., Лебедева Н.К., Маринов В.А.* Хорология и пути миграции позднемеловой морской арктической биоты // Проблемы стратиграфии и палеогеографии бореального мезозоя. Материалы Научной сессии, посвященной 90-летию В.Н. Сакса. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “Гео”, 2001. С. 53–55.
- Захаров В.А., Шурыгин Б.Н., Курушин Н.И., Меледина С.В., Никитенко Б.Л.* Палеонтологические и палеоэкологические свидетельства присутствия арктического океана в мезозое // Российская Арктика: геологическая история, минералогия, геоэкология. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. С. 80–92.
- Захаров В.А., Лебедева Н.К., Маринов В.А.* Биотические и абиотические события в позднем мелу Арктической биогеографической области // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 11. С. 1093–1103.
- Конторович А.Э., Ершов С.В., Казаненков В.А., Карогдин Ю.Н., Конторович В.А., Лебедева Н.К., Никитенко Б.Л., Попова Н.И., Шурыгин Б.Н.* Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 5–6. С. 745–776.
- Красилов В.А.* Меловой период. Эволюция земной коры и биосферы. М.: Наука, 1985. 240 с.
- Кузьмина О.Б., Лебедева Н.К., Шулькина Н.Е.* Палиностратиграфия меловых и палеогеновых отложений Челябинской области, Южное Зауралье // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2021. Т. 29. № 2. С. 100–126.
- Лебедева Н.К.* Географическая дифференциация цист динофлагеллат в сеноманском и туронском веках (поздний мел) в Северном полушарии // Современные проблемы палеофлористики, палеофитогеографии и фитостратиграфии. Труды Международной палеоботанической конференции. М.: ГЕОС, 2005а. Вып. 1. С. 188–197.
- Лебедева Н.К.* Биостратиграфия верхнемеловых отложений в бассейне на р. Уса (Полярное Предуралье) по диноцистам // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2005б. Т. 13. № 3. С. 114–131.
- Лебедева Н.К.* Особенности географического распределения цист динофлагеллат в кампанское время // Палеонтология, палеобиогеография и палеоэкология. Материалы III сессии Палеонтологического общества при РАН. Санкт-Петербург, 2007. С. 77–78.
- Лебедева Н.К.* Диноцисты и биостратиграфия верхнемеловых отложений севера Сибири. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Новосибирск, 2008. 32 с.
- Лебедева Н.К., Зверев К.В.* Седиментологический и палинологический анализ сеноман-туронского события на севере Сибири // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 8. С. 769–780.

- Лебедева Н.К., Кузьмина О.Б. Палиностратиграфия верхнемеловых и палеогеновых отложений юга Западной Сибири на примере скважин Русско-Полянского района, Омский прогиб // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2018. Т. 26. № 1. С. 85–114.
- Лебедева Н.К., Агалаков С.Е., Бейзель А.Л. Палиностратиграфия и строение разреза верхнего мела по скв. 113 Южно-Русской площади (Пур-Тазовское междуречье, Западная Сибирь) // Новости палеонтологии и стратиграфии. Приложение к журн. "Геология и геофизика". 2004. Т. 45. Вып. 6–7. С. 191–207.
- Лебедева Н.К., Александрова Г.Н., Шурыгин Б.Н., Овечкина М.Н., Гнибиденко З.Н. Палеонтологическая и магнитостратиграфическая характеристика верхнемеловых отложений, вскрытых скважиной 8 Русско-Полянского района (юг Западной Сибири) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2013. Т. 21. № 1. С. 1–31.
- Микрофитофоссилии и стратиграфия мезозоя и кайнозоя Сибири. Ред. Волкова В.С., Хлонова А.Ф., Кулькова И.А. и др. Новосибирск: Наука, 1994. 216 с.
- Михайлова И.А., Найдин Д.П. Систематическое положение и распространение рода *Botriasiakoceras* Arkhangelsky, 1916 (Ammonoidea) // Палеонтол. журн. 2002. № 6. С. 46–56.
- Найдин Д.П. Тургайский пролив в системе меридионального соединения позднемеловых морей Северного полушария // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2003. Т. 78. Вып. 4. С. 49–55.
- Несов Л.А. Нелетающие птицы меридиональных проливов позднего мела Сев. Америки, Скандинавии, России и Казахстана как показатели особенностей океанической циркуляции // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1992. Т. 67. Вып. 5. С. 78–83.
- Околдовск Ю.Б. Классификация и филогения динофлагеллат (Dinoflagellata) // Ботанич. журн. 2000. Т. 85. № 4. С. 1–14.
- Папулов Г.Н. Меловые отложения Урала (стратиграфия, палеогеография, палеотектоника). М.: Наука, 1974. 202 с.
- Рогов М.А., Зверьков Н.Г., Захаров В.А., Архангельский М.С. Морские рептилии и климат юры и мела Сибири // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2019. Т. 27. № 4. С. 13–39.
- Умова Л.А., Цаур Г.И., Шатров В.П. Палеогеография восточного склона Урала и Зауралья в меловое и палеоценовое время. Свердловск: УФ АН СССР, 1968. 83 с.
- Хернгерин Г.Ф.В., Хлонова А.Ф. Меловые палинофлористические провинции мира. Новосибирск: Наука, 1983. 134 с.
- Хлонова А.Ф., Лебедева Н.К. Особенности циркумбореальной корреляции верхнемеловых отложений по палинологическим данным // Геология и геофизика. 1988. № 2. С. 13–20.
- Хоментовский О.В. Иноцерамиды (*Bivalvia*) и био-стратиграфия верхнего мела севера Сибири. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1998. 20 с.
- Шарафутдинова Н.Г. О находках микрофитопланктона в туронских отложениях юго-восточной части Тургайского прогиба // Палинология в стратиграфии. М.: Наука, 1994. С. 92–94.
- Aurisano R.W. Upper Cretaceous dinoflagellate biostratigraphy of the subsurface Atlantic coastal plain of New Jersey and Delaware, USA // Palynology. 1989. V. 13. P. 143–179.
- Aurisano R.W., Habib D. Upper Cretaceous dinoflagellate zonation of the subsurface Toms River section near Toms River, New Jersey // Stratigraphic micropaleontology of Atlantic basin and borderlands. Amsterdam: Elsevier, 1977. P. 369–387.
- Barss M.S., Bujak J.P., Williams G.L. Palynological zonation and correlation of sixty-seven wells, Eastern Canada // Geol. Surv. Can. Pap. 1979. № 78-24. 118 p.
- Barroso-Barcenilla F., Pascual A., Peyrot D., Rodri'guez-La'zaro J. Integrated biostratigraphy and chemostratigraphy of the upper Cenomanian and lower Turonian succession in Puentevedey, Iberian Trough, Spain // Proc. Geol. Assoc. 2011. V. 122. Iss. 1. P. 67–81.
- Batten D.J., Marshall K.L. Palynology of Upper Cretaceous "Black Shales" from Helgoland, southern North Sea // Geol. Jb. Hannover. 1991. A. 120. P. 105–115.
- Below R. Aptian to Cenomanian dinoflagellate cysts from the Mazagan Plateau, Northwest Africa (sites 545 and 547, Deep Sea Drilling Project leg 79) // Init. Rep. Deep Sea Drilling Project. V. LXXIX. Washington, 1984. P. 621–649.
- Bloch J.D., Schröder-Adams C.J., Leckie D.A., Craig J., McIntyre D.J. Sedimentology, micropaleontology, geochemistry, and hydrocarbon potential of shale from the Cretaceous Lower Colorado Group in Western Canada // Geol. Surv. Can. Bull. 1999. № 531. 185 p.
- Chlonova A.F. Upper Cretaceous dinoflagellates: zonation and provincialism // Abstracts of IX IPC. Houston, Texas, 1996. P. 23.
- Clarke R.F.A., Verdier J.-P. An investigation of microplankton assemblages from the Chalk of the Isle of Wight, England // Verhandlung der Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen, Afdeling Naturkunde, Eerste Reeks. 1967. V. 24. P. 1–96.
- Cookson I.C., Hughes N.F. Microplankton from the Cambridge Greensand (Mid-Cretaceous) // Palaeontology. 1964. V. 7. № 1. P. 37–59.
- Costa L.I., Davey R.J. Dinoflagellate cysts of the Cretaceous System // A Stratigraphic Index of Dinoflagellate Cysts. Ed. Powel A.J. London: Chapman & Hall, 1992. P. 99–131.
- Dale B. Dinoflagellate cyst ecology: modeling and geological applications // Palynology: principles and applications. Eds. Jansonius J., McGregor D.C. Am. Assoc. Stratigr. Palynol. Foundation. 1996. V. 3. P. 1249–1275.
- Davey R.J. Non-calcareous microplankton from the Cenomanian of England, northern France and North America. Part I // Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Geol.). 1969. V. 17. P. 103–108.
- Davey R.J. Non-calcareous microplankton from the Cenomanian of England, northern France and North America, Part II // Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Geol.). 1970. V. 18. № 8. P. 337–397.
- Dodsworth P. Trans-Atlantic dinoflagellate cyst stratigraphy across the Cenomanian–Turonian (Cretaceous) stage boundary // J. Micropaleontol. 2000. V. 19. Pt. 1. P. 69–84.
- Dodsworth P. The palynology of the Cenomanian–Turonian (Cretaceous) boundary succession at Aksudere in Crimea, Ukraine // Palynology. 2004. V. 28. P. 129–141.

- Fauconnier D.* Marine Cretaceous palynology of holes 549 and 550, Deep Sea Drilling Project leg 80, Northern Bay of Biscay // *Init. Rep. Deep Sea Drilling Project*. Washington, 1984. V. LXXIX. P. 653–662.
- Foucher J.-C.* Dinoflagelles et acritarches des siles Cretaces du bassin de Paris // *Une synthese Stratigraphique*. Ann. Univ. A.R.E.R.S., Reims, 1975. P. 8–15.
- Foucher J.-C.* Les dinoflagelles des silex et la stratigraphie du Cretace superieur Francais // *Rev. Micropaleontol.* 1976. V. 18. № 4. P. 213–220.
- Foucher J.-C.* Distribution stratigraphique des kystes de dinoflagelles et des acritarches dans le Cretace Superieur du bassin de Paris et de L'Europe septentrionale // *Palaeontographica*. 1979. B. 169. Abt. B. P. 78–105.
- Foucher J.-C.* Kystes de dinoflagellés du Crétacé Moyen Européen: Proposition d'une Echelle biostratigraphique pour le Domaine Nord-occidental // *Cretaceous Res.* 1981. V. 2. P. 331–338.
- Foucher J.-C.* Les dinokystes Cenomano-Turonies du Saumurois et de Touraine (bassin de Paris, France) // *Joint Meet. of Commission Internat. De Microflore du Paleozoique and AASP*. Dublin, 1982. P. 1–19.
- Foucher J.-C., Taugordean Ph.* Microfossiles de A'lbo-Cenomanian de Wissant (Pas-de-Calais) // *Cah. Micropaleontol.* 1975. V. 1. P. 1–30.
- Helenes J., Guerra C.D., Vasquez J.* Palynology and chronostratigraphy of the Upper Cretaceous in the subsurface of the Barinas Area, Western Venezuela // *AAPG Bull.* 1998. V. 82. № 7. P. 1308–1328.
- Herngreen G.F.W.* A preliminary dinoflagellate zonation of Aptian-Cenomanian in the Netherlands // *Palinologia*. 1977. № 1. P. 273–281.
- Herngreen G.F.W.* Dinoflagellates of the Cenomanian Arenero de XIX section near Oviedo, Spain // *Rev. Esp. Micropaleont.* 1980. V. XII. № 1. P. 23–26.
- Jansa L.F., Gradstein F.M., Williams G.L., Jenkins W.A.W.* Geology of the Amoco IMP Skelly A-1 Osprey H-84 well, Grand Banks, Newfoundland // *Geol. Surv. Can. Pap.* 1977. № 77-21. P. 1–10.
- Jarvis I., Carson G.A., Cooper M.K.E., Hart M.B., Leary P.N., Tocher B.A., Horne D., Rosenfeld A.* Microfossil assemblages and the Cenomanian-Turonian (Late Cretaceous) oceanic anoxic event // *Cretaceous Res.* 1988. V. 9. P. 3–103.
- Kirsch K.-H.* Dinoflagellatenzysten aus der Obekreide des Helvetikums und Nordultrahelvetikums von Oberbayern // *Abh. Munchner Geowiss.* 1991. A. 22. P. 1–306.
- Kirsch K.-H.* Dinoflagellatenzysten aus der höheren Obekreide des Rhenodanubischen Flysches. 1. Kalkgrabenschichten von Schliersee/Oberbayern // *Mitt. Bayer. Statsslg. Palaont. Hist. Geol.* 2000. V. 40. P. 3–79.
- Lebedeva N.K.* Dinocyst biostratigraphy of the Upper Cretaceous of Northern Siberia // *Paleontol. J.* 2006. V. 40. Suppl. 5. P. S604–S621.
- Lentin J.K., Williams G.L.* Dinoflagellate provincialism with emphasis on Campanian Peridiniaceans // *AASP Contr. Ser.* 1980. № 7. 41 p.
- Li H., Habib D.* Dinoflagellate stratigraphy and its response to sea level change in Cenomanian-Turonian sections of the Western Interior of the United States // *Palaios*. 1996. V. 11. P. 15–30.
- Mahmoud M.S.* Palynology of Middle Cretaceous-Tertiary sequence of Mersa Matruh-1 well, northern Western Desert, Egypt // *N. Jb. Geol. Palaont.* 1998. Abh. 209(1). P. 79–104.
- Mao Shaozhi, Norris G.* Late Cretaceous-Early Tertiary dinoflagellates and acritarchs from the Kashi Area, Tarim Basin, Xinjiang Province, China // *Life Sci. Contrib.* 1988. V. 150. P. 1–92.
- Marshall K.L., Batten D.J.* Dinoflagellate cyst association in Cenomanian-Turonian "Black shale" sequences of Northern Europe // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 1988. V. 54. P. 85–103.
- Masure E., Rauscher R., Dejax J., Schuler M., Ferré B.* Cretaceous-Paleocene Palynology from the Cote D'ivoire-Ghana transform margin, sites 959, 960, 961, and 962 // *Proc. Ocean Drilling Program, Scientific Results*. Eds. Mascle J., Lohmann G.P., Moullade M. 1998. V. 159. P. 253–276.
- May F.E.* Dinoflagellate cysts of the Gymnodiniaceae, Peridiniaceae and Gonyaulacaceae from the Upper Cretaceous Monmouth Group, Atlantic Highlands, New Jersey // *Palaeontographica*. 1980. Abt. B. V. 172. P. 10–116.
- Nøhr-Hansen H.* Palynostratigraphy of the Cretaceous-Lower Palaeogene sedimentary succession in the Kangerlussuaq Basin, southern East Greenland // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2012. V. 178. P. 59–90.
- Nøhr-Hansen H., Dam G.* Palynology and sedimentology across a new marine Cretaceous–Tertiary boundary section on Nuussuaq, West Greenland // *Geology*. 1997. V. 25. P. 851–854.
- Nøhr-Hansen H., Piasecki S., Alsen P.* Cretaceous dinoflagellate cyst zonation for NE Greenland // *Geol. Mag.* 2019. <https://doi.org/10.1017/S0016756819001043>
- Norris G.* Provincialism of Callovian-Neocomian dinoflagellate cysts in the Northern and Southern hemispheres // *Am. Assoc. Stratigr. Palynol. Contrib. Ser.* 1965. № 4. P. 29–35.
- Oboh-Ikuenobe F.E., Benson D.G., Scott R.W., Holbrook J.M., Everts M.J., Erbacher J.* Re-evaluation of the Albian-Cenomanian boundary in the U.S. Western Interior based on dinoflagellate cysts // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2007. V. 144. P. 77–97.
- Olde K., Jarvis I., Pearce M., Uličný D., Tocher B., Trabccho-Alexandre J., Gröcke D.* A revised northern European Turonian (Upper Cretaceous) dinoflagellate cyst biostratigraphy: integrating palynology and carbon isotope events // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2015. V. 213. P. 1–16.
- Pearce M.A., Jarvis I., Swan A.R.H., Murphy A.M., Tocher B.A., Edmunds W.M.* Integrating palynological and geochemical data in a new approach to palaeoecological studies: Upper Cretaceous of Banterwick Barn Chalk borehole, Berkshire, UK // *Marine Micropaleontol.* 2003. V. 47. P. 271–306.
- Pearce M.A., Jarvis I., Tocher B.A.* The Cenomanian–Turonian boundary event, OAE2 and palaeoenvironmental change in epicontinental seas: new insights from the dinocyst and geochemical records // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2009. V. 280. P. 207–234.
- 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. V. 278. 104188.

- Pedersen G.K., Nøhr-Hansen H.* Sedimentary successions and palynoevent stratigraphy from the non-marine Lower Cretaceous to the marine Upper Cretaceous of the Nuussuaq Basin, West Greenland // *Bull. Can. Petrol. Geol.* 2014. V. 62. № 4. P. 216–244.
- Peyrot P., Barroso-Barcenilla F., Barrón E., Comas-Rengifo M.J.* Palaeoenvironmental analysis of Cenomanian–Turonian dinocyst assemblages from the Castilian Platform (Northern–Central Spain) // *Cretaceous Res.* 2011. V. 32. P. 504–526.
- Prauss M.L.* The Cenomanian/Turonian Boundary Event (CTBE) at Wunstorf, north-west Germany, as reflected by marine palynology // *Cretaceous Res.* 2006. V. 27. P. 872–886.
- Prauss M.L.* The Cenomanian/Turonian Boundary event (CTBE) at Tarfaya, Morocco: palaeoecological aspects as reflected by marine palynology // *Cretaceous Res.* 2012. V. 34. P. 233–256.
- Prössl K.F.* Dinoflagellaten der Kreide-Unter-Hauterive bis Ober-Turon – im Niedersächsischen Becken. Stratigraphic und fazies in der Kernbohrung Konrad 101 Sowie! Einiger Anderer Bohrungen in Nordwestdeutschland // *Palaeontographica.* 1990. Abt. B. B. 218. Lfg. 4–6. P. 93–191.
- Radmacher W., Tyszka J., Mangerud G., Pearce M.A.* Dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Upper Albian to Lower Maastrichtian in the southwestern Barents Sea // *Marine 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.
- Riegel W.* New forms of organic-walled microplankton from Upper Cretaceous assemblage in southern Spain // *Revista Española de Micropaleontología.* 1973. V. VI. № 3. P. 347–366.
- Robaszynski F., Alcaydé G., Amédéo F., Badillet G., Damotte R., Foucher J., Jardiné S., Legoux O., Manivit H., Monciardini C., Sornay J.* Le Turonian de la région-type: Saumurois et Touraine stratigraphie, biozonations, sédimentologie // *Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine.* 1982. V. 6. № 1. P. 119–225.
- Simons D.H., Keniga F., Schröder-Adams C.J.* An organic geochemical study of Cenomanian-Turonian sediments from the Western Interior Seaway, Canada // *Organic Geochemistry.* 2003. V. 34. P. 1177–1198.
- Singh C.* Cenomanian microfloras of the Peace River area northwestern Alberta // *Alb. Geol. Surv. Bull.* 1983. V. 44. 322 p.
- Soper N.J., Higgins A.C., Downie G., Matthews D.M., Brown C.* Late Cretaceous-Early Tertiary stratigraphy of the Kangerdlugssuaq area, east Greenland, and the age of opening of the north-east Atlantic // *J. Geol. Soc.* 1976. V. 132. P. 85–104.
- Spicer R.A., Herman A.B.* The late Cretaceous environment of the Arctic: a quantitative reassessment based on plant fossils // *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 2010. V. 295. P. 423–442.
- Srivastava S.K.* Dinocyst biostratigraphy of Cenomanian-Coniacian formations of the Western Gulf Coastal Plain, southern United States // *Palaeobotanist.* 1992. V. 39. № 2. P. 155–235.
- Svobodova M., Vavrdova M.* Some fossil microplankton from the Bohemian Cretaceous // *Vestn. Ustred. ustavu geol.* 1987. V. 2, 3. P. 165–178.
- Tocher B.A., Jarvis I.* Dinocyst distribution and stratigraphy of two Cenomanian–Turonian boundary (Upper Cretaceous) section from the western Anglo-Paris basin // *J. Micropalaeontol.* 1995. V. 14. P. 97–105.
- Uwins P.J.R., Batten D.J.* Early to Mid-Cretaceous palynology of northeast Libya // *Subsurface Palynostratigraphy of Northeast Libya.* Eds. El-Arnauti et al., 1988. P. 215–257.
- Wall J.H., Singh C.* A Late Cretaceous microfossil assemblage from the Buffalo Head Hills, North-Central Alberta // *Can. J. Earth Sci.* 1975. V. 12. P. 1157–1174.
- Wall D., Dale B., Lohmann G., Smith W.K.* The environmental and climatic distribution of dinoflagellate cysts in modern marine sediments from regions in the north and south Atlantic oceans and adjacent seas // *Marine Micropalaeontol.* 1977. V. 2. P. 121–200.
- Wiese F., Voigt S.* Late Turonian (Cretaceous) climate cooling in Europe: faunal response and possible causes // *Geobios.* 2002. V. 35. P. 65–77.
- Williams G.L., Brideaux B.* Palynologic analyses of Upper Mesozoic and Cenozoic rocks of the Grand Banks, Atlantic Continental Margin // *Geol. Surv. Can. Bull.* 1975. V. 236. P. 1–162.
- Williams G.L., Brinkhuis H., Pearce M.A., Fensome R.A., Weegink J.W.* Southern Ocean and Global Dinoflagellate Cyst Events compared: index events for the Late Cretaceous–Neogene // *Proc. Ocean Drilling Program. Scientific Results.* Eds. Exxon N.F., Kennett J.P., Malone M.J. 2004. V. 189. P. 1–98.
- Zakharov V.A., Lebedeva N.K., Khomentovsky O.V.* Upper Cretaceous Inoceramid and Dinoflagellate cysts biostratigraphy of the Northern Siberia // *Tethyan/Boreal Cretaceous correlation. Mediterranean and Boreal Cretaceous Paleobiogeographic Areas in Central and Eastern Europe.* Ed. Michalik J. Bratislava: VEDA, Publ. House Slovak Ac. Sci., 2002. P. 137–172.
- Ziegler P.A.* Evolution of the Arctic North-Atlantic and the Western Tethys // *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.* 1988. № 43. 198 p.
- Ziegler A.M., Rowley D.B.* The vanishing record of epeiric seas, with emphasis on the late Cretaceous “Hudson Seaway” // *Tectonic boundary conditions for climate reconstruction.* Eds. Growley T.J., Burke K. Oxford: Oxford Univ. Press, 1997. P. 147–166.
- Zonneveld K.A.F., Marret F., Versteegh G.J.M., Bogus K., Bonnet S., Bouimtarhan I., Crouch E., Vernal A., Elshanawany R., Edwards L., Esper O., Forkea S., Großfeld K., Henry M., Holzwarth U., Kieft J., Kim S.-Y., Ladouceur S., Young M.* Atlas of modern dinoflagellate cyst distribution based on 2405 data points // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2013. V. 191. P. 1–197.

Рецензенты О.В. Шурекова, Е.С. Разумкова,
А.Г. Федяевский, М.А. Рогов

Taxonomical Diversity of Cenomanian-Turonian Dinocyst in the Northern Hemisphere: Some Aspects of Paleobiogeography and Paleoclimatology

N. K. Lebedeva[#]

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, SB RAS (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia

[#]e-mail: LebedevaNK@ipgg.sbras.ru

Taxonomic typification of dinocyst assemblages was carried out on the basis of a qualitative and quantitative assessment of their generic composition for the Northern Hemisphere in the Cenomanian-Turonian time in order to identify correlation taxa. Three types of dinocyst assemblages were identified in the Cenomanian. Cenomanian dinocyst assemblages are poorly differentiated; a large number of cosmopolitan genera was identified, which is in good agreement with paleobotanical data on a very warm, humid climate. Three types of dinocyst assemblages were established for the Turonian age. The number of cosmopolitan genera of dinocysts decreases, and species endemism sharply increases in individual Turonian basins. The differentiation of assemblages increases and their correlation potential decreases. However, the identified common genera and species of dinocysts in different types of assemblages provide the possibility of interregional correlation of Upper Cretaceous deposits at the stage, substage, and, at some sections, even more detailed levels in different climatic zones.

Keywords: Upper Cretaceous, paleoalgology, biostratigraphy, correlation, paleobiogeography, paleogeography