

Н. К. Лебедева¹✉

Географическая дифференциация кампанских ассоциаций диноцист Северного Полушария

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: LebedevaNK@ipgg.sbras.ru

Аннотация. Представлены результаты анализа географического распространения и таксономического разнообразия цист динофлагеллат в кампане в Северном Полушарии. Установлено три типа комплексов диноцист на основе качественной и количественной оценки их родового состава. Типизация осуществлялась методом кластерного анализа по расчетной модели Жаккарда (программа BioDiversity Professional, 1997). Расширение межбассейновых связей, связанное с трансгрессивными событиями, наличие разнонаправленных меридиональных течений способствовало широкому распространению некоторых стратиграфически важных родов и видов, ранее имевших более узкие ареалы обитания. Установлена возможность сопоставления северосибирских комплексов диноцист с таковыми из стратотипических и датированных ортостратиграфическими группами фауны западноевропейских и североамериканских кампанских отложений через экатонные разрезы Приполярного Предуралья и юга Западной Сибири.

Ключевые слова: цисты динофлагеллат, кампан, биогеография

N. K. Lebedeva¹✉

Campanian dinocysts of North Hemisphere: some aspects of biogeography and paleogeography

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: LebedevaNK@ipgg.sbras.ru

Abstract. The article presents the results of the analysis of the geographical distribution and taxonomic diversity of dinoflagellate cysts in the Campanian of the Northern Hemisphere. Three types of dinocyst assemblages were established based on the qualitative and quantitative assessment of their generic composition. Typization was carried out by the method of cluster analysis according to the Jacquard calculation model (BioDiversity Professional program, 1997). The expansion of interbasin connections associated with transgressive events and the presence of multidirectional meridional currents contributed to the wide distribution of some stratigraphically important genera and species that previously had narrower habitats. The possibility of comparing the North Siberian dinocyst assemblages with those from the stratotype and orthostratigraphic faunal groups of the Western European and North American Campanian deposits through the ekaton sections of the Subpolar Cis-Urals and the south of Western Siberia was established.

Keywords: dinoflagellate cyst, campanian, biogeography

Введение

Данная работа является продолжением цикла публикаций, касающихся биогеографических исследований распространения планктонных, одноклеточных

водорослей диноцист в Северном Полушарии в поздне меловую эпоху. Ранее была проведена типизация комплексов диноцист на основе качественной и количественной оценки их родового состава в сеноман-туронское и коньяк-сантонское время [1, 2, 3, 4]. В настоящей статье представлены результаты изучения таксономического разнообразия цист динофлагеллат и их географического распространения в кампане для выявления расселения и миграций, связанных палеогеографической и климатической обстановкой, а также их корреляционного потенциала.

Методы и материалы

В позднем мелу таксономическое разнообразие цист динофлагеллат достигает максимальных значений. Для кампанского времени было проанализировано географическое распространение более 94 родов диноцист в 40 местонахождениях Северного Полушария. Исследование проводилось с использованием статистических методов, в частности кластерного анализа по расчетной модели Жаккарда (программа BioDiversity Professional, 1997 The Natural History Museum and The Scottish Association For Marine Science) с дальнейшим анализом таксономического состава диноцист. Детально методика и терминологическая база приведены в работах [2, 4].

Материалом для этой работы послужили собственные исследования автора на разрезах Усть-Енисейского и Хатангского районов, Приполярного Урала, Полярного Предуралья, скважин Западной Сибири и Карского шельфа, Южного Зауралья, а также многочисленные литературные источники по Русской платформе, Северной Америке, северу Южной Америки, Европе, Африке. Для количественной оценки сходства сравниваемых флор динофлагеллат использовались только публикации, в которых отражены достаточно представительные по видовому разнообразию комплексы диноцист и представлены достоверные возрастные датировки по ортостратиграфическим группам фауны.

Результаты

Для кампанского времени проанализировано распространение 94 родов в 40 местонахождениях. Выделено три типа комплексов. По сравнению с сантонским временем увеличивается количество космополитных родов: *Areoligera*, *Cordosphaeridium*, *Cyclonephelium/Circulodinium*, *Coronifera*, *Dinogymnium*, *Odontochitina*, *Oligosphaeridium*, *Palaeocystodinium*, *Palaeohystrichophora*, *Palaeoperidinium*, *Spiniferites*.

1 см тип установлен в разрезах Усть-Енисейского и Хатангского районов, Карского шельфа (скв. Ленинградская 1), юга Западной Сибири (скв. 8, 10, 2 (Омский прогиб)), Южного Зауралья, севера Казахстана (Тургайский прогиб, Кушмурун). Выявлено 35 родов. В составе характерных родов остается только *Chlonoviella*. Именно роды *Chatangiella* (присутствует до 16 видов), *Alterbidinium* (до 4 видов), *Isabelidinium*, *Laciniadinium* определяют «лицо» этого типа.

2 см тип выявлен во многих разрезах европейской части, Северной Америки и включает порядка 92 родов. К характерным родам этого типа относятся

Callaiosphaeridium, *Canningia*, *Cannosphaeropsis*, *Cribroperidinium*, *Dapsilidinium*, *Gilinia*, *Heterosphaeridium*, *Hystrichosphaeridium*, *Hystrichosphaeropsis*, *Manumiella*, *Pervosphaeridium* и др. Наибольшее видовое разнообразие наблюдается для родов *Chatangiella* (присутствует до 11 видов), *Dinogymnium* (до 9 видов), *Isabelidinium* (до 7 видов), *Spinidinium* (до 5 видов), *Spiniferites* (до 15 видов).

Внутри этого типа выделяются два подтипа, несколько различающихся по составу родов и видовому разнообразию. Подтип 1 представлен в разрезах на территории Франции, Бельгии, Австрии, Германии, Англии, Калининградской, Саратовской, Волгоградской областей, Крыма, Полярного Предуралья, Техаса, Атлантического побережья США и Канады. Подтип 2 установлен в Израиле, Иране, Италии, Испании, Марокко, ю-з части Баренцева моря, Арктической Канаде, западной и восточной Гренландии, Внутренних территориях Канады, Вайоминге, южной Каролине, Джорджии (США). Подтип 1 отличается значительно большим родовым и видовым разнообразием. Роды: *Acanthaulax*, *Conneximura*, *Fibradinium*, *Hystrichokolpoma*, *Leberidocysta*, *Membranilarnacia*, *Operculodinium*, *Palaeotetradinium*, *Phanerodinium*, *Prolixosphaeridium*, *Triblastula* отсутствуют в подтипе 2. В подтипе 1 наблюдается большее видовое разнообразие в родах: *Achomosphaera*, *Canningia*, *Chatangiella*, *Dinogymnium*, *Exochosphaeridium*, *Florentinia*, *Microdinium*, *Spiniferites*, *Xenascus*. Поскольку подтип 2 установлен в удалённых и климатически разнородных местонахождениях, то, возможно, различия связаны с лучшей изученностью разрезов с подтипом 1. Поэтому в этой работе основное внимание будет уделяться выявлению общих черт, а не поиску причин существующих различий, которые могут быть «сглажены» дальнейшими исследованиями.

3 см тип установлен в карбонатных осадках западной Венесуэлы, экваториальной части западной Африки и терригенных – Египта. Разнообразие диноцист невелико: 30 родов. Характерным родом является *Senegalinium*. Типичны для этого типа также: *Andalusiella*, *Cerodinium*, *Phelodinium*, *Trichodinium*.

В кампане число космополитных родов несколько увеличивается за счет появления *Areoligera*, *Cordosphaeridium*, *Coronifera* в 1 см типе. Быстрое распространение получает, появившийся в кампане, род *Palaeocystodinium*. Родовой состав диноцист выравнивается, значительное количество характерных родов остается только во 2 см типе. Наибольшее число общих родов установлено в 1 см и 2 см типах. Расширяются ареалы характерных арктических родов *Alterbidinium*, *Laciniadinium*, *Chatangiella*, хотя их видовое разнообразие существенно меньше в комплексах 2 см типа и представлены они в основном мелкими формами.

По палеоботаническим данным в сантон-кампанское время на большей части территории Северной Азии наблюдается некоторая аридизация климата. Однако потепление, выявленное на Сахалине, в Анадырско-Корякском регионе и отмечаемое в целом в кампане, здесь не проявилось [5]. Тем не менее кампанские флоры в Хатангском районе указывают на сохранение влажного теплоумеренного климата в позднем сантоне–раннем кампане севера Сибири. В конце кампана на северо-востоке Западной Сибири фиксируется кратковременное похоло-

дание [6]. Позднекампанское (?) похолодание отмечается также в Арктической Канаде [7].

Конец сантонского – начало кампанского веков ознаменовалось расширением связей Западно-Сибирского моря с Арктическими акваториями. Кампанский век – время господства эвритермной фауны на территории западносибирского бассейна. Вдоль восточного склона Урала продолжает существовать мощное арктическое течение, которое под влиянием южного течения из Тургая отклоняется в широтном направлении [8]. В Усть-Енисейском заливе на границе сантона и кампана донные сообщества претерпевают значительную деструкцию: полностью исчезают иноцерамы, уменьшается таксономическое разнообразие фораминифер [6]. В Северном Полушарии с кампанской бореальной трансгрессией связано наиболее значительное в позднем мелу увеличение разнообразия биоты. В микрофитопланктоне Арктической области наблюдается расцвет диатомовых и динофлагеллат, ассоциации которых обогащаются новыми родами и видами.

Общий облик фауны Полярного Предуралья указывают на ее близость к фауне кампанского Русского моря в районе Среднего Поволжья, что может свидетельствовать о существовании в раннем кампане (как и в сантоне) широкого Северо-Восточного пролива, соединяющего Печорское и Русское моря [9]. Состав диноцист Полярного Предуралья в кампанское время близок к европейским комплексам за счет разнообразия и изобилия, по сравнению с сибирскими комплексами, хоратных цист (например, *Achomosphaera*, *Conneximura*, *Exochosphaeridium*, *Florentinia*, *Hystrichosphaeridium*, *Pervosphaeridium*, *Spiniferites* и др.) и других морфотипов (*Dinogymnium*, *Senoniasphaera*, *Phelodinium*, *Lejeunecysta*), характерных для 2 см типа, что также является свидетельством тесных связей Печорского и Русского морей.

В Тургайском прогибе продолжают формироваться прибрежно-морские отложения. Сохраняется Тургайский пролив. Существование в позднем мелу теплого течения из океана Тетис подтверждается многими палеобиогеографическими исследованиями [10], в том числе и по цистам динофлагеллат [11].

Помимо течений из области Тетис расселению биоты способствовали также северные течения в морях ЕПО [10] и североамериканском Западном Внутреннем бассейне [11]. Последнее подтверждается сходством диноцистовых комплексов от Арктической Канады до Вайоминга. Тогда как комплексы атлантического побережья США и Канады сходны с европейскими (доминирование хоратных и проксимохоратных цист). С.Д. Харкер с соавторами [10] считают, что это связано с океанической циркуляцией и различиями солёности внутреннего и внешнего бассейнов, а не температурными вариациями. Северные течения способствовали широкому распространению родов *Chatangiella*, *Alterbidinium*, *Isabelidinium* до территорий Израиля и Ирана.

В северосибирских естественных разрезах Усть-Енисейского, Хатангского районов, Полярного Предуралья выделены два биостратона в ранге слоев с диноцистами. Слои с *Isabelidinium* spp. – *Chatangiella verrucosa* (верхняя часть зоны *Sphenoceras patootensiformis*, ?верхи сантона - нижний кампан), в которых до-

минируют *Trithyrodinium suspectum*, *Chatangiella vnigrii*, *Isabelidinium* spp., *Laciniadinium rhombiforme*, *Chatangiella verrucosa*. Отмечено первое появление *Chatangiella niiga*, *Ch. micracantha*, *Ch. manumii*.

Слои с *Chatangiella niiga* не датированы ортостратиграфическими группами фауны. В комплексе доминируют *Chatangiella niiga*, *Ch. manumii*, *Ch. spinata*, *Laciniadinium arcticum*, *L. rhombiforme*. Присутствуют: *Dinogymnium* spp., *Laciniadinium williamsii*, *Fibrocysta* sp., *Operculodinium centrocarpum*, *Chatangiella madura*, *Isabelidinium* spp. и др. Эти слои напрямую не сопоставляются с датированными отложениями Западной Европы [например, 12; 13 и др.], Атлантического побережья США [14] и Крыма [15, 16] в связи со значительными различиями в таксономическом составе диноцист. Несмотря на то, что все комплексы Западной Сибири представлены в одном 1 см типе они также далеко неоднородны по качественному и количественному содержанию микрофитопланктона. В тоже время слои с *Chatangiella niiga*, установленные на севере сопоставляются с южносибирскими кампанскими биостратонами Омского прогиба, Бакчарского железорудного месторождения, южного Урала Северного Казахстана [комплекс диноцист датирован позднекампанским аммонитом; 17]. В свою очередь комплексы микрофитопланктона из слоев с *Chatangiella niiga*–*Isabelidinium* spp. (южный Урал) и *Chatangiella manumii*–*Dinogymnium* spp. (Омский прогиб) имеют значительное сходство с верхнекампанскими комплексами Самбийского полуострова Калининградской области [датирован по наннопланктону; 18], Нижнего Поволжья [датирован по фораминиферам и радиоляриям; 19] Саратовского Поволжья [датирован аммонитами, белемнитами, бентосными и планктонными фораминиферами; 20]. Для верхнекампанских комплексов этих территорий характерно присутствие в разных количествах сочетание видов *Chatangiella vnigrii*, *Ch. manumii*, *Ch. niiga* (для северных территорий - многочисленен), *Ch. ditissima*, *Alterbidinium acutulum*, *Laciniadinium rhombiforme*, *L. arcticum*, *Microdinium kustanaicum*, *Dinogymnium* spp. (для южных территорий в большом количестве и разнообразии) и др. Далее, через разрезы Крыма эти комплексы коррелируются с таковыми Северной Америки и Европы, в том числе с разрезами, откалиброванными по планктонным фораминиферам, белемнитам, наннопланктону.

Другим связующим звеном между сибирскими комплексами диноцист и западноевропейскими является разрез Полярного Предуралья, который относится к 2 см типу. В составе кампанских диноцист обнаружено, помимо типичных сибирских форм, и стратиграфически важные для расчленения таксоны в европейских разрезах. Детальный сравнительный анализ кампанских комплексов диноцист приведен в работе [21] и в вышеупомянутых публикациях.

Таким образом, наличие тесных связей водных масс бассейнов, существовавших в кампанское время, меридиональных течений как северной, так и южной направленности, привело к широкому распространению различных таксонов диноцист, ранее имевших ограниченное распространение. Это способствовало выявлению видов-маркеров, позволяющих осуществлять межрегиональные корреляции на подъярусном уровне.

Заключение

Проанализированы географическое распространение и таксономическое разнообразие цист динофлагеллат в кампане в Северном Полушарии. Установлено три типа комплексов диноцист на основе качественной и количественной оценки их родового состава. Расширение межбассейновых связей, связанное с трансгрессивными событиями, наличие разнонаправленных меридиональных течений способствовало широкому распространению некоторых стратиграфически важных родов и видов, ранее имевших более узкие ареалы обитания. Это коснулось большей частью арктических таксонов, что позволило выявить виды-маркеры, которые могут быть использованы для удаленных корреляций. Установлена возможность сопоставления северосибирских комплексов диноцист с таковыми из стратотипических и датированных ортостратиграфическими группами фауны западноевропейских и североамериканских кампанских отложений через экатонные разрезы Приполярного Предуралья и юга Западной Сибири.

Благодарности

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лебедева Н.К. Сеноман-туронские диноцисты Северного полушария: некоторые аспекты биогеографии и палеогеографии // Интерэкспо ГЕО-Сибирь - "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Материалы XVIII международной научной конференции (г. Новосибирск, 18-20 мая 2022 г.). – ИНГГ СО РАН, Новосибирск, 2022. – Т. 2. – № 1. – С. 71-77.
2. Лебедева Н.К. Таксономическое разнообразие сеноман-туронских диноцист (Dinoflagellate cyst) Северного полушария: некоторые аспекты палеобиогеографии и палеоклиматологии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2023. – № 3. – С. 84-98.
3. Лебедева Н.К. Коньяк-сантонские диноцисты Северного полушария: некоторые аспекты биогеографии и палеогеографии // Интерэкспо ГЕО-Сибирь - XIX Международный научный конгресс. Международная научная конференция "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Сборник материалов в 8 т. (г. Новосибирск, 17-19 мая 2023 г.) – СГУГиТ – Новосибирск, 2023. – Т. 2. – № 2. – С. 122-128.
4. Лебедева Н.К. Таксономическое разнообразие коньяк-сантонских диноцист Северного полушария: некоторые аспекты биогеографии и палеогеографии // Геология и геофизика. – 2024. – том 65. – № 9. – С. 1262-1274.
5. 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.
6. 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.
7. Super J.R., Chin K., Pagani M. et al. Late Cretaceous climate in the Canadian Arctic: multiproxy constraints from Devon Island // Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. – 2018. – V. 504. – P. 1–22.
8. Атлас литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины в масштабе 1:5000000. Тюмень: Тр. ЗапСибНИГНИ, 1976. Вып. 93.
9. Амон Э.О. Морские акватории Уральского региона в средне- и позднемеловое время // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42. – № 3. – С. 471-483.

10. Волков Ю.В., Найдин Д.П. Вариации климатических зон и поверхностные океанические течения в меловом периоде // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы, отд. геол. – 1994. – Т. 69. – Вып. 6. – С. 103-123.
11. Harker S.D., Sarjeant W.A.S., Cadwell W.G.E. Late Cretaceous (Campanian) organic-walled microplankton from the Interior Plains of Canada, Wyoming and Texas: biostratigraphy, palaeontology and palaeoenvironmental interpretation // *Palaeontographica* – 1990. – V. 219. – Lfg. 1-6. – N. I-IV. – P. 1-243.
12. Kirsch K.-H. Dinoflagellatenzysten aus der Obekreide des Helvetikums und Nordultrahelvetikums von Oberbayern // *Abh. Munchner Geowiss.* – 1991. – A. 22. – P. 1-306.
13. Slimani H. Les kystes de dinoflagelles du Campanien au Danien dans la region de Maastricht (Belgique, Pays-Bas) et de Turnhout (Belgique): biozonation et correlation avec d'autres regions en Europe occidentale // *Geol. Paleontol.* – 2001. – V. 35. – P. 161-201.
14. Aurisano R.W. Upper Cretaceous dinoflagellate biostratigraphy of the subsurface Atlantic coastal plain of New Jersey and Delaware, U.S.A // *Palynology.* – 1989. – V. 13. – P. 143-179.
15. Барабошкин Е.Ю., Гужиков А.Ю., Александрова Г.Н., Фомин В.А., Покровский Б.Г., Грищенко В.А., Маникин А. Г., Наумов Е.В. Новые седиментологические, магнитостратиграфические и биостратиграфические данные по разрезу кампана–маастрихта горы Бешкош, юго-западный Крым // *Стратиграфия. Геологическая корреляция.* – 2020. – том 28. – № 6. – с. 125–170.
16. Барабошкин Е.Ю., Гужиков А.Ю., Александрова Г.Н., Акинин В.В., Рябов И.П., Устинова М.А., Ртищев Н.А., Вишневская В.С. Опорный разрез кампанского яруса юго-западного Крыма: проблемы подъярусного расчленения и глобальной корреляции // *Стратиграфия. Геологическая корреляция.* – 2004. – том 32. – № 2. – с. 48–103.
17. Васильева О.Н., Левина А.П. Органикостенный фитопланктон в верхнемеловых и палеогеновых отложениях разреза Кушмурун Тургайского прогиба (Казахстан) // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. – Отд. геол. 2005. – Т. 82. – Вып. 2. – С. 40-55.
18. Александрова Г.Н., Запорожец Н.И. Палинологическая характеристика верхнемеловых и палеогеновых отложений запада Самбийского полуострова (Калининградская область). Статья 1. // *Стратиграфия. Геол. корреляция.* – 2008. – Т. 16. – № 3. – С. 75-96.
19. 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. 114-131.
20. Первушов Е.М., Сельцер В.Б., Беньямовский В.Н., Александрова Г.Н., Калякин Е.А., Вишневская В.С., Копаевич Л.Ф., Ахлестина Е.Ф., Овечкина М.Н. Биостратиграфическое расчленение разреза Кокурино (Саратовская область) и аспекты стратиграфии кампана Среднего Поволжья // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. – Отд. Геол. – 2015. – Т. 90. – Вып. 2. – С. 51-84.
21. Лебедева Н.К. Биостратиграфия верхнемеловых отложений в бассейне на р. Уса (Поллярное Предуралье) по диноцистам // *Стратиграфия. Геол. корреляция.* – 2005. – Т. 13. – № 3. – С. 114-131.

© Н. К. Лебедева, 2025