

УДК 551.351.2:582.26 (268.4 + 268.5)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДИАТОМОВЫХ ТАНАТОЦЕНОЗОВ В ОСАДКАХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ ЕВРАЗИИ

©1994 г. Е.И. Полякова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 12.02.93 г., после доработки 05.05.93 г.

Результаты исследования поверхностного слоя донных осадков арктических морей выявили строгую зависимость качественного и количественного состава диатомовых танатоценозов от гидрохимических, гидробиологических и седиментационных обстановок на арктическом шельфе Евразии. Установлено, что распределение планктонных видов морских диатомей в поверхностных осадках соответствует их современным ареалам и определяется распространением основных типов водных масс в арктических морях. Постоянным компонентом диатомовых танатоценозов арктических морей являются криофильные виды, входящие в состав криопелагических биоценозов морских льдов, численность их в осадках находится в определенной зависимости от ледовитости морских бассейнов. Распределение пресноводных диатомей, поступающих в прибрежную зону моря с речными водами и льдами, соответствует обилию и распространению речных вод на арктическом шельфе.

Диатомовые водоросли - одноклеточные низшие растения - являются основным продуцентом органического вещества в арктических морях и представляют одну из наиболее информативных палеонтологических групп, что обусловлено высокой степенью их филогенетической изменчивости в кайнозое и строгой зависимостью распространения видов от экологических факторов. Вместе с тем до последнего времени данные о пространственном распространении видов диатомей в осадках арктических морей и формировании диатомовых танатоценозов, являющиеся основой стратиграфического расчленения толщи морских осадков и палеогеографических реконструкций, остаются далеко не полными.

Настоящая работа посвящена анализу качественного и количественного состава диатомовых танатоценозов с целью выяснения закономерностей их формирования в зависимости от гидробиологических условий и обстановок осадконакопления на арктическом шельфе Евразии. Для целей диатомового анализа навески от 1-2 до 20-30 г в зависимости от насыщенности осадков створками диатомей отбирались из верхнего (0-3 или 0-5 см) горизонта осадков, поднятых с помощью дночерпателя «Океан-0.25». Исследованные пробы донных осадков (рис. 1) Чукотского (71 проба) и Вос-

точно-Сибирского (60) морей, юго-восточной части моря Лаптевых (4), западной части Карского моря (30) и Баренцева моря (87), были любезно предоставлены автору сотрудниками Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН Ю.А. Павлидисом, В.В. Калининко и ВНИИОкеангеологии О.В. Кирилловым. Обработка проб проводилась по стандартной методике, разработанной в количественном варианте в Институте океанологии для морских и океанических осадков.

ЧУКОТСКОЕ МОРЕ

Донные осадки Чукотского моря характеризуются максимально высоким в ряду других арктических морей Евразии содержанием створок диатомей, что обусловлено как высокой продуктивностью фитопланктона [Рыжов и др., 1984], так и благоприятными для их накопления и захоронения в осадках гидрохимическими и седиментационными условиями. Наибольшая численность диатомей в осадках (до 13.6 млн. створок/г) установлена в алевроитово-пелитовых илах с содержанием аморфного кремнезема 10-13% [Логвиненко и Огородников, 1980; Павлидис, 1982], распространенных в Центральной Чукотской котловине и Центральном Чукотском желобе (рис.

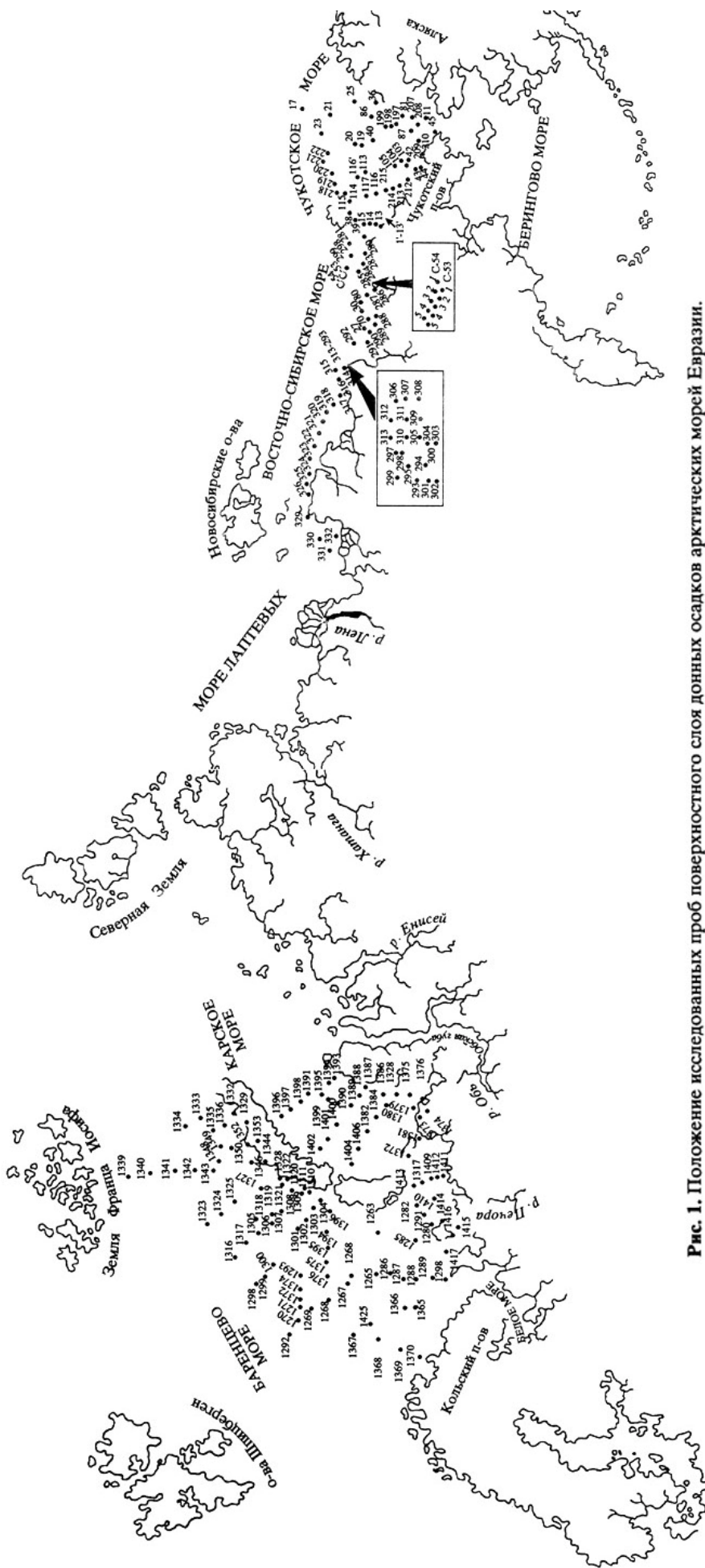


Рис. 1. Положение исследованных проб поверхностного слоя донных осадков арктических морей Евразии.

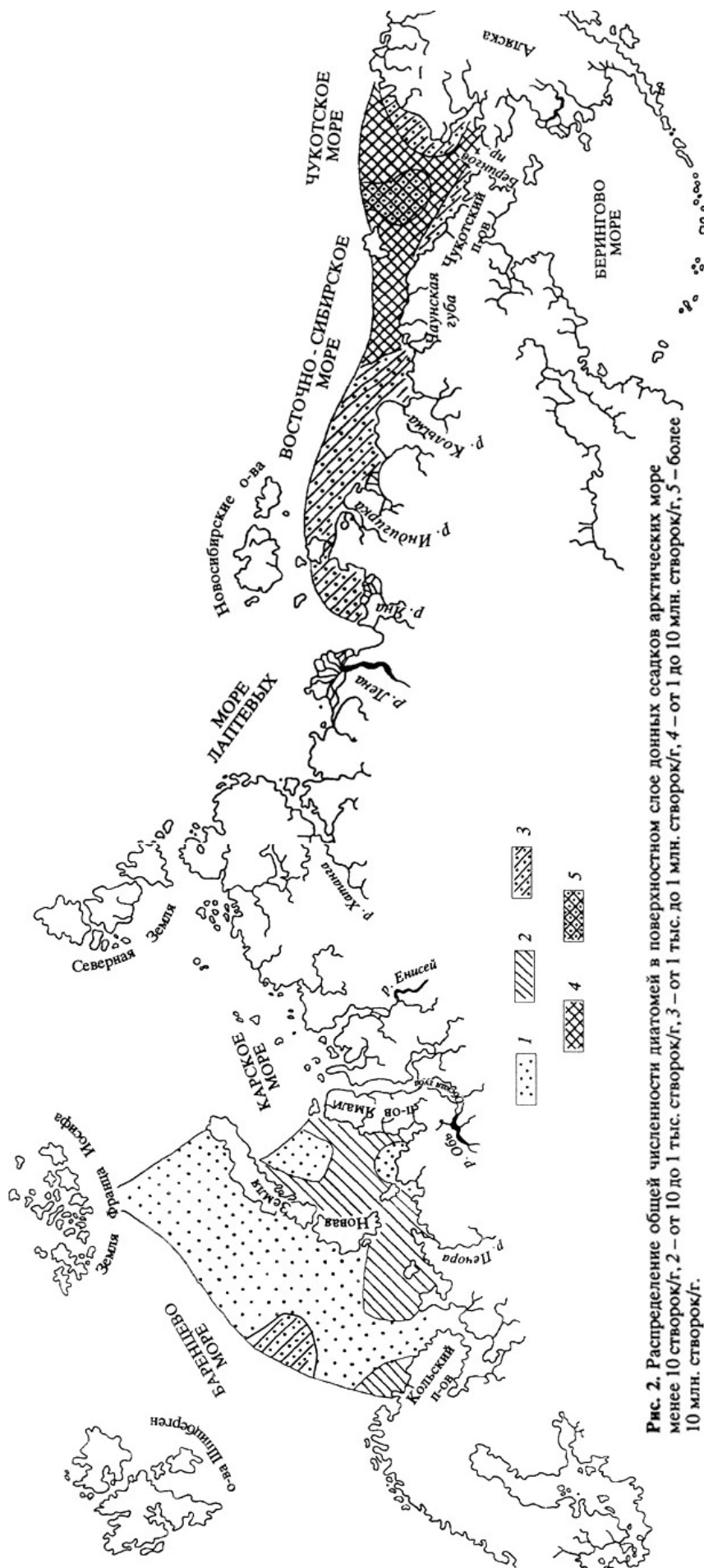


Рис. 2. Распределение общей численности диатомей в поверхностном слое донных осадков арктических морей менее 10 створок/г, 2 – от 10 тыс. створок/г, 3 – от 1 тыс. до 1 млн. створок/г, 4 – от 1 до 10 млн. створок/г, 5 – более 10 млн. створок/г.

2), куда направлены высокопродуктивные воды берингоморского шельфа. Генетической основой этих водных масс служат тихоокеанские воды, формирующиеся в глубоководной части Берингова моря и в результате апвеллинга поступающие в его северную часть, а оттуда - в Берингов пролив и Чукотское море [Русанов и Шнайхер, 1979]. Подъем глубинных вод обеспечивает постоянное поступление и высокие концентрации биогенных элементов в области их распространения, в частности растворенной кремнекислоты до 35 мкг ат Si/л и фосфатов до 75 мкг ат P/л. В восточной части Чукотского моря, находящейся под воздействием менее продуктивных вод аляскинской ветви берингоморского течения, численность диатомей составляет от 0.9 до 8.2 млн. створок/г в мелкоалевритовых илах и 18-45 тыс. створок/г в песчаных и гравийно-галечных отложениях у побережья Аляски. В проливе Лонга и у побережья Чукотского полуострова в мелко- и крупноалевритовых илах численность диатомей снижается до 1.5 млн. и 13-37 тыс. створок/г соответственно.

Доминирующую по численности группу в осадках образуют на большей части акватории неритические виды (63-78%) (рис. 3), содержание сублиторальных диатомей составляет 7-14%, увеличиваясь у побережья Аляски и Чукотки до 17-20%, а на верхней сублиторали до 67-93%. Среди планктонных диатомей наиболее обильны виды р. *Chaetoceros* (споры), суммарное содержание которых, как правило, более 20%: *C. subsecundus*, *C. furcellatus*, *C. ingolfianus*, *C. septentrionalis*, *C. mitra*, *C. compressus* и др., наибольшее количество их приурочено к области распространения высокопродуктивных вод берингоморского шельфа. Многочисленны также *Thalassiosira gravis* + *T. antarctica* (в сумме до 32%) и ледово-неритический *Thalassiosira nordenskiöldii* (до 27-39%).

В Чукотском море, находящемся под воздействием вод берингоморского течения, наряду с доминирующими холодно-водными аркто-бореальными и биполярными видами (45% от общего видового состава планктонной диатомовой флоры) присутствуют бореально-тропические (6%) и

тропические (5%) виды [Полякова, 1988; 1992]: *Chaetoceros didymus*, *Bellerochea malleus* и др., распространение которых в Чукотском море в планктоне и осадках ограничено водами берингоморского течения. К этим же районам приурочены такие относительно тепловодные виды широкого географического распространения, не встречающиеся в арктических водах, как: *Coscinodiscus radiatus*, *C. asteromphalus*, *Proboscia alata*, *Rhizosolenia styliformis* и др., которые с водами аляскинской ветви берингоморского течения достигают м. Барроу, а с водами берингоморского шельфа, направленными в Центральную Чукотскую котловину и желоб Геральда, широты банки Геральда [Киселев, 1937; Рыжов и др., 1984; Усачев, 1968]. Общая численность этих видов в осадках не превышает 0.5%, но как правило, они представлены единичными створками в пересчете на 1 г сухого осадка.

Содержание криофильных диатомей, среди которых доминируют *Nitzschia grunowii*, *N. cylindrus*, *Chaetoceros septentrionalis*, *Navicula vanhoeffenii*, *Detonula confervaceae*, изменяется в Чукотском море от 4 до 51%, при этом максимальные значения наблюдаются у северо-восточного побережья Аляски и к северу от Берингова пролива (рис. 4). Пресноводные диатомей, поступающие в Чукотское море с речными водами и льдами, в поверхностных осадках встречаются, как правило, в виде единичных створок, и лишь на верхней сублиторали близ устьев рек суммарное содержание озерно-аллювиальных видов составляет 42-68%.

ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ МОРЕ

Разнообразие гидрологических и седиментационных обстановок на шельфе Восточно-Сибирского моря обуславливает пестроту качественного и количественного состава диатомовых танатоценозов. Общая численность диатомей в осадках изменяется от 570 до 5.9 млн. створок/г, имея тенденцию к увеличению с запада на восток (рис. 2). Определяющим фактором, лимитирующим накопление диатомей в осадках Восточно-Сибирского моря, является поступ-

ление терригенного материала в шельфовую зону, главным образом за счет твердого речного стока, а также интенсивной термоабразии берегов.

Обильным речным стоком и его опресняющим воздействием на прибрежные воды объясняется изменчивая экологическая структура диатомовых танатоценозов, а также высокая численность пресноводных диатомей на отдельных участках шельфа, которая достигает максимально высоких значений к северу от устья р. Индигирка (74-83%) и р. Колыма (15-21%), снижаясь до 1-2% в районе Чаунской губы и не превышает долей процента к востоку от нее. Влиянием распресняющего воздействия речного стока обусловлено и низкое содержание морских планктонных диатомей в западной части моря, где их суммарное содержание составляет 44% в юго-западной части моря, снижаясь до 12-17% к северу от устья р. Индигирка. В районе Центрального плато, где влияние стока рек Индигирка и Колыма ослаблено, численность морских неритических и панталассных диатомей возрастает до 46-60% (рис. 3). Близ устья Колымы оно вновь сокращается до долей процента, увеличиваясь в районе Чаунской губы и в юго-восточной части моря до 59-75%. Видовой состав морской планктонной диатомовой флоры соответствует господствующей в Восточно-Сибирском море арктической водной массе, доминируют холодноводные аркто-бореальные и биполярные виды (66% видового состава планктонной диатомовой флоры): *Thalassiosira antarctica* + *T. gravida*, *T. nordenskiöldii* и др., многочисленны споры р. *Chaetoceros*, суммарное содержание которых в восточной части моря достигает 50-96%. И только на крайнем юго-востоке моря в осадках отмечены единичные относительно тепловодные виды - *Thalassiosira oestrupii*, *Coscinodiscus asteromphalus*, - поступающие с трансформированными тихоокеанскими водами при сильном развитии лонговской ветви берингоморского течения.

Содержание сублиторальных диатомей в осадках, среди которых доминирует широко эвригалинный вид *Thalassiosira bramaputrae* v. *septentrionalis*, составляет в юго-западной мелководной части моря

(глубины до 10-15 м) до 48-50%, возрастая к северу от устья р. Индигирка до 52-74%, а в мелководном районе между устьем рек Индигирка и Колыма достигает 93%. К северу и востоку от устья Колымы (глубины 15-20 м) суммарное содержание сублиторальных диатомей снижается по мере увеличения глубин бассейна соответственно до 21-28 и 7-16%. К востоку от Чаунской губы на глубинах 45-50 м оно не превышает 8-11%.

Распределение морских криофильных диатомей лимитируется отепляющим и распресняющим воздействием речного стока (рис. 4), поэтому в юго-западной части моря численность криофильных диатомей в сумме составляет 8-10%, к северу от устья Индигирки они встречаются лишь в виде единичных створок, а в районе устья р. Колыма составляют от долей процента до 31%, закономерно возрастая по мере удаления от устья реки. В восточной части моря - самом ледовитом участке арктического шельфа Евразии - содержание криофильных диатомей остается постоянно высоким (27-43%). Наиболее обычными видами в осадках являются: *Nitzschia grunowii*, *N. cylindrus*, *Chaetoceros septentrionalis*, *Navicula vanhoeffenii*, *Detonula confervaceae*.

МОРЕ ЛАПТЕВЫХ

Диатомовые танатоценозы исследованной юго-восточной части моря (глубины 10-20 м) характеризуются значительными колебаниями содержания створок в осадках (от 7,4 тыс. до 3,2 млн. створок/г), что обусловлено изменчивостью гидрологических и седиментационных обстановок в данном районе моря, находящемся под влиянием обильного стока рек Лена и Яна. Воздействием речного стока определяется высокое содержание пресноводных диатомей в осадках (до 94%), которое сокращается по мере удаления от устьев рек до 15%.

В составе морских диатомей на расстоянии до 80-100 км от берега континента и 200 км от дельты р. Лена доминирует широко эвригалинный полубентический вид *Thalassiosira bramaputrae* v. *septentrionalis*, единично отмечены: *T. antarctica* (споры), *T. nordenskiöldii*, *T. hyalina*, споры р.

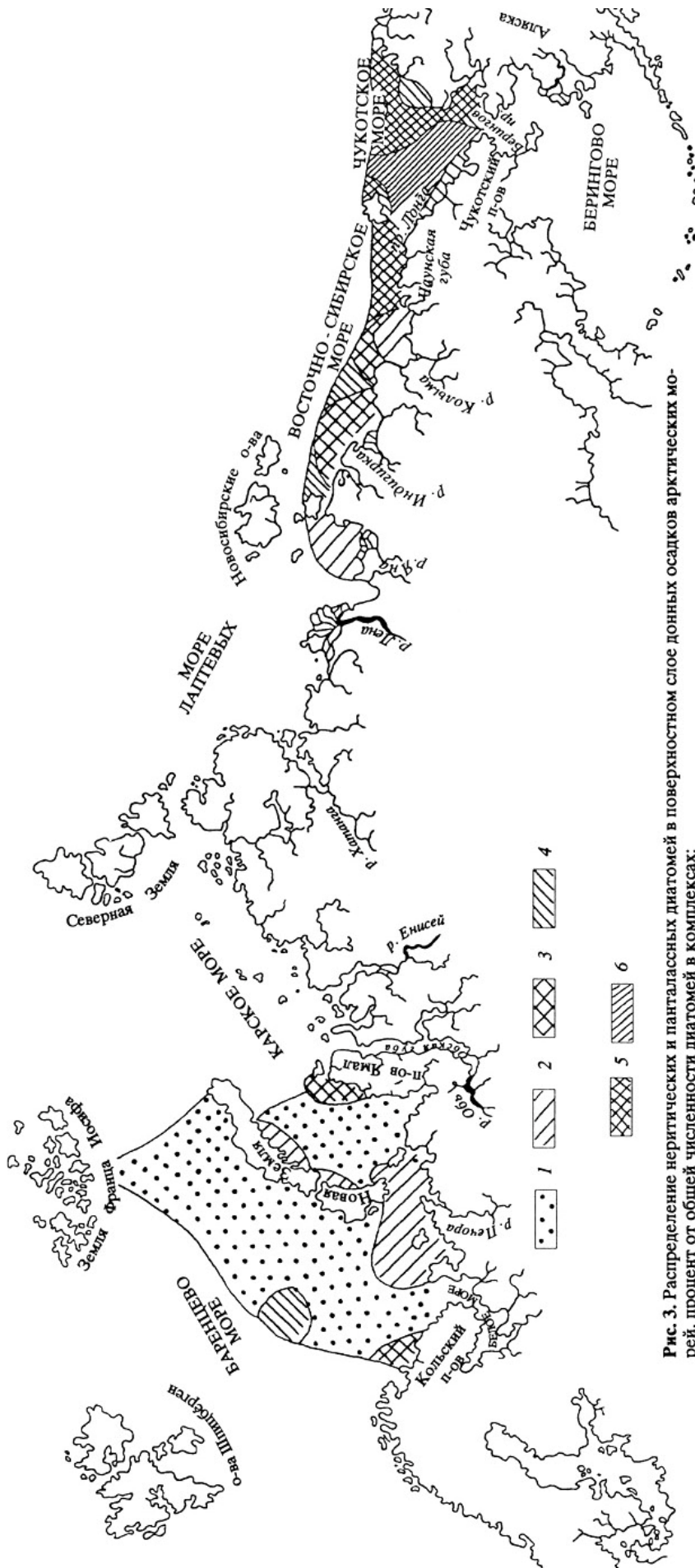


Рис. 3. Распределение неритических и панталассных диатомей в поверхностном слое донных осадков арктических морей, процент от общей численности диатомей в комплексе:
 1 – единичные створки, 2 – менее 10%, 3 – 10 - 30, 4 – 30 - 50, 5 – 50 - 70, 6 – более 70%.

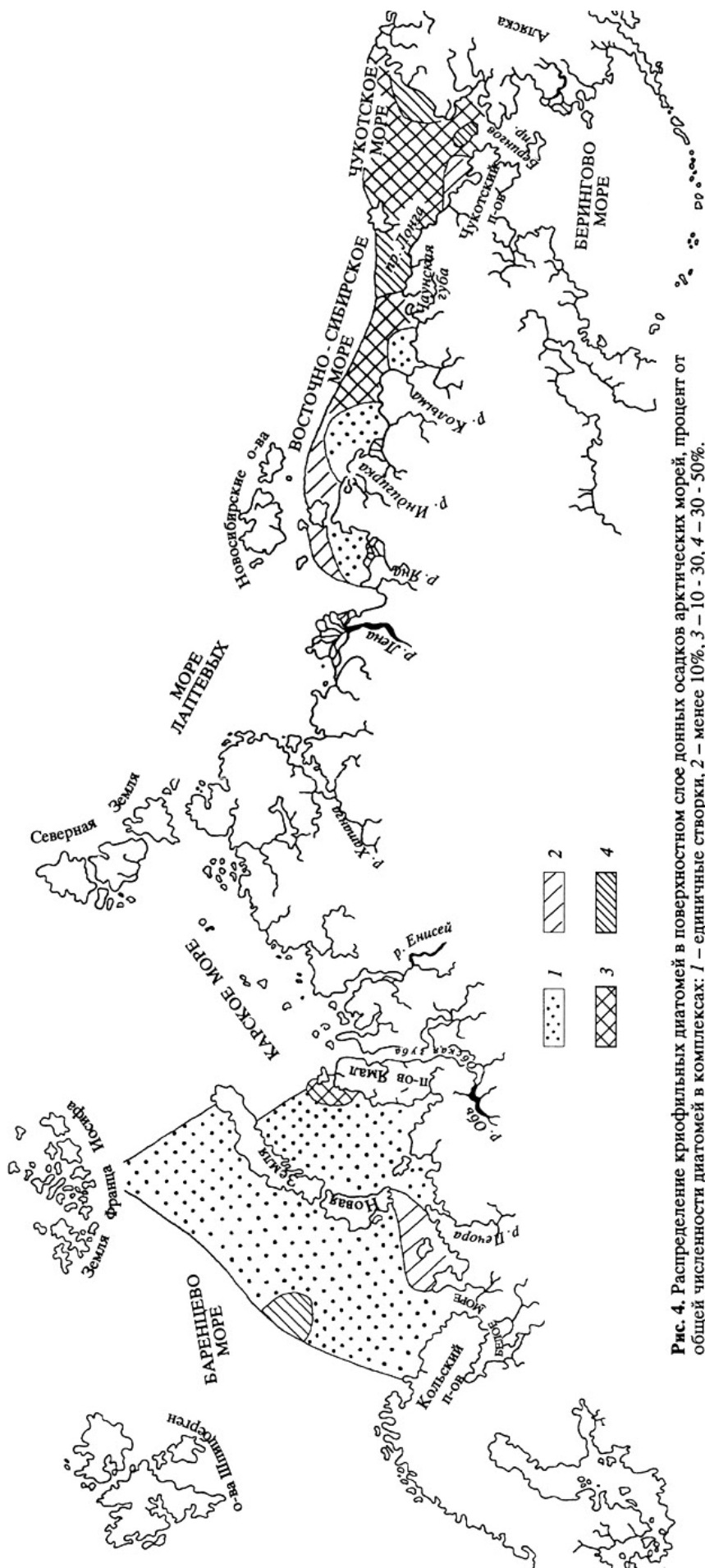


Рис. 4. Распределение криофильных диатомей в поверхностном слое донных осадков арктических морей, процент от общей численности диатомей в комплексах: 1 – единичные створки, 2 – менее 10%, 3 – 10 - 30, 4 – 30 - 50%.

Chaetoceros и др., а также криофилы (8%) - *Nitzschia grunowii*, *Thalassiosira bioculata*, *Melosira arctica*, *Pinnularia quadratareae*, *Pleurosigma stuxbergii*.

КАРСКОЕ МОРЕ

Диатомовые танатоценозы исследованной западной части моря характеризуются крайне низкой насыщенностью осадков створками диатомей (рис. 2): в 14% исследованных проб современные диатомеи не были установлены, 36% проб содержали единичные створки/г, в 25% - общая численность составляла от 10 до 100 створок/г и только в 25% проб достигала 100 створок/г и более. При этом морские планктонные диатомеи отмечены лишь в 18% исследованных проб, общая численность их редко превышала единичные створки в пересчете на 1 г сухого осадка (рис. 3), а количество видов составляло лишь 20% известного таксономического разнообразия планктонной диатомовой флоры Карского моря [Полякова, 1992]. Наиболее часто в осадках встречаются холодноводные арктобореальные и биполярные: *Thalassiosira antarctica*, *T. gravida*, *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Bacterosira fragilis* и др. Доминируют как по видовому составу, так и по численности (45-100%) сублиторальные виды, среди которых наиболее обычен полубентический *Paralia sulcata*. Криофильные диатомеи в осадках встречаются редко, несмотря на высокую продуктивность криопелагических биоценозов в данном районе моря [Усачев, 1968]. Из большого разнообразия криофильных диатомей, известных в Карском море, в осадках установлены только *Nitzschia grunowii*, *Thalassiosira bioculata*, *Navicula directa*. Максимальная их численность отмечена у северо-западной оконечности п-ва Ямал и совпадает с высоким содержанием планктонных диатомей (рис. 4). Пресноводные диатомеи в западной части Карского моря мощным потоком Обь-Енисейского течения в составе речных льдов выносятся далеко к северу - до 78°-79° с.ш. В осадках аллювиальные диатомеи встречаются относительно часто (25% поверхностных проб), однако численность их в северо-западных районах, как правило, не

превышает долей процента, закономерно возрастая к югу. Вдоль западного побережья п-ва Ямал пресноводные диатомеи являются постоянным компонентом танатоценозов донных осадков и содержание их в комплексах изменяется от 2 до 22%, а в Обской губе диатомовые танатоценозы представлены почти исключительно озерно-аллювиальными видами.

БАРЕНЦЕВО МОРЕ

Донные осадки Баренцева моря, как и западной части Карского, характеризуются минимальным в ряду других арктических морей содержанием диатомей (рис. 2), только в половине исследованных проб установлены современные морские диатомеи и лишь 20% содержали относительно представительные комплексы диатомей [Полякова и др., 1992]. При этом, несмотря на большие глубины (100-200 м) и высокую продуктивность фитопланктона [Роухияйнен, 1960; Рыжов и др., 1984 и др.], численность планктонных диатомей в поверхностных осадках низкая (рис. 3), доминируют почти на всех станциях, где диатомеи были встречены, сублиторальные виды (*Paralia sulcata* и др.). Видовой состав планктонных диатомей, установленных в осадках, составляет лишь пятую часть известного видового разнообразия планктонной диатомовой флоры Баренцева моря [Полякова, 1992; Полякова и др., 1992]. Вместе с тем распределение видов диатомей по поверхности дна моря строго соответствует их современным ареалам. Баренцево море расположено в зоне трансформации различных по происхождению водных масс - арктической, атлантической и собственно баренцевоморской, - характеризующихся определенным набором видов диатомей, различных по экологии и биогеографическому происхождению. Этим обусловлено преобладание в составе планктонной диатомовой флоры видов широкого географического распространения - космополитов и аркто-бореально-тропических (более 50%), у которых велика экологическая пластичность, позволяющая им обитать в различных по T/S характеристикам водных массах [Полякова, 1992]. С теплы-

ми североатлантическими водами в Баренцево море поступают разнообразные тропические (4%) и бореально-тропические (7%) виды - *Bellerochea malleus*, *Chaetoceros didymus*, *C. simplex*, *C. lorenzianus*, *Cerataulina pelagicum*, *Dactiliosolen mediterraneus* и др., а также относительно тепловодные виды широкого географического распространения, не свойственные арктическим водам: *Proboscia alata*, *Rhizosolenia styliformis*, *Coscinodiscus radiatus*, *C. asteromphalus*. С Западно-Новоземельским течением некоторые из них достигают широты м. Желания, а с Мурманской ветвью североатлантического течения в составе трансформированных баренцевоморских вод - крайних юго-западных районов Карского моря, где отмечены в виде единичных створок в поверхностном слое донных осадков. С арктической водной массой, входящей в море с севера в виде холодных поверхностных течений, несущих с собой льды, в Баренцево море поступают холодноводные аркто-бореальные и биполярные виды: *Thalassiosira antarctica* + *T. gravida*, *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Bacterosira fragilis* и др., наиболее часто встречающиеся в поверхностном слое донных осадков по всей его акватории.

Разнообразие гидробиологических условий в Баренцевом море определяет региональные особенности видового состава диатомовых танатоценозов. В осадках северо-восточных районов моря, находящихся в области распространения преимущественно арктической водной массы, отмечены в основном аркто-бореальные и биполярные виды. На юго-западе установлено наибольшее видовое разнообразие планктонных диатомей в осадках, представленных как холодноводными видами, так и относительно тепловодными, приносимыми водами Нордкапского течения из Северной Атлантики, к северу и востоку североатлантические виды постепенно исчезают из состава как фитопланктона, так и танатоценозов.

Содержание криофильных диатомей, как и планктонных, в осадках Баренцева моря невелико (рис. 4), как правило оно редко превышает 10 створок/г, а максимальное обилие (до 16 700 створок/г) при-

урочено к зоне контакта арктических и атлантических водных масс и совпадает с высоким содержанием планктонных диатомей в осадках. Из большого разнообразия криофильных диатомей, известных в Баренцевом море и являющихся доминантами в весеннем фитоценозе арктических вод, в поверхностных осадках отмечены: *Nitzshia grunowii*, *N. cylindrus*, *Thalassiosira bioculata*, *Chaetoceros septentrionalis*. Пресноводные диатомеи встречаются лишь в юго-восточных районах моря, с суммарным содержанием до 1% в диатомовых комплексах, куда выносятся с речными водами и льдами Печорой, и в виде единичных створок отмечены в осадках фьордов вдоль западного побережья Новой Земли.

Отличительной особенностью диатомовых комплексов поверхностного слоя донных осадков Баренцева и Карского морей является частая встречаемость в их составе (30% исследованных проб) меловых и палеогеновых диатомей, что свидетельствует о формировании осадков в значительной степени за счет размыва и переотложения подстилающих древних морских пород.

Анализ гидрохимических и гидрологических условий в Баренцевом и западной части Карского морей, а также гранулометрического состава осадков позволяет сделать заключение, что бедность донных осадков этих морей диатомеями обусловлена в первую очередь дефицитом в их водах кремнекислоты (менее 10 мкг ат Si/л). Это приводит к растворению кремневых створок диатомей, в основном планктонных и криофильных, развивающихся в поверхностных горизонтах вод, в процессе их погружения на дно после окончания вегетации.

Полученные материалы выявили следующие основные закономерности формирования диатомовых танатоценозов в осадках арктических морей Евразии.

Численность диатомей в поверхностном слое донных осадков арктических морей в зависимости от гидрохимических, гидробиологических и седиментационных условий изменяется от единичных створок/г или их полного отсутствия до нескольких миллионов, имея тенденцию к увеличению с запада на восток в пределах

арктического шельфа Евразии. Распределение планктонных видов морских диатомей в поверхностных осадках соответствует их современным ареалам и определяется распространением основных типов водных масс в арктических морях. Постоянным компонентом диатомовых танатоценозов арктических морей являются криофильные виды, численность которых в осадках находится в определенной зависимости от ледо-

витости морских бассейнов. Численность и распределение пресноводных диатомей в прибрежной зоне арктических морей соответствует обилию и распространению речных вод на арктическом шельфе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 93-05-9820).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев И.А. Состав и распределение фитопланктона в северной части Берингова и южной части Чукотского морей // Исследование морей СССР. 1937. В. 25. С. 217-245.
2. Логвиненко Н.В., Огородников В.И. Современные донные осадки шельфа Чукотского моря // Океанология. 1980. Т. 20. № 4. С. 681-687.
3. Павлидис Ю.А. [Обстановки осадконакопления в Чукотском море и фациально-седиментационные зоны его шельфа](#) // Проблемы геоморфологии, литологии и литодинамики шельфа. М.: Наука, 1982. С. 47-76.
4. Полякова Е.И. Диатомей арктических морей СССР и их значение при исследовании донных осадков // Океанология. 1988. Т. 28. № 2. С. 286-291.
5. Полякова Е.И. Палеогеография арктических морей Евразии в позднем кайнозое (по диатомеям): Автореф. дис. ... докт. географ, наук. 11.00.04. М., 1992. 48 с.
6. Полякова Е.И., Павлидис Ю.А., Левин А.А. Особенности формирования танатоценозов диатомей в поверхностном слое донных осадков Баренцева моря // Океанология. 1992. Т. 32. № 1. С. 166-175.
7. Роухияйнен М.И. Характер развития фитопланктона в мае - июне 1958 г. в южной части Баренцева моря // Тр. Мурманск. мор. биол. ин-та. 1960. В. 2. С. 59 - 67.
8. Русанов В.П., Шнайхер А.О. Адвекция растворенной кремнекислоты в Чукотском море // Океанология. 1979. Т. 19. № 4. С. 626-631.
9. Рыжов В.М., Бойцов В.Д., Шавыкин А.Л. Особенности развития фитопланктона в водах различного происхождения на западе Баренцева моря // Комплексные океанологические исследования Баренцева и Белого морей. Апатиты: Изд-во Кольского фил. АН СССР, 1987. С. 52-66.
10. Рыжов В.М., Русанов В.П., Латышев В.С. Химико-биологическая индикация водных масс Чукотского моря // Тр. ААНИИ. 1984. Т. 358. С. 26-40.
11. Усачев П.И. Фитопланктон Карского моря // Планктон Тихого океана. М.: Наука, 1968. С. 6-28.

The Major Features of Diatom Thanatocenoses Formation in the Bottom Sediments of the Eurasian Arctic Seas

Ye.I. Polyakova

The study of the Arctic seas bottom sediments shows relationship between qualitative and quantitative distribution of species composition depending on hydrochemical, hydrobiological and sedimentological conditions of the Eurasian Arctic seas sediments. Distribution patterns of the planktonic diatom species in the sediments correlate with their modern natural habitats and is determined by the distribution of the major water masses in the Arctic seas. The cryophilic species are the permanent component of the arctic diatom thanatocenoses, their number correlate with ice condition. The distribution patterns of the fresh-water species in coastal bottom sediments, caused by river outflow and ice, depend on the amount and extension of river waters in the Arctic shelf.

Ссылка на статью:



Полякова Е.И. Особенности формирования диатомовых танатоценозов в осадках Арктических морей Евразии // Океанология, 1994. Т. 34. № 3. С. 444-453.