

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи



Агафонова Елизавета Андреевна

**Палеогеографические условия развития Белого моря в
голоцене (по данным диатомового анализа)**

25.00.25 – Геоморфология и эволюционная география

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель:

д.г.н., доцент Полякова Елена Ивановна

Москва – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЕЛОМОРСКОГО РЕГИОНА	13
1.1. Геологическое строение и четвертичные отложения акватории и побережий	14
1.2. Рельеф побережий и дна.....	17
1.3. Климатические условия	22
1.4. Ледово-гидрологические условия.....	24
1.4.1. Основные типы водных масс и структура вод.....	25
1.4.2. Волновая активность и приливы.....	26
1.4.3. Температурный режим и ледовые условия.....	27
1.4.4. Речной сток.....	27
Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	29
2.1. Материал исследований.....	29
2.2. Методы исследования.....	34
2.2.1. Методика бурения и отбор образцов.....	34
2.2.2. Радиоуглеродное датирование.....	35
2.2.3. Методика обработки образцов для диатомового анализа.....	40
2.2.4. Микроскопирование.....	41
2.2.5. Методика палеогеографических реконструкций.....	42
Глава 3. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ОТЛОЖЕНИЯХ АКВАТОРИИ И ПОБЕРЕЖИЙ БЕЛОГО МОРЯ	45
3.1. Изучение современной морской планктонной, ледово-морской и бентосной флоры Белого моря.....	45
3.2. История изучения диатомей в донных осадках и взвеси акватории Белого моря	52
3.2.1. Исследование диатомей в поверхностных осадках.....	52
3.2.2. Исследование диатомей в колонках донных осадков	57
3.3. История изучения диатомей побережья Белого моря.....	60
3.4. Проблемы и основные направления современных исследований диатомей.....	65
Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАРЕЛЬСКОГО И ТЕРСКОГО ПОБЕРЕЖИЙ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА	69
4.1. Рельеф и рыхлые отложения Карельского берега – о.Великий и п-ов Киндо.....	70
4.2. Рельеф и рыхлые отложения Терского берега.....	78
Глава 5. ДИАТОМОВЫЕ АССОЦИАЦИИ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КАНДАЛАКШСКОГО И ДВИНСКОГО ЗАЛИВОВ.....	82

5.1. КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ.....	82
5.1.1. Карельский берег.....	82
5.1.2. Остров Великий.....	97
5.1.3. Терский берег.....	103
5.1.4. Ругозерская губа.....	113
5.1.5. Внешняя часть Кандалакшского залива	116
5.2. ДВИНСКИЙ ЗАЛИВ.....	120
5.2.1. Центральная часть Двинского залива.....	120
5.2.2. Внешняя часть Двинского залива.....	125
Глава 6. РАЗВИТИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ БЕЛОМОРСКОГО РЕГИОНА В ГОЛОЦЕНЕ.....	129
6.1. Последледниковое поднятие территории и изменения уровня Белого моря	131
6.2. Изменения гидрологических и климатических условий в голоцене.....	136
6.3. Развитие природной среды.....	147
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	152
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	155
ПРИЛОЖЕНИЯ	
Приложение 1. Список образцов на диатомовый анализ из морских и озерно-болотных отложений	183
Приложение 2. Классификация диатомовых водорослей, обнаруженных в исследованных пробах по (Round et al., 1990 с дополнениями).....	190
Приложение 3. Экологическая характеристика диатомовых водорослей голоценовых отложений побережий и акватории Белого моря.....	193
Приложение 4. Данные подсчета створок диатомей в образцах...	205
Приложение 5. Микрофотографии диатомовых водорослей	267

ВВЕДЕНИЕ.

Актуальность темы. Одно из современных направлений палеогеографических и палеоокеанологических реконструкций – детализация палеосхем для разработки прогностических моделей природно-климатических процессов. Абсолютное датирование совместно с разнообразными методами исследований отложений позволяют детализировать или уточнять предшествующие палеогеографические модели на региональном уровне. Белое море – небольшой внутриконтинентальный водоем, расположенный в западной части обширного шельфа Евразии, является одним из ключевых районов в изучении палеоокеанологических событий голоцена Арктики благодаря интенсивному водообмену с Баренцевым морем, поступлению трансформированных атлантических вод и обильному речному стоку (Лаврова, 1947, 1968; Невесский и др., 1977; Девятова, 1986; Рыбалко и др., 1987, 2017; Лавров, Потапенко, 2005; Larsen et al., 2006; Demidov et al., 2006; Система Белого моря, тома I-IV, 2010-2017). В период максимума последнего оледенения Беломорский регион был полностью покрыт Скандинавским ледниковым щитом (Лаврова, 1947; Svendsen et al., 2004; Demidov et al., 2006; Hughes et al., 2015; Stroeve et al., 2016), последующая деградация которого, происходившая на фоне тектонических поднятий территории и гляциоэвстатической трансгрессии, определила главные черты геолого-геоморфологического строения побережий и акватории Белого моря (Кошечкин, 1977; Шевченко, 1999; Ермолов, 2005; Сафьянов, Соловьева, 2005; Колька и др., 2005; Филатов, 2010; Демидов, 2010; Евзеров, 2010; Косевич, 2016). Донные осадки акватории Белого моря и отложения его побережий содержат уникальную информацию для детальных реконструкций последних этапов дегляциации Северо-Запада Европы, эволюции палеоокеанологических и природно-климатических процессов в голоцене в Западной Арктике.

Для реконструкций палеогеографических условий использован диатомовый анализ – один из ведущих микропалеонтологических методов в изучении Белого моря и прилегающих территорий (Джиноридзе, 1971; Джиноридзе и др., 1979; Невесский и др., 1977; Polyakova et al., 2003; Полякова и др., 2014, 2016, 2017; Polyakova, Novichkova, 2018; Уланова, 2003; Шилова, 2011 и другие). Это связано прежде всего с высокой численностью и хорошей сохранностью диатомей в его

осадках по сравнению с другими арктическими морями. Строгая зависимость распространения видов от экологических факторов наряду с радиоуглеродным датированием и геоморфологическими исследованиями, позволяет детально восстанавливать эволюцию морских и пресноводных экосистем, а приуроченность морских планктонных видов к определенным типам водных масс реконструировать интенсивность адвекции атлантических вод в западный сектор Российской Арктики (Полякова, 1997, 2010). Стратиграфическое расчленение изученных автором отложений и их возрастная интерпретация базировались на радиоуглеродных датировках, включая новые AMS ^{14}C даты, которые все еще весьма немногочисленны для донных осадков Белого моря (Полякова и др., 2014; Новичкова и др., 2017). Определение генезиса и возраста отложений побережий на основе состава диатомовых ассоциаций и радиоуглеродных датировок позволяет установить время смены морских условий на континентальные.

Целью данной работы являлось выполнение реконструкций палеогеографических условий развития Белого моря в голоцене (по данным диатомового анализа).

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

1) выявить геолого-геоморфологические особенности строения рельефа и состава отложений в выбранных ключевых районах исследований побережья Кандалакшского залива;

2) установить характерные черты состава диатомовых ассоциаций и их распределения в колонках донных осадков Кандалакшского и Двинского заливов и в береговых разрезах побережья Кандалакшского залива;

3) определить возраст основных выделенных палеогеографических и палеоокеанологических событий в акватории и на побережье Белого моря в голоцене и осуществить их корреляцию с использованием ^{14}C и других методов датирования отложений;

4) реконструировать изменения обстановок осадконакопления, интенсивности адвекции атлантических вод в Белое море, гидрологических и гидробиологических условий развития природной среды побережья и акватории моря в голоцене на основе анализа результатов собственных микропалеонтологических исследований с привлечением опубликованных данных.

Объект и предмет.

Объектом исследования являются голоценовые отложения акватории и побережий Белого моря. Предмет исследования: комплексы диатомовых водорослей отложений Белого моря и его побережий в голоцене.

Фактический материал, личный вклад автора.

Работа основана на результатах выполненного автором диатомового анализа отложений из 9 колонок береговых отложений Кандалакшского залива и 4 колонок донных осадков Кандалакшского и Двинского заливов Белого моря. Всего было обработано и изучено 219 образцов. Возрастная интерпретация осадков основывалась на 22 радиоуглеродных датировках, 12 из которых были получены сцинтилляционным методом и 10 – AMS ^{14}C . Колонки, вскрывающие отложения Терского и Карельского берегов были получены в ходе экспедиций кафедры геоморфологии и палеогеографии Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в 2013-16 гг. при непосредственном участии автора. При отборе проб автором проводилось геолого-геоморфологическое описание и картирование территории. Обобщение полученных результатов и основанные на них палеогеографические реконструкции выполнены автором. Колонки донных осадков из Двинского и Кандалакшского залива 6066, 6042 и 6050, получены в 80-м рейсе НИС “Профессор Штокман” ИО РАН в 2006 г. сотрудниками лаборатории физико-геологических исследований имени А.П. Лисицына Института Океанологии им. П.П. Ширшова РАН, колонка Geophy-04, полученная в Ругозерской губе, предоставлена А.А. Барымовой. Для колонки 6050 по ранее опубликованным результатам диатомового анализа (Полякова и др., 2014) была построена диатомовая диаграмма распределения доминирующих видов, которая использована для корреляции палеогеографических событий послеледниковья.

Методология.

Методологической основой диатомового анализа является принцип актуализма, согласно которому в палеообстановках прошлого действовали такие же законы природы, что и ныне. При палеогеографических исследованиях ко всем группам микроорганизмов применяются общие методические подходы: изучение закономерностей их современного распределения в прижизненном и тафономическом состояниях и актуалистическая пролонгация этих

закономерностей в прошлое (Методы палеогеографических реконструкций, 2010). Таким образом, в каждом конкретном районе исследований выполнению палеореконструкций как правило предшествуют изучение танатоценозов поверхностного слоя осадков различного генезиса, установление особенностей их формирования в зависимости от абиотических факторов среды. Например, установлено, что в формировании диатомовых танатоценозов поверхностного слоя донных осадков морей и океанов ведущее значение имеет состав биоценозов вышележащих водных масс, а видовой состав танатоценозов в целом отражает океанологические условия над соответствующими участками дна (Жузе, 1962; Полякова, 1997 и др.).

Основные защищаемые положения.

1. Диатомовые комплексы Карельского берега Кандалакшского залива отражают смену в акватории Белого моря морских условий на пресноводные и, совместно с данными о геоморфологическом строении берега, фиксируют увеличение площади суши в течение последних 10 тысяч лет, береговая линия выдвинулась минимум на 10 км.

2. Начиная с пребореального периода голоцена происходит увеличение глубин глубоководной части Белого моря (Кандалакшский залив и Бассейн).

3. Атлантические воды начали поступать в Белое море не позднее первой половины пребореального периода голоцена.

4. Абсолютные высоты следов положения уровня Белого моря в эпохи Фолас и Тапес на исследованном сорокакилометровом участке Терского берега увеличиваются с востока на запад от 18.0 и 18.8 м до 46 и 30-40 м соответственно.

Научная новизна работы.

На основе данных диатомового анализа голоценовых отложений Двинского и Кандалакшского заливов, Карельского и Терского берегов Белого моря, радиоуглеродного датирования и геоморфологических исследований установлены палеогеографические изменения природной среды и обстановок седиментации Беломорского региона и выявлена их связь с региональными проявлениями адвекции североатлантических вод, послеледниковых поднятий, изменениями рельефа и климата. Для голоценовых отложений Ругозерской губы и Терского берега диатомовый анализ был выполнен впервые. Полученные результаты

значительно дополняют существующие представления о послеледниковом развитии Беломорского региона. В первую очередь это касается реконструкции проникновения трансформированных атлантических вод, ведущего фактора палеоокеанологического развития арктических морей. По видам-индикаторам диатомовых водорослей в отложениях Двинского и Кандалакшского заливов отмечены периоды активизации поступления трансформированных атлантических вод в Белое море и впервые установлено, что атлантические воды начали поступать в центральную часть Двинского залива еще в первой половине пребореального времени, тогда как раньше это событие относили к концу пребореального – началу бореального периодов голоцена. Выделенные в голоценовых отложениях Карельского берега Белого моря диатомовые комплексы характеризуют постепенный переход от морских обстановок осадконакопления до пресноводных озерно-болотных через стадию изоляции и опреснения исходного морского водоема. Впервые осуществлена корреляция реконструированных палеогеографических условий голоцена в акватории моря и на его побережье, основываясь на определении абсолютного возраста.

Степень достоверности.

Данные по количественному содержанию и видовому составу ассоциаций диатомовых водорослей в отложениях акватории Белого моря и его побережья получены с помощью современных методов анализа осадков в научно-исследовательской лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова и в лаборатории физико-геологических исследований имени А.П. Лисицына Института Океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Проверка достоверности полученных результатов неоднократно осуществлялась на специализированных совещаниях и семинарах, в опубликованных статьях, а высокая степень достоверности выводов обеспечена обширным фактическим материалом.

Практическая ценность работы.

Установленные изменения диатомовых сообществ, происходившие в условиях послеледникового поднятия побережий и развития трансгрессии, существенно дополняют данные об их составе и эволюции на обширной литорали и сублиторали

Белого моря в условиях приливно-отливных течений, развития обильной флоры макрофитов и эволюции отделяющихся водоемов. Результаты предлагаемой работы могут быть использованы для разработки и детализации региональных стратиграфических схем, для образовательных целей в лекционных курсах по палеогеографии и палеоокеанологии, на практиках студентов кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, ежегодно проводимых на Беломорской Биологической станции им. Н.А. Перцова. Приложение к работе, включающее микрофотографии диатомовых водорослей, может быть использовано в качестве определителя.

Апробация.

Результаты исследований были представлены на 15 международных и всероссийских научных совещаниях, и конференциях, в том числе: Всероссийской научной конференции «VII Щукинские чтения. Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике», (Москва, 2015), Всероссийской научной конференции с международным участием «Марковские чтения 2015: Актуальные проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена», (Москва, 2015), VIII Молодёжном конгрессе по итогам практик (МКИП-2016) (Москва, 2016), симпозиуме «Постгляциальная история Белого моря: геология, тектоника, седиментационные обстановки, хронология. Корреляция природных архивов побережья и акватории» (Москва, 2017), конференции «Комплексные Исследования Мирового Океана» (Москва, 2017), XIV Всероссийской палинологической конференции «Актуальные проблемы современной палинологии», посвященная памяти В.П. Гричука (Москва, 2017), XXII и XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии “Геология морей и океанов” (Москва, 2017, 2019), 25ом международном симпозиуме международного сообщества исследователей диатомовых водорослей “25th International Diatom Symposium” (Berlin, 2018), международной конференции PalaeoArc «1st International Conference: Processes and Palaeo-environmental changes in the Arctic: from past to present» (Poznan, 2019), XVI Международной научной конференции диатомологов «Диатомовые водоросли: морфология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия», посвященная 90-летию со дня рождения З.И. Глезер, (Звенигород, 2019), Международных научно-

практических конференциях “Морские исследования и образование - MARESEDU”, (Москва, 2019, 2020), Всероссийской конференции с международным участием «VIII Щукинские чтения: рельеф и природопользование», (Москва, 2020), Всероссийской научной конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года: Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена и голоцена», (Москва, 2020).

Публикации.

Основные результаты исследований представлены в 22 опубликованных научных работах, в том числе в 3 рецензируемых изданиях (журналах) из списка Scopus, WoS, RSCI, а также рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по географическим наукам.

Агафонова Е. А., Полякова Е. И., Барымова А. А. Диатомовые ассоциации из голоценовых отложений Кандалакшского залива Белого моря (Ругозерская губа) // Естественные и технические науки. 2020. Т. 146, № 8. С. 103–109. doi: 10.25633/ETN.2020.08.10 (0.417).

Агафонова Е.А., Полякова Е.И. Палеогеографические события в Двинском заливе Белого моря в послеледниковое время // Вестник Московского университета. Серия 5: География. № 6. 2020. С. 73-78. ISSN 0579-9414 (0.802).

Agafonova E., Polyakova Ye., Novichkova Ye. The diatom response to Postglacial environments in the White Sea, the European Arctic // Marine Micropaleontology. 2020. Vol. 161. 101927. doi: 10.1016/j.marmicro.2020.101927 (2.207).

По теме диссертации опубликованы три статьи в периодических изданиях из списка РИНЦ:

Агафонова Е.А., Полякова Е.И., Романенко Ф.А. Диатомовые водоросли в голоценовых отложениях Терского берега Белого моря в связи с историей его развития в послеледниковое время // Арктика и Антарктика. № 2. 2020. С. 1 - 16. DOI: 10.7256/2453-8922.2020.2.32632. (0.444).

Агафонова Е. А., Полякова Е. И. Диатомеи в голоценовых отложениях Двинского залива Белого моря как индикаторы палеоокеанологических событий // Вопросы современной альгологии (Issues of modern algology). №2 .2019. С. 197–200.

Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Ключиткина Т.С., Агафонова Е.А., Крюкова И.М. Диатомеи и водные палиноморфы в осадках арктических морей Евразии и их значение для палеоокеанологических исследований в Арктике // Вопросы современной альгологии. № 2 (20). 2019. С. 246–251. DOI: 10.33624/2311-0147-2019-2(20)-246-251.

Глава в монографии:

Агафонова Е.А., Полякова Е.И. Диатомовые водоросли голоценовых отложений Двинского залива Белого моря как индикаторы палеоокеанологических событий // Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена. Научные достижения школы академика К.К. Маркова. Под ред. Т.А. Яниной, Н.С. Болиховской, Е.И. Поляковой, Т.С. Ключиткиной, Р.Н. Курбанова. М.: Географический факультет МГУ. 2020. С.301-315.

Десять статей опубликованы в материалах всероссийских и международных конференций и шесть тезисов докладов.

Объем и структура работы.

Диссертация состоит из введения, шести глав, включающих 63 рисунка и 6 таблиц, заключения, списка литературы из 307 наименований (в том числе 84 на иностранных языках) и пяти приложений. Текст изложен на 154 страницах.

Благодарности. Автор работы выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю в.н.с., д.г.н. Е.И.Поляковой. Без постоянной помощи Елены Ивановны, ее ценных советов и конструктивной критики, а также теплого, дружественного участия написание данной работы было бы крайне затруднительно. Автор глубоко признательна в.н.с., к.г.н Ф.А.Романенко за ценные советы в работе над диссертацией, помощь в организации и проведении полевых работ, получении радиоуглеродных датировок. Важной была поддержка на всех этапах работы заведующей НИЛ новейших отложений и палеогеографии плейстоцена д.г.н. профессора Т.А.Яниной. Также автор глубоко признательна академику РАН А.П.Лисицыну, заведующему лабораторией физико-геологических исследований имени А.П. Лисицына Института океанологии им.П.П.Ширшова к.г.-м.н. В.П.Шевченко, в.н.с., к.г.-м.н. Е.А.Новичковой и другим коллегам из лаборатории за предоставленные для диатомового анализа грунтовые колонки и всестороннюю поддержку. Хотелось бы особо поблагодарить к.г.н. доцента О.Н.Лефлат за

знакомство с диатомовым анализом, и н.с., к.г.н. О.С.Шиловой (НИЛ геоэкологии Севера, МГУ) за консультации и предоставление ценных определителей диатомей и других научных изданий. Автор благодарит коллектив кафедры геоморфологии и палеогеографии, в стенах которой происходило формирование научных интересов и воспитание автора как специалиста. Особую благодарность автор выражает заведующей метеорологической обсерваторией кафедры метеорологии и климатологии в.н.с., к.г.н. О.А. Шиловцевой, сотрудникам кафедры геоморфологии и палеогеографии профессору д.г.н. Е.И. Игнатову, с.н.с. к.г.н. Т.Ю. Репкиной, н.с. Н.Н. Луговому за содействие на полевых этапах работы и А.А. Барымовой (ООО «ЦМИ МГУ») за предоставление уникального материала из Ругозерской губы.

Исследования по теме диссертации выполнены в рамках тем Госзадания «Палеоклиматы, развитие природной среды и долгосрочное прогнозирование ее изменений» (2017-2020) и «Палеогеографические реконструкции природных геосистем и прогнозирование их изменений» (2021).

Глава 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЕЛОМОРСКОГО РЕГИОНА

Белое море, почти полностью лежащее к югу от полярного круга, принадлежит бассейну Северного Ледовитого океана, занимая по отношению к нему наиболее изолированное по сравнению с другими арктическими морями Евразии положение (рис. 1). С Баренцевым морем Белое соединяется относительно широким (45-55 км) и неглубоким (средняя глубина – 37 м) проливом (Наумов, Федяков, 1991; Примаков, 2012), через который осуществляется интенсивный водообмен (в Белое море поступает ~ 2 000 км³ баренцевоморских вод в год; Пантюлин, 2012б), что определяет значение Белого моря для реконструкций адвекции атлантических вод в Северный Ледовитый океан.

В структурно-тектоническом плане выделяются Воронка, включающая Мезенский залив, Горло, Бассейн – глубоководная часть акватории, Кандалакшский, Онежский и Двинский заливы, характеризующиеся различными режимами поступления речных вод, ледово-гидрологическим режимом, видовым составом биоты и продуктивностью вод (рис. 1).

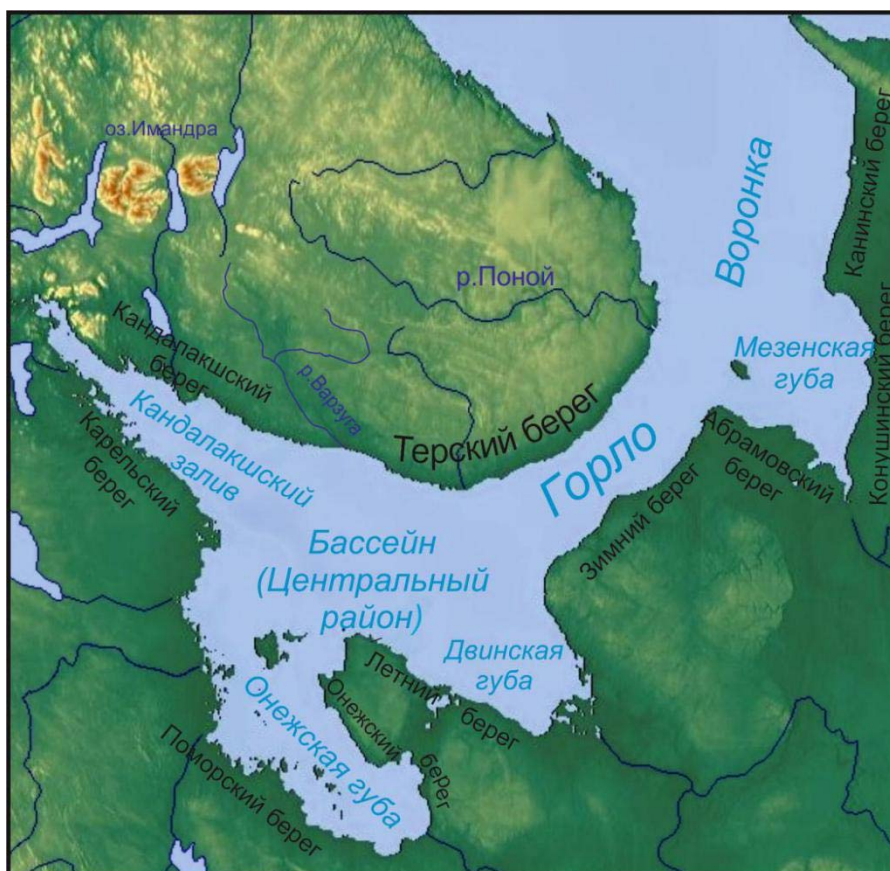


Рис. 1. Акватория Белого моря и названия его берегов (по Система..., 2010).

1.1. Геологическое строение и четвертичные отложения акватории и побережий

Акватория Белого моря расположена в северо-западной части Восточно-Европейской платформы, на восточном склоне Балтийского щита и северо-западной оконечности Мезенской синеклизы (Тектоническая., 2012; Балуев и др., 2012).

Формирование котловины Белого моря происходило в ходе развития рифтовой системы, возникшей в среднем-позднем рифее на раннедокембрийском консолидированном основании (Балуев и др., 2000; 2012). Современную конфигурацию акватория приобрела в результате активизации тектонической деятельности в неоген-четвертичное время (Балуев и др., 2012).

Важную роль в формировании современной котловины сыграли четвертичные оледенения. Снятие ледниковой нагрузки привело к условиям изостатического неравновесия отдельных блоков земной коры и как следствие к активизации разломов и ослабленных зон (Невесский и др., 1977; Айбулатов, 2001).

В пределах акватории Белого моря мощность четвертичного покрова (рис. 2), перекрывающего породы кристаллического фундамента архей-протерозойского возраста и рифейские образования, различается, в среднем составляет 30 – 40 м (Малаховский, Амантов, 1991; Геологическая карта, 2001; Рыбалко и др., 2017). Наибольшая мощность осадков (до 200 м) четвертичных отложений характерна для центральной части бассейна (Рыбалко и др., 2017). К районам, в пределах которых четвертичные отложения практически не представлены, относятся участки прибрежного мелководья и поднятия рельефа дна, как например, на плато к северу от Соловецкого архипелага и в пределах пролива Горло (Невесский и др., 1977; Рыбалко и др., 2009, 2011, 2017).

Четвертичные отложения в области Балтийского щита представлены чехлом различной мощности (рис. 2), которая меняется от 3 до 150 м и в среднем составляет 30 м (Лаврова, 1960; Демидов, 2010). Особенностью обширных территорий, прилегающих к Белому морю с запада (Кольский п-ов, Карелия), является незначительное развитие, или же полное отсутствие молодых рыхлых отложений (Маев и др., 2005).



Рис. 2. Схема мощностей четвертичных образований (Геологическая карта, 2001).

Основой стратиграфического расчленения донных осадков Белого моря служат данные сейсмоакустических исследований (рис. 3, Калинин и др., 1976; Государственная..., 2012; Рыбалко и др., 2017), подкрепленные результатами бурения и разностороннего исследования отложений акватории и прилегающей суши (Малясова, 1976; Невесский и др., 1977; Кириенко, 1977; Джиноридзе, 1971; Боярская и др., 1986; Корсакова и др., 2004; Полякова и др., 2014 и др.).

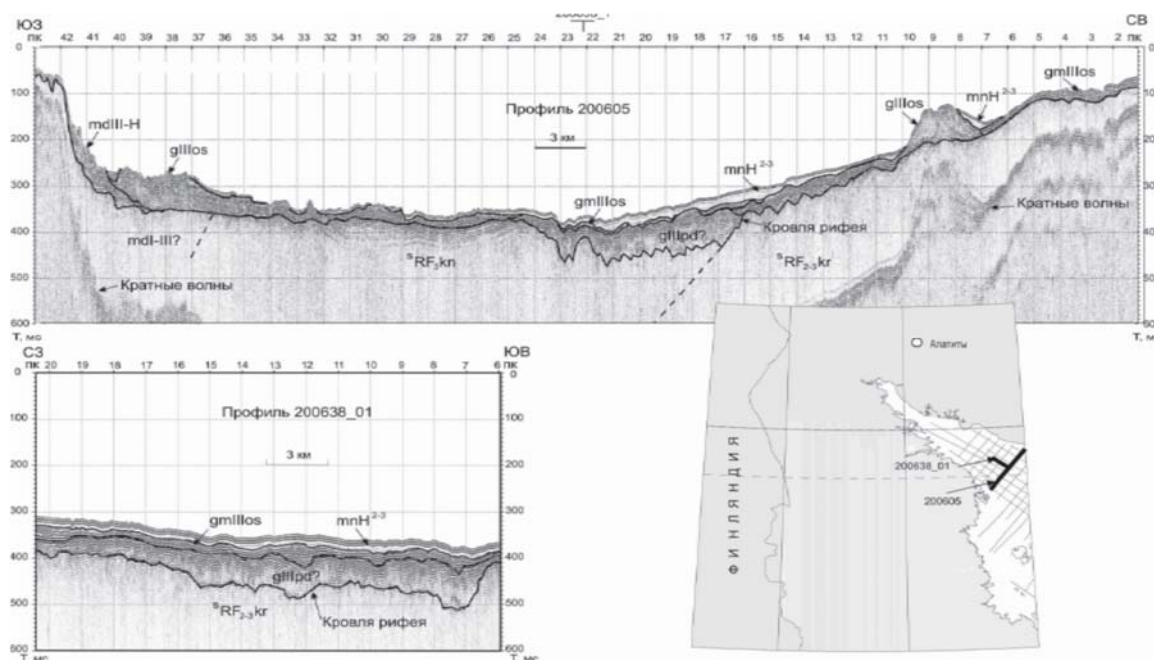


Рис. 3. Сейсмогеологический разрез центральной части Беломорской котловины (Рыбалко и др., 2017)

В образованиях четвертичного периода выделяются отложения четырех оледенений – вологодского, московского, подпорожского и осташковского и трех межледниковий – лихвинского, горкинского и микулинского (рис. 4, Геологическая карта, 2001), при этом некоторые стратиграфические горизонты представлены фрагментарно и достоверность их выделения требует уточнений (Рыбалко и др., 2017). Эпохи оледенений оставили после себя морены, ледниково-озерные, флювиогляциальные и ледниково-морские осадки (Невесский и др., 1977; Легкова, 2004; Рыбалко и др., 2017). Во время межледниковий происходило морское осадконакопление, так как значительная часть площади оказывалась занятой морем. При этом древняя береговая линия могла находиться на более высоких гипсометрических уровнях по сравнению с современным положением уровня моря (Лаврова, 1947, 1960; Евзеров и др., 1981; Grossfeld et al., 2006).

Система	Отдел	Раздел	Звено	Надгоризонты	Горизонты	Возраст границы (тыс. лет)
Четвертичная	Плейстоцен	Неоплейстоцен	Верхнее	Валдайский надгоризонт	Осташковский	24
					Ленинградский	57
					Подпорожский	71
					Микулинский	127
			Среднее	Среднерусский надгоризонт	Московский	186
					Горкинский	334
					Вологодский	364
					Лихвинский	364

Рис. 4. Стратиграфическая схема четвертичных отложений беломорского района и прилегающих к нему территорий (по Государственная ..., 2003; Общая стратиграфическая шкала, МСК, 2007)

Верхняя часть разреза четвертичных отложений акватории представлена комплексом поздне- и послеледниковых осадков. На основе сейсмоакустических данных в толще выделяются несколько подкомплексов. Подкомплекс флювиогляциальных, ледниково-озерных и ледниково-морских генетических типов

осадков сформировался в конце осташковского времени, для него характерно наличие внутренних несогласий, свидетельствующих о размывах. Также поздне-последледниковые отложения представлены морскими нефелоидными осадками, образовавшимися в результате накопления продуктов таяния ледника (Девдериани, 1985; Рыбалко и др., 2017). Отложения подкомплекса залегают в верхней части осадочного разреза и практически отсутствуют до глубин около 150 м (Рыбалко и др., 2017). Формирование ледниково-морских осадков относят к аллерёд-верхнедриасовому времени (Рыбалко и др., 1987). Для нижнеголоценовых осадков (пребореального и бореального времени) характерно наибольшее фациальное разнообразие, так как в это время ледниково-морские условия сменялись морскими (Невесский и др., 1977; Джиноридзе, 1971, Рыбалко и др., 2017). Более детальное подразделение средне- и позднеголоценовых осадков основывается на данных микропалеонтологических исследований – диатомовом, палинологическом и фораминиферовом анализах. На основе данных состава микрофоссилий голоценовые отложения относят к климатически периодам – пребореальному, бореальному, атлантическому, суббореальному и субатлантическому (Малясова, 1976; Невесский и др., 1977; Джиноридзе, 1971; Полякова и др., 2014 и др.).

1.2. Рельеф побережий и дна

Рельеф Беломорского региона сформировался в результате преобразования первично-тектонического рельефа процессами ледниковой денудации и аккумуляции четвертичного периода (Колька и др., 2005; Филатов, 2010; Демидов, 2010; Романенко, Шилова, 2012). Формирование рельефа дна акватории и побережий Белого моря в голоцене происходило в условиях интенсивных разнонаправленных неотектонических движений, которые влияют на орографию моря и в настоящее время (Невесский и др., 1977, Авенариус, 2004). Неотектоническое поднятие территории в настоящее время характерно для структурных донных гряд Кандалакшского залива, для отдельных блоков Терского побережья, Онежского залива и др. Отрицательные же движения присущи Кандалакшскому заливу, приустьевым участкам рек Онега и Выг, восточной части Двинского залива, центральной части моря. Наиболее интенсивные положительные тектонические движения охватывают северо-западную часть Беломорского региона.

Современное дно Белого моря представляет собой сложноступенчатую аккумулятивно-денудационную равнину (Невесский и др., 1977; Варейчук и др., 2012; Никифоров и др., 2017). Исходя из особенностей геолого-геоморфологического строения отдельных районов море и его побережья условно можно разделить на три части – северную мелководную, включающую в себя Воронку, Мезенский залив и Горло Белого моря, глубоководную центральную, расположенную в пределах Бассейна и Кандалакшского залива, и южную, соответствующую Двинскому и Онежскому заливам.

Рельеф побережий и дна северной части моря

Для северной части моря, включающей в себя Воронку, Мезенский залив и Горло основной геоморфологической особенностью является наличие аккумулятивных песчаных гряд, формирование которых связано, главным образом с приливно-отливными течениями. Помимо торрентогенных форм широко развиты абразионные, так практически все дно Мезенского залива представляет собой бенч. В Горле прослеживаются абразионные террасы как со стороны Терского берега, так и со стороны Зимнего (Невесский и др., 1977; Варейчук и др., 2012; Никифоров и др., 2017).

Рельеф побережий этой части моря в основном представлен абразионными формами, с небольшими включениями аккумулятивных поверхностей, приуроченным к устьям рек (Варейчук и др., 2012; Никифоров и др., 2017). При этом темпы абразии достигают нескольких метров в год. Для Конушинского берега Мезенского залива характерно наличие широких песчано-илистых и илистых осушек (Невесский и др., 1977). Для берегов Горла Белого моря характерно наличие двух уровней поднятых террас на высотах 8-20 м и 6-7 м, сформировавшихся, по данным радиоуглеродного датирования и диатомового анализа, во время позднеледниковой и среднеголоценовой трансгрессии соответственно (Репкина и др., 2017).

Рельеф побережий и дна центральной части моря

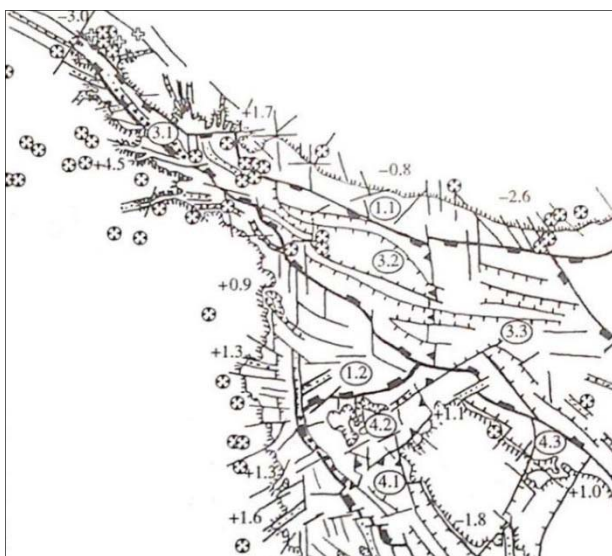
Бассейн Белого моря достигает глубин более 100 м. Рельеф этой части моря моря осложнен локальными возвышенностями на дне, связанными с поднятием отдельных тектонических блоков (Варейчук и др., 2012)

Рельеф дна самой глубокой части (до 343 м) Белого моря – Кандалакшского залива и его побережий во многом обусловлен тектонической приуроченностью к одноименному грабену. Кутовая относительно мелководная часть залива отделена порогом от основной глубоководной части. Рельеф здесь осложнен множеством небольших островов и линейных подводных поднятий, разделенных впадинами в виде коротких по длине грабенообразных структур, ограниченных по бортам разломами, по-видимому, сбросового происхождения. Прибрежная часть Кандалакшского залива в целом – холмистая, резко расчлененная экзарационная равнина, характеризующаяся интенсивным первично-тектоническим расчленением с широким распространением экзарационных останцов (Маев и др., 2005). Карельский берег представляет собой совокупность структурно-денудационных цокольных равнин и мелкосопочников высотой до 120–150 м, с фиардово-шхерными берегами (Романенко, Шилова, 2012). Западная часть Кандалакшского берега в целом схожа по облику с Карельским берегом. Для восточной части характерно наличие лестниц террас поздне-последнеледникового времени. Терский берег – низменная приморская аккумулятивная равнина, прорезанная долинами рек Кузреки, Варзуги, Чаваньги и др. Поверхность равнины осложнена серией террас, поднимающихся до 100-150 м (Лаврова, 1960; Варейчук и др., 2012).

На территории побережий Кандалакшского залива ярко проявляется тектонический рельеф, для которого характерно наличие крутых скальных уступов, сбросово-глыбовых поверхностей, разбитых трещинами отседания. Часто скальные уступы покрыты серией тектонических рвов, образующих ортогональную систему. Ориентировка рвов имеет два основных направления: субширотное и субмеридиональное. Блоково-складчатая тектоническая структура проявляется в сильной раздробленности территории в виде блоковых морфоструктур (рис. 5).

Так как кристаллический фундамент залегает на небольшой глубине, то выходя на поверхность, он образует рельеф оглаженных морем и ледником скальных гряд и так называемых, областей каменных «хаосов» (рис. 6). Ярким примером тектонического рельефа можно считать бухту Биофильтров полуострова Киндо, западный берег которой является сбросово-тектоническим уступом (рис. 7). Многие скальные уступы характеризуются оглаженной поверхностью и к ним

примыкают валунные отмостки, что говорит о том, что подобные зоны не что иное как древние береговые линии.



Основные морфоструктурные элементы.

Восточно-Европейская провинция: 1 - Беломорская область (районы: 1.1 - Кольский, 1.2 - Карельский); 3 - область Кандалакшско-Двинского грабена (районы: 3.1 - Колвицко-Порьегубский, 3.2 - Центральной впадины Белого моря, 3.3 - Двинский западный, 3.4 - Двинский авандельтовый); 4 - Онежская область (районы: 4.1 - Юго-западный прибрежный, 4.2 - Соловецкий, 4.3 - Северо-восточный прибрежный);

Рис. 5. Фрагмент морфоструктурной карты Белого моря (по: Авенариус, 2004).

В ходе современного поднятия береговой зоны Кандалакшского залива от его акватории отделяются многочисленные губы, небольшие заливы и проливы. На их месте часто образуются особые гидрологические объекты. Из-за кардинальной смены обстановок в водных сообществах таких переходных водоемов происходят серьезные изменения. На смену морской биоте приходит комплекс эвригалинных видов (способных обитать в широком диапазоне солености), а также пресноводных видов. Из-за прекращения приливно-отливного перемешивания водная толща расслаивается и в понижениях дна водоемов возникают зоны с повышенной соленостью (Пантюлин, Краснова, 2011; Краснова, 2017; Краснова и др., 2018).



Рис. 6. Каменные хаосы на о. Костьян

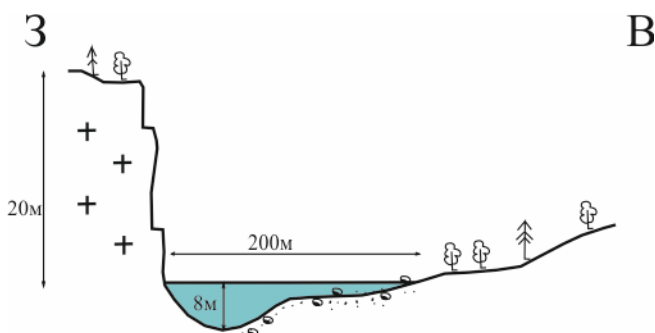


Рис. 7. Поперечный профиль через бухту Биофильтров

Рельеф побережий и дна южной части моря

Южная часть Белого моря, к которой относятся Двинский и Онежский заливы, имеет более сложный рельеф. Так, кутовую часть Двинского залива занимает

обширная авандельта, представляющая собой плоское мелководное взморье. В южных и юго-восточных частях залива рельеф дна осложняют множество банок и эрозионных ложбин (Варейчук и др., 2012; Никифоров и др., 2017). В более глубоководной части залива рельеф дна представляет собой аккумулятивно-денудационную равнину с отдельными небольшими банками высотой 10–20 м. Наиболее масштабным элементом экзогенного рельефа побережий Двинского залива является дельта р. Северной Двины (рис.8). Многолопостная многорукавная дельта заполнения морского залива-эстуария осложнена многочисленными островами (Зарецкая, 2017). Некоторые острова, как и рельеф Летнего берега Двинского залива, осложнены моренными холмами и грядами на высотах 20-110 м (Сафьянов, Репкина, 2017). На Зимнем берегу выделяется два комплекса террас на отметках 15-20 м и 5-6 м (Репкина и др., 2018).

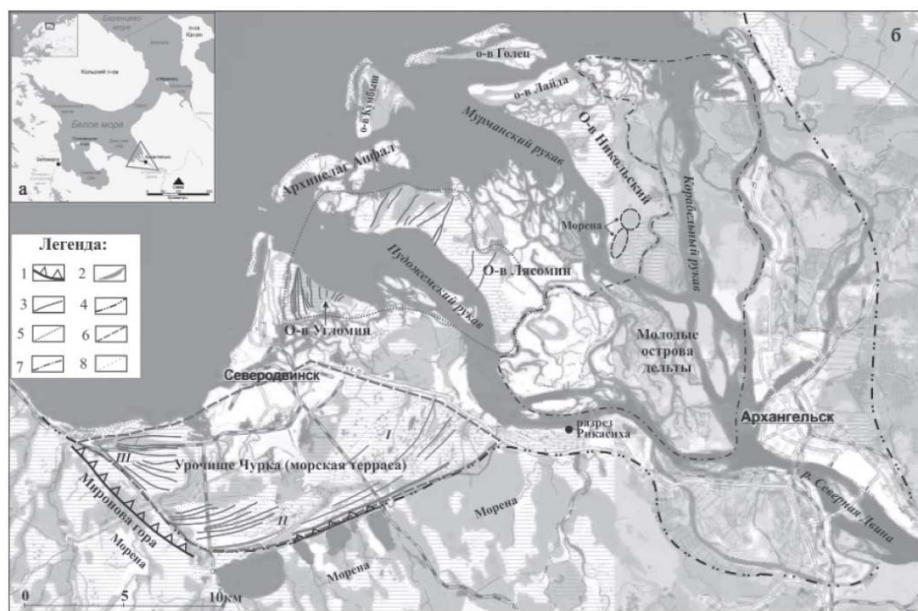


Рис. 8. Схема дельты р. Северной Двины (Зарецкая, 2017)

Онежский залив отделен от центральной части моря Соловецкими островами и является самым мелководным, его глубина не превышает 50 м. Западное побережье залива представляет собой абразионно-экзарационное шхерное мелководье с большим количеством островов. Рельеф дна залива осложнен многочисленными банками и островами. Поморский берег Онежского залива в целом представляет собой шхерный берег с множеством островов (Никифоров и др., 2017), а южное побережье залива – заболоченную низменность, переходящую в глинистую осушку. Для рельефа побережья Онежского полуострова характерен абразионно-аккумулятивный тип берега (Варейчук и др., 2012).

Таким образом, главные элементы рельефа всего Беломорского региона обусловлены сочетанием древних тектонических процессов с денудацией и аккумуляцией четвертичного периода, важнейшим событием которого были оледенения, придававшие особый облик доледниковому рельефу (Колька и др., 2005; Филатов, 2010; Романенко, Шилова, 2012). Особенность эпохи материковых оледенений заключена в совместном проявлении тектонических и гляциоизостатических движений, которые выражались в погружениях (ледниковые периоды) и поднятиях (периоды межледниковий), тесно связанных с формированием четвертичного осадочного чехла (Демидов, 2010). Немалую роль в современном облике побережий играют и формы рельефа, обязанные своим происхождением морской абразии и аккумуляции (Карпович, 1984).

1.3. Климатические условия

Положение Белого моря у Полярного круга, а частично и севернее его, связь с бассейном Северного Ледовитого океана через водообмен с незамерзающей частью Баренцева моря определяют своеобразие довольно суровых климатических условий. Климат Беломорского региона предопределён малым количеством солнечной радиации зимой, интенсивным выносом теплого воздуха атлантическими циклонами, поступлением холодного арктического воздуха и гидрологическим состоянием самого моря (Васильев, Водовозова, 2010). Это выражается в продолжительности зимнего сезона и низких средних температурах (Борисов, 1948). Однако в связи с тем, что арктический воздух поступает из относительно теплой части Арктики с открытой водной поверхности Баренцева и Гренландского морей, Беломорский регион оказывается наиболее теплым на данных широтах (Варейчук и др., 2012). Зимой море покрывается плавучим льдом. Но в заливах формируется неподвижный припайный лед. В мае происходит освобождение ото льдов (Васильев, Водовозова, 2010; Пантюлин, 2012а).

Самый холодный месяц – февраль (рис.9, Научно-прикладной, 1988 а,б). Наиболее высокая средняя месячная температура воздуха зимой наблюдается на севере моря, в Воронке, над теплыми баренцевоморскими водами. При выносах теплых масс морского воздуха с Атлантики температура зимой может повыситься до 2-9°C, но повышения кратковременные, основной фон температур отрицательный.

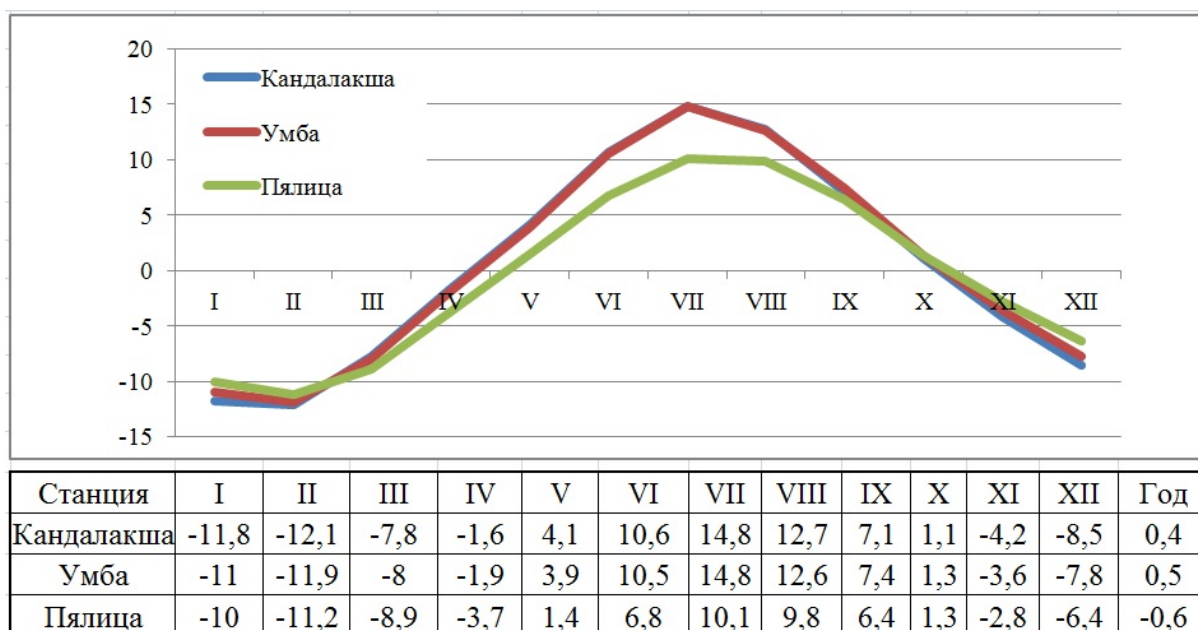


Рис. 9. Среднемесячные и годовые температуры воздуха (по научно-прикладному справочнику по климату СССР, 1988 а,б)

При мощных и продолжительных арктических вторжениях холодного воздуха минимальные температуры у побережья Кольского полуострова могут понижаться до $-38...-40^{\circ}\text{C}$, в заливах до $-41...-49^{\circ}\text{C}$ (Васильев, Водовозова, 2010). Летний период короткий, преобладает пасмурная и прохладная погода. В июле средняя температура воздуха держится на уровне $10-11^{\circ}\text{C}$ (рис.9). Самый теплый месяц – июль. Максимальная температура воздуха – $31-33^{\circ}$ (Научно-прикладной..., 1988 а,б). Переход к положительным значениям весной растягивается на месяц, а переход к отрицательным значениям осенью происходит в более сжатые сроки (Васильев, Водовозова, 2010). Многочисленные переходы температуры от положительных к отрицательным в весенне-осенний период во многом определяют процесс выветривания и разрушения коренных пород.

Атмосферные осадки на акватории Белого моря определяются главным образом активной циклонической деятельностью и влагосодержанием воздушных масс. При циклонах из Северной Атлантики и северных морей осадков выпадает мало. Обильные осадки наблюдаются при переносе воздушных масс из южных районов умеренной зоны Атлантики и, особенно бассейна Средиземного моря. Зимой над Белым морем наблюдаются преимущественно обложные осадки в виде снега. Летом осадки выпадают реже, чем зимой (например, в июле всего 11-14 дней с осадками), но количество их возрастает в 1,5-2,5 раза (Гидрометеорология..., 1991). Иногда зимой осадки выпадают в виде дождя, а летом в виде снега.

Атмосферные осадки являются основным источником питания озер и болот. В целом за год меньше всего осадков выпадает в центральных частях Воронки и Бассейна (менее 300 мм) (Гидрометеорология..., 1991). На побережье количество осадков превышает 450 мм, за исключением Канинского берега, где сумма осадков составляет около 400 мм. Наибольшее количество осадков отмечается над теплой южной частью моря - на Двинском и Онежском заливах (500-600 мм) (Васильев, Водовозова, 2010). Число дней в году с относительной влажностью более 80% в 13 часов достигает 160-180, а число пасмурных дней превышает 200 (Борисов, 1948). Среднее число дней в году с осадками - 150-200.

Для акватории Белого моря во все сезоны года характерна частая смена воздушных масс, связанная с прохождением барических образований. Само положение моря обуславливает сезонную смену ветров: с ноября по март преобладают юго-восточные ветры, с мая по сентябрь – северные (рис. 10). Летом с севера на континент поступает арктический воздух, преобладают северные ветры, при этом скорости ветра уменьшаются (Васильев, Водовозова, 2010).

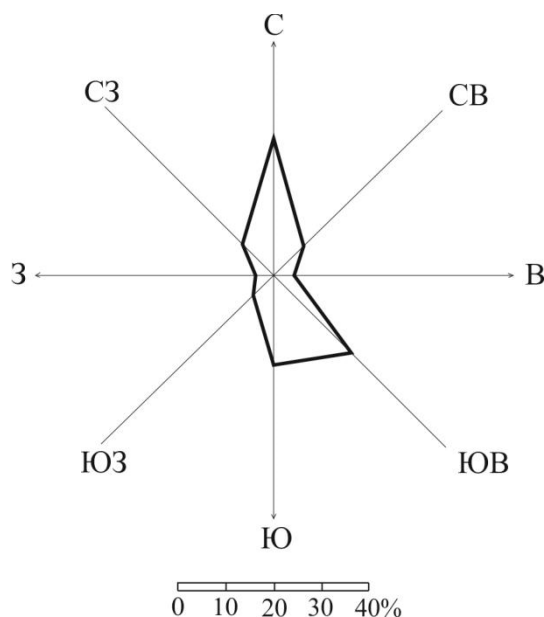


Рис. 10. Роза ветров (метеостанция Кандалакша).

1.4. Ледово-гидрологические условия

Особенностью гидрологического режима Белого моря является водообмен с Баренцевым морем, который осуществляется через узкий мелководный пролив Горло (рис. 1). Из Белого моря в Баренцево вдоль Зимнего берега проходит постоянное гравитационное течение опресненных поверхностных вод (с расходом $\sim 2200 \text{ км}^3 / \text{год}$). Из Баренцева моря вдоль Терского берега поступает поток

тяжелых соленых океанических вод ($\sim 2\,000\text{ км}^3 / \text{год}$) прибрежной ветви Нордкапского течения. Через пролив Горло в акваторию Белого моря поступают водные массы арктического и атлантического происхождения (Пантюлин, 2012б).

1.4.1. Основные типы водных масс и структура вод

Гидрологическую структуру Белого моря формирует два типа вод – пресные материковые воды, поступающие с речным, подземным стоком, атмосферными осадками и соленые океанские воды, проникающие через северную границу моря из Баренцева моря (Пантюлин, 2012б). В структуре водных масс Белого моря выделяются вертикально стратифицированные (глубоководные части Бассейна и Кандалакшского залива, Двинский залив) и горизонтально стратифицированные (Воронка, Горло, Мезенский, Онежский заливы) районы (рис. 11).

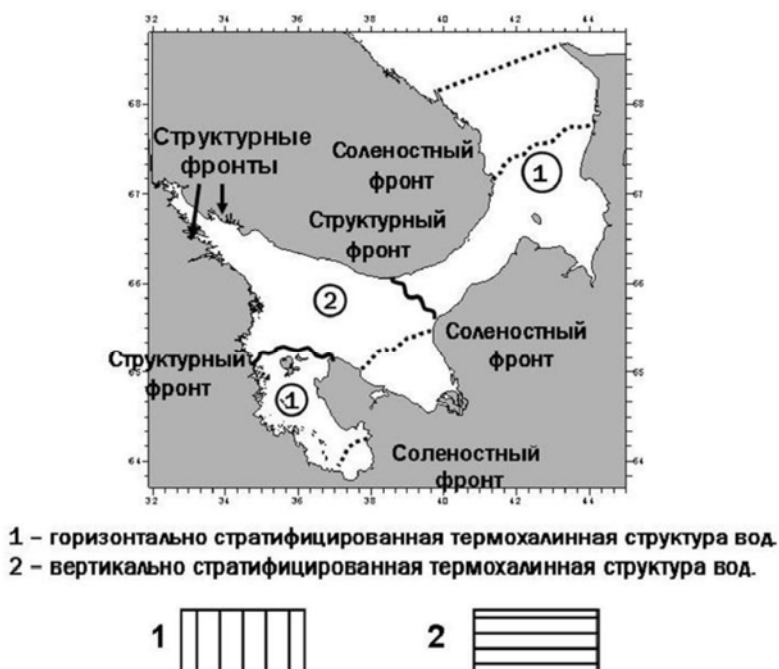


Рис. 11. Структурные зоны и структурные фронты Белого моря (Пантюлин, 2012б).

Водная толща вертикально стратифицированных районов состоит из трех, различающихся по термохалинным характеристикам водных масс: поверхностной, промежуточной и глубинной (Пантюлин, 1974, 2012б). Горизонтальная стратификация вод северной части моря обусловлена взаимодействием высокосолёных, без вертикальной стратификации вод Баренцева моря и вертикально стратифицированных вод южной части Белого моря. Для Горла Белого моря характерны два типа горизонтальной стратификации – продольная и поперечная. Продольная стратификация проявляется в увеличении солёности с юга на север. Поперечная стратификация проявляется в изменении солёности и

температур от Зимнего берега к Терскому и обусловлена поступлением баренцевоморских вод вдоль Терского берега и притоком беломорских вод в Горло вдоль Зимнего берега. Горизонтальная стратификация вод также характерна для Онежского залива. Структурные зоны Белого моря разделены структурными фронтами. Помимо них выделяются градиентные соленостные фронты. Один из таких фронтов находится в Воронке и отличается максимальными градиентами солености. Также градиентные соленостные фронты отмечены во внешней части Двинского залива и в вершине Онежского залива и обусловлены опресняющим влиянием речного стока (Пантюлин, 2012б).

Отдельные части Белого моря отличаются своеобразием гидрологического режима. Так, в Двинском заливе под влиянием поступления речных вод формируется одноименное течение, направленное вдоль Зимнего берега в Горло Белого моря. При этом под влиянием ветра течение может смещаться ближе к центру залива. В залив же направленно компенсационное течение холодных промежуточных вод из Бассейна, которые в Двинском заливе трансформируются в поверхностные, образуя феномен гидрологического «полюса холода» (Дерюгин, 1928; Пантюлин, 2012б).

1.4.2. Волновая активность и приливы

Белое море характеризуется сравнительно небольшой интенсивностью волнения, что связано с небольшими размерами моря и тем, что в наиболее штормовые сезоны его значительная часть покрыта льдами. Из-за ограниченной длины разгона волнение успокаивается довольно быстро, волны короткие и крутые. Наиболее интенсивное волнение наблюдается в северной части моря (где высоты волн могут достигать 7 м), сила волнения уменьшается в Горле, затем Бассейне и, наконец, в районе губ (Невеский и др., 1977). Ветровое волнение во многом определяет характер и конфигурацию береговой линии. Сильное волнение наблюдается на открытых водных пространствах в октябре и ноябре (высота волн может достигать 5 м).

Большое влияние на гидрологический режим Белого моря оказывают приливы. Средняя величина прилива около 1-1.5м. Приливные колебания уровня вызываются приливной волной, поступающей из Баренцева моря, поскольку собственный прилив весьма мал и не превышает 3 см. Приближаясь к Воронке и

Мезенскому заливу фронт волн из Баренцева моря сужается. За счет этого происходит концентрация энергии волн и увеличиваются скорости приливных течений до 250 см/с и высота прилива (до 9.8 м в вершине Мезенского залива). В Горле высота приливов не превышает трех метров, в Бассейне уменьшается до 1.5 м (Пантюлин, 2012б). Приливно-отливные течения охватывают в мелководных заливах всю толщу воды (Белое море, 1995; Berger et al., 2001). Приливы носят правильный полусуточный характер. Они формируют литоральную зону, осуществляют перенос и перераспределение мелкого материала.

Из-за интенсивного воздействия приливов для побережий Белого моря характерно разнообразие водоемов с нестабильной соленостью. К ним относят эстуарии, ватты, супралиторальные ванны и литоральные ванны. Для всех них характерно наличие градиента солености из-за воздействия приливов (Уланова, 2003).

1.4.3. Температурный режим и ледовые условия.

Во многом температура воды зависит от сезонных изменений поступающей солнечной радиации. Зимой температура воды в Бассейне, Горле и Воронке изменяется от -1.2 до -1.7°C, в заливах -0.5 до 0.7°C. В конце весны температура поверхностных вод составляет 2–8°C, летом она повышается до 14–16°C. Летом в стратифицированных районах поверхностные слои прогреваются на глубину около 30–33 м, а глубже происходит резкое снижение температуры. Придонные слои в районах с глубинами более 130 м имеют постоянно отрицательную температуру от -1.0 до -1.4°C (Пантюлин, 2012б).

Зимой Белое море покрывается льдом. Ледообразование начинается в вершинах заливов в начале ноября. Сильные ветры разной интенсивности и продолжительности, преобладающие в бассейне Белого моря, обеспечивают вынос морского льда через пролив Горло в Баренцево море (50–80% сезонного морского ледяного покрова). Полностью море освобождается ото льда в течение апреля и мая (Мельников и др., 2003).

1.4.4. Речной сток

Все наиболее крупные реки впадают в Двинскую, Онежскую и Мезенскую губы, т.е. относительно изолированные части акватории, что вызывает резко неравномерное распределение солености морской воды (Онищук, 2010). Почти

половина всего речного стока приходится на Северную Двину (Иванов, Брызгало, 2007), также для данной реки характерны максимальные значения объема твердого стока – до 2120 тыс. т/год (Гордеев и др., 2012). В западной части моря речной сток распределен по множеству малых рек (Пантюлин, 2012 б). При этом максимальные значения стока, а также поступление взвешенных веществ и питательных веществ, наблюдается в период весеннего половодья в мае (Онищук, 2010).

Большое влияние на биогеохимические особенности Белого моря оказывают процессы, происходящие в маргинальных фильтрах, впадающих в него рек. Маргинальный фильтр представляет собой довольно узкий в глобальных масштабах пояс (от сотен километров для крупных рек до сотен метров для мелких), где происходит смешение речных и морских вод. Для систем маргинальных фильтров характерны высокие концентрации фитопланктона, представленного преимущественно речными диатомеями (Лисицын, 1994, 2001; Polyakova, 2003; Полякова и др., 2009; Новичкова, Полякова, 2013; Полякова и др., 2017).

Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Материал исследований

Материалом для работы послужили колонки донных отложений, отобранные как в акватории Белого моря, так и на его побережье. В основу исследования положены результаты диатомового анализа, радиоуглеродного датирования и литологического описания отложений 13 береговых колонок и морских разрезов, полученных на пяти ключевых участках (рис. 12, табл. 1), а также геоморфологическое описание участков Карельского и Терского берегов.



Рис. 12. Карта Белого моря с расположением исследуемых районов его акватории и побережий: 1 – Карельский берег Кандалакшского залива, п-ов Киндо, о. Великий, Ругозерская губа; 2 – участок Терского берега Кандалакшского залива от устья р. Варзуги до с. Чаваньга; 3 – внешняя часть Кандалакшского залива; 4 – внешняя часть Двинского залива; 5 – центральная часть Двинского залива.

Колонки и береговые разрезы побережий Кандалакшского залива.

Колонки отложений Карельского (рис. 13, 14) и Терского (рис. 15) берегов Белого моря были получены в ходе учебных практик и экспедиций кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в 2013-16 гг.

Скважины 1-13, 12-16, 9-16, В-2015, В2-2015, ВМ-2015 и ВN-2015 были получены в ходе учебной и производственных практик, проходивших на ББС МГУ в 2013-16 гг под руководством Ф.А. Романенко, Н.Н. Лугового, Т.Ю. Репкиной и Е.И. Игнатова. Колонки 9-16, В-2015, В2-2015, ВМ-2015 и ВN-2015 пробурены на территории, расположенной к западу от п-ва Киндо на разновысотных морских

террасовых уровнях. Скважины В-2015 и ВN-2015 были пробурены на позднеголоценовой морской террасе на высоте 3-6 м, скважина В2-2015 – на среднеголоценовой, на высоте 18-28 м, на позднеголоценовой морской террасе на высоте 6-9 м была пробурена скважина ВМ-2015 (рис. 13). Скважина 9-16 была пробурена западнее Ершовских озёр, у восточной оконечности озера Серп, на позднеголоценовой морской террасе на высоте 6-9 м.

Таблица 1.

Исследованные колонки

Район исследования		Экспедиции и практики	Колонки, высота устья колонки/глубина отбора, м
Карельский берег Кандалакшского залива, п-ов Киндо, о. Великий, Ругозерская губа	п-ов Киндо и примыкающая с запада территория	производственная практика кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова 2015 года на Беломорской Биологической Станции (ББС) им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова, отбор образцов производился при непосредственном участии автора	В-2015, 5.1 м
			В2-2015, 27.1 м
			ВМ-2015, 9.6 м
			ВN-2015, 3.6 м
	о. Великий	производственная практика кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова 2016 года на ББС им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова, отбор образцов производился при непосредственном участии автора	9-16, 7.9 м
	Ругозерская губа	учебная практика кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова 2013 года на ББС им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова, отбор образцов производился при непосредственном участии автора	1-13, 9 м
			12-16, 36 м
участок Терского берега Кандалакшского залива от устья р. Варзуги до с. Чаваньга		экспедиция кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова 2015 года, отбор образцов производился при непосредственном участии автора	1/15, 21 м
внешняя часть Кандалакшского залива			2/15, 52 м
внешняя часть Двинского залива			4/15, 54 м
центральная часть Двинского залива			5/15, 17 м
		80-ый рейс НИС “Профессор Штокман” ИО РАН в 2006 г, описание и отбор образцов произведено сотрудниками лаборатории физико-геологических исследований им. А.П. Лисицына Института океанологии им. П.П. Ширшова	6066, 226 м
			6050, 101 м
			6042, 61 м

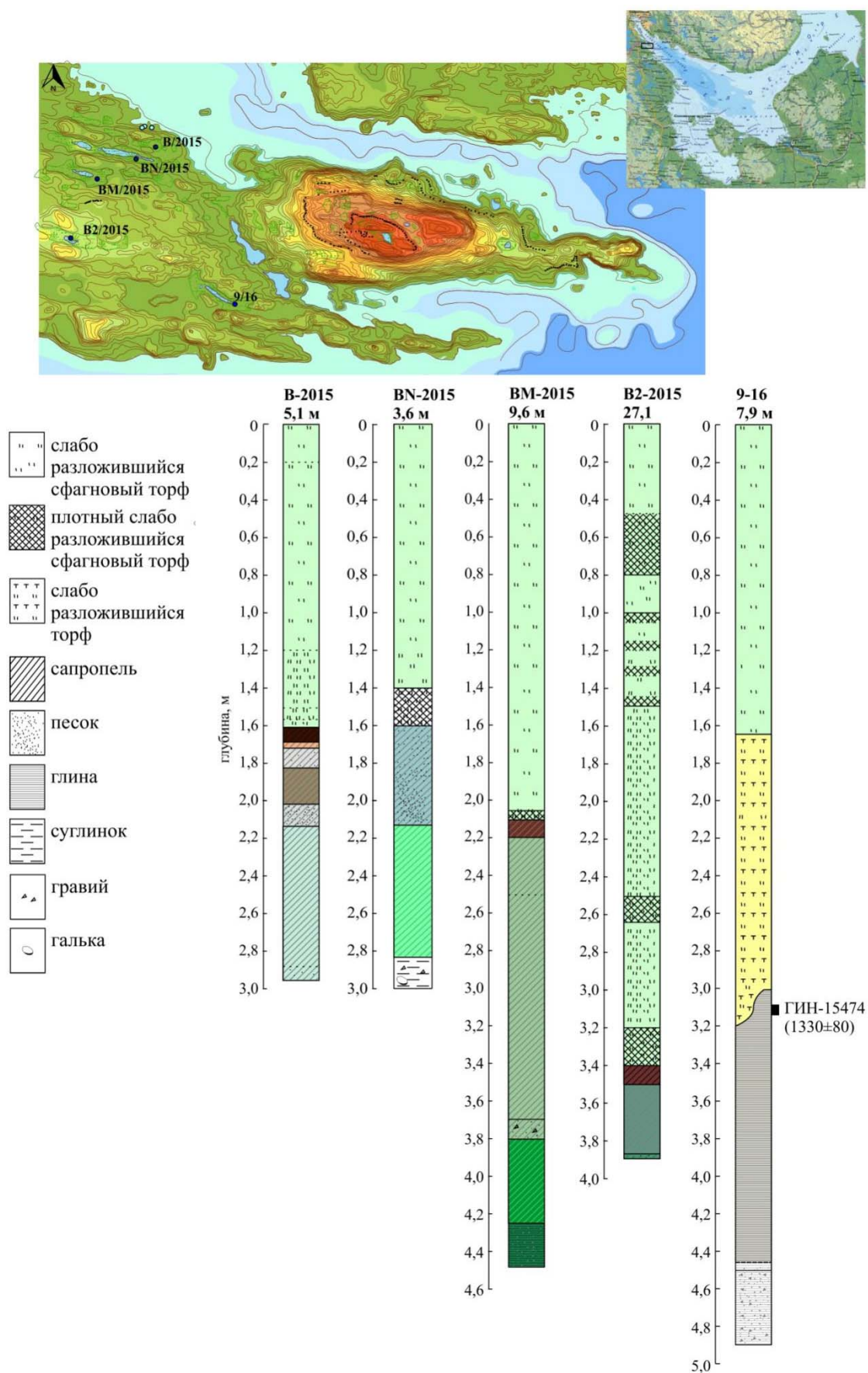


Рис.13. Расположение и литологический состав исследованных колонок отложений окрестностей п-ва Киндо (Карельский берег). Показан радиоуглеродный возраст (^{14}C), лет.

Также во время выше упомянутых полевых работ был исследован о. Великий и произведено бурение двух скважин. Скважина 1/13 пробурена на северо-восточном берегу озера Малое Еремеевское, на прилегающем к нему заболоченном участке, абсолютной высотой 9 м. Колонка 12-16 была получена в центральной части о. Великого, на высоте 36 м, на поверхности морской террасы (рис. 14).

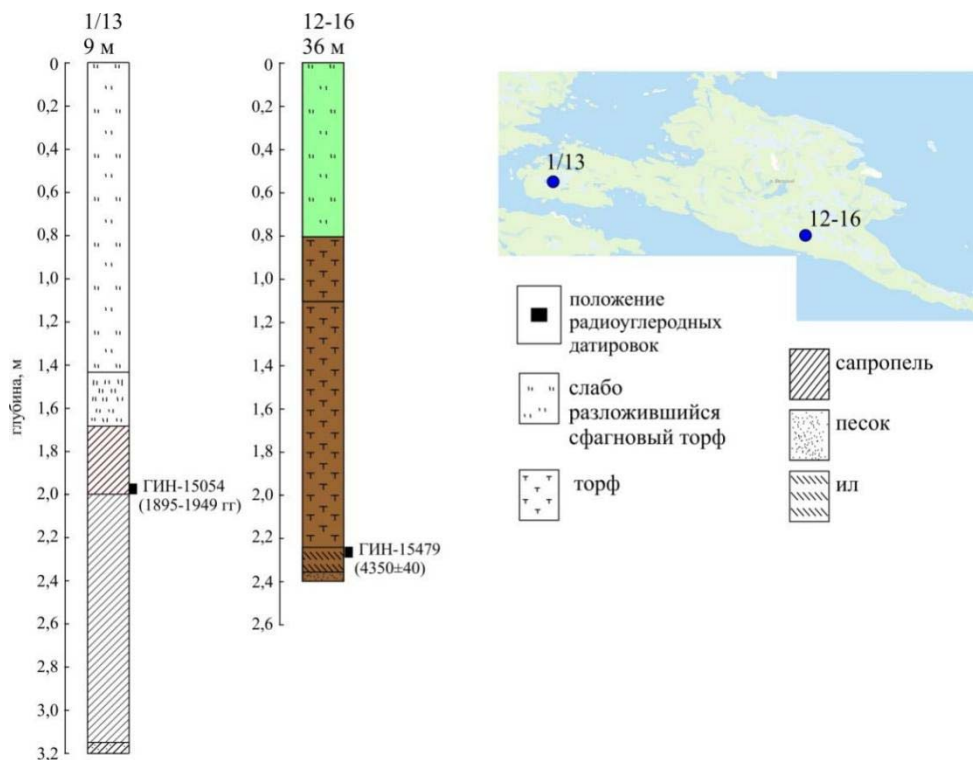


Рис. 14. Расположение и литологический состав исследованных колонок отложений о. Великого (Карельский берег).

Колонка *Geophy* - 04 была получена с помощью гравитационной трубки с глубины 17.3 м из кутовой части Ругозерской губы в рамках экспедиционных геологических работ 2017 года на Беломорской Биологической Станции им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова и вскрыла почти 2 метра алевропелитовых осадков (рис. 16). На западе губа граничит с о. Великим и на юге с п-вом Киндо.

Исследование рельефа и отложений Терского берега Белого моря проходили в ходе экспедиции кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова под руководством Ф.А. Романенко в сентябре 2015 года. На трех ключевых участках были выполнены геоморфологическое описание берега, бурение озерно-болотных отложений, описание колонок и разрезов рыхлых отложений, отбор образцов на диатомовый анализ и радиоуглеродное датирование. Колонка 1/15 (высота устья скважины 21 м) получена в 1 км к северу от села Чаваньга, в заболоченной котловине на

цокольной морской террасе высотой 20-23 м. В районе ручья Столбицкий пробурена скважина 2/15 и зачищен разрез 4/15. Скважина 5/15 находилась у села Кузомень, на болоте Колонихский мох, расположенном на правобережной террасе р. Варзуги на высоте около 17 м (рис. 15). Всего было отобрано 127 образцов на диатомовый анализ.

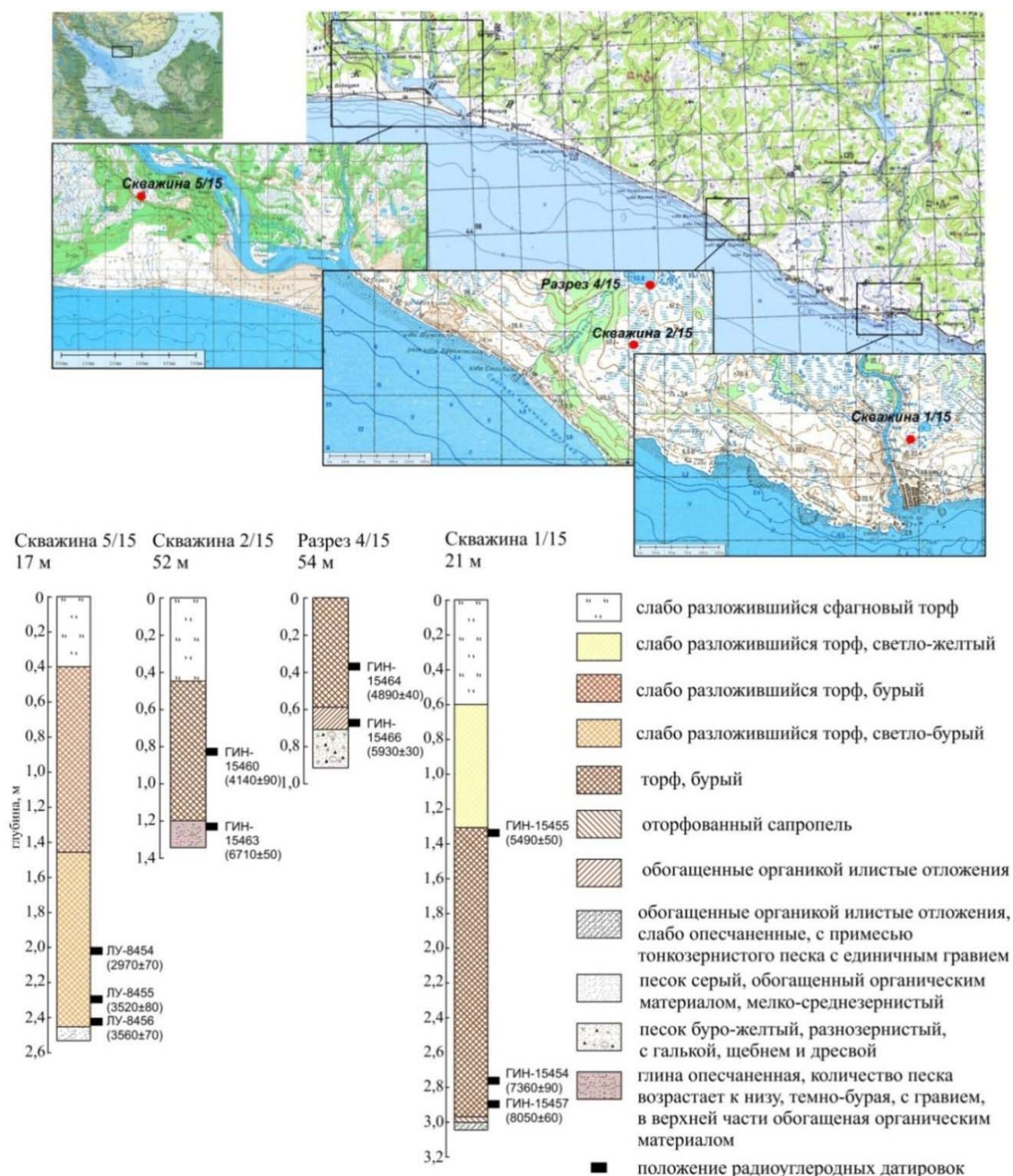


Рис. 15. Расположение и литологический состав исследованных колонок и разреза в юго-западной части Терского берега Белого моря. Показан радиоуглеродный возраст (^{14}C), лет.

Морские колонки

Колонки донных осадков 6066 (глубина – 266 м), 6050 (глубина – 101 м) и 6042 (глубина – 61 м) (рис. 16), получены в 80м рейсе НИС “Профессор Штокман” ИО РАН в 2006 г сотрудниками лаборатории физико-геологических исследований им. А.П. Лисицына Института океанологии им. П.П. Ширшова. Колонки 6042 и 6050 были получены из центральной и внешней частей Двинского залива, колонка 6066 – из внешней глубоководной части Кандалакшского залива.

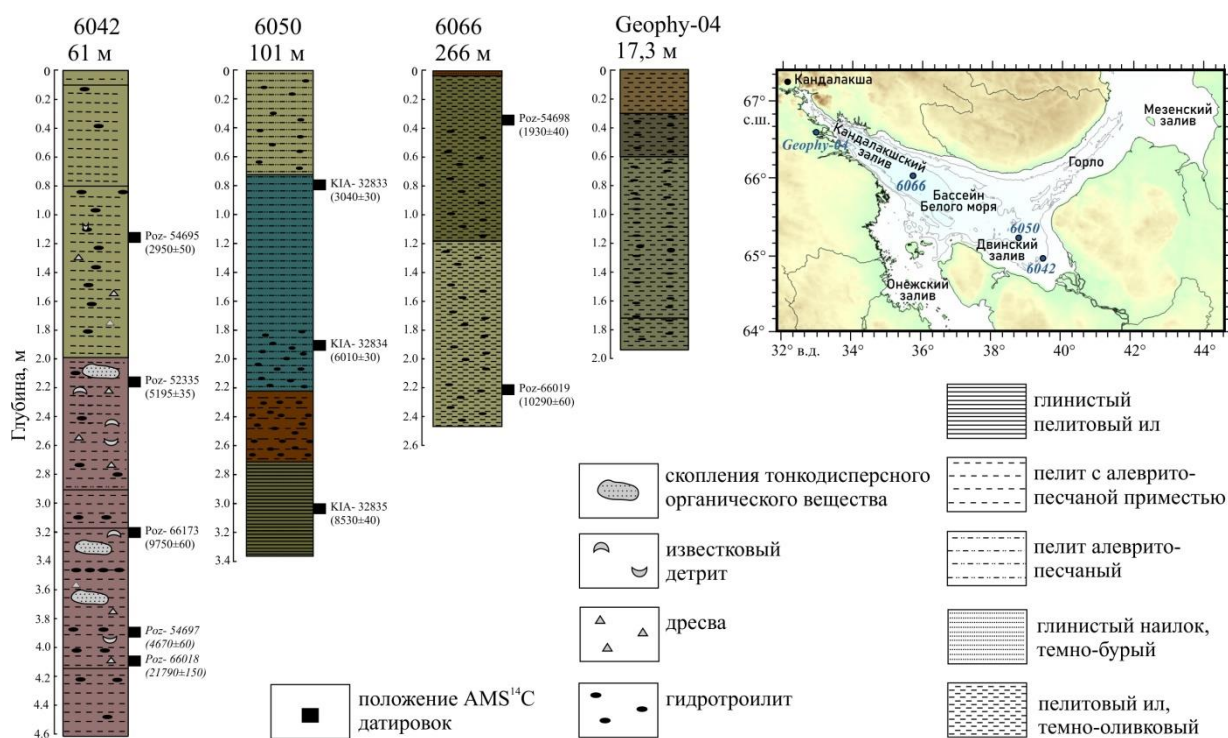


Рис. 16. Расположение и литологический состав исследованных колонок отложений Кандалакшского и Двинского заливов Белого моря. Показан радиоуглеродный возраст (^{14}C), лет.

2.2. Методы исследования

2.2.1. Методика бурения и отбор образцов

Бурение отложений побережий Белого моря осуществлялось торфяным буром Гиллера-1, имеющим 50-см проботборный челнок и серию съемных штанг длиной 1 м каждая. Бур последовательно погружался в одну и ту же скважину на глубину 0.5 м, 1 м, 1.5 м и так далее (рис. 17). Сначала осуществлялось пробное бурение по всей площади болота для определения величин мощности отложений, изменения их характера. Описывалось расположение, размеры, очертания, рельеф поверхности примыкающих к озерам заболоченных участков. Затем проводился отбор образцов на радиоуглеродный и диатомовый анализы. На диатомовый анализ образцы

отбирались с интервалом 5-20 см, всего было отобрано 187 образцов (прил. 1.). Образцы на радиоуглеродный анализ отбирались из всех основных выделенных слоев органогенных отложений и, как правило, приурочивались к литологическим границам (т.е. отбирались из кровли и подошвы слоев).

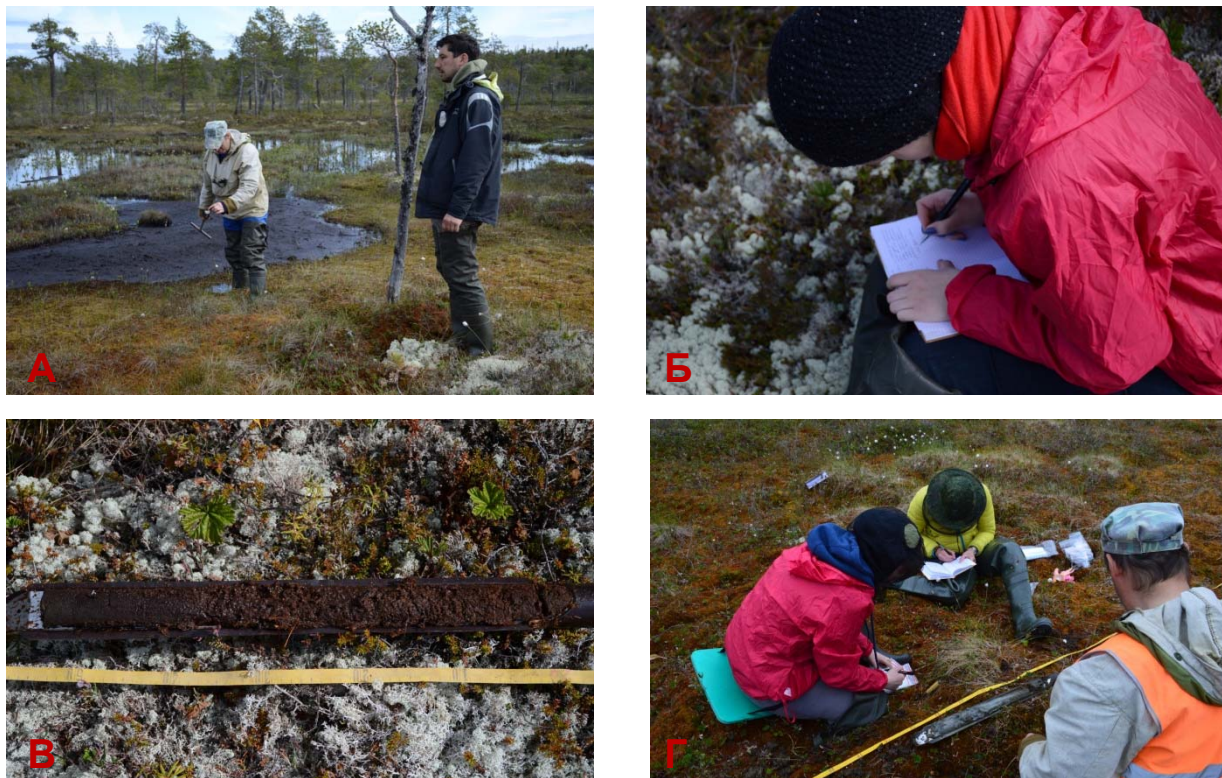


Рис. 17. Методика бурения (А – пробное бурение; Б – геоморфологическое описание; В, Г – отбор образцов, фотографии Д.В. Мишурина).

Колонки донных морских осадков были получены сотрудниками лаборатории физико-геологических исследований им. А.П. Лисицына Института океанологии им. П.П. Ширшова с помощью трубки большого диаметра. Литологическое описание осадков и первичная обработка донных отложений проводились на борту судна. Образцы отбирали с интервалом 10 см, помещали в пластиковые контейнеры и хранили в прохладном месте ($<5^{\circ}\text{C}$) до дальнейшей обработки.

2.2.2. Радиоуглеродное датирование

В работе использованы результаты радиоуглеродного датирования 22 образцов (табл. 2 и 3). Радиоуглеродное датирование девяти образцов из колонок 9-16, 12-16, 1/15, 2/15 и разреза 4/15 осуществлялось в Лаборатории геохимии изотопов и геохронологии Геологического института РАН (индекс ГИН, табл. 2) по принятой в лаборатории методике сцинтилляционным методом.

Таблица 2.

Данные радиоуглеродного датирования отложений из колонок побережий

Лаб. номер	Описание (№ скважины, местоположение, высота устья скважины)	Глубина отбора, м, номер образца	Материал	Радиоуглеродный возраст (¹⁴ C), лет	Интервал калиброванного возраста на 1σ, лет назад
ГИН-1 5460	Столбиха - 2015, 2/15,	0.8 – 0.9 2-15/26	торф	4140±90	4574-4730
ГИН-1 5463	левобережье руч. Столбицкого, высота устья скважины - 52 м	1.2 – 1.3 2-15/28	глина, обогащенная органическим материалом	6710±50	7559-7617
ГИН-1 5464	оз. Столбицкое - 2015, 4/15, высота бровки разреза - 54 м	0.3 – 0.4 4-15/1	торф	4890±40	5595-5646
ГИН-1 5466		0.65 – 0.7 4-15/3	обогащенные органикой илистые отложения	5930±30	6719- 6790
ГИН-1 5455	Чаваньга - 2015, 1/15, устье р. Чаваньги, высота устья скважины - 21 м	1.3-1.4 1/15-54	торф	5490±50	6269-6320
ГИН-1 5454		2.7-2.8 1/15-53	торф	7360±90	7722-7931
ГИН-1 5457		2.85-2.95 1/15-56	торф	8050±60	8411-8594
		ЛУ-84 54	2.0-2.1 5-2015/46	торф	2970±70
ЛУ-84 55	Колонихский мох, устье р. Варзуги, высота устья скважины - 17 м	2.3-2.4 5-2015/47	торф	3520±80	3693-3897
ЛУ-84 56		2.4-2.5 5-2015/48	торф	3560±70	3818-3929
ГИН-1 5479	о. Великий - 2016, 12-16 центральная часть, высота устья скважины - 42 м	2.25-2.35 12/16-13	ил	4350±40	4843-4981
ГИН-1 5474	п-ов Киндо - 2016, 9-16, озеро Серп, высота устья скважины - 7,9 м	3.1-3.2 9/16-38	торф	1330±80	1177-1320

Три радиоуглеродные даты из колонки 5/15 получены в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана им. В.П. Кёппена, Институт наук о Земле, СПбГУ (индекс ЛУ, табл. 2) также сцинтилляционным методом.

Из колонок морских отложений 6042, 6050 и 6066 были получены десять радиоуглеродных датировок с использованием ускорительной масс-спектрометрии (AMS ^{14}C) в Лаборатории им. К. Лейбница (Киль, Германия, индекс KIA, табл. 3) и в Лаборатории радиоуглеродных исследований (Познань, Польша, индекс Poz, табл. 3).

Преобразование радиоуглеродных дат в календарный возраст выполнено с помощью программы CALIB 7.1, с использованием калибровочных кривых Marine 13 и IntCal13 (Reimer et al., 2013). Двадцать дат использованы при оценке возраста отложений и создании возрастных моделей. Две датировки не могли быть использованы в интерпретации возраста (выделены курсивом) из-за вероятного загрязнения при отборе и датирования терригенного углерода (Новичкова и др., 2017; табл. 3). Для оценки возраста отложений по всей длине колонок использовался метод линейной интерполяции между датированными уровнями, с допущением равномерности скорости осадконакопления.

Возраст недатированных колонок или необеспеченных радиоуглеродными датировками в полной мере был определен на основе данных диатомовой (Джиноридзе, 1971) и палиностратиграфии (Малясова, 1976) посредством корреляции с отложениями побережий и акватории, имеющих возрастную привязку (рис. 18).

Таблица 3

Данные радиоуглеродного датирования из морских колонок

Лаб. номер	Глубина отбора, см	Материал	Радиоуглеродный возраст (^{14}C), лет	ΔR	Интервал калиброванного возраста на 1σ , лет назад	Возраст, кал. лет назад (средняя вероятность)
Колонка 6042						
Poz- 54695	119–120	Обломки раковин	2950 ± 50	-8.0 ± 54.0	2670–2830	2735
Poz- 52335	239–240	Обломки раковин	5195 ± 35	-8.0 ± 54.0	5482–5620	5563
Poz- 66173	320–321	Обломки раковин	9750 ± 60	-8.0 ± 54.0	10554–10768	10670
Poz- 54697	391–392	Обломки раковин	4670 ± 60	-8.0 ± 54.0	4817– 019	4922
Poz- 66018	412–413	Валовый образец	21790 ± 150	-8.0 ± 54.0	25577–25869	25713
Колонка 6050						
KIA- 32833	80–81	<i>Gastropoda</i>	3040 ± 30	-8.0 ± 54.0	2744–2876	2822
KIA- 32834	189–190	<i>Portlandia</i> sp. (in situ)	6010 ± 30	-8.0 ± 54.0	6352–6507	6435
KIA- 32835	305–306	Обломки раковин	8530 ± 40	-8.0 ± 54.0	9073–9269	9172
Колонка 6066						
Poz-54698	38-39	Валовый образец	1930 ± 40	-8.0 ± 54.0	1397 - 1559	1487
Poz-66019	221-222	Валовый образец	10290 ± 60	-8.0 ± 54.0	11173 - 11448	11330

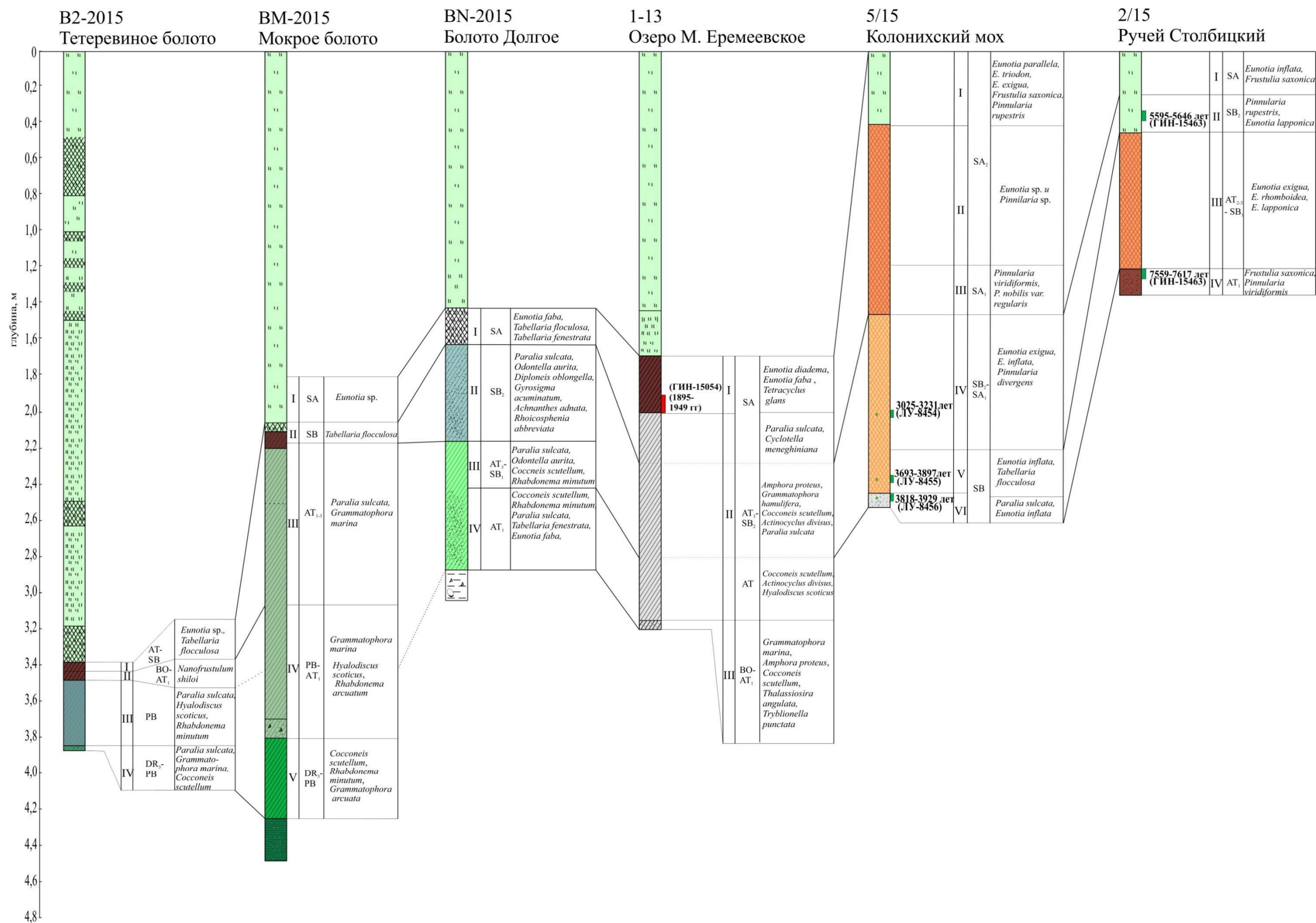


Рис.18. Схема корреляции разрезов и основные доминанты диатомовых ассоциаций (радиоуглеродный возраст, диатомовые зоны, периоды голоцена, доминантные виды).

2.2.3. Методика обработки образцов для диатомового анализа

Предварительно образцы были высушены с помощью лиофильной сушки ALPHA 1-4 LDplus (рис. 19) в лаборатории физико-геологических исследований им. А.П. Лисицына ИО РАН. Данное устройство позволяет подготовить образцы без бактериологических и химических процессов изменения вещества. Процесс сушки происходит под вакуумом, минуя жидкое агрегатное состояние, посредством сублимации.



Рис. 19. Обработка образцов с помощью лиофильной сушки ALPHA 1-4 LDplus, Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН (фото автора).

Техническая обработка образцов для диатомового анализа проводилась в НИЛ новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета МГУ под руководством в.н.с. д.г.н. Елены Ивановны Поляковой и в лаборатории физико-геологических исследований им. А.П. Лисицына ИО РАН. Подготовка образцов осуществлялась по стандартным методикам (Диатомовые водоросли СССР, 1974), и заключалась в термической обработке предварительно залитых 10% раствором перекиси водорода 5 г осадка и последующей декантацией дистиллированной водой до полного отмучивания от перекиси и глинистых частиц. На покровные стекла, образцы наносились с помощью тарелочек Баттарби (рис. 20), применение которых способствует равномерному распределению створок диатомей на покровном стекле (Battarbee, 1973). Постоянные препараты изготовлены с использованием смолы NAPHRAX с показателем преломления 1.68.

2.2.4. Микроскопирование

Видовые определения диатомей в препаратах осуществлялись с помощью микроскопа JENVAL (Carl Zeiss) и Axiostar plus (Carl Zeiss) при увеличении в 1000 раз с использованием иммерсии Immersol 518 N (Carl Zeiss Microscopy GmbH) с показателем преломления 1.518. Количественная обработка образцов включала определение концентрации створок диатомей на 1 г сухого осадка (ств./г) (Battarbee, 1973). Для определения процентного содержания видов в составе диатомовых ассоциаций использовалась произвольная выборка в 200-700 створок в зависимости от таксономического разнообразия, за исключением образцов, где низкие концентрации диатомей отражают неблагоприятные условия для их развития и аккумуляции в осадках (прил. 4). В таком случае производился подсчет всех обнаруженных в препаратах створок. Расчет концентрации створок диатомей на 1 г сухого осадка (DSK, ств./г) проводился по следующей формуле (Battarbee, 1973):

$$DSK \text{ (ств./г)} = \frac{DS*FS*SP}{Fa*G},$$

где DS – количество створок в образце, FS – площадь поверхности осаждения, мм², SP – сплит-фактор, Fa - площадь подсчета, G – вес сухого образца, г (рис. 20, Battarbee, 1973, Cremer, 1998).

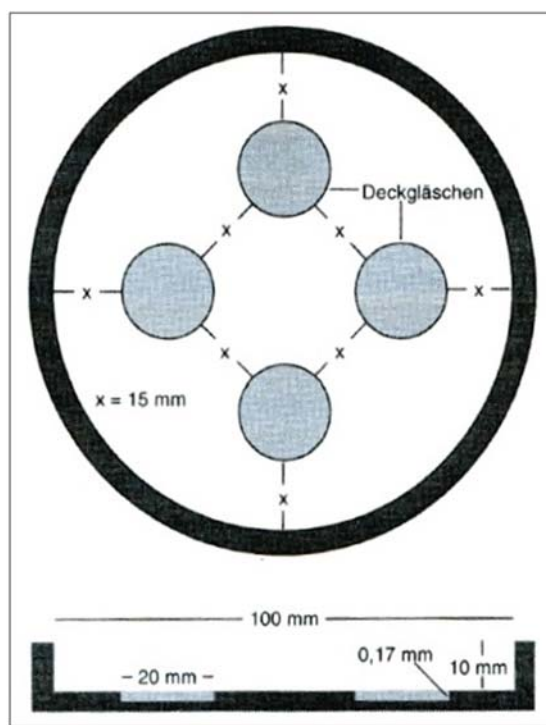


Рис. 20. Схема тарелочки Батторби (Cremer, 1998).

Определение диатомей проводилось до вида, разновидности или формы по определителям и атласам: Определитель пресноводных водорослей СССР, 1951; Диатомовые водоросли СССР, 1974, 1988, 1997; Атлас микроорганизмов..., 1977; Диатомовые водоросли России, 2002, 2006; Определитель диатомовых водорослей России, 2016; An Atlas of British diatoms, 1996; Krammer, 2000, 2002, 2003; Witkowski et al., 2000; Lange-Bertalot, 2001; Генкал, 1992; Генкал, Вехов, 2007; Генкал, Трифонова, 2009; Генкал и др., 2015; Båk et al., 2012; материалы Taxonomic Diatom Workshop 2010-2019; Bahls et al., 2018 и др.

За основу классификации диатомовых водорослей принята система Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. (Round et al., 1990) с дополнениями по более поздним публикациям (Krammer, Lange-Bertalot, 1991, Round, Bukhtiyarova, 1996, Round, Basson, 1997, Round et al., 1999, Lange-Bertalot, 2001, Håkansson, 2002, Krammer, 2003, Houk, Klee, 2004, Witkowski, Lange-Bertalot, 2000, 2004, Williams, Reid, 2006), а также опубликованным в печати и Интернете каталогам родов и видов диатомовых водорослей: Fourtanier, Kociolek, 1999, Kusber, Jahn, 2003, ING, 2007, Species..., 2007, Morphbank, 2021, Diatoms of North America (Spaulding et al., 2019), AlgaeBase, Guiry, Guiry, 2021 (прил. 2).

Цифровые микрофотографии диатомовых водорослей (прил. 5) были выполнены в лаборатории физико-геологических исследований имени А.П. Лисицына ИО РАН, с использованием микроскопа Zeiss Axio Imager. A2 с фотокамерой AxioCam 305 color.

2.2.5. Методика палеогеографических реконструкций

Полученные результаты оформлены в виде списков-таблиц и в виде диаграмм. Для целей палеогеографических реконструкций подсчитывались процентные соотношения по экологическим группам (прил. 3).

По приуроченности к местообитанию виды были отнесены к планктонным, бентосным, меропланктонным, и перифитонным (обрастателям) видам (Диатомовые водоросли СССР, 1974; Барина и др., 2006; Полякова, 2010).

По отношению к солености согласно модифицированной системе Кольбе (Kolbe, 1927; Simonsen, 1962; Pankow, 1990) выделялись морские (полигалобы), солоноватоводно-морские (мезогалобы) и пресноводные (олигогалобы) виды.

При этом планктонные морские диатомеи согласно, А.П. Жузе (1962) и Г.И. Семиной (1974), подразделяются на неритические виды, которые развиваются в пределах шельфовой зоны морей и океанов; панталассные виды, встречающиеся в как на шельфах, так и в открытых океанах, и собственно океанические виды. Последние в планктоне и осадках Белого моря встречаются чрезвычайно редко (Джиноридзе, 1971; Polyakova et al., 2003; Ильяш и др., 2003; Полякова и др., 2017) и не были обнаружены в исследуемых колонках. Отдельно выделена группа сублиторальных диатомей, включающая бентосные и перифитонные (обрастатели), также подсчитывалась доля меропланктонных видов, жизненный цикл которых проходит в составе обрастаний, однако оторвавшись от твердого субстрата, они продолжают развиваться в составе фитопланктона.

В группе неритических и панталассных диатомей особое внимание мы уделяли относительно тепловодным видам – индикаторам атлантических вод в западно-арктических морях (Полякова, 1988, 1994, 1997).

По ацидификации (интервалы pH), согласно системе Хустедта (Hustedt, 1939) виды были сгруппированы на: ацидибионтные (pH = 5,5 и меньше); ацидифильные (pH = 5,5-7); индифферентные и/или нейтрофильные виды (pH около 7) или имеющие широкий спектр условий обитания; алькалифильные виды (pH более 7); алькалибионтные виды (pH более 8,5). Реконструируемые значения pH, приведенные в главе 5, были рассчитаны по методике И. Ренберга и Т. Хелберга (Renberg, Hellberg, 1982).

Согласно принятой в данной работе схеме фитогеографического районирования Мирового океана, разработанной К.В. Беклемишевым и Г.И. Семиной (1986; Semina et al., 1997) с некоторыми уточнениями (Семина, Сергеева, 1983; Макарова, 1987, 1988) установленные в Белом море морские истинно планктонные и ледово-морские виды принадлежат следующим фитогеографическим группам: аркто-бореальные, биполярные, бореальные, аркто-бореально-тропические и космополитные (Семина, Сергеева, 1983; Ильяш и др., 2003; Rat'kova, 2000 a,b; Rat'kova, Wassman, 2005; Poulin et al., 1990). Наибольшее таксономическое разнообразие принадлежит аркто-бореальным видам (>40%), которые в сумме с биполярными видами (около 4%) составляют почти половину видового состава планктонной флоры Белого моря.

Палеоэкологические реконструкции основывались на установленных закономерностях формирования диатомовых ассоциаций в поверхностном слое осадков Белого моря (Джиноридзе, 1971, 1972; Polyakova et al., 2003; Полякова и др., 2014; Новичкова, Полякова, 2013; Polyakova, Novichkova, 2018). Для экологической характеристики видов использованы следующие источники: Определитель пресноводных водорослей СССР, 1951; Диатомовые водоросли СССР, 1974, 1988, 1992; Диатомовые водоросли России и сопредельных стран, 2002, 2006; Комаренко, Васильева, 1975; Флора ..., 1978; Ильяш и др., 2003; Давыдова, 1985; Левадная, 1986; Водоросли, 1989; Hartley et al., 1996; Барина и др., 2006; Krammer, 2002, 2003; Polyakova, 2003; Lange-Bertalot, 2001; Guiry, M.D. & Guiry, G.M., 2021. *AlgaeBase*; Diatoms of North America, 2021. и др.

Реконструкции процессов седиментации в Двинском заливе также основаны на анализе опубликованных результатов исследования водных палиноморф, пыльцы и спор, данных гранулометрического анализа (Полякова и др., 2014, Новичкова и др., 2017) в сочетании с данными о содержании общего органического углерода и биогенного кремнезема (Леин и др., 2013; Budko et al., 2019).

Для пространственной интерпретации полученных данных о палеогеографическом развитии территории применялся геоинформационный метод. Использованы топографические карты масштаба 1:50 000 и 1:100 000 для участков побережья Кандалакшского залива, данные GEBCO_2014 Grid (ИОС, ИНО, BODC, 2003) для акватории Белого моря, ArcticDEM Release 7 (<https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/>) для участков Терского берега. Построения осуществлялись с помощью программы QGIS 3.16 (<https://www.qgis.org/ru/site>).

Глава 3. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ОТЛОЖЕНИЯХ АКВАТОРИИ И ПОБЕРЕЖИЙ БЕЛОГО МОРЯ

История исследования диатомей Беломорского региона (рис. 1) насчитывает более двух веков. Беломорский регион включает в себя собственно акваторию моря и его побережье. В данной работе под побережьем понимается полоса суши, прилегающая к морю, в пределах которых расположены как современные, так и древние, четко выраженные в рельефе следы взаимодействия суши и моря (Морская навигационно-географическая терминология, 1954).

Первые работы, связанные с изучением диатомей Беломорского региона, носили флористический характер, большая их часть была посвящена исследованию видового состава диатомей из озерных и аллювиальных отложений.

Самые первые сведения о диатомовых водорослях, найденных в водоемах Кольского полуострова, содержатся в работе Wahlenberg (1812). Одним из первых отечественных исследований являются «Диатомовые водоросли Белого моря» К.С. Мережковского (1878), в которой представлен список обнаруженных диатомовых водорослей в поднятых драгой пробах у берегов Кеми, Соловецких островов и в Горле Белого моря.

Прежде чем перейти к изложению истории исследований диатомовых водорослей в послеледниковых отложениях важно рассмотреть основные особенности и этапы изучения современных диатомовых биоценозов в толще воды и морского льда, а также в пределах литорали и сублиторали. Этот раздел необходим, так как важные методические разработки, полученные в ходе данных исследований, широко применяются при палеогеографических реконструкциях.

3.1. Изучение современной морской планктонной, ледово-морской и бентосной флоры Белого моря

Морские планктонные диатомеи

Диатомеи таксономически наиболее разнообразная группа микроводорослей в планктоне Белого моря (Семина, Сергеева, 1983; Ильяш и др., 2003, 2009). За длительную историю исследований диатомей Белого моря был накоплен обширный материал по его планктонной флоре (Мережковский, 1878; Киселев, 1925, 1957; Семина, Сергеева, 1983; Гогорев, 1995; Rat'kova, 2000 а, б, и другие).

В 1920-е гг. интенсивное изучение Белого моря проводится в рамках

многочисленных экспедиций Государственного гидрологического института, Северной научно-промысловой экспедиции и Государственного океанографического института. Первые исследования фитопланктона по всей акватории Белого моря были выполнены И.А. Киселёвым (1925), в ходе которых установлено 129 видов, 23 из которых относятся к роду *Chaetoceros*. И.А. Киселевым был сделан вывод об арктическом характере беломорской диатомовой флоры.

Начиная с 50-60-х годов прошлого века количественные методы в исследованиях фитопланктона Белого моря становятся основой изучения биологических явлений в водоемах. В ходе дальнейших исследований ученые уделяли внимание не только таксономическому составу диатомей (Лихачева, 1991; Макаревич и др., 1991; Сарухан-Бек и др., 1991; Гогорев, 1995; Макарова, Гогорев, 1998; Сергеева, 1991; Гогорев, 2002; Каталог..., 2008), но и изучению сезонной динамики, вертикальному и горизонтальному распределению, исследованиям основных продукционных характеристик и биомассы (Кокин и др, 1970; Кольцова, 1971; Конопля, 1971, 1974; Федоров, Смирнов, 1990). Численность фитопланктона и её сезонные изменения у Карельского побережья Кандалакшского залива за два полных вегетационных периода впервые были получены К.А. Кокиным, Т.И. Кольцовой и Т.В. Хлебович. В ходе анализа сезонного распределения массовых форм фитопланктона были получены свидетельства о существовании направленной смены одних доминирующих форм другими (Кокин и др., 1970).

Благодаря развитию систематики и электронной микроскопии в 80-е годы была проведена ревизия таксономического состава планктонной флоры Белого моря, в первую очередь диатомей (Семина, Сергеева, 1980, 1983). На основе этих данных было установлено, что пониженная соленость вод Белого моря препятствует развитию некоторых типичных баренцевоморских стеногалинных видов, а высокие сезонные температурные градиенты являются причиной отсутствия ряда холодноводных аркто-бореальных видов, что свидетельствует о том, что беломорская флора в основном представляет собой обедненное население Баренцева моря (Семина, Сергеева, 1980, 1983; Планктон морей..., 1997).

Особое внимание уделялось изучению сообществ диатомовых водорослей в эстуарных системах. Н.Е. Лихачевой (1991) выделено 206 видов и разновидностей

диатомовых водорослей в эстуарии реки Нильма (Кандалакшский залив). При этом в составе фитопланктона эстуария и прилегающего участка моря обнаружены случайно планктонные (бентосные и эпифитные) и пресноводные виды. Также было отмечено, что только 40% диатомовых водорослей были морскими, остальные – пресноводными и видами широкого распространения (Лихачева, 1991).

Л.В. Ильяш с соавторами (Ильяш и др., 2003) был составлен единый список видов планктонных водорослей Белого моря, включающий 291 таксон, из которых 164 представлены диатомовыми водорослями. Подробное морфологическое изучение тонкого строения видов из истинно планктонных родов *Chaetoceros* и *Thalassiosira* проведено Р.М. Гогоревым и И.В. Макаровой (Макарова, Гогорев, 1998; Гогорев, Макарова, 1999; Гогорев, 2002, 2003, 2004, 2005; Генкал, Трифонова, 2009; Генкал и др., 2007, 2015).

Согласно последним данным (Ильяш и др., 2012) в планктоне моря к настоящему времени зарегистрировано 262 вида морских и солоноватоводных диатомей. Однако помимо истинно планктонных видов в этот список включены и случайно планктонные, то есть бентосные и перифитонные виды, поступающие в водную толщу благодаря интенсивным приливно-отливным и волновым течениям. Наибольшее число видов истинно планктонных диатомей относится к родам *Chaetoceros* (46), *Thalassiosira* (18), *Coscinodiscus* (12) (Семина, Сергеева, 1983; Ильяш и др., 2003).

В результате проведения ряда работ, посвященных сезонной динамике диатомовых сообществ, выделены доминирующие виды, приуроченные к весеннему, летнему и осеннему периодам развития фитопланктона (Кокин и др., 1970; Конопля, 1974; Ильяш и др., 2003).

В составе весеннего комплекса фитопланктона (апрель – май) Белого моря, как и в других арктических морях, широко представлены ледово-морские виды диатомей (*Nitzschia frigida*, *Fragilariopsis oceanica*, *F.cylindrus*, *Pauliella taeniata*, *Fossula arctica*, *Navicula septentrionalis*, *N.vanhoeffenii*, *Melosira arctica*, *Entomoneis paludosa*, *E.kjelmanii* и другие), а также виды рода *Chaetoceros* (*C.socialis*, *C.radicans*, *C.compressus*, *C.decipiens*, *C.diadema*), вегетативные клетки которых практически не сохраняются в осадках. Для весеннего пика развития

фитопланктона также характерно наличие типичных планктонных холодноводных аркто-бореальных и биполярных видов: *Thalassiosira gravida*, *T. antarctica* var. *borealis*, *T. nordenskiöldii*, *T. hyalina*, *Bacterosira bathyomphala* (Диатомовые водоросли СССР, 1974; Семина, Сергеева, 1983, Гогорев, 1995; Мельников и др., 2003, 2005; Сажин, Ратькова, 2012).

Летний комплекс фитопланктона (июль) характеризуется максимальным таксономическим разнообразием центрических диатомей (виды рода *Chaetoceros* (*C. radicans*, *C. compressus*, *C. constricta*), *Thalassiosira nordenskiöldii*, *T. angustilineata*, *Thalassionema nitzschioides* и др.). Также в фитопланктоне в большом количестве появляются относительно тепловодные виды *Coscinodiscus radiatus*, *Shionodiscus oestrupii* (Ильяш и др., 2003), являющиеся индикаторами поступления атлантических вод.

Осенний пик развития биомассы выражен менее ярко (Ильяш и др., 2003; 2012 и др.), при этом происходит увеличение обилия ряда диатомовых водорослей (*Chaetoceros borealis*, *Coscinodiscus concinnus*, *Pseudo-nitzschia delicatissima*, видов рода *Thalassiosira*).

Поскольку ледово-морские диатомей обильны в составе весеннего комплекса фитопланктона, а также часто встречаются в и осеннем комплексе (Ильяш и др., 2003), но при этом редко встречаются в отложениях Белого моря, стоит отдельно остановиться на роли ледово-морской флоры в составе диатомовых ассоциаций, и особенностях ледово-морской седиментации в Белом море.

Ледово-морские диатомей

С конца 80-х годов у исследователей появляется интерес к наименее изученной на тот момент флоре экосистем морского льда и подледной воды. Анализ ряда работ, посвященных видовому составу альгофлоры Белого моря показал, что основу ледовых сообществ составляют пеннатные колониальные формы видов, характерных для льдов других арктических морей и Северного Ледовитого океана (Михайловский, Житина, 1989; Гогорев, 1995; Ильяш и др., 2003; Rat'kova, Wassmann, 2005; Ильяш, Житина, 2009). Основной вклад ледовых биоценозов в годовую суммарную первичную продукцию в арктических морях происходит в короткий (< 2-х недель) весенний период «цветения» льдов и составляет в среднем 20-25% (Legendre et al., 2012). Во льдах открытой морской зоны Белого моря в

марте-апреле абсолютно преобладают водоросли (95.9% биомассы организмов), главным образом, ледово-морские диатомеи (до 99%) (Сажин, Ратькова, 2012). В составе криофлоры основными продуцентами являются ледово-морские виды диатомей: *Nitzschia frigida*, *Fragilariopsis oceanica*, *F.cylindrus*, *Fossula arctica*, *Navicula septentrionalis*, *N. vanhoeffenii*, *Melosira arctica* и другие, типичные для биоценозов морских льдов Арктики (Poulin, 1990; Мельников, 1989; Horner, 1989; Полякова, 1997; Полякова и др., 2017; Polyakova, 2003; Okolodkov, 1992; von Quillfeldt, 1997 и другие). Кроме того, в составе морских диатомей Белого моря широко представлены (более 30 таксонов), так называемые «ледово-неритические» виды (Сажин, Ратькова, 2012; Житина, Ильяш, 2010; Ильяш и др., 2003; Rat'kova, Wassmann, 2005), планктонные виды, предпочитающие условия холодного морского бассейна у кромки морских льдов (Мельников, 1989; Horner, 1989, Syvertsen, 1991; von Quillfeldt, 1997; Okolodkov, 1992 и др.).

В ходе исследований альгофлоры льдов Белого моря стала очевидной необходимость учета специфических черт льдообразования в данном районе. Дело в том, что во время образования льда тонкие слои могут тонуть под тяжестью выпавшего снега и на поверхность льда поступают морские воды, а в устьевых зонах речные воды, они пропитывают снег и включаются в процесс льдообразования (Пантюлин, 2012 а; Шевченко и др., 2012 а; Сажин и др., 2011). Поэтому в ранневесенний период морские планктонные (*Skeletonema costatum*, *Thalassiosira sp.* и другие) и ледово-морские (*Nitzschia frigida*, *Detonula confervaceae* и другие) диатомеи доминируют в верхней части льдов снежного генезиса, где их суммарная численность может достигать нескольких млн клеток/л (Сажин, Ратькова, 2012). Важной особенностью также является тот факт, что на поверхность вод и льдов Белого моря небольшое количество морских и пресноводных диатомей может поступать со снегом, в составе аэрозолей (Шевченко и др., 2012 б). Также в некоторых районах может происходить подледное распространение пресной воды, в результате чего лед нарастает снизу из почти пресной воды, что оказывает влияние на состав микроорганизмов во льдах (Пантюлин, 2012а). При этом, попавший с речными водами в морской лед пресноводный планктон затем льдами распространяется на значительные расстояния от устьев рек (Пантюлин, 2012 а).

Поступающие в зоны ледовой седиментации речные и припайные льды являются главным источником поступления микроводорослей из прибрежных районов далее в донные осадки глубоководных районов морей и океана (Лисицын, 1994, 2010; 2014; Lisitzin, 2002; Abelman, 1992; Polyakova, 2003). Льдами из устьевых зон выносятся гораздо меньше осадочного материала, нежели водами рек, но при этом материал распространяется дальше, так как большая часть речной взвеси аккумулируется на различных ступенях маргинального фильтра реки, в то время как материал ледового разноса распространяется вплоть до Горла Белого моря (Лисицын, 2014; Кравчишина, Лисицын, 2011; Пантюлин, 2012а; Шевченко и др., 2012а; Шевченко и др., 2001 и др.). В нескольких районах Белого моря зимой образуются постоянные полыньи приливного генезиса, к которым приурочены области повышенной продуктивности вод (Polyakova et al., 2014). Появляющиеся в полынье начальные формы льда выносятся приливными течениями и накапливаются под окружающим полынью припаем (Пантюлин, 2012а).

Ведущую роль в процессе освобождения Белого моря ото льдов (апрель-май) имеет их вынос (50–80% сезонных льдов) из моря через Горло (Пантюлин, 2012а). Это влияет на состав и продуктивность ледово-морских биотопов и поступление створок ледово-морских диатомей в поверхностные осадки моря, так как начало весеннего «цветения» льдов в Белом море, отмечается обычно уже в середине марта и достигает максимума в апреле (Михайловский, Житина, 1989; Сажин, Ратькова, 2012; Сапожников и др., 2012; Ильяш и др., 2012; Шевченко и др., 2012 а, б; Полякова и др., 2017).

Бентосные морские диатомеи

Бентосные диатомеи являются основным компонентом богатой микрофлоры прибрежных районов, населяя зону литорали и верхней сублиторали. Для побережий Белого моря характерно наличие широкой зоны осушки, где аккумулируется более 2/3 живой массы. В течение вегетационного периода происходит постепенное нарастание численности с достижением максимума к началу осени. В Белом море ежегодно за счет бентосных диатомей создается около 500 тыс.т. растительной массы, что составляет 20 - 40% от продукции макрофитов (Бондарчук, 1970).

По сравнению с фитопланктоном степень изученности микрофитобентоса в Белом море существенно ниже и носит локальный характер. Наиболее изученной группой беломорского микрофитобентоса являются преобладающие в количественном и видовом отношении диатомовые водоросли (Бондарчук, 1970, 1974, 1980а, 1985; Сабурова, 1995; Сабурова и др., 2001 и др.).

Бентосная и перифитонная флора диатомей Белого моря чрезвычайно разнообразна по видовому составу и насчитывает более 750 таксонов (Бондарчук, 1985), что обусловлено многообразием экологических обстановок в пределах широких литоральной и сублиторальной зон заливов, высокими сезонными и суточными градиентами солености, температур и биопродуктивности вод, разнообразием биотопов.

Первые сведения о бентосных диатомеях Белого моря относятся к концу XIX века. Таксономические исследования К.С. Мережковского с последующими дополнениями, сделанными Л. Рейнгард, выявили 63 таксона диатомей, среди которых указывались пресноводные, солоноватоводные и морские формы (Мережковский, 1878; Reinhard, 1882).

Ю.Е. Петров (1967) исследовал литоральные диатомовые водоросли Соловецких островов. В результате был составлен систематический список из 94 видов (из которых 15 — новые для Белого моря) с кратким указанием места находки. При этом для 25 видов отмечены макрофиты, на поверхности которых были найдены диатомеи.

Значительный вклад в исследование таксономии и экологии диатомовых водорослей бентоса Белого моря был внесен Л.Л. Бондарчук (1970, 1971, 1974, 1980 а,б, 1985). На основе собственных результатов и обобщения материалов исследований других авторов Л.Л. Бондарчук впервые детально описала количественное развитие диатомовых водорослей в различных биотопах бентали. В ходе данной работы было установлено, что наибольшего количества донные диатомеи достигают в затишных участках побережья с илистым дном, где колониальные диатомовые водоросли в сообществе с макрофитами образуют сплошной покров. Песчаная и каменисто-илистая литорали характеризуются меньшим развитием донных диатомей с доминированием 1-3 видов, при этом верхние горизонты бывают абсолютно безжизненными. Массовое развитие донных

диатомей приурочено к горизонтам нижней литорали и верхней сублиторали до глубины 10 - 15 м. По данным Бондарчук (1980а) в Кандалакшском заливе насчитывается более 400 видов и форм донных грунтовых диатомей, доминирующими среди них являются представители семейств *Naviculaceae* и *Nitzschiaceae* (Бондарчук, 1980а).

При исследовании пространственного распределения и экологии микрофитобентоса на песчано-илистой литорали Белого моря М.А. Сабуровой с соавторами (2001) обнаружены вертикальные миграции бентосных диатомей, отмечено, что мелкие виды родов *Navicula* и *Achnanthes* характерны для эпипсаммона, а представители родов *Amphiprora*, *Tropidoneis*, *Pleurosigma*, *Gyrosigma*, *Hantzschia* относятся к эпипелическим (Сабурова, 1995).

Детальные исследования видового разнообразия, обилия и особенностей распределения эпифитных диатомовых на талломах массовых макрофитов Кандалакшского залива Белого моря были выполнены в последние годы А.А. Георгиевым (2010, 2013). В составе перифитона им было обнаружено 150 таксонов диатомовых водорослей, образующих обильные, часто многоярусные скопления на талломах макрофитов.

3.2 История изучения диатомей в донных осадках и взвеси акватории Белого моря

3.2.1. Исследование диатомей в поверхностных осадках

Исследования диатомей в донных осадках для целей палеогеографических реконструкций были начаты еще в начале прошлого века И.А. Киселевым и М.М. Забелиной, которыми при изучении поверхностных осадков Малой Пирью-губы впервые была установлена зависимость состава диатомовых ассоциаций от солености поверхностных вод (Забелина, 1939; Киселев, 1939). По данным Киселева снижение солености во время отливов (до 12 - 17‰) благоприятствует вегетации в поверхностном слое воды пресноводных форм, и, наоборот, в прилив, когда соленость выше 18 - 23 ‰ количество пресноводных форм меньше, они вытесняются типично морскими формами с преобладанием различных видов рода *Chaetoceros* (Киселев, 1939).

Г.С. Голиковой в процессе обработки материалов по распределению взвешенного вещества в водах северной части Белого моря был изучен видовой

состав и количество диатомовых водорослей, что позволило расширить представления о динамике взвешенных наносов и получить сравнительные данные для сопоставления с диатомовыми, содержащимися в донных осадках (Голикова и др., 1972).

Наибольший вклад в изучение диатомовых ассоциаций в донных осадках Белого моря был внесен Р.Н. Джиноридзе (Джиноридзе, 1971, 1972; Джиноридзе и др., 1979; Гей и др., 1988; Невесский и др., 1977), которой были проведены обширные исследования диатомей из поверхностного слоя донных осадков и грунтовых колонок, полученные комплексной геолого-геоморфологической Беломорской экспедицией Института океанологии им.П.П.Ширшова АН СССР во второй половине 60-х и начале 70-х годов (Невесский и др., 1977).

Р.Н. Джиноридзе были выявлены главные закономерности формирования диатомовых ассоциаций в поверхностных осадках Белого моря, которые были ею положены в основу биостратиграфического расчленения поздне- и послеледниковых осадков акватории Белого моря наряду с другими микропалеонтологическими методами, такими как палинологический и фораминиферовый, а также малакофаунистический (Невесский и др., 1977; Малясова, 1976; Говберг и др., 1974). На актуалистической основе, используя разработанный А.П.Жузе (1962, 1969) на материалах из Дальневосточных морей метод палеореконструкций по диатомеям трансгрессивно-регрессивных циклов развития морских бассейнов и изменения их глубин, палеогеографических и климатических условий осадконакопления, Р.Н.Джиноридзе реконструировала эволюцию палеогеографических и гидрологических обстановок в различных районах Белого моря (Джиноридзе, 1971, 1972; Джиноридзе и др., 1979; Гей и др., 1988; Невесский и др., 1977) в послеледниковое время.

В дальнейшем материалы Р.Н.Джиноридзе по субфосильным диатомовым ассоциациям были дополнены Е.И. Поляковой новыми данными, полученными в последние два десятилетия в рамках реализации мультидисциплинарной программы «Система Белого моря» (Polyakova, Dzinoridze et al., 2003; Новичкова, Полякова, 2013; Полякова и др., 2016, 2017; Polyakova, Novichkova, 2018).

Как было установлено, суммарные концентрации створок диатомей в поверхностных осадках Белого моря варьируют в широких пределах от 0.1 до 26

млн створок/г сухого осадка (Джиноридзе, 1971, 1972; Polyakova, Dzinoridze et al., 2003), оставаясь в целом высокими (рис. 21) и соответствуют продуктивности фитопланктона 1.8-55.6 мгкС/л (Ильяш и др., 2003).

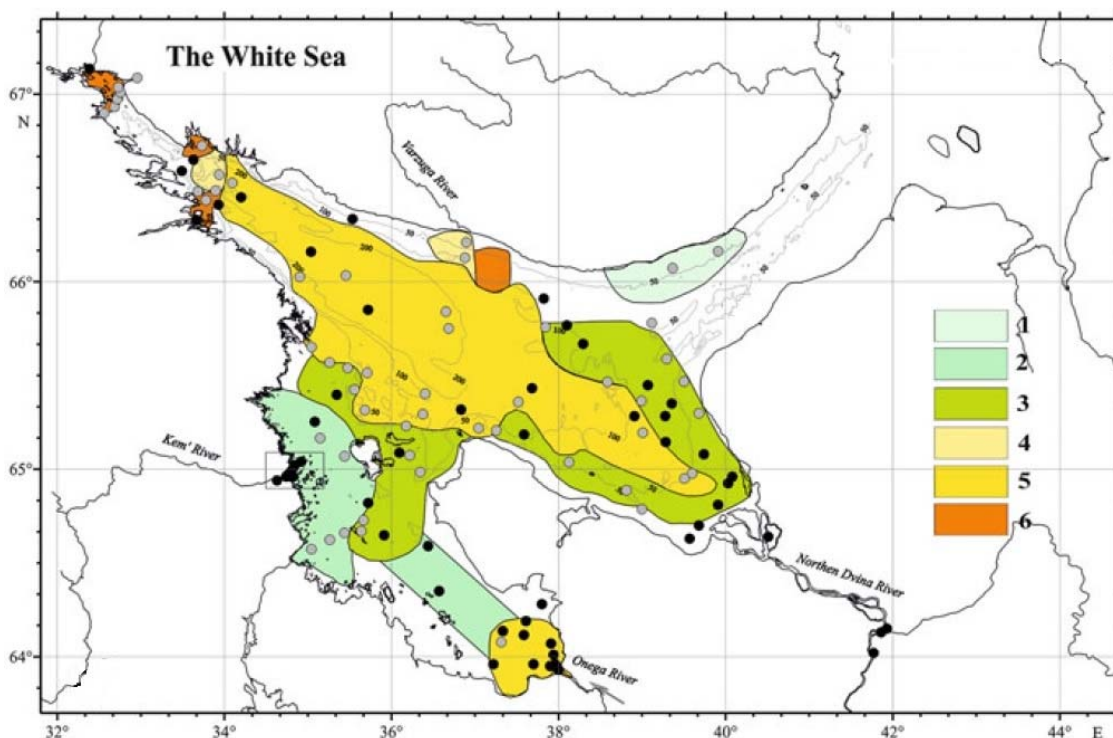


Рис. 21. Распределение общей численности диатомей в поверхностном слое осадков Белого моря (в млн створок/г сухого осадка): 1 – диатомеи отсутствуют; 2 – 0,1-1; 3 – 1-5; 4 – 5-10; 5 – 10-15; 6 – 15-25; 7 – исследованные станции (Джиноридзе, 1971, 1972; Polyakova, Dzinoridze et al., 2003; Полякова и др., 2017; Polyakova, Novichkova, 2018).

Вся площадь дна Белого моря по составу диатомовых ассоциаций была разделена Р.Н. Джиноридзе на три зоны (рис. 22; Джиноридзе, 1971, 1972; Polyakova, Dzinoridze et al., 2003): I зона, характеризующаяся преобладанием планктонных неритических и панталассных видов (70-90%), занимает глубоководную часть моря; II зона – сублиторальная неритическая, где сублиторальные и неритические виды представлены в почти равных количествах; III зона – сублиторальная, где сублиторальные виды преобладают (70-75%).

Е.И.Поляковой в исследованиях диатомовых ассоциаций Белого моря особое внимание было уделено особенностям формирования диатомовых ассоциаций в условиях маргинального фильтра крупнейших рек бассейна Белого моря и их связи с седиментационными процессами в соответствующих заливах – Двинском, Онежском и Кемской губе (Новичкова, Полякова, 2013; Полякова и др., 2016, 2017; Polyakova, Novichkova, 2018).

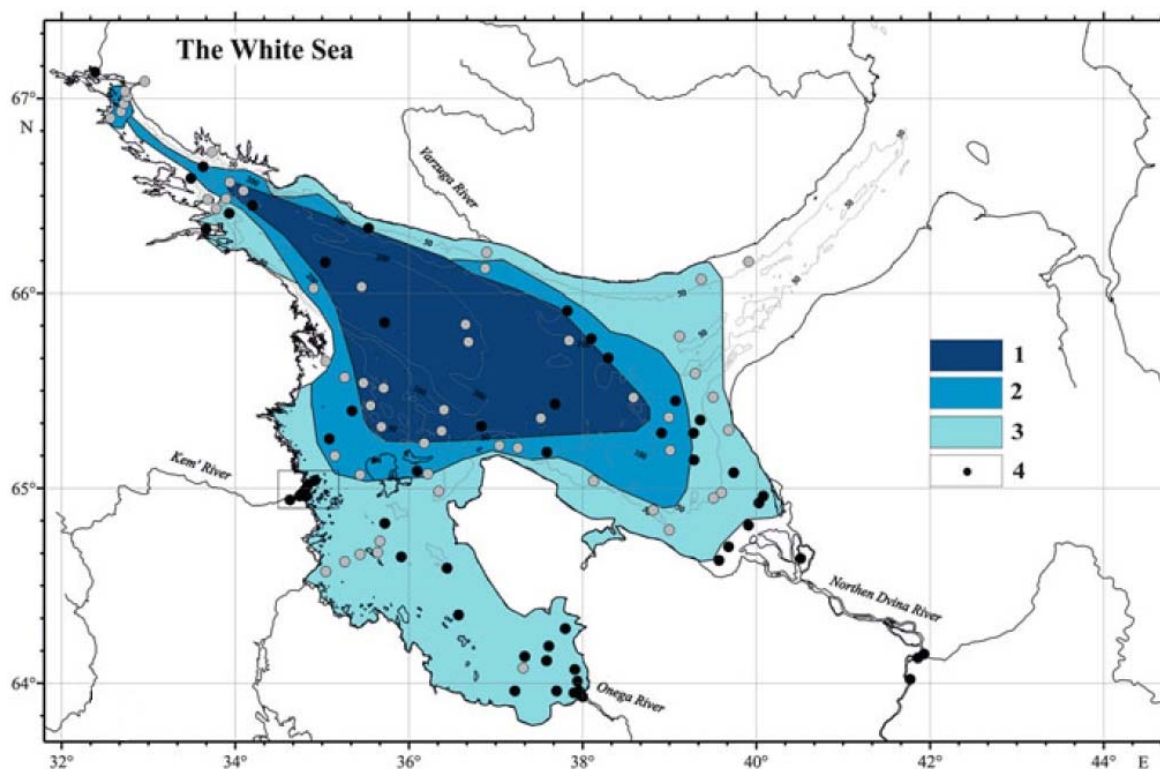


Рис.22. Распределение планктонных неритических и панталассных, и сублиторальных видов диатомей (в %) в поверхностном слое осадков Белого моря. Основные типы диатомовых ассоциаций: 1 зона – неритическая; 2 зона – сублиторально-неритическая; 3 зона – сублиторальная (Джиноридзе, 1971, 1972; Polyakova, Dzinoridze et al., 2003; Полякова и др., 2017; Polyakova, Novichkova, 2018).

Маргинальные фильтры представляют собой природную систему, состоящую из гравитационной, физико-химической (коагуляционно-сорбционной) и биологической частей, последовательно сменяющих друг друга. Одним из основных компонентов взвеси в пределах МФ арктических морей является речной и морской фитопланктон (Лисицын, 1994, 2009; Лисицын и др., 2003; Polyakova, 2003; Новичкова, Полякова, 2007; Полякова и др., 2009, 2016, 2017). В результате исследования гранулометрического состава поверхностного слоя (0–5 см) донных осадков заливов и анализа количественного распределения диатомей и водных палиноморф в поверхностных осадках Двинского и Онежского заливов и Кемской губы, а также прилегающих эстуариях рек удалось выявить закономерное повышение концентраций микроводорослей в более тонкозернистых осадках (рис. 23, Полякова и др., 2016, 2017), что обусловлено в первую очередь размерностью доминирующих видов диатомей (10–100 мкм) и диноцист (32–100 мкм). Также было установлено, что при содержании алевроито-пелитовой фракции < 35–40% суммарная численность диатомей обычно не превышает 200 тыс. створок/г сухого

осадка, а при увеличении доли этой фракции (> 40%) резко возрастает практически на порядок. Максимальные концентрации диатомей и водных палиноморф (до 8.6 млн створок/г и 19.5 тыс. ед./г) приурочены к илам с содержанием алеврито-пелитовой фракции 80–100% (Полякова и др., 2017).

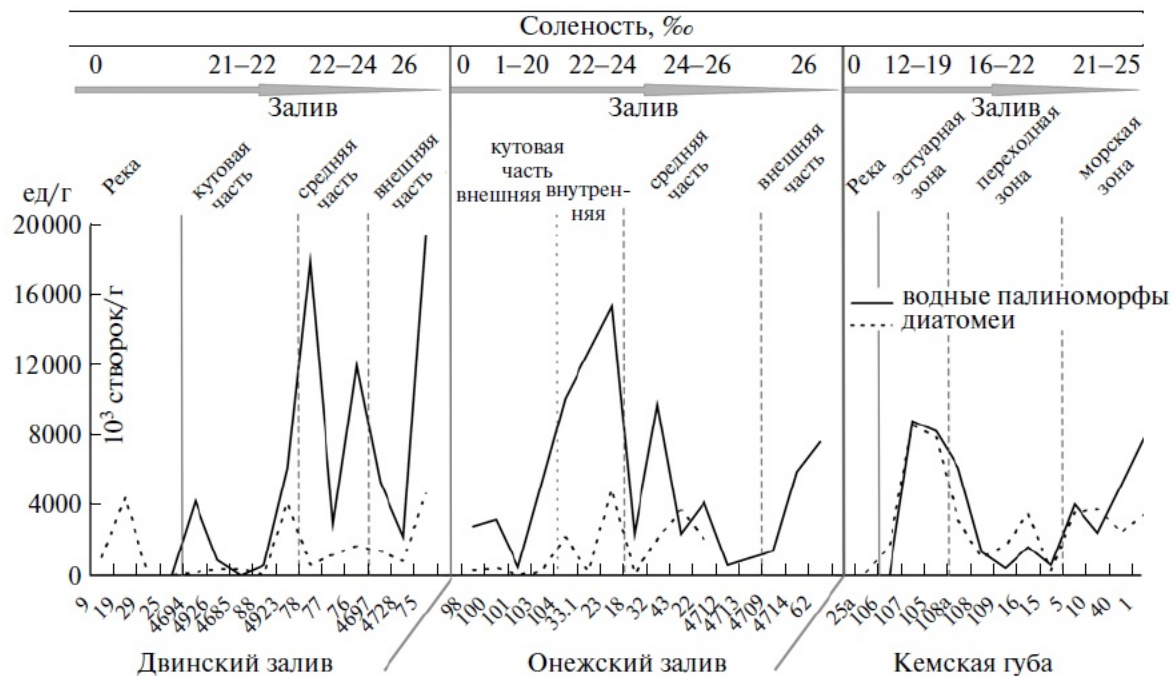


Рис. 23. Распределение концентрации водных палиноморф (ед/г) и диатомовых водорослей (1000 створок/г) в поверхностных осадках по направлению суша-море (по Новичкова, Полякова, 2013; Polyakova, Novichkova, 2018).

Разнообразие биологических и гидрологических условий обуславливает различия видового состава диатомовых ассоциаций поверхностного слоя донных осадков в разных районах Белого моря.

Для Двинского залива характерно преобладание в составе диатомовых ассоциаций холодноводных видов *Thalassiosira hyaline*, *T. antarctica* + *T. gravida*, *T. anguste-lineata*, *T. hyperborea* и ледово-морского *Melosira arctica*. Суммарная численность относительно тепловодных видов, являющихся согласно данным Е.И. Поляковой (1988, 1994, 1997) индикаторами распространения североатлантических вод в западноарктических морях (*Coscinodiscus radiatus*, *Proboscia alata*) не превышает 5-10%. Общая численность диатомей в осадках изменяется в широких пределах - от 1 до 15 млн ств./г. В районе дельты р. Сев. Двины доля пресноводных диатомей составляет 40-60% (Polyakova et al., 2003; Полякова и др., 2017).

Благоприятные условия седиментации Кандалакшского залива, связанные со

спокойным гидродинамическим режимом, высокой прозрачностью вод и значительной толщиной фотического слоя (12–14 м), отражаются на численности диатомей в осадках, которая достигает в кутовой части залива 20–25 млн створок/г. Среди доминантных видов выделяются холодноводные аркто-бореальные и биполярные виды *Thalassiosira gravida* и *T. antarctica*, наряду с видом *T. latimarginata*, типичным для североатлантических вод. Суммарная численность бентосных диатомей составляет около 20%. Вблизи устья р. Колвица численность пресноводных диатомей составляет 8–10% (Джиноридзе 1971; Polyakova et al., 2003; Полякова и др., 2017).

Для поверхностных осадков Бассейна Белого моря характерны высокие концентрации диатомей (5–15 млн ств./г). В составе диатомовых ассоциаций доминируют планктонные виды, в основном *Thalassionema nitzschioides* (30%) и относительно тепловодные виды – индикаторы поступления атлантических вод *Coscinodiscus radiatus* (15%), *C. asteromphalus* (10%) (Джиноридзе 1972; Polyakova et al., 2003; Полякова и др., 2017).

В поверхностных осадках акватории у Терского берега общая численность диатомей составляет 5–10 млн ств./г. В данном районе отмечены максимальные концентрации ледово-морских диатомей (*Fossula arctica*, *Fragilariopsis oceanica*, *F. cylindrus* и другие) (Джиноридзе 1972; Polyakova et al., 2003; Полякова и др., 2017).

В диатомовых ассоциациях поверхностных осадков Онежского залива доминирует эвригалинный меропланктонный вид *Paralia sulcata*. В составе субдоминантов присутствуют сублиторальные бентосные и меропланктонные виды: *Rhabdonema arcuatum*, *Navicula distans*, *Delphineis surirella*, *Isthmia nervosa*. Доля планктонных видов не превышает 20%. В основном они представлены космополитами и умеренно тепловодными видами-индикаторами атлантических вод в Северном Ледовитом океане (*Coscinodiscus radiatus*, *C. asteromphalus*, *Actinopteryx senarius*, *T. latimarginata*), и холодноводными видами (*Thalassiosira gravida* + *T. antarctica*, *T. hyperborea*). При этом вблизи устьев рек в осадках отмечено увеличение доли пресноводных диатомей в ассоциациях (10–60%) (Polyakova et al., 2003; Полякова и др., 2017).

3.2.2. Исследование диатомей в колонках донных осадков

Во второй половине 20-го века палеоальгологические исследования в

Беломорском регионе проходили в рамках целенаправленно организованных экспедиций. Так, в 1964 году были начаты работы комплексной геолого-геоморфологической Беломорской экспедиции ИО АН СССР, продолжившиеся в 1965-1966 и 1968 гг. В ходе данных исследований получен колоссальный материал, в процессе работ на Белом море пробурено в общей сложности 311 колонок (рис. 24) донного грунта. По этим материалам был проведен комплексный биостратиграфический и литостратиграфический анализ осадков, на основе которого впервые авторами (Невесский, Медведев, Калинин, 1977) разработана детальная стратиграфическая схема расчленения донных осадков Белого моря и выполнены палеогеографические реконструкции бассейна в поздне- и послеледниковый период. Анализ колонок из собранной коллекции проводился исследователями из аналитических лабораторий Института океанологии АН СССР им.П.П.Ширшова, Геологического института АН СССР и Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, Палинологической лаборатории Ленинградского государственного университета.

Впервые диатомовый анализ колонок донных осадков Белого моря выполнен Э.К.Забелиной по материалам колонки длиной 4,5 м из северной части Белого моря. Результаты исследований показали, что для нижнего слоя характерна группа морских и пресноводных диатомей, а для верхнего – северобореальных и южнобореальных морских видов, выделены периоды осолонения и опреснения северной части акватории моря (Забелина, 1969). Данные по биостратиграфическому расчленению донных осадков Белого моря были получены в Палинологической лаборатории ЛГУ под руководством Е.С. Малясовой на основе спорово-пыльцевого и диатомового анализов. В результате детального диатомового анализа колонок донных осадков Белого моря Р.Н. Джиноридзе установлены шесть эколого-стратиграфических комплексов диатомей (рис. 24), отражающих основные этапы палеогеографического развития акватории Белого моря в послеледниковый период (Джиноридзе, 1972; Невесский и др., 1977).

Всестороннее изучение диатомей из осадков Белого моря позволило получить новые данные об их таксономическом разнообразии и количественном распределении в толще осадков, а также проследить изменение ареалов наиболее характерных видов диатомей и установить этапы формирования морской

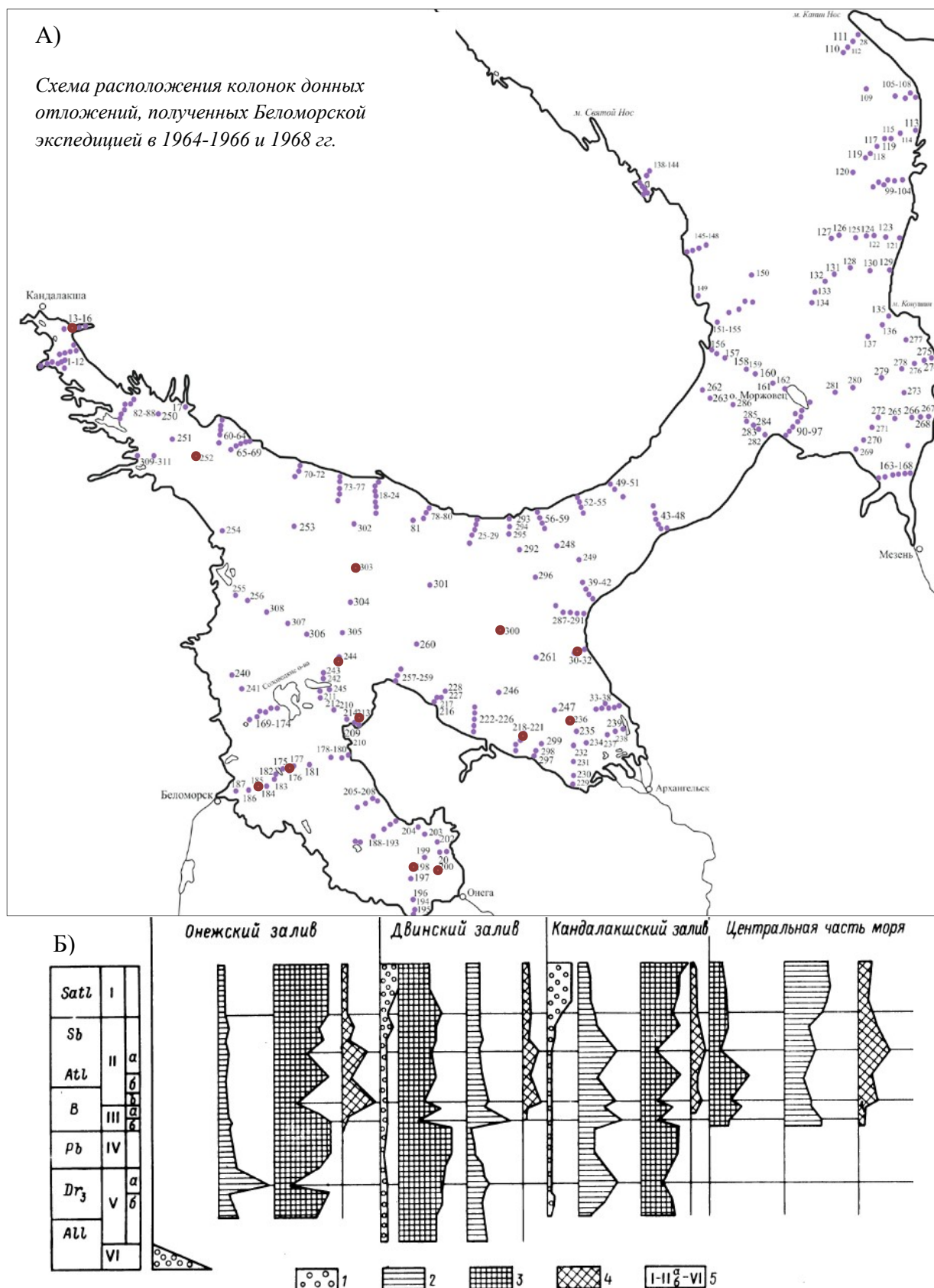


Рис.24. Рис.24 А). Исследованные колонки донных осадков Белого моря отмечены красным. Б). Изменения соотношений экологических групп диатомей в донных осадках в Онежском, Двинском, Кандалакшском заливах и Центральной части (Бассейне) моря; эколого-стратиграфические комплексы. 1 – пресноводные; 2 – неритические; 3 – сублиторальные; 4 – океанические; 5 – диатомовые комплексы и подкомплексы (Джиноридзе, 1971; Малясова, 1976).

диатомовой флоры в голоцене. В ходе исследований получены новые данные по палеогеографии Белого моря в голоцене, установлено, что освобождение котловины Белого моря от ледникового щита началось в аллерёде. Свободными ото льда в это время были Онежский и Двинский заливы, а также прибрежная полоса вдоль Терского берега. В названных районах, за исключением Двинского залива, существовали озерно - ледниковые условия (Джиноридзе, 1971, 1972).

Важным для стратиграфии Белого моря и определения возраста осадков стали полученные Е.И. Поляковой и Е.А. Новичковой первые AMS ^{14}C – датировки (Полякова и др., 2014). До этого стратиграфическое расчленение донных осадков Белого моря и их возрастная интерпретация базировались на палинологических данных и их корреляции с известными датированными разрезами прилегающей суши (Малясова, 1976, Джиноридзе, 1971). В результате комплексных исследований диатомей и водных палиноморф были сделаны детальные реконструкции палеообстановок во внешней части Двинского залива и Онежском заливе за последние 11 тысяч лет. Были восстановлены следующие события: 11.5–10 тыс. кал. л.н. воды Белого моря по-прежнему оставались холодными и несколько распресненными. В интервале 10–9 тыс. кал. л.н. реконструирована адвекция теплых североатлантических вод. С 9 до 5.8 тыс. кал. л.н. температура поверхностных вод резко повысилась, сократилась продолжительность ледового покрова и, вероятно, сформировалась система течений, близкая к современной. В интервале 5.8–2.6 тыс. кал. л.н. фиксируются похолодание климата и снижение притока баренцевоморских вод. Начиная с 2.6 тыс. кал. л.н. по настоящее время гидрологический режим вод стал близким к современным показателям (Полякова и др., 2014).

История развития акватории Белого моря неразрывно связана с динамикой природной среды на его побережье, поэтому результаты диатомового анализа морских осадков необходимо рассматривать в совокупности с данными исследований диатомей в отложениях суши. Изучение диатомовых ассоциаций в отложениях Беломорских побережий также имеет весьма богатую историю.

3.3. История изучения диатомей в отложениях побережья Белого моря

Исследование морских и континентальных отложений побережий играет важную роль в реконструкции истории развития Белого моря в позднем

плейстоцене и голоцене. Данные диатомового анализа отложений побережья применяются для корреляции с результатами других аналитических исследований континентальных и морских отложений побережий и акватории Белого моря, уточняя возраст отложений и существенно обогащая сведения о позднеплейстоценовой и голоценовой истории развития Белого моря и его побережий.

Первые работы в изучаемом регионе в начале 20 века связаны с экспедициями научных учреждений страны в связи с промышленным освоением. Так в процессе исследования диатомитов Кольского полуострова при участии А.П. Жузе и В.С. Шешуковой В.С. Порецким (Порецкий и др, 1934; Диатомовый сборник..., 1953) был разработан и внедрен в практику метод диатомового анализа осадочных пород (Порецкий и др., 1937). Примерно с этого времени диатомовый анализ начали использовать для восстановления палеогеографических обстановок побережья и установления генезиса отложений побережья Белого моря. А.П. Жузе (1939) в разрезе у низовьев р. Сев. Двины, у д. Подборье идентифицированы отложения двух трансгрессий. Состав диатомовых ассоциаций суглинков, сформировавшихся во время трансгрессии на рубеже позднего дриаса и пребореала, представлен единичными створками *Thalassiosira eccentrica*, *Tryblionella navicularis*, *Navicula punctata*, *Campylodiscus clypeus*, *Terpsinoe americana*. Для отложений трансгрессии атлантического времени, представленных илами, в составе диатомовых ассоциаций характерно преобладание *Thalassiosira eccentrica*, *Navicula peregrina*, *Amphora commutata*, *Tryblionella navicularis*, *Campylodiscus clypeus* (Жузе, 1939).

Полученные данные о составе диатомовых ассоциаций отложений Терского, Летнего, Лямецкого и Поморского берегов Белого моря (Мейер, 1938), реликтовых озер западного побережья Белого моря (Чернов, 1947) в дальнейшем расширили возможности применения диатомового анализа, в том числе и в палеоолиминологии побережий Белого моря и в изучении водоемов, отделяющихся от основной акватории моря в настоящее время.

Находки отложений с разнообразными комплексами диатомей были описаны в работах Г.С. Бискэ и Г.Ц. Лака (1955; Бискэ, 1959; Бискэ и др., 1959; 1961). Морские и солоноватоводно-морские диатомеи были установлены в осадках бореального времени Карельского берега на абсолютной высоте 110 м в районе озера Тумчи и в

районе ст. Лоухи на абсолютной высоте 90 м. Комплексы морских диатомовых водорослей также были описаны в отложениях террас на южном берегу Кольского полуострова В.С. Порецким и Е.А. Черемисиновой (Лаврова, 1960). Обнаруженные в осадках террасы у р. Варзуга диатомовые ассоциации, представленные морскими видами *Paralia sulcata*, *Hyalodiscus scoticus*, *Rhabdonema minutum*, *R. arcuatum*, отнесены к трансгрессии Фолас.

Морские отложения трансгрессии Тапес, накапливавшиеся в конце бореального – начале атлантического времени, были установлены Е.А. Черемисиновой с соавторами в результате диатомового анализа разреза у ст. Проливы, на берегу губы Ульшиха, в кутовой части Кандалакшского залива (Арманд и др., 1969; Арманд, Самсонова, 1969). В составе диатомовых ассоциаций в качестве доминирующих отмечены *Ehrenbergiulva granulosa*, *Rhabdonema minutum*, *R. arcuatum* (Арманд и др., 1969).

Большой вклад в восстановление обстановок прошлого южного побережья Кольского полуострова был внесен Л.Я. Каган (Каган, 1976, рис. 25), заключающийся в описании диатомовых комплексов отложений трансгрессивно-регрессивных стадий плейстоцена и голоцена и в выделении наиболее древнего комплекса отложений – верхнеплейстоценового межледникового (микулинского) комплекса (Каган, 1976).



- 1 – устье р. Поной у села Поной, 2 – долина реки Пялицы, 3 – долина р. Варзуги, устье р. Кицы, 4 – долина р. Варзуги, руч. Собачий, 5 – долина р. Оленицы, терраса 10 м, 6 – долина р. Оленица, терраса 25 м, 7 – долина р. Кузреки, 8 – Пильская губа, 9 – Левгуба, 10 – долина р. Колвицы, 11 – оз. Глубокое, 12 – о. Олений, 13 – оз. Федосеевское

Рис. 25. Расположение основных исследованных разрезов отложений голоцена (по Л.Я. Каган, 1976)

В рамках комплексных исследований НИЛабораторией новейших отложений и палеогеографии плейстоцена МГУ в 1982-1983 гг. опорных разрезов восточного побережья Онежского залива, на основании результатов диатомового анализа Е.И. Поляковой было установлено, что повышение уровня Белого моря в районе Онежского залива не прерывалось глубокими регрессиями. Максимального

положения уровень моря достиг в суббореальное время, и окончательно морской режим в кутовой части Онежского залива установился 9 – 8 тыс. лет назад (бореальное время) (Боярская и др., 1986).

Состав диатомовых водорослей морских голоценовых отложений поднятых морских террас был детально изучен О.С Шиловой в районе ББС МГУ. На основе данных диатомового анализа и радиоуглеродного датирования удалось рассчитать скорости поднятия п-ва Киндо за последние 9.5 тыс.л. и получить кривую изменения уровня моря в голоцене (рис. 26) (Романенко, Шилова, 2012).

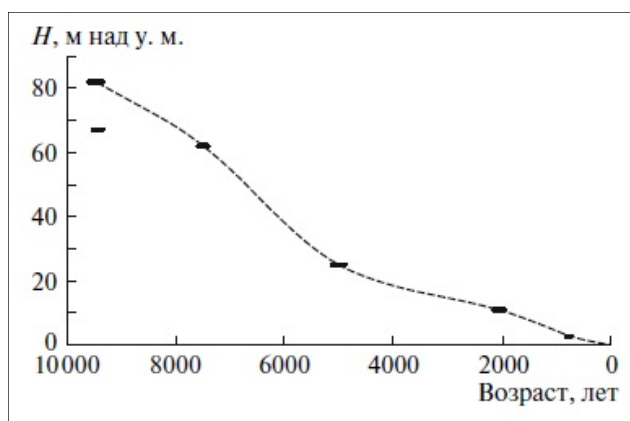


Рис. 26. Схема расположения датированных уровней террас п-ова Киндо и кривая изменения уровня моря в голоцене. По оси абсцисс показано примерное время выхода поверхности из-под уровня моря (Романенко, Шилова, 2012).

Подобные данные были получены и другими группами исследователей, использовавших метод изолированных водоемов (Колька и др. 2005, 2013 а,б, 2015 и др.; Субетто, Шевченко и др. 2012; Репкина и др., 2018). Для участка юго-западного берега Кандалакшского залива установлены скорости поднятия территории в районе п. Лесозаводского за последние 10 тыс. лет, отмечено интенсивное поднятие территории в интервале 10 - 9 тыс.л.н. со скоростью 4-5 см/год, дальнейшее равномерное поднятие (~1 см/год) и снижение скоростей поднятия начиная с 3 тыс.л.н. до 0.5 см/год (Колька и др. 2005). В районе поселков Энгозеро (2013а) и Умба определено, что с конца пребореала до поздней атлантики развивалась отчетливая неравномерная регрессия, включающая в себя фазы фиксированного положения уровня моря или даже периоды незначительного его подъема. Периоды фиксированного положения уровня моря, соответствующие трансгрессии Тапес, достигали 500 лет (Колька и др, 2013б, 2017).

Многочисленные исследования проводились и на побережье Двинского залива. Благодаря новым данным о строении рельефа и отложений побережья Зимнего

берега Белого моря от м. Керецкий до р. Куя, полученных на основе диатомового анализа совместно с геоморфологическим профилированием и радиоуглеродным датированием группе исследователей под руководством Т.Ю. Репкиной (2018) удалось дать оценку хода изменений относительного уровня моря и скорости относительных вертикальных движений побережья. Ими были установлены детали истории развития побережья Двинского залива, связанные с особенностями Атлантической трансгрессии (7.8-6.9 тыс.к.л.н.) и образованием сопутствующих отложений и форм рельефа.

На протяжении нескольких лет проводились палеолимнологические исследования на Соловецком архипелаге с целью реконструкции динамики палеоуровня Белого моря в голоцене (Субетто и др., 2012). Данные о генезисе отложений, подтвержденные диатомовым анализом, выполненным А.В Лудиковой, с результатами датирования позволили детально реконструировать хронологию перемещений береговой линии Белого моря в районе Соловецких островов (Субетто и др., 2017, рис. 27).

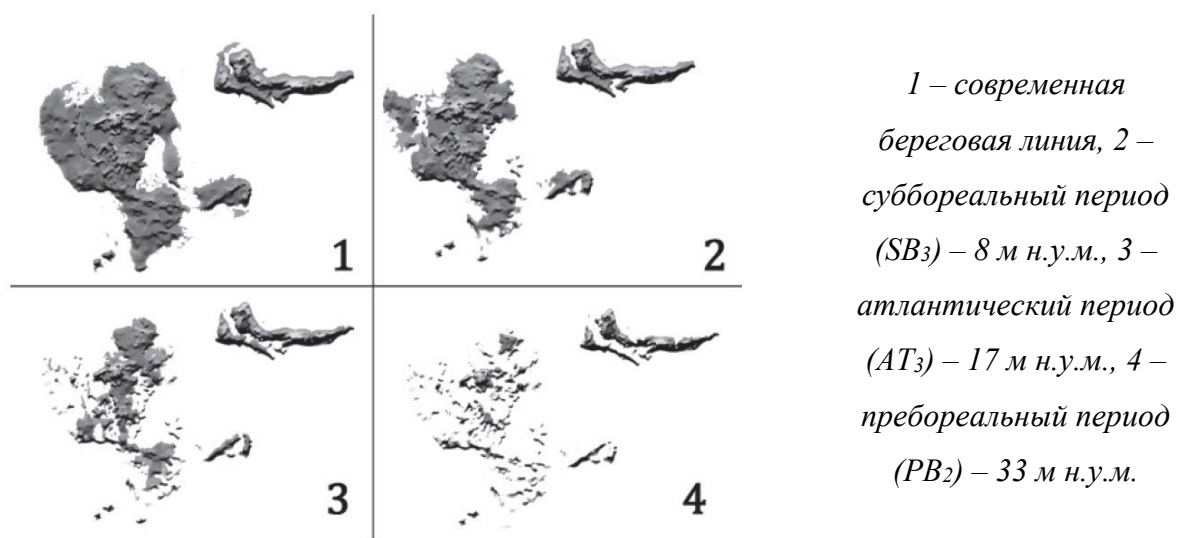


Рис.27. Реконструкция изменения береговой линии Соловецких островов по радиоуглеродным датам донных отложений малых озер (Субетто и др., 2017)

На примере описанных выше работ видно, что благодаря применению диатомового анализа в колонках донных отложений можно точно определить границу морских отложений. Полученные данные совместно с радиоуглеродными датами позволяют рассчитывать скорости поднятия и строить графики перемещения относительного уровня моря. Последнее определяется гляциоизостатическим поднятием земной поверхности, неотектоническими

вертикальными движениями и эвстатическим перемещением моря. Определить вклад каждой составляющей очень сложно, и на данный момент исследователям не удалось сформировать единую концепцию по вычленению степени влияния каждого фактора (Колька и др. 2017).

3.4. Проблемы и основные направления современных исследований диатомей

В настоящее время особое внимание исследователей привлекает определение состава диатомовых ассоциаций разнообразных водоемов и биотопов на побережье Белого моря. Результаты подобных исследований позволяют проводить палеореконструкции с большей степенью детальности.

Водоемы на побережьях морей в зависимости от их положения в прибрежной зоне отличаются друг от друга продолжительностью периода, на протяжении которого они подвержены влиянию приливов и количеством морской воды, которая в них поступает. Среди них выделяют – эстуарии, водоемы маршевых лугов, ватты, супралиторальные и литоральные ванны (Энциклопедический словарь географических терминов, 1968). При этом водоемы маршевых лугов можно считать ваннами верхнего горизонта литорали, а ваттов – ваннами среднего горизонта литорали.

Основу флоры водоемов составляют диатомовые водоросли (69.1%). Диатомовые водоросли в водоемах с нестабильной соленостью, расположенных в прибрежной зоне на островах Чупинской губы Кандалакшского залива и острове Большой Соловецкий Онежского залива Белого моря, были изучены А.А. Улановой (2003). Ею в этих водоемах установлено 277 видов и 47 внутривидовых таксонов из 81 рода (Уланова, 2003).

В эстуариях, на маршевом лугу, в ваннах супралиторали и ваннах верхнего горизонта литорали доминирует группа пресноводных видов. При этом в ваннах среднего горизонта напротив преобладают морские виды водорослей – 39%, а пресноводные виды составляют всего 14.4% (табл. 4). Среди пресноводных видов в составе диатомовых ассоциаций сублиторальных ванн доминируют перифитонные *Cocconeis placentula* var. *placentula*, *Eunotia bilunaris*, *Fragilariforma virescens*, *Staurosira construens*). Морские виды представлены планктонными *Actinocyclus divisus*, *Coscinodiscus asteromphalus*. Для ванн верхнего горизонта характерны

болотные перифитонные, пресноводные виды (*Fragilaria vaucheria*). Для ванн среднего горизонта литорали – эпифиты (*Diatoma moniliformis*). Для сообществ супралиторали характерна *Peterlindblia belomorica*, для сообществ ванн верхнего горизонта литорали – *Ctenophora pulchella* (Уланова, 2003).

Таблица 4. Распределение видов диатомовых водорослей по отношению к солености в водоемах с нестабильной соленостью Белого моря (по Улановой, 2003)

Тип водоема	Количество видов (%)					
	П	П-С	С	С-М	М	Э
Эстуарии и маршевый луг	50	9,8	17.8	8.1	13.4	0.9
Ванны сублиторали	45	11	18.3	9.8	14.6	1.2
Ванны верхнего горизонта литорали	29.2	13	18.6	13.8	21.6	3
Ванны среднего горизонта литорали	14.4	15	17	13	39	1.6

П-пресноводный, П-С-пресноводно-солонатоводный, С-солонатоводный, С-М- солонатоводно-морской, М-морской, Э-эвригалинный

Первое специальное исследование диатомовых ассоциаций в разрезах торфяников Кольского полуострова и Северной Карелии было проведено О.С. Шиловой (2011). Данное исследование уникально, так как впервые на базе диатомового анализа колонок озерно-болотных отложений, детально датированных радиоуглеродном методом, выделено несколько этапов формирования диатомовых ассоциаций на протяжении голоцена и выявлена обусловленность их смены региональными климатическими событиями и изменением седиментационных обстановок. Было установлено, что для озерно-болотных комплексов диатомей пребореального и бореального времени характерно широкое развитие видов родов *Staurosira*, *Staurosirella*, *Pseudostaurosira*, *Fragilaria*. В начале и середине атлантического времени в озерно-болотных отложениях доминируют *Eunotia faba* и *E. exigua*, в конце атлантического времени – начале суббореального – *Pinnularia gibba* и *Encyonopsis aequalis*. Во второй половине суббореального времени и субатлантическом периоде в озерно-болотных диатомовых ассоциациях доминируют *Eunotia exigua*, *Pinnularia microstauron*, *Encyonema minutum* (Шилова, 2011).

В ходе современного поднятия береговой зоны Кандалакшского залива от его акватории отделяются многочисленные губы, небольшие заливы и проливы. Из-за кардинальной смены обстановок в водных сообществах таких отделяющихся водоемов происходят серьезные изменения. На смену морской биоте приходит

комплекс эвригалинных видов (способных обитать в широком диапазоне солености), а также пресноводных видов. Из-за прекращения приливно-отливного перемешивания водная толща расслаивается и в понижениях дна возникают зоны с повышенной соленостью. Первые методические наработки по изучению состава диатомовых ассоциаций таких водоемов на Карельском берегу были получены автором под руководством Е.И. Поляковой в ходе предыдущих работ и использованы в реконструкции смены обстановок осадконакопления на Карельском берегу Белого моря в голоцене (Агафонова и др., 2017 а, б; Agafonova, Polyakova, 2018). Исследование О.С. Шиловой (2018) поверхностного слоя донных осадков стабильного меромиктического озера Трехцветного в районе ББС МГУ позволило определить состав диатомовых ассоциаций. Установлено, что в поверхностных пробах преобладают (65-85%) перифитонные виды: пресноводный *Stauroforma exiguiiformis*, мезогалобный *Fragilaria sopotensis*. Среди субдоминантов можно выделить пресноводные *Ctenophora pulchella*, *Amphora copulata*, *Ulnaria danica*, *Epithemia adnata*, *E. gibba*, *Navicula radiosa*, *Neidium bisulcatum* и солоноватоводно-морские виды *Mastogloia smithii*, *Navicula rhynchotella*. Морские меропланктонные (*Odontella aurita*) и планктонные (*Thalassiosira* spp., *Coscinodiscus* spp., *Hyalodiscus* spp., *Thalassionema nitzschioides*) виды встречаются единично, за исключением *Paralia sulcata* (Шилова, 2018).

При изучении ряда работ, посвященных исследованию диатомей, становится очевидно, что диатомовый анализ – один из важнейших методов изучения континентальных (озёрных, болотных и речных) и морских отложений для восстановления истории и условий их формирования. Диатомовые комплексы – чуткие индикаторы изменений природной обстановки. Состав диатомовых комплексов в донных отложениях фиксирует изменения, связанные с изменениями положения водоема относительно современного уровня моря.

Таким образом, в истории изучения диатомей Белого моря можно выделить несколько этапов, которые связаны с уровнем развития науки и техники.

Первый этап продолжался до 20-х годов XX века, в основном работы были посвящены таксономическому и морфологическому описанию диатомовой флоры.

Второй этап альгологических исследований связан с экспедициями ведущих научных учреждений страны в конце 20-х годов прошлого столетия, связанные

с промышленным освоением и целью дать оценку биопродукционных и рыбохозяйственных возможностей северо-запада страны. В это время начинают формироваться основные принципы диатомового анализа как палеогеографического метода.

С 60-х годов началось стационарно-экспедиционное изучение диатомей, в рамках работ, связанных с исследованием основных типов биоценозов. В этот период проводились многочисленные исследования, выполненные сотрудниками ведущих научных учреждений страны. Результаты диатомового анализа активно сравнивают с данными других исследований и используют в палеогеографических реконструкциях.

Современный этап изучения связан с работами сотрудников МГУ имени М.В. Ломоносова, СПбГУ, КНЦ РАН, в том числе и принимавших участие в масштабной программе «Система Белого моря» (Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН), в ходе которой использовались новые методы и приборы, позволяющие получить «чистые пробы» (Система Белого моря, 2012). Особое внимание уделяется детальному исследованию состава диатомовых ассоциаций различных биотопов.

Анализ, опубликованных палеогеографических реконструкций, основанных на результатах диатомового анализа, показал, что наименее обеспеченными данными диатомового анализа являются отложения внешней части Кандалакшского залива и Терского берега. Уточнения требуют особенности изменений состава диатомовых ассоциаций при поднятии поверхности из-под уровня моря, восстановление интенсивности адвекции атлантических вод в Белое море в голоцене и реконструкции уровня Белого моря в эпохи Тапес и Фолас, данные о котором практически отсутствуют для наименее исследованного участка юго-восточной части Терского берега, необходимо сопоставление голоценовых событий, происходивших в акватории моря и на его побережьях и реконструкция палеогеографических условий в Белом море в голоцене.

Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАРЕЛЬСКОГО И ТЕРСКОГО ПОБЕРЕЖИЙ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА

В данной главе представлены результаты геолого-геоморфологических исследований автора в составе учебных и производственных практик и экспедиций кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в двух ключевых районах побережий Кандалакшского залива (см. главу 2, рис. 12, 13, 14, 15).

Рельеф Карельского и Терского берегов Белого моря весьма разнообразен и сложен. Основное влияние на формирование современного облика прибрежных районов оказали материковые оледенения (Демидов, 2010). Экзарационная деятельность покровного оледенения привела к тому, что западное побережье Белого моря является областью преимущественно ледникового сноса, а в восточных районах моря преобладают достаточно мощные четвертичные отложения (Сафьянов, Соловьева, 2005). В то же время, значительную роль в современном облике побережий играют формы рельефа, связанные с морской абразией и аккумуляцией (Карпович, 1984). Интенсивные дифференцированные неотектонические движения также оказывают влияние на современный рельеф берегов, способствуя изменению конфигурации береговой линии, за счет причленения и образования островов, и смещению зоны интенсивного воздействия морских процессов (Кошечкин, 1977; Шевченко, 1999; Ермолов, 2005; Косевич, Романовская, 2014; Косевич, 2016).

Карельский берег Белого моря изрезан многочисленными заливами (которые образуют фиардовый тип берега) и окаймлен мелкими островами, представляющими собой выходы кристаллического фундамента (Шевченко, 1999; Варейчук и др., 2012). Он простирается от губы Канда до г. Кемь. Карельский берег – часть Прибеломорской низменности, представляющей собой заболоченную равнину, наклоненную в сторону Белого моря (Бискэ, 1959). Рельеф побережья определяется характером поверхности кристаллического фундамента (Варейчук и др., 2012).

Терский берег протягивается от устья Варзуги до мыса Святой Нос. Для этого района свойственно преимущественное развитие аккумулятивных террас поздне-, послеледникового времени, редко встречаются и абразионные участки. Широко

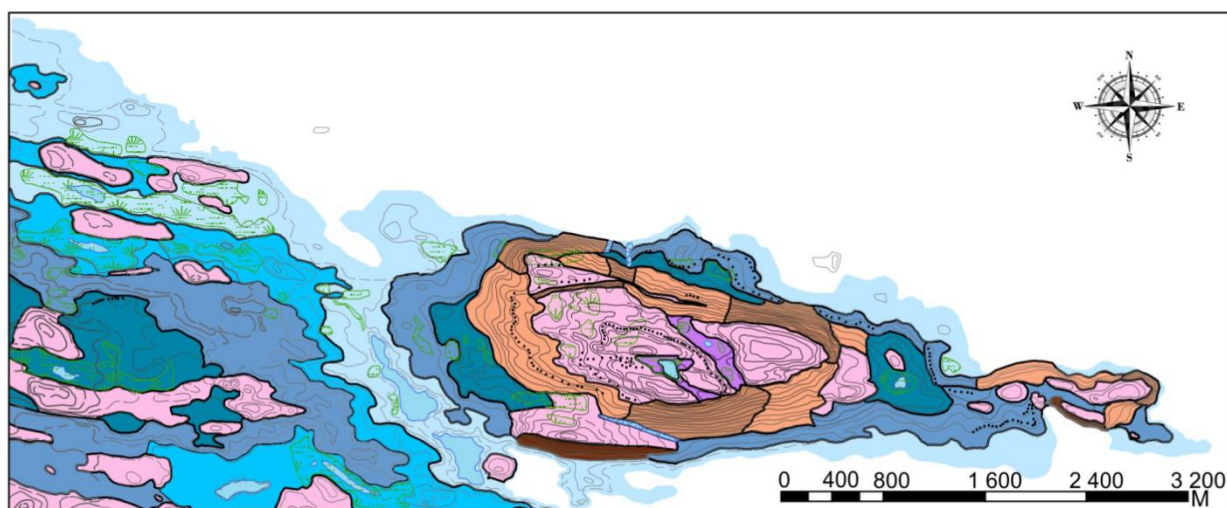
распространена береговая надводная аккумулятивная терраса высотой 3-4 м над уровнем прилива (Ермолов, 2005; Варейчук и др., 2012).

4.1. Рельеф и рыхлые отложения Карельского берега – о.Великий и п-ов Киндо

Западная часть о. Великого, п-ов Киндо и примыкающая к нему с запада материковая часть были детально исследованы в ходе практик 2013, 2015-16 гг. Обширный материал по геоморфологии п-ва Киндо был накоплен в результате почти двадцатилетних исследований, проводимых здесь в рамках морской практики студентов второго курса кафедры геоморфологии и палеогеографии (Геолого-геоморфологическая практика..., 2016).

П-ов Киндо относится к южному фиардово-шхерному побережью Кандалакшского залива. В центре полуострова возвышается массив горы Ругозёрской, приуроченный к поднятому, резко обособленному морфоструктурному блоку. Вершинная поверхность горы представляет собой серию практически лишенных рыхлых отложений субпараллельных округловершинных гряд, отпрепарированных деятельностью ледника. Высота этих гряд не превышает 70-105 м, друг от друга они отделены неглубокими (до 25 м) ложбинами, днища которых чаще всего занимают болота. Гряды и ложбины в целом ориентированы с северо-запада на юго-восток. Склоны массива, крутизна которых составляет от 10 до 40°, прикрыты маломощным (1-2 м) супесчано-щебнистым чехлом. Также на поверхности массива (в основном в центральной и западной её частях) встречаются грабенообразные понижения (до 500 м в диаметре), днища которых заняты зарастающими озерами Верхним, Водопроводным и заболоченными понижениями. Мощность озёрно-болотных отложений превышает 5 м, в залегающих ниже песчано-гравийных отложениях были обнаружены морские диатомовые водоросли (Шилова, 2011).

Нижерасположенные высотные уровни представлены серией окаймляющих массив горы Ругозёрской субгоризонтальных и пологонаклонных морских террас (рис. 28). Часто террасы примыкают к крутым скалистым уступам тектонического или структурно-денудационного происхождения, ранее обработанных абразией (Геолого-геоморфологическая практика..., 2016).



Условные обозначения

1. Экзарационно-тектонические вершинные поверхности:

- Пологоволнистые ложбинно-грядовые вершинные поверхности и их склоны (на п-ве Киндо - на высотах 65-105 м, западнее него - 45-65 и 10-40 м)
- Ложбины на вершинных поверхностях (на высотах 70-80 м)

2. Морские террасы:

- Морская терраса (среднеголоценовая) и ее уступ (на высотах 18-28 м)
- Морская терраса (позднеголоценовая, фрагментарная) и их уступы (на высотах 13-18 м)
- Морская терраса (позднеголоценовая) и ее уступ (на высотах 6-9 м)
- Морская терраса (позднеголоценовая) и зона осушки (на высотах 0-6 м)

3. Тектоно-денудационные склоны:

Крутые (от 30° и круче):

- Ступенчатые структурно-денудационные склоны
- Тектонические склоны

Средней крутизны и пологие (от 10° до 30°):

- Ступенчатые структурно-денудационные склоны

4. Прочие обозначения:

- Заболоченные понижения
- Озерные котловины
- Ложбины занятые постоянными и временными водотоками
- Валунные отмостки

Рис. 28. Геоморфологическая карта полуострова Киндо (составлена автором).

Геоморфологическое строение территории, расположенной к западу от п-ва Киндо, несколько отличается от рельефа полуострова, что объясняется его принадлежностью к другому морфоструктурному блоку. Различие, прежде всего, проявляется в большей площади террас, к тому же на всей лежащей западнее полуострова территории тектонический рельеф представлен менее ярко.

В строении п-ва Киндо можно выделить четыре основных высотных уровня. Первый (45-105 м) представлен вершинной поверхностью горы Ругозерской и фрагментами раннеголоценовых террасовидных поверхностей, осложненных валунными отложениями. Второй уровень (18-28 м) образован фрагментами пологонаклонной морской террасы среднеголоценового возраста (Шилова, 2011; Геолого-геоморфологическая практика..., 2016). В разрезе террасы вскрывается толща опесчаненной глины с многочисленными раковинами морских моллюсков (возраст раковин 7-8 тыс. лет) и перекрывающие её валунник (с поровым заполнением песками) и песчаная толща. Третий уровень (9-18 м) представлен фрагментами двух морских террас (слабо различимых между собой), вероятно, позднеголоценового возраста, и наиболее низкими фрагментами коренных гряд. Террасы сложены галечно-гравийно-песчаными отложениями. К четвертому высотному уровню (0-6 м) относится позднеголоценовая и современная морская терраса. Морская терраса на высотах 3-6 м отделена от современной террасы заметным уступом и осложнена грядами высотой до 3-4 м, сложенными несортированной песчаной толщей с большим количеством обломков разной крупности (от дресвы до валунов) и разной окатанности (до второго класса). На примыкающей же к полуострову с запада территории было выделено пять высотных уровней (45-40; 18-28 м; 9-18 м; 6-9 м; 0-6 м). Верхний уровень представлен скальными грядами, нижние уровни – разновозрастными террасами (рис. 29).

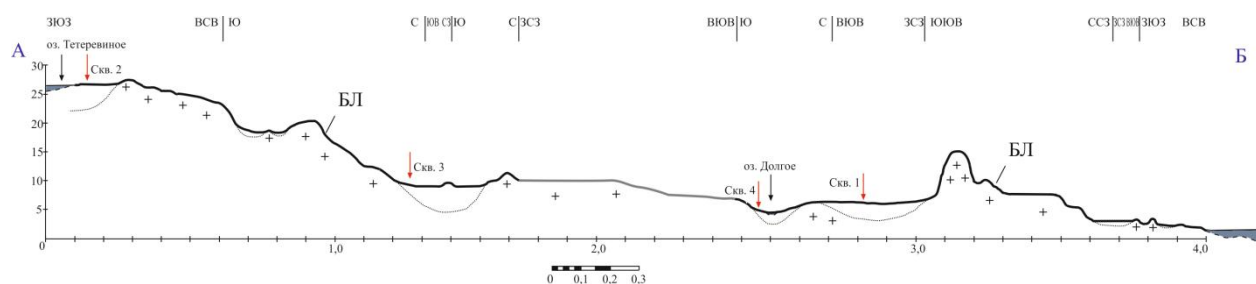


Рис. 29. Профиль через террасы, расположенные западнее Еришовских озёр (БЛ – древние береговые линии) (составлен автором).

В соответствии с вышеизложенным, на ключевом участке, в рельефе четко выражены террасовые уровни на высотах 9-18 м и 6-9 м, а на п-ове Киндо нижняя терраса практически неразличима (рис. 28). Данная особенность свидетельствует о более низких скоростях постгляциального поднятия блока, к которому относится территория, расположенная западнее п-ва Киндо.

Общее строение рельефа территории осложняют тектонические формы (рис. 30) – тектонические рвы, обрывы и каменные хаосы, и формы, образованные деятельностью моря, – абразионные уступы и валунные отмостки, морское происхождение которых на п-ве Киндо было доказано (Шилова, 2011).

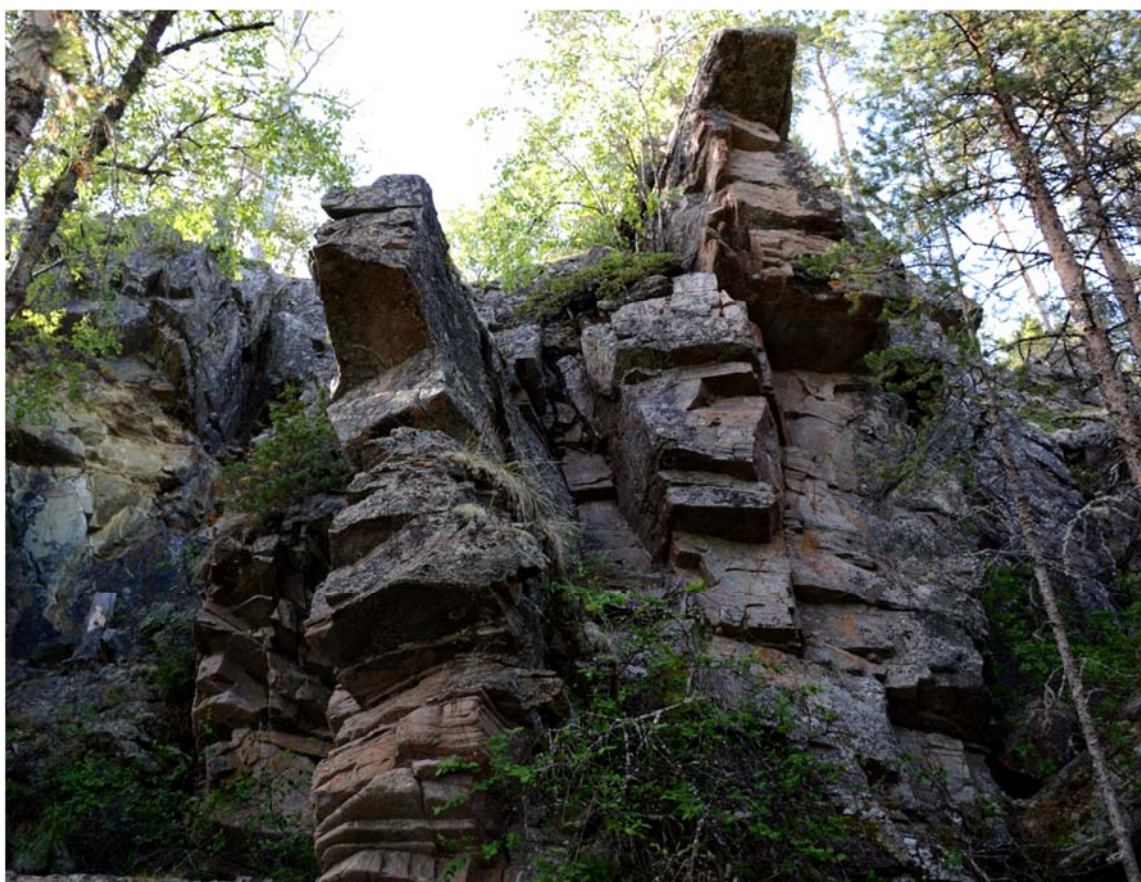


Рис. 30. Борт одного из ущелий, образующих структуру «ласточкин хвост» в бухте Биофильтров на п-ве Киндо (фото Мишурина Д.В.)

Характерной чертой вертикальных постгляциальных движений на исследуемой территории является их блоковая дифференцированность (Авенариус и др., 2005). Дробление земной коры на блоки в данном регионе происходит преимущественно по древним нарушениям, заложившимся в архее и возрождёнными в периоды активизации тектонической деятельности (Кошечкин, 1979).

Линеаментный каркас делит п-ов Киндо и его ближайшие окрестности на несколько блоков, различающихся по скоростям новейших движений. К наиболее

интенсивно поднимающимся относится блок горы Ругозерской (Шилова, 2011; Баранская, 2015). Менее интенсивное поднятие испытывают высокие морские террасы. Наименьшие скорости воздымания были установлены для блоков низких террас и осушек (Баранская, 2015). Грабен акватории Ругозёрской губы и пролива Великая Салма отделяет полуостров Киндо от о. Великого. В морфоструктурном плане острова можно выделить два морфоструктурных блока: Западно-Великоостровский блок и Центрально-Великоостровский блок (Авенариус и др., 2008). По отметкам абсолютных высот и мощности рыхлых отложений можно сказать, что наиболее интенсивно поднимается Центрально-Великоостровский блок. Затем следует Западно-Великоостровский блок: абсолютные высоты и превышения становятся незначительными, количество скальных выходов уменьшается многократно, каменные хаосы почти не встречаются, скальные уступы единичны. Блок, включающий акваторию Ругозёрской губы и пролива Великая Салма, поднимается медленнее всех.

Остров Великий – это крупнейший остров в Кандалакшском заливе Белого моря. Его отделяют от материка пролив Великая Салма (ширина 3 км) и губа Бабье Море.

В целом остров представляет собой денудационный мелкосопочник. Так как скальная кровля очень неровная, то мощность рыхлого чехла сильно изменяется даже на небольшом расстоянии. На острове часто встречаются щебнистые россыпи иногда с наличием глыб, прикрывающие выпуклые и оглаженные ледником скальные гряды. Эти гряды разделены плоскими, часто заболоченными понижениями, которые можно интерпретировать как морские террасы. Таким образом, главные геоморфологические элементы о. Великого – это вершинные поверхности скальных гряд и разделяющие их плоские участки морских террас.

Для северной части острова характерен грядово-ложбинный рельеф, с абсолютными высотами вершинных поверхностей до 35 м и превышениями до 20 м. Скальные выходы на этой территории единичны, к ним приурочены каменные хаосы. Западная часть острова имеет грядово-холмисто-западинный рельеф, большая часть понижений заболочена. Абсолютные высоты не превышают 22 м, а превышения – 10-15 м. Южная часть острова представляет собой слабоволнистую полого-грядовую поверхность с абсолютными высотами около 10-11 м. Почти все

понижения заболочены. Для восточной и центральной частей острова типичен структурно-тектонический грядово-ложбинный рельеф с абсолютными высотами до 50 м и превышениями до 30 м, и осложняющие его грабенообразные понижения, занятые болотами или озёрами.

Для о. Великого характерна значительная мозаичность рельефа берегов. Здесь есть практически неизменённые морем скальные берега, представляющие собой плоскости тектонических разломов, к которым иногда причленяются аккумулятивные участки, встречаются и шхерные берега, образованные многочисленными коргами – валунными грядами, которые или часто продолжают на дне ледниковые образования, или совершенно автономные формы, обязанные своим происхождением деятельности припайных льдов, также есть и лагунные берега. Берега Городецкого и Еремеевского проливов – абразионные разрушающиеся под действием течений. Практически для всех берегов характерны следы тектонического поднятия, а на некоторых берегах и – голоценовых сейсмических событий (рис. 31).



Рис. 31. Следы голоценовых сейсмических событий на северо-восточном берегу губы Лобанихи (фото автора).

В связи с поднятием меняется состав и структура вдольберегового потока наносов, а также состав прибрежных осадков. Так, на некоторых берегах мы можем видеть начало формирования аккумулятивного берега на месте сравнительного отмелого скального берега. У подножий скальных уступов ранее волновая деятельность была существенно сильнее, чем в настоящее время, что отразилось в

составе береговых отложений. Преобладает очень хорошо окатанная галька (до 3-4-го классов окатанности), сейчас постепенно зарастающая осоками и другой водной растительностью. Берег наступает, и галька заносится более тонким песчано-илистым осадком, формируется толща морских отложений, в основании которой лежит более крупный материал. К такому типу берега относится берег Белой губы, который также примечателен тем, что к нему выходят формы антропогенного рельефа, а именно следы уединенного жилища отшельника – скита (Репкина, Романенко, 2016). На берегу пролива Великая Салма встречается лагунный тип берега (рис.32).

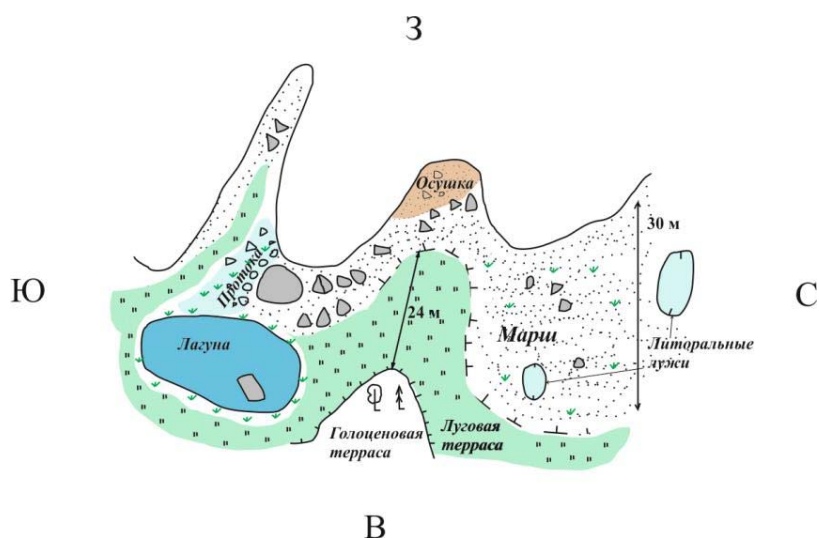


Рис. 32. Плановая зарисовка лагунного берега на берегу пролива Великая Салма (составлена автором).

Лагуны отгорожены косами и имеют сообщение с морем в виде протоков. Обычно к ним примыкают луговые террасы, переходящие в более высокие позднеголоценовые террасы. Аккумулятивные приливные берега распространены меньше других типов берегов и расположены в кутовых частях бухт, защищенных от волнового воздействия островами или близко расположенными мысами, образующими узкие ворота при входе в бухту. Такой берег существует в кутовой части губы Лобанихи, при этом восточный берег губы (представляющий собой серию субпараллельных скальных уступов) – скальный тектонический неизмененный морем (рис.33).

Залив Бабые море практически отделился от основной части акватории Кандалакшского залива и соединяется с ней двумя узкими проливами – с юга Городецким и Купчинным – с севера. В настоящее время Купчинный пролив в

отлив полностью пересыхает. Городецкий пролив глубже, но его глубины также уменьшаются.

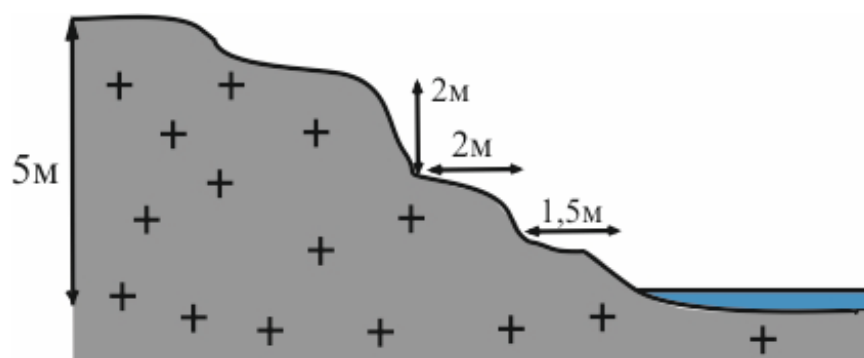


Рис. 33. Скальный тектонический неизмененный морем восточный берег губы Лобанихи (схема составлена автором).

О тектоническом подъёме говорит и состав материала, перекрывающего или слагающего гряды и уступы в центральной части острова и на его берегах. Перекрывающие скальный фундамент валуны, как правило, хорошо окатаны и по облику напоминают валунные отмостки. Ориентировка таких уступов хаотична и отражает общую извилистость палеобереговой линии, образованную сочетанием сложно построенных лагун, террас, береговых валов, валунных корг. Для тектонического обусловленного южного берега о. Великого это не характерно.

Таким образом, формирование рельефа территории в послеледниковое время происходило под воздействием положительных вертикальных движений (вызванных как неотектоникой, так и гляциоизостазией) и деятельности моря, о чем свидетельствуют часто встречаемые поднятые береговые линии. В пределах рассматриваемой территории вертикальные движения в течение голоцена протекали с различными скоростями, от 0.2 до 9 мм/год (Романенко, Шилова, 2012; Агафонова и др., 2017). Наиболее активно поднимающиеся участки характеризуются большим количеством каменных хаосов, скальных выходов и уступов по сравнению с территориями, скорость поднятия которых ниже. Для медленнее поднимающейся территории характерны заболоченные участки, палеолагуны, зарастающие водоёмы.

4.2. Рельеф и рыхлые отложения Терского берега

На Терском берегу Белого моря детальное изучение рельефа проходило на трех участках: в районе села Кузомень, ручья Столбицкий и села Чаваньга (рис. 34) в составе экспедиции географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.



Рис. 34. Расположение участков работ на Терском берегу (1 – с. Кузомень, 2 – ручей Столбицкий, 3 – с. Чаваньга)

Для района села Кузомень, расположенного на правом борту р. Варзуги, характерно широкое развитие аккумулятивных террас (Ермолов, 2010). Берег, примыкающий к депрессии р. Варзуги, имеет следующее строение: песчаная осушка и песчаный пляж окаймлены береговым валом, выше которого поднимается серия пологонаклонных поверхностей, осложненных древними береговыми валами. На поверхности террас встречаются дефляционные котловины различных размеров. В месте впадения реки в море, русло Варзуги значительно отклонено на восток мощной приустьевой косой, ширина которой достигает 3 км. Большая часть косы практически лишена растительности. Здесь преобладает эоловый рельеф, возникший, в том числе из-за деятельности человека, которая приводила к деградации почвенно-растительного покрова (рис. 35).



Рис. 35. Песчаная пустыня Терского берега (фото Мишуринского Д.В.).

Участок в районе ручья Столбицкого находится значительно восточнее долины реки Варзуги. Осушка на участке работ четко разделяется на верхнюю и нижнюю, состоит преимущественно из песка (рис. 36). Широко развиты гравийно-песчаные пляжи. Выше они прислонены к береговому валу, сложенному плитняком (плоские обломки рифейских песчаников) и плавником. Вверх по профилю поднимается целая серия цокольных террас, осложненных древними береговыми валами, некоторые из которых перевеяны. В целом можно выделить три террасовых уровня: 3-4 м, 5-6 м и 9-10 м (рис. 37). В борту одной из котловин выдувания, на третьем террасовом уровне, под слоем перевеянного песка был обнаружен органогенный горизонт, который, вероятно, представляет собой след древнего почвообразовательного процесса. Выше расположена абразионно-аккумулятивная терраса, высота которой достигает 25 м. Терраса сложена среднезернистым рыжим песком, имеющим морской генезис, с включением окатанных валунов (до четвертого класса окатанности) и гальки.



Рис. 36. Участок приливной осушки в районе устья ручья Столбицкого (фото автора).

Рельеф поверхности, расположенной выше более древней террасы высотой 30-50 м, осложнен формами рельефа мерзлотного происхождения (древний полигонально-валиковый рельеф) (рис. 38) и биогенными формами (муравейниками до 0,8 м в диаметре и 0,5 м в ширине). К востоку от ручья проходит зона контакта рифейских песчаников и кристаллических пород комплекса основания, что подчеркивается четко выраженными изменениями в рельефе (кристаллические породы комплекса основания значительно приподняты),

представляющими собой смену субгоризонтальной поверхности аккумулятивной террасы скальным массивом.

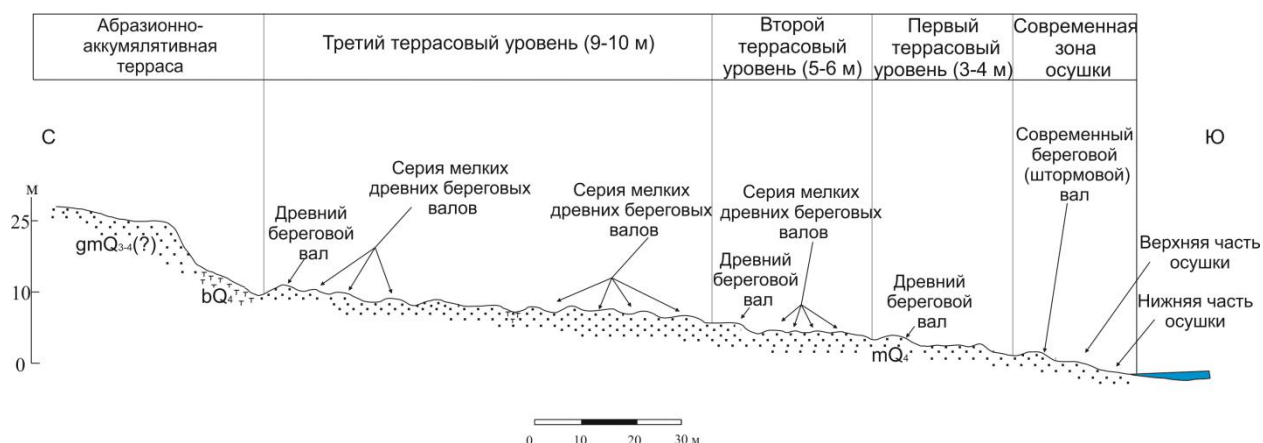


Рис. 37. Профиль через серию террас участка Терского берега, в районе ручья Столбицкого (составлен автором).



Рис. 38. Древний полигонально-валиковый рельеф (фото автора)

Для участка берега у села Чаваньга свойственно наличие щебенчато-глыбовых и валунно-глыбовых бенчей шириной до 50-70 м, на отдельных участках наблюдаются песчано-галечно-валунные пляжи. Выше поднимается субгоризонтальная абразионно-денудационная поверхность, представляющая собой перекрытую маломощным слоем рыхлых отложений поверхность фундамента. На расстоянии около пятисот метров от берега моря расположена цокольная терраса, перекрытая морскими отложениями с высотой бровки 17-20 м. Поверхность террасы осложняют котловины (вероятно, имеющие термокарстовое происхождение), занятые озёрами. В строении озерно-болотных отложений вскрываются горизонты торфа и оторфованного сапропеля, подстилаемые слабо опесчаненными илистыми отложениями. Также, в торфяном бугре под торфом был

обнаружен вечномёрзлый грунт (криотекстура массивная, с единичными линзами), кровля мерзлоты в целом повторяет форму рельефа.

Таким образом, для Терского берега типично наличие серии террас, возраст которых увеличивается по мере увеличения высоты над уровнем моря (Ермолов, 2010), что также свидетельствует о поднятии этой части побережья Белого моря. Рельеф этого района отличается широким развитием выровненных аккумулятивных и абразионно-аккумулятивных берегов (Ермолов, 2005). В отличие от вышерассмотренного участка Карельского берега для данной территории не характерно наличие форм, несущих в себе следы ледниковой обработки (Варейчук и др., 2012).

Глава 5. ДИАТОМОВЫЕ АССОЦИАЦИИ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КАНДАЛАКШСКОГО И ДВИНСКОГО ЗАЛИВОВ

5.1. КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ

5.1.1. Карельский берег

На Карельском берегу Кандалакшского залива для целей диатомового анализа нами выбраны 4 колонки из районов, которые по геолого-геоморфологическим данным (глава 4) и возможностям радиоуглеродного датирования отложений представлялись наиболее перспективными для палеогеографических реконструкций (рис. 13, 14), так как относились к поверхностям морских террас, абсолютная высота которых и отсутствие следов проявления сейсмических событий, свидетельствовали об относительно недавнем выходе поверхности из-под уровня моря и непрерывном осадконакоплении.

Колонка ВМ-2015 длиной 445 см была пробурена на позднеголоценовой морской террасе, в ложбине болота Мокрого, устье скважины находилось на высоте 9.6 м (глава 2, рис. 13). В основании вскрыты сизо-серые, глинистые, мелко-среднезернистые пески (424-445 см), которые перекрыты бирюзово-сизым сапропелем с тонкой полосчатостью (380-424 см), переходящим выше в сизо-серый сапропель, мощность которого достигает 210 см. В нижних 10 см этот сапропель слабо опесчаненный с редкими включениями зерен гравия, а завершается 10 сантиметровым слоем серо-коричневого сапропеля. Перекрыты сапропели слабо разложившимся сфагновым торфом.

Диатомовые водоросли изучены в 17 образцах с интервалом опробования 5-20 см. Суммарные концентрации диатомей существенно изменяются по разрезу. Максимально высокие (до 12 млн ств./г сухого осадка) характерны для сапропелей в интервале колонки 220-240 см. Существенно более низкие концентрации (68-77 тыс. ств./г сухого осадка) установлены в нижней части бирюзово-сизых сапропелей (интервал 400-424 см). В залегающих в основании колонки песках (424-445 см) диатомовые водоросли обнаружены не были. Таксономическое разнообразие диатомей в колонке весьма высокое, всего было идентифицировано 180 видов и разновидностей диатомовых водорослей, из них 109 видов относятся к пресноводным и 71 к морским и солоноватоводно-морским. По изменению концентраций диатомей в осадках, их таксономического разнообразия, соотношениям основных экологических групп – морских и солоноватоводно-

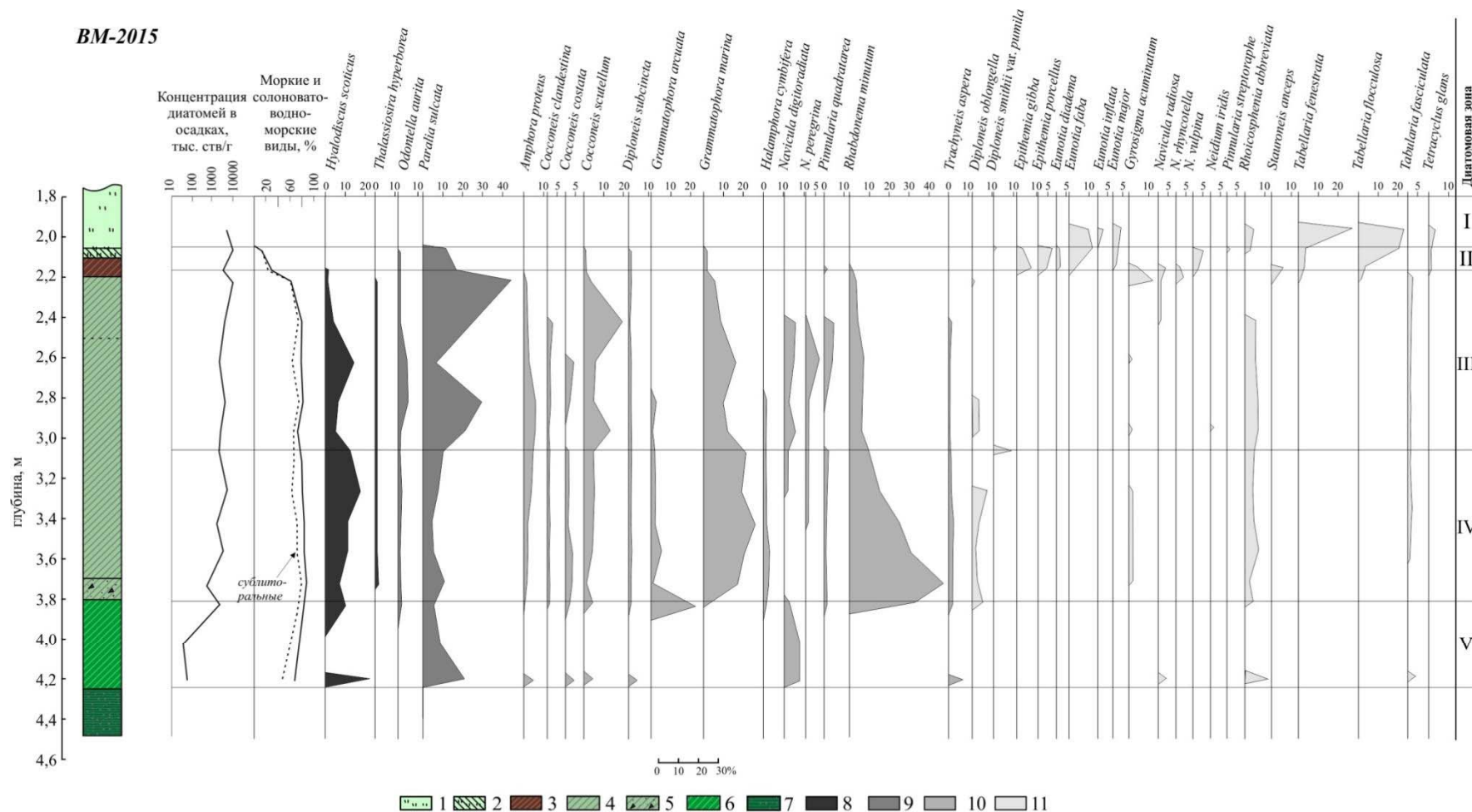


Рис. 39. Распределение диатомей в морских и озерно-болотных отложениях, вскрытых колонкой BM-2015 в ложбине болота Мокрого, Карельский берег Кандалакшского залива.

морских диатомей, и пресноводных диатомей, а также по составу доминантов и субдоминантов в колонке было выделено 5 диатомовых зон (ДЗ) (рис. 39).

В группе морских и солоноватоводно-морских диатомей отдельно было подсчитано соотношение сублиторальных диатомей, включая бентосные, перифитонные и меропланктонные виды, что позволяет оценить региональные изменения глубин моря (Джиноридзе, 1971; Polyakova, Dzinoridze et al., 2003; Полякова и др., 2017; Polyakova, Novichkova, 2018).

ДЗ V (380-424 см) выделена в слое бирюзово-сизого сапропеля с неясной тонкой слоистостью. В составе диатомовых ассоциаций из этой зоны наблюдается снизу вверх увеличение как таксономического разнообразия (от 15 до 40 таксонов), так и суммарной численности диатомей (от 0.07 до 2.3 млн ств./г). Преобладают по составу (27 видов) и по численности (87%) морские и солоноватоводно-морские диатомеи, представленные преимущественно прибрежно-морскими бентосными и перифитонными видами (*Cocconeis scutellum*, *Rhabdonema minutum*, *Grammatophora arcuata*), которые типичны для современной сублиторали Белого моря (Джиноридзе, 1971; Макарова, 1974; Бондарчук, 1970; Полякова и др., 2017;). В составе сублиторальных видов, численность которых увеличивается снизу вверх с 50 до 77%, наибольшую роль играет меропланктонный (планктонно-бентосный) вид – *Paralia sulcata* (до 19%). В целом преобладание морских и солоноватоводно-морских диатомей (73-87% общей численности в составе диатомовых ассоциаций) свидетельствует о формировании отложений в морских условиях. Пресноводные диатомеи (13-27%) представлены единичными створками *Tabellaria fasciculata*, *Navicula radiosa*.

ДЗ IV (308-380 см). На границе бирюзово-сизого сапропеля и сизо-серого сапропеля наблюдаются значительные изменения в составе диатомовых ассоциаций. Видовое разнообразие высокое (до 50 таксонов). Преобладают солоноватоводные и морские виды диатомей, суммарное содержание которых варьирует от 83 до 89%. Абсолютно господствуют сублиторальные бентосные и перифитонные виды (суммарно 85 – 94 %), среди них – *Grammatophora marina* (до 25%) и – *Rhabdonema minutum* (до 30%). Разнообразны по видовому составу, но немногочисленны морские сублиторальные бентосные и перифитонные виды: *Cocconeis scutellum*, *Rhabdonema minutum*, *Grammatophora arcuata*, *Navicula*

digitoradiata и др. Суммарная численность планктонных (*Hyalodiscus scoticus*, *Thalassiosira hyperborea*) и меропланктонных (*Paralia sulcata*, *Odontella aurita*) видов диатомей составляет 0.5 – 1.8 млн ств./г, а их доля в составе группы морских диатомей варьирует от 17% до 27%. Помимо морских диатомей постоянно, но в небольших количествах (10-16%), встречаются пресноводные диатомеи, поступающие в прибрежную зону моря с поверхностным стоком. Они представлены почти исключительно бентосными и перифитонными видами, обитающими в водоемах различного типа (озера, болота, ручьи и реки) побережья Белого моря (Шилова, 2011): *Eunotia tetraodon*, *Gyrosigma acuminatum* и др. Вместе с тем, отсутствие планктонных видов, типичных для крупных рек бассейна Белого моря (Полякова и др., 2017) свидетельствует об отсутствии значительного речного стока в район исследований. Согласно используемой нами системе галобности видов (Kolbe, 1927; Simonsen, 1962; Pankow, 1990), большая часть установленных пресноводных диатомей являются олигогалолами – индифферентами - *Diploneis oblongella*, *Gyrosigma acuminatum* и *G. attenuatum*. Также встречаются и олигогалофы – галофилы *Achnanthes adnata*, *Rhoicosphenia abbreviata*, выдерживающие незначительное повышение солености вод (до 5 епс) и свойственные литорали и лагунам Белого моря.

ДЗ III (220-308 см). Зона выделена в верхней части горизонта сизо-серого сапропеля (рис. 39). Для этого интервала осадков характерно в целом последовательное увеличение суммарных концентраций диатомей до максимальных для данной колонки значений - 12 млн ств./г. Доминируют морские и солоноватоводно-морские виды (от 66 до 87%), а в их составе широко эвригалинный меропланктонный вид *Paralia sulcata* – типичный обрастатель высших водных растений в Белом море (Георгиев, 2010, 2013; Полякова и др., 2017). Для этого интервала осадков характерно в целом сокращение численности планктонных морских видов и увеличение доли перифитонных видов. Видовой состав этой группы практически не меняется по сравнению с диатомовыми ассоциациями из нижней части сизо-серого сапропеля. Состав пресноводных диатомей также не меняется в этом интервале осадков.

ДЗ II (205-220 см). выделена в слое серо-коричневого сапропеля, где суммарные концентрации диатомей составляют 5-11.4 млн ств./г. Видовое

разнообразие, численность и процентное содержание морских и солоноватоводных диатомей в этих отложениях резко сокращается (1.8 млн ств./г, 15-35 %). Группа морских диатомей представлена створками меропланктонных видов *Paralia sulcata* и *Odontella aurita*, последний чрезвычайно конкурентоспособен при температурах от -1.5 до 6 ° С, что способствует его преобладанию зимой и весной, при этом при температуре воды > 6° вид существует в качестве обрастателя, а при температуре ~ 0° отрывается от поверхности и вегетирует в составе планктона, поэтому летом и осенью вид характерен для бентосных сообществ, а зимой и весной для фитопланктона (Baars, 1986). Среди морских диатомей также встречаются немногочисленные бентосные и перифитонные диатомеи (*Grammatophora marina*, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* др.). Вместе с тем, в составе диатомовых ассоциаций появляются в значительных количествах пресноводные виды (68-86%), характерные для болот и озёр, такие как *Tabellaria flocculosa*, *T. fenestrata*.

ДЗ I (180-205 см). В толще слабо разложившегося торфа, в составе диатомовых ассоциаций практически полностью исчезают морские и солоноватоводно-морские диатомеи (~1%). Доминируют пресноводные озерно-болотные виды родов *Eunotia*, *Tabellaria*. Суммарные концентрации диатомей высокие – 7 млн ств./г.

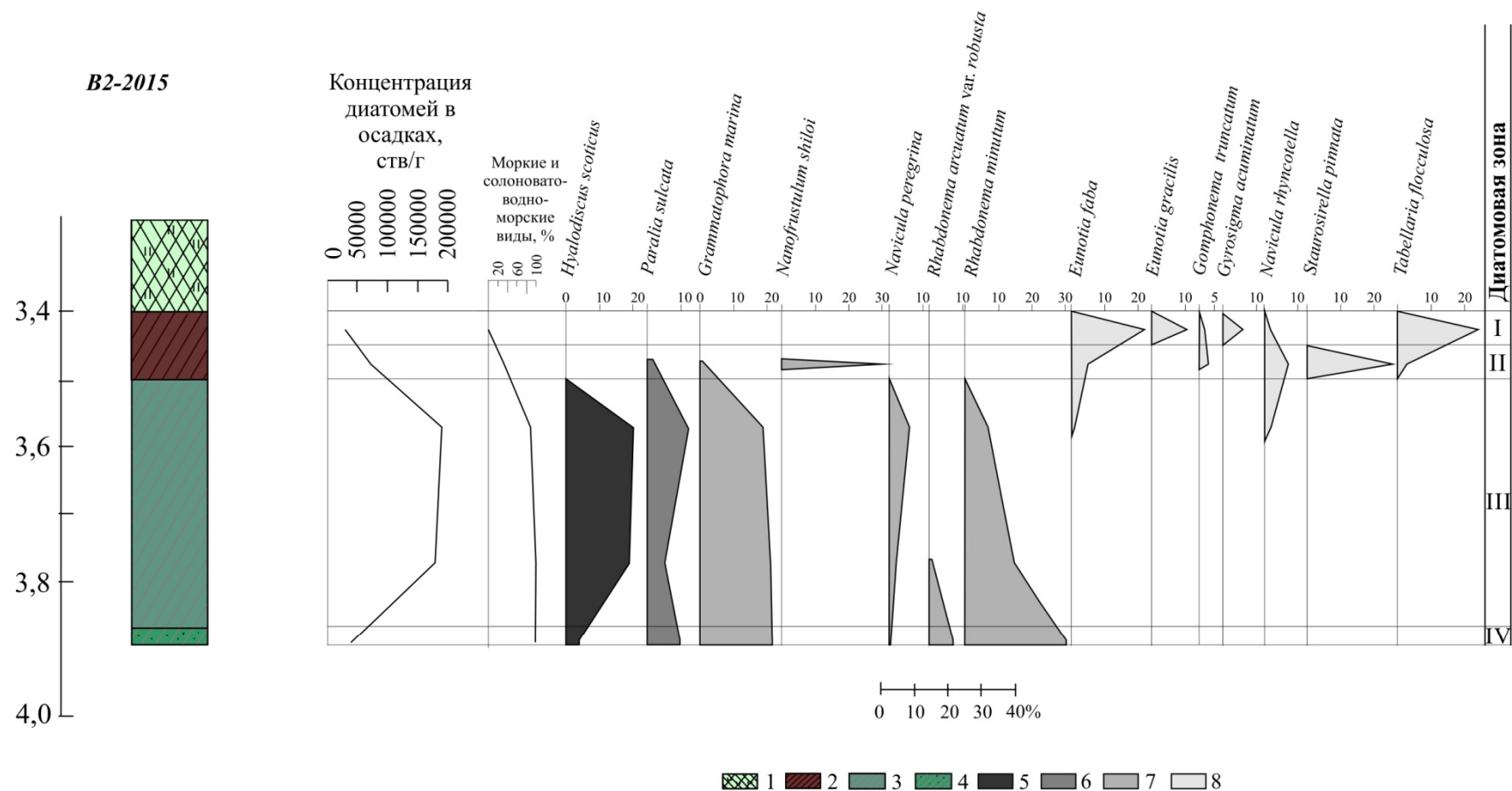
Таким образом, полученные результаты диатомового анализа отложений колонки ВМ-2015 и возрастная интерпретация осадков, основанная на корреляции отложений колонок (рис. 18) позволяют реконструировать следующую последовательность палеогеографических событий в районе озера Мокрого на Карельском берегу Белого моря. Отсутствие диатомовых водорослей в сизо-серых глинистых мелко-среднезернистых песках, залегающих в основании разреза, вероятно, связано с неблагоприятными для сохранности створок диатомей активными гидродинамическими условиями относительно глубокого открытого морского залива, существовавшего с начала верхнего дриаса. Основываясь на данных геоморфологической съемки (Глава 4) залив мог составлять единое целое с проливом Великая Салма и Ругозерской губой. К концу верхнего дриаса (ДЗ V) сохранялся приливной водообмен, но происходило некоторое обособление вод котловины, глубина водоема уменьшалась. Толще ДЗ IV соответствует более мелкий, хорошо прогреваемый водоем, представляющий собой открытую лагуну, которая существовала с начала бореального времени до ранней атлантики. В толще

ДЗ III сокращение процентного содержания планктонных морских и солоноватоводно-морских видов в диатомовых ассоциациях и увеличение перифитонных видов, главным образом, за счет меропланктонной *Paralia sulcata*, свидетельствует о том, что глубина лагуны постепенно уменьшалась к концу атлантического времени. Затем исходный водоем потерял связь с открытой частью морского бассейна и роль поверхностного стока с суши увеличилась (ДЗ II). Это стадия водоема переходного типа, который существовал с начала суббореального периода. На современном этапе развития образовалось озеро (ДЗ I), которое в настоящее время постепенно зарастает.

Колонка B2-2015 длиной 390 см, расположенная на Карельском берегу у озера Тетеревиное на высоте 27.1 м (глава 2, рис. 13), вскрывает отложения среднеголоценовой морской террасы, в основании которой залегает сизовато-серый, глинистый, тонкозернистый, хорошо сортированный песок. Его перекрывает буро-коричневый и сизовато-бурый сапропель с обугленными остатками корней травянистой растительности и толща слабо разложившегося сфагнового торфа мощностью 340 см (рис. 13).

Диатомовые водоросли изучены в 11 образцах с интервалом опробования 5-20 см. Суммарные концентрации диатомей существенно изменяются по разрезу (рис. 40). Наиболее высокие (200 тыс. ств./г сухого осадка) характерны для сизовато-бурого сапропеля, существенно более низкие концентрации – для глинистого песка (39 тыс. ств./ г) и буро-коричневого сапропеля (28-74 тыс. ств./ г). В плотном слабо разложившемся сфагновом торфе из верхней части разреза (0-340 см) диатомовые водоросли обнаружены не были. Диатомовые ассоциации представлены 96 видами и разновидностями. Наибольшее таксономическое разнообразие установлено для пресноводных диатомей (52 таксона). Группа морских и солоноватоводных диатомей включает 44 таксона. На основе изменения состава диатомовых ассоциаций выделено четыре диатомовые зоны (ДЗ) (рис. 40).

ДЗ IV (387-390 см). Из слоя сизовато-серого, глинистого, тонкозернистого песка, залегающего в основании разреза, изучен один образец (388-390 см). Для него отмечены относительно низкие концентрации диатомей (40 тыс. ств./г.), и их таксономическое разнообразие (20 видов). Ассоциации представлены почти исключительно морскими и солоноватоводно-морскими диатомеями (99%). Основу



Условные обозначения:

Литология: 1 - плотный слабо разложившийся сфагновый торф, 2 - буро-коричневый сапропель, 3 - сизовато-бурый сапропель с обугленными остатками корней травянистой растительности, 4 - песок сизовато-серый, глинистый, тонкозернистый, хорошо сортированный.

Основные экологические группы диатомей: 5-7 - морские и солоноватоводно-морские: 5 - планктонные неритические и панталассные, 6 - меропланктонные, 7 - сублиторальные бентосные и перифитонные; 8 - пресноводные.

Рис. 40. Распределение диатомей в морских и озерно-болотных отложениях, вскрытых колонкой B2-2015 в ложбине у оз. Тетеревиное, Карельский берег Кандалакшского залива.

диатомовых ассоциаций составляют планктонные и меропланктонные виды морских диатомей – *Paralia sulcata* и *Hyalodiscus scoticus*, а также бентосные виды *Grammatophora marina* и *Cocconeis scutellum*. Пресноводные виды представлены единичными створками *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*.

ДЗ III (350-387 см). Перекрывающий нижнюю толщу сизовато-бурый сапропель содержит обильные и таксономически разнообразные диатомовые ассоциации, представленные преимущественно морскими и солоноватоводно-морскими бентосными и перифитонными видами (*Grammatophora marina*, *Rhabdonema minutum*), типичными для сублиторали Белого моря (Джиноридзе, 1971; Полякова и др., 2017; Бондарчук, 1980а). Высока роль в составе диатомовых ассоциаций планктонных и меропланктонных видов *Hyalodiscus scoticus* и *Paralia sulcata* (до 33%). В группе пресноводных диатомей (в сумме 5-11 %) в небольших количествах отмечены *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Cocconeis placentula*, *Rhoicosphenia abbreviata*, встречающиеся как в пресноводных водоемах, так и на литорали морей. Концентрации створок диатомей максимальные в разрезе и достигают 187-194 тыс. ств./ г. Состав диатомовых ассоциаций свидетельствует о формировании отложений в прибрежно-морских условиях.

ДЗ II (345-350 см). Для нижней части залегающего выше буро-коричневого сапропеля свойственно наличие как морских и солоноватоводно-морских видов, так и пресноводных озерных видов. Концентрация диатомей в слое – 74 тыс. ств./ г. Суммарное содержание морских и солоноватоводно-морских диатомей в ассоциациях снижается до 36%. Диатомовые ассоциации представлены как морскими видами, которые также были обнаружены в ДЗ III – *Grammatophora marina*, *G. arcuata* и *Cocconeis scutellum*, так и пресноводными видами *Stauroneis parvula*, *Gomphonema truncatum* и *Gyrosigma attenuatum*. Стоит отметить ведущую роль в составе и численности морских и солоноватоводно-морских диатомей вида *Nanofrustulum shiloi*, характерного для обрастаний прибрежной зоны в пределах как нижней части литорали, так и в верхней, в том числе и в отделяющихся от моря водоемах (Шилова, Репкина, 2017). В составе диатомовых ассоциаций появляются виды, характерные для болот и озёр: *Tabellaria flocculosa*, *T. fenestrata*.

ДЗ I (345-340 см). В верхней части толщи буро-коричневого сапропеля концентрация диатомей составляет 29 тыс. ств./г. Диатомовые ассоциаций

представлены исключительно пресноводными видами, среди которых доминируют представители родов *Eunotia* и *Tabellaria* (64%).

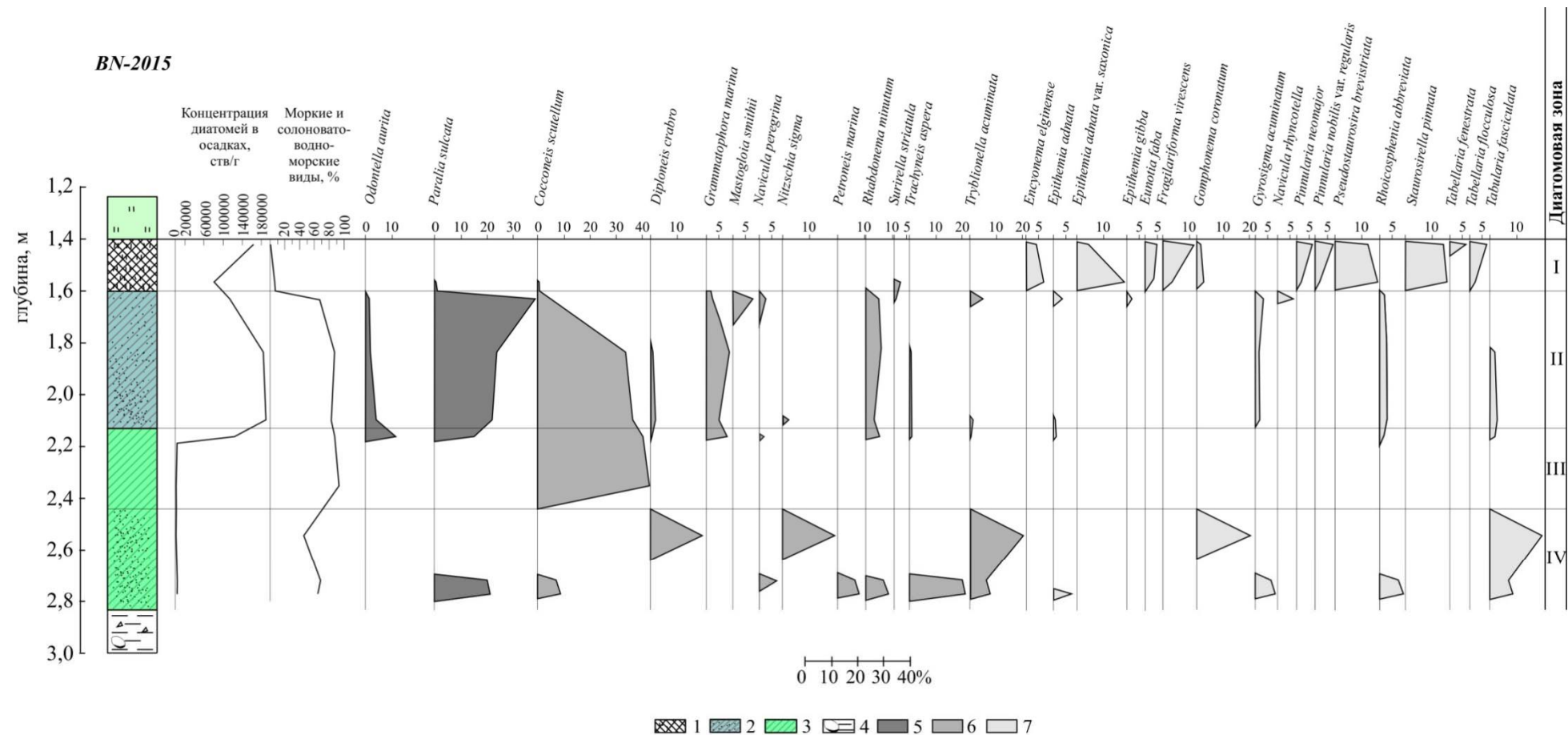
Полученные данные позволяют предположить, что, возможно, в конце позднего дриаса (ДЗ IV) в районе оз. Тетеревиного на Карельском берегу Кандалакшского залива существовал морской залив, который, судя по литологическому составу отложений и относительно низким концентрациям диатомей, характеризовался активным гидродинамическим режимом. Последующая эволюция водоема включала в себя несколько стадий. На первой стадии, соответствующей накоплению сизовато-бурых сапропелей (ДЗ III) в прибрежно-морских условиях, существовал приливной водообмен. В ходе изоляции исходного водоема от моря образовался водоем переходного типа, вероятно, отделяющаяся от основной акватории моря лагуна, произошло опреснение её вод (ДЗ II). Эта стадия на современном этапе сменилась озерной (ДЗ I).

Колонка BN-2015 пробурена на позднеголоценовой морской террасе, у болота Долгого, на высоте 3.6 м, длина колонки – 300 см (глава 2, рис. 13) на Карельском берегу Кандалакшского залива. В основании разреза залегает сильно опесчаненный суглинок с галькой и гравием, перекрываемый слабо опесчаненным сизо-серым сапропелем и слабо опесчаненным сизо-бирюзовым сапропелем. В ее верхней части вскрывается слабо разложившийся сфагновый торф (рис. 13).

Диатомовые ассоциации из отложений, вскрытых данной колонкой в ложбине болота Долгого, были изучены в 11 образцах. Концентрации створок диатомей в отложениях варьируют в широких пределах от 0.6 до 188 тыс. ств./г (рис. 41), резко возрастая на глубине 230 см. Таксономическое разнообразие диатомей в исследованных отложениях весьма разнообразно, установлено около 118 видов и разновидностей диатомовых водорослей, как морских и солоноватоводно-морских (66 видов), так и пресноводных (52 вида).

Изучение сообществ диатомовых водорослей позволило выделить четыре диатомовые зоны (ДЗ) на основе изменения концентрации и таксономического разнообразия диатомей (рис. 41).

ДЗ IV (244-280 см) выделена в бирюзово-сером слабо опесчаненном сапропеле, залегающем в основании разреза. Для нее характерны очень низкие концентрации



Условные обозначения:

Литология: 1 - плотный слабо разложившийся сфагновый торф, 2 - сизо-серый сапропель, слабо опесчаненный, 3 - сапропель бирюзово-серый, с 244 см - слабо опесчаненный, 4 - сильно опесчаненный суглинок с галькой и гравием.

Основные экологические группы диатомей: 5-6 - морские и солоноватоводно-морские: 5 - меропланктонные, 6 - сублиторальные бентосные и перифитонные; 7 - пресноводные.

Рис. 41. Распределение диатомей в морских и озерно-болотных отложениях, вскрытых колонкой BN-2015 в ложбине болота Долгого, Карельский берег Кандалакшского залива.

диатомей (1-4 тыс. ств./г), и их таксономическое разнообразие (13 видов). Основу диатомовых ассоциаций составляют солоноватоводно-морские и морские виды, суммарное содержание которых в диатомовых ассоциациях варьирует от 50 до 73%. Из них наиболее разнообразны и обильны бентосные и перифитонные виды, типичные для сублиторали и литорали Белого моря (*Cocconeis scutellum*, *Rhabdonema minutum*). Изредка в небольших количествах встречается один меропланктонный вид – *Paralia sulcata*. Довольно разнообразны и многочисленны (27-50%) пресноводные диатомеи, представленные типичными для бентоса и перифитона озер, болот, небольших рек севера Евразии видами (*Tabellaria fenestrata*, *Eunotia faba*, *Surirella librile* и др.). Доля пресноводных видов возрастает к верхней границе диатомовой зоны.

ДЗ III (213-244 см) выделена в верхней части бирюзово-серого сапропеля. Концентрации диатомей в данной зоне низкие – 0.1 до 0.6, при этом в верхней части толщи, на контакте с вышележащим сизо-серым слабо опесчаненным сапропелем концентрации увеличиваются до 124 тыс. ств./г. Доля солоноватоводно-морских и морских видов изменяется от 94 до 100%. Доминируют сублиторальные бентосные виды *Cocconeis scutellum*, *Grammatophora marina*, *Rhabdonema minutum*. В больших количествах (24%) появляются меропланктонные виды *Odontella aurita* и *Paralia sulcata*. Немногочисленные пресноводные виды представлены *Tabularia fasciculata* и *Rhoicosphenia abbreviata*.

ДЗ II (160-213 см). Для залегающего выше сизо-серого слабо опесчаненного сапропеля свойственно наличие как солоноватоводно-морских и морских видов, так и пресноводных озерно-болотных видов. Концентрации диатомей в толще максимально высокие изменяются от 110 до 188 тыс. ств./г. Постоянно преобладают морские и солоноватоводно-морские виды (от 72 до 94%). При этом в данном интервале отложений максимальную численность и долю в диатомовых ассоциациях имеют два эвригалинных меропланктонных вида *Paralia sulcata* и *Odontella aurita*, суммарное процентное содержание которых в ассоциациях постепенно возрастает вверх по разрезу (до 38%). Пресноводные диатомеи весьма немногочисленны, хотя и разнообразны по видовому составу. Всего идентифицировано 29 пресноводных видов, среди них наиболее обильны *Diploneis oblongella*, *Gyrosigma acuminatum* и *G. attenuatum*. В целом доля пресноводных

видов в ассоциациях увеличивается до 28%. Также в небольших количествах встречаются галофильные виды *Achnanthes adnata*, *Rhoicosphenia abbreviata*.

ДЗ I (140-160 см) приурочена к слою слабо разложившегося торфа и характеризуется кардинальными изменениями состава диатомовых ассоциаций. Морские и солоноватоводно-морские диатомеи элиминируют из состава диатомовых ассоциаций, которые представлены исключительно пресноводными озерно-болотными видами родов *Eunotia*, *Tabellaria*. Широко представлены пресноводные виды-обрастатели *Pseudostaurosira brevistriata*, *Gomphonema coronatum*, *G. acuminatum*. Концентрации диатомей высокие – 81-167 тыс. ств./г.

Таким образом, изученные диатомовые ассоциации позволяют охарактеризовать следующие основные этапы палеогеографического развития в районе болота Долгое в голоцене. Залегающие в основании разреза отложения имеют морское происхождение, вероятно, их накопление происходило в распресненных за счет поверхностного континентального стока условиях, о чем свидетельствует значительная численность пресноводных диатомей (ДЗ IV). Увеличение концентраций и преобладание видов, типичных для зон литорали, свидетельствуют об уменьшении глубины в начале суббореального периода (ДЗ III). Судя по растущему числу пресноводных видов, образовывался водоем переходного типа, в который поступали воды мелких водотоков (ДЗ II), а затем, достаточно быстро, на его месте образовалось озеро (ДЗ I), которое сейчас постепенно зарастает.

Колонка 9-16 длиной 490 см была пробурена на Карельском берегу Кандалакшского залива на позднеголоценовой морской террасе, у западной оконечности п-ва Киндо, на южном берегу озера Серп, на высоте 7.9 м (рис. 13). Колонкой была вскрыта светло-серая опесчаненная глина с включениями дресвы, перекрываемая трехметровой толщей торфа разной степени разложения. Согласно данным радиоуглеродного датирования (1330 ± 80 , ГИН-15474) возраст нижней части торфа на контакте с глиной – 1177-1320 к.л. (глава 2, табл. 2).

В результате детальных исследований диатомовых водорослей в 34 образцах были выделены пять ДЗ (рис. 42). Диатомовые комплексы в колонке весьма разнообразны, было установлено 317 видов, из них 47 – морских, 45 – солоноватоводно-морских и 225 пресноводных. Концентрации диатомей в колонке

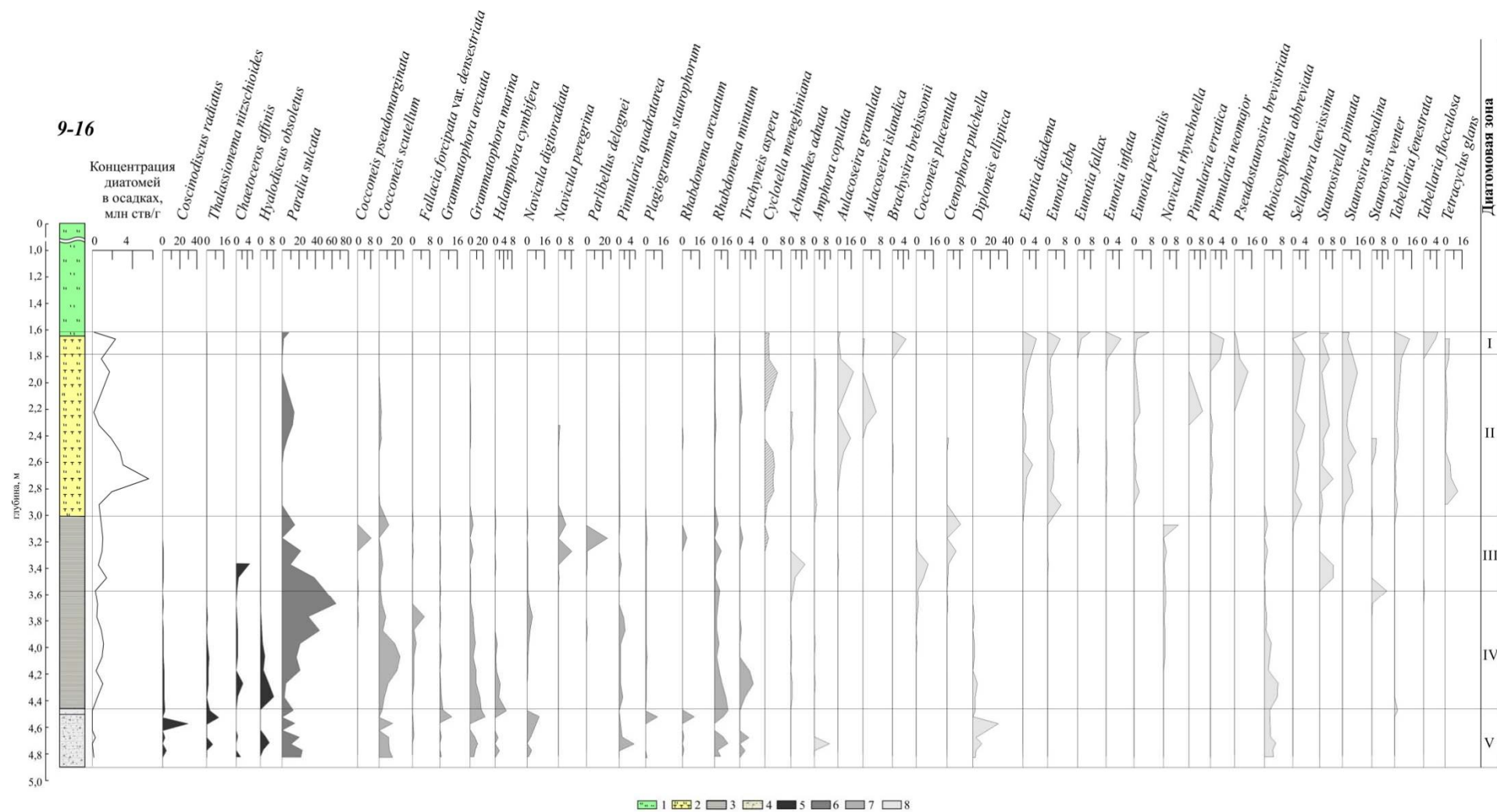


Рис. 42. Распределение диатомей в морских и озерно-болотных отложениях, вскрытых колонкой 9-16 у озера Серп, п-ов Киндо, Карельский берег Кандакшского залива.

изменяются в широких пределах от 30 створок до 5.9 млн ств./г, в целом увеличиваясь вверх по разрезу колонки. Процентное содержание морских и солоноватоводно-морских диатомей последовательно сокращается также вверх по разрезу колонки от 80-90% до 15-20%, при соответствующем увеличении доли пресноводных диатомей в ассоциациях (рис. 43).

ДЗ V (445-490 см) соответствует опесчаненной глине с включениями гравия, залегающей в основании разреза. Концентрации диатомей минимальные в колонке (от 30 ств./г до 280 тыс. ств./г). Основу диатомовых ассоциаций составляют морские сублиторальные *Grammatophora marina*, *Cocconeis costata*, *C. scutellum* и планктонные неритические виды *Coscinodiscus radiatus*, *Thalassionema nitzschioides* и солоноватоводно-морской эвригалинный меропланктонный вид *Paralia sulcata*. Содержание планктонных неритических видов максимальное для всего разреза, и в отдельных интервалах достигает 40-45%. Доля пресноводных видов, в основном представителей родов *Pinnularia* и *Epithemia*, не превышает 6-33%. При этом выделяются интервалы, где пресноводные виды не были обнаружены (рис. 43). Состав диатомовых ассоциаций отражает морские условия осадконакопления.

ДЗ IV (357-445 см) относится к нижней части толщи светло-серой слабо опесчаненной глины. Концентрации диатомей увеличиваются до 0.3 – 1.1 млн ств./г. Зона характеризуется преобладанием морских и солоноватоводно-морских видов *Hyalodiscus obsoletus*, *Thalassiosira anguste-lineata*, *Odontella aurita*, *Paralia sulcata*, *Hyalodiscus scoticus* и другие (суммарное содержание 92-97%). При этом среди них содержание сублиторальных видов *Trachyneis aspera*, *Plagiogramma staurophorum* и др., включая меропланктонные *Paralia sulcata*, *Hyalodiscus scoticus*, увеличивается до 98% (рис. 43), что свидетельствует об уменьшении глубин водоема. Доля пресноводных видов (*Tabularia fasciculata*, *Rhoicosphenia abbreviata* и др.) составляет 3-8%.

В ДЗ III (300-357 см), соответствующей верхней половине толщи светло-серой слабо опесчаненной глины, концентрации диатомей составляют 0.6 – 1.5 млн ств./г. При этом в составе диатомовых ассоциаций происходят значительные изменения. Существенно увеличивается содержание (до 25-60%) и разнообразие (11-17 видов) пресноводных видов. Начинают появляться виды, относящиеся к речному и озерному планктону *Cyclotella meneghiniana*, *C. distinguenda*. При этом доля

морских и солоноватоводно-морских ассоциаций, сходных по составу с нижележащей толщей, уменьшается, но все ещё остается достаточно высокой.

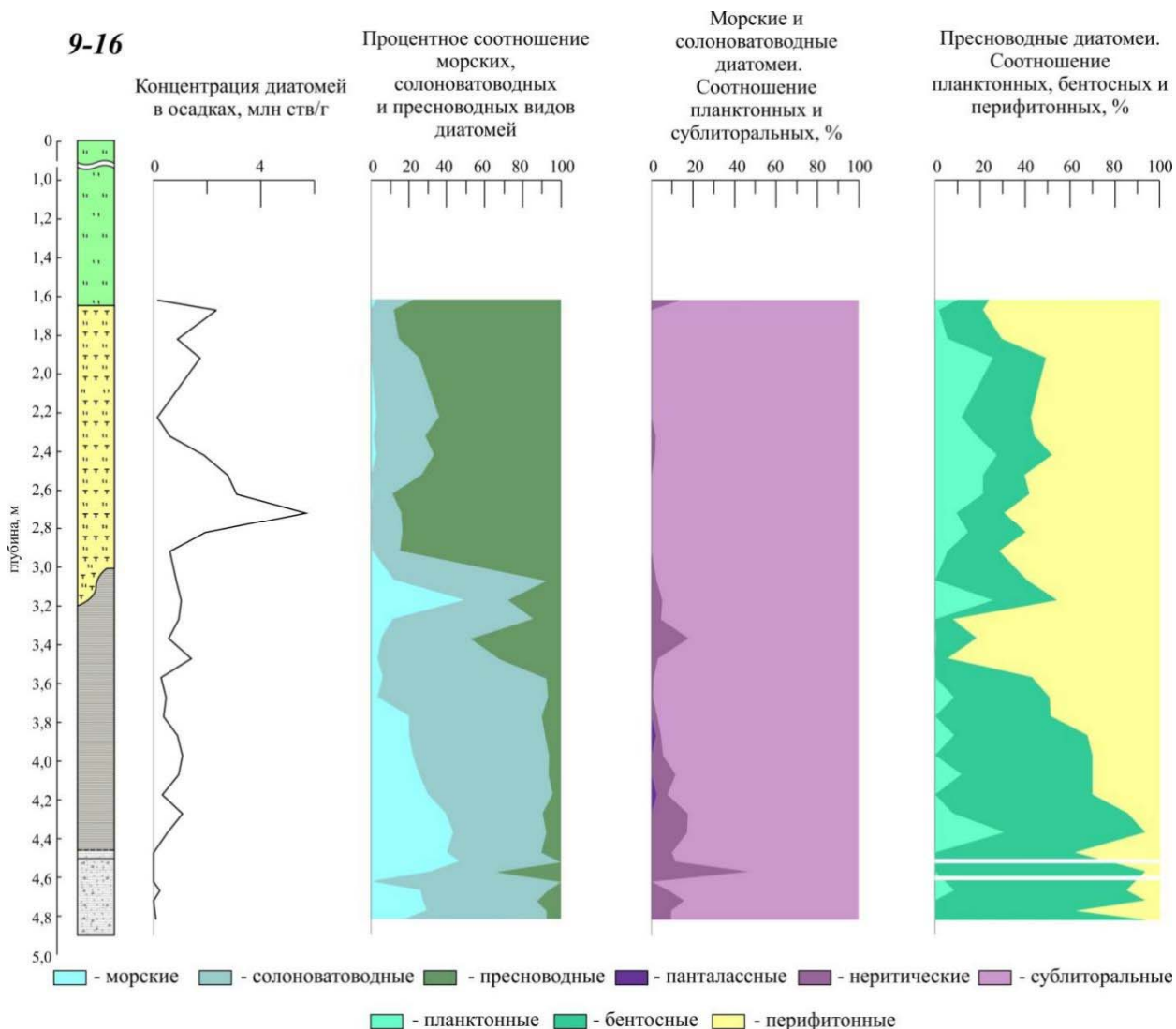


Рис. 43. Соотношение основных экологических групп диатомей в колонке 9/16, у озера Серп, п-ов Киндо, Карельский берег Канда拉克шского залива.

ДЗ II (179-300 см) охватывает практически всю толщу светло-бурого слабо разложившегося торфа. Концентрации диатомей достигают максимальных значений (6 млн ств./г). Для данной зоны характерно доминирование пресноводных видов диатомей (64-84%), преимущественно перифитонных видов (до 55%) *Pseudostaurosira brevistriata*, *Achnanthisdium anastasiae*, *Cymbella arctica* и др. Увеличивается число планктонных пресноводных видов таких как *Aulacoseira granulata*, *A. subarctica* и *Cyclotella meneghiniana*, что свидетельствует об озерных условиях осадконакопления. Суммарное процентное содержание пресноводных планктонных видов возрастает до 25% (рис. 43).

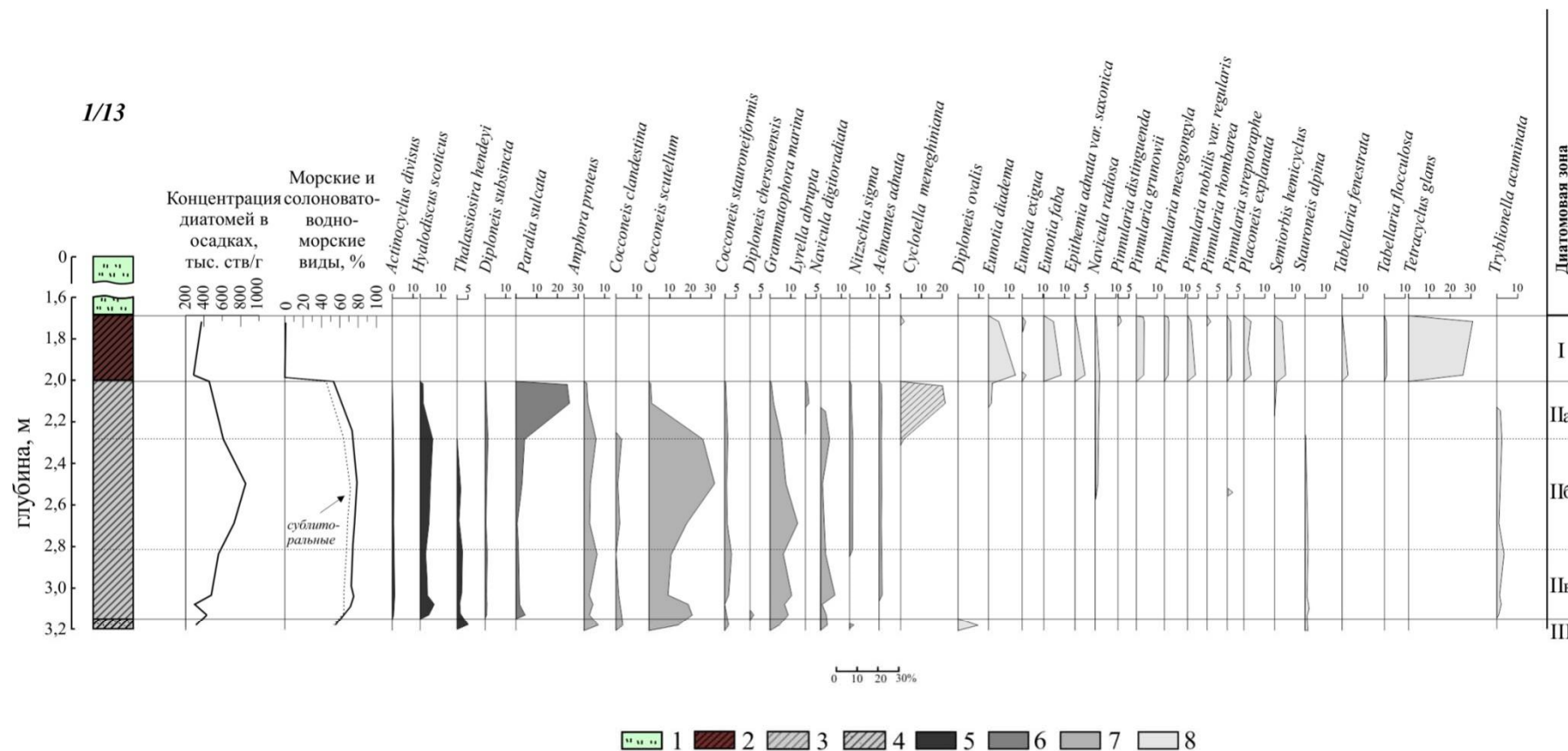
ДЗ I (160-179 см) относится к верхней части светло-бурого слабо разложившегося торфа. Концентрации диатомей в данной зоне не превышают 2 млн ств./г. В составе диатомовых ассоциаций преобладают типичные болотные виды *Brachysira brebissonii*, *B. brebissonii* f. *thermalis*, представители родов *Eunotia* и *Fragilaria*. Практически исчезает пресноводный планктон (4-12%).

Смена диатомовых ассоциаций в колонке **9-16** отражает особенности природной среды, начиная с конца суббореального времени, судя по данным радиоуглеродного датирования (глава 2, табл. 2). Формирование нижней части колонки происходило в условиях низко продуктивного морского залива (ДЗ V), который, судя по наличию неритических морских видов диатомей, имел связь с основной акваторией Кандалакшского залива, во второй половине суббореального времени – начале субатлантического климатического периода. Увеличение доли сублиторальных морских видов, а также растущее число солоноватоводных видов свидетельствует о трансформации исходного залива в лагуну (ДЗ IV). В ходе дальнейшего постгляциального поднятия территории водоем стал терять устойчивую связь с морем и увеличилось поступление пресных вод малыми водотоками, что отражается в растущем числе пресноводных видов в составе диатомовых ассоциаций (ДЗ III). В дальнейшем на месте водоема переходного типа образовалось пресноводное озеро (ДЗ II), а затем и болото (ДЗ I).

5.1.2. Остров Великий

Колонка 1/13 (длина 320 см). Диатомовые водоросли были изучены в датированной радиоуглеродным методом (Агафонова и др., 2016) колонке морских и озерно-болотных отложений, полученной вблизи озера Малого Еремеевского. Озеро находится в западной части о. Великого в Кандалакшском заливе, в понижении скального фундамента, сложенного архейскими гнейсами. Бурение и отбор образцов производились на северо-восточном берегу озера, на прилегающем к нему заболоченном участке, абсолютной высотой – 9 м.

Снизу вверх в колонке вскрываются: пятисантиметровый слой опесчаненного сапропеля, который перекрыт серым сапропелем (170–315 см) (рис. 14) и на глубинах от 170 см до 200 см темно-бурым сапропелем, возраст которого по результатам радиоуглеродного датирования современный, после калибровки – 1895–1949 гг. (ГИН-15054). Затем отложения сменяются на слабо разложившийся



Условные обозначения:

Литология: 1 - плотный слабо разложившийся сфагновый торф, 2 - буро-коричневый сапропель, 3 - сизовато-бурый сапропель с обугленными остатками корней травянистой растительности, 4 - песок сизовато-серый, глинистый, тонкозернистый, хорошо сортированный.

Основные экологические группы диатомей: 5-7 - морские и солоноватоводно-морские: 5 - планктонные неритические и панталассные, 6 - меропланктонные, 7 - сублиторальные бентосные и перифитонные; 8 - пресноводные, штриховкой отмечены планктонные виды.

Рис. 44. Распределение диатомей в морских и озерно-болотных отложениях, вскрытых колонкой 1/13 в западной части о. Великого, Кандалакшский залив.

торф (0-170 см). Такой разрез в целом является типичным береговым разрезом голоценовых отложений Беломорья (Субетто и др., 2010).

Диатомеи изучены в 12 образцах с интервалом опробования 5-20 см. Концентрации диатомей существенно изменяются по разрезу (рис. 44). Высокие (899 тыс. ств./г) характерны для сапропелей, существенно более низкие (296-376 тыс. ств./г) концентрации для слабо разложившегося торфа. Диатомовые ассоциации в исследованных отложениях таксономически разнообразны, всего идентифицировано 147 видов и разновидностей диатомей, из них 59 видов – морские и солоноватоводно-морские и 88 – пресноводные. По изменению концентраций диатомей в осадках и их таксономического разнообразия, соотношению основных экологических групп, а также по составу доминантов и субдоминантов в колонке было выделено три диатомовые зоны (ДЗ) (рис. 44).

ДЗ III (315-320 см). Для слоя сизовато-серого глинистого песка, залегающего в основании разреза, характерны относительно низкая концентрация диатомей (322 тыс. ств./г) и их таксономическое разнообразие (43 вида, 20 – морских и солоноватоводно-морских, 23 – пресноводных). Доля морских и солоноватоводно-морских видов в данной диатомовой зоне составляет 61%. Основу диатомовых ассоциаций составляют морские бентосные виды *Grammatophora marina*, *Amphora proteus* и *Cocconeis scutellum*. Встречаются створки морских неритических видов *Thalassiosira hendeyi* (около 5 %) и *Thalassiosira angulata* (менее 1 %). В составе пресноводных видов доминируют бентосные и перифитонные *Tabularia fasciculata*, *Diploneis ovalis*, *Staurosirella pinnata*. Формирование данной ДЗ происходило в условиях мелководного залива, в который поступали пресные воды.

ДЗ II (200-315 см). Перекрывающий песок сизовато-бурый сапропель содержит обильные диатомовые ассоциации, представленные как морскими и солоноватоводно-морскими, так и пресноводными видами. Суммарные концентрации створок диатомей возрастают вверх по этой толще, достигая максимальных значений в ее средней части – 899 тыс. ств./г, и последовательно снижаются до 509 тыс. ств./г на границе с буро-коричневым сапропелем. Доминируют почти по всему разрезу этого сапропеля морские и солоноватоводно-морские диатомеи (около 70-80%) за исключением верхних 20 см, где их содержание последовательно сокращается до нуля.

Судя по составу диатомовых ассоциаций – сизовато-бурый сапропель формировался, видимо, в условиях зарастающей лагуны или мелководного залива с обильной водной растительностью. Вместе с тем, условия осадконакопления за время его формирования изменялись, что отразилось на составе диатомовых ассоциаций, которые позволяют выделить в этой ДЗ три подзоны (а, б, в). На глубинах 281-315 см (подзона Пв) суммарные концентрации диатомей постепенно возрастают в два раза от 306 до 601 тыс. ств./г. В составе диатомовых ассоциаций увеличивается содержание морских и солоноватоводно-морских диатомей (до 71%), среди них преобладают (89-92%) сублиторальные бентосные и перифитонные виды *Cocconeis scutellum*, *C. stauroneiformis* и др.; немногочисленные планктонные неритические виды *Actinocyclus divisus* и *Hyalodiscus scoticus* в сумме составляют до 11%.

На глубинах 281-227 см (подзона Пб) концентрации диатомей максимальные для всего разреза 641-899 тыс. ств./ г. Диатомеи весьма разнообразны (45 таксонов), и в их составе преобладают морские и солоноватоводно-морские виды (37 таксонов) Суммарное содержание морских и солоноватоводно-морских диатомей в ассоциациях достигает 79-87%. В их составе преобладают (88-90%) разнообразные сублиторальные преимущественно бентосные и перифитонные виды, при этом численность *Cocconeis scutellum* в этом интервале достигает максимальных значений (25-35%). Постоянно присутствуют в небольших количествах также *Grammatophora marina*, *G. hamulifera*, *Amphora proteus*, *Navicula digitoradiata* и другие, и меропланктонный вид *Paralia sulcata* (4-5%), что свидетельствует о мелководности водоема. Планктонные морские виды представлены неритическими *Actinocyclus divisus* и *Hyalodiscus scoticus* (5-8%). Пресноводные диатомеи представлены бентосными видами *Stauroneis alpina*, *Pinnularia streptoraphe*, *Navicula radiosa* и *Tabularia fasciculata*.

На глубинах 227-200 см (подзона Па) в верхней части сизовато-бурого сапропеля (ДЗ Па) суммарные концентрации створок диатомей – 509 тыс. ств./г. Доля пресноводных видов достигает 49%. Для этого интервала осадков характерно наличие двух доминантных видов диатомей – морского эвригалинного меропланктонного *Paralia sulcata* (26%) и пресноводного планктонного *Cyclotella meneghiniana* (22%).

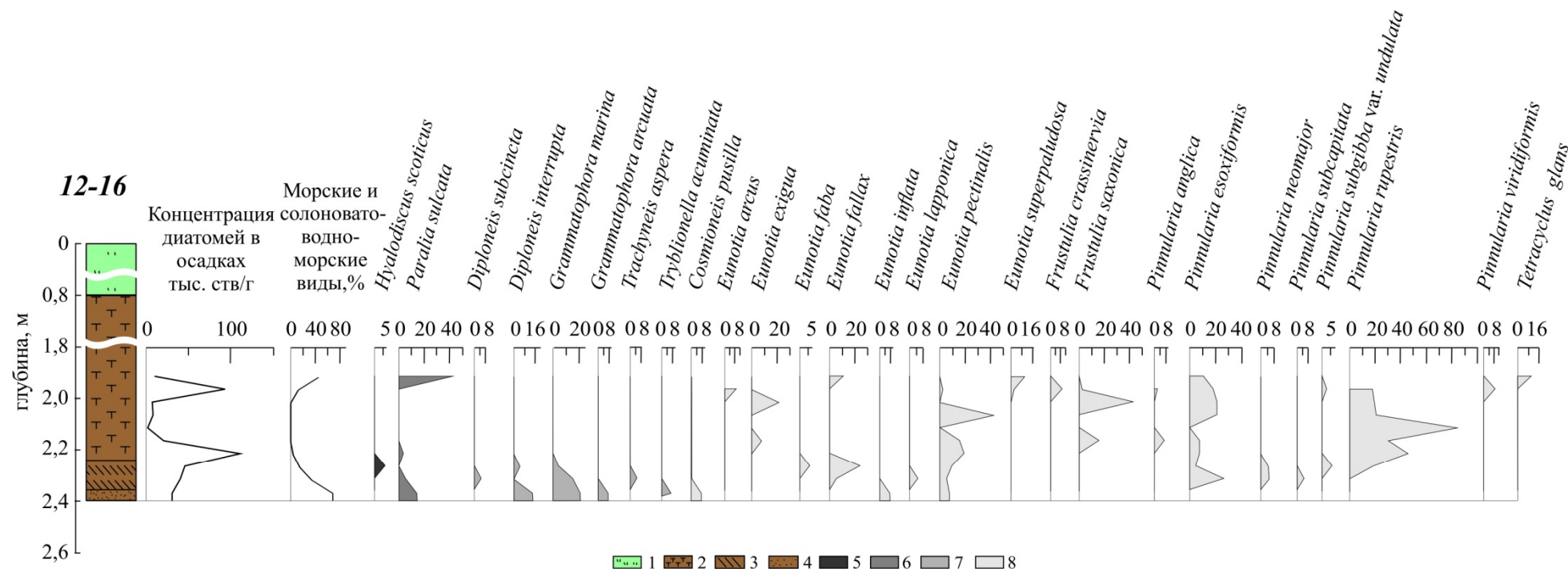
ДЗ I (175-200 см). В буро-коричневом сапропеле суммарные концентрации диатомей резко снижаются до 296-376 тыс. ств./г. Диатомовые ассоциации представлены исключительно пресноводными озерно-болотными видами *Eunotia diadema*, *E. faba*, *Tetracyclus glans*, многочисленны представители рода *Pinnularia*.

Полученные данные позволяют сделать вывод о существовании относительно мелководного морского залива (ДЗ III). Сизовато-бурый сапропель формировался, видимо, в условиях зарастающей лагуны или мелководного залива (ДЗ II) с обильной водной растительностью. При этом в развитии водоема можно выделить несколько стадий. На первой стадии сохранялся приливной водообмен, но происходило постепенное обособление вод котловины от Кандалакшского залива (281-315 см), глубина водоема уменьшалась. Средней части сизовато-бурого сапропеля (227-281 см) соответствует еще более мелкий водоем, при этом, судя по увеличению концентраций диатомей в осадках, происходило улучшение гидробиологических условий. Затем исходный водоем потерял связь с морем, роль поверхностного стока с суши увеличилась (200-227 см). Буро-коричневый сапропель, содержащий типичный озерно-болотный комплекс диатомей, сформировался уже после отступления моря в условиях субаэрального развития. Уже в современный этап развития образовалось озеро (ДЗ I). В настоящее время озеро постепенно зарастает.

Колонка 12-16 (длина 240 см) получена в центральной части о. Великого (рис. 14), на абсолютной высоте 36 м и вскрывает темно-бурый песок с гравием и дресвой (235-240 см), перекрытый тонким слоем темно-бурого плотного ила (225-235 см) и полутораметровой толщей бурого торфа (80-225 см). Завершается разрез (0-80 см) слаборазложившимся сфагновым торфом. Радиоуглеродная датировка, полученная из горизонта илов с глубины 225-235 см – 4350 ± 40 ^{14}C , лет ГИН-15479, имеет калиброванный возраст – 4843-4981 к.л.н. (глава 2, табл. 2).

Диатомовые ассоциации исследованы в 10 образцах. Всего было установлено 33 вида преимущественно пресноводных диатомей, суммарные концентрации которых изменяются от 9 до 104 тыс. ств./г (рис. 45).

В слое темно-бурого песка, залегающего в основании разреза суммарные концентрации диатомей невысокие, не превышают 28 тыс. ств./г. В составе диатомовых ассоциаций доминируют (76%) морские и солоноватоводно-морские



Условные обозначения:

Литология: 1 - слабо разложившийся сфагновый торф, 2 - торф, темно-бурый, 3 - ил, темно-бурый, плотный 4 - песок, темно-бурый, разнородный с гравием и дресвой.

Основные экологические группы диатомей: 5-7 - морские и солоноватоводно-морские: 5 - планктонные неритические и панталасные, 6 - меропланктонные, 7 - сублиторальные бентосные и перифитонные; 8 - пресноводные, штриховкой отмечены планктонные виды.

Рис.45. Распределение диатомей в морских и озерно-болотных отложениях, вскрытых колонкой 12-16 в центральной части о. Великого, Кандалакшский залив.

виды (*Grammatophora marina*, *Paralia sulcata*). Помимо морских видов диатомей в этих осадках присутствуют пресноводные озерно-болотные виды *Eunotia inflata*, *E. pectinalis*, *Cosmioneis pusilla* (24% в ассоциациях), вероятно, поступающие в мелководный залив с водами небольших ручьев.

В вышележащем темно-буром плотном иле суммарные концентрации диатомей увеличиваются до 38-42 тыс. ств./г, преимущественно за счет пресноводных диатомей (80%), представленных видами родов *Eunotia* и *Pinnularia*. При этом сохраняется высокое процентное содержание морского бентосного вида *Grammatophora marina* (19%) и меропланктонного *Paralia sulcata* (6%).

В нижней части торфа концентрации диатомей достигают максимальных значений 104 тыс. ств./г. Из состава диатомовых ассоциаций практически исчезают морские и солоноватоводно-морские виды, была обнаружена лишь одна створка *Paralia sulcata* на глубине 222 см. Появляются характерные для диатомовой флоры болот виды – *Frustulia saxonica*, *Eunotia exigua*. В средней части торфа концентрации диатомовых водорослей снижаются с 88 до 9 тыс. ств./г. В составе диатомовых ассоциаций доминируют болотные виды *Brachysira brebissonii*, *Pinnularia rupestris*, *P. viridiformis*, *Eunotia pectinalis*.

Изменения в составе диатомовых ассоциаций отражают особенности седиментационных обстановок начиная с конца первой половины суббореального времени. На основе результатов диатомового анализа удалось восстановить факт существования мелководного низкопродуктивного морского залива в первой половине суббореала. В результате интенсивного тектонического поднятия произошла смена морских условий на озерные и болотные через переходную стадию развития залива. Быстрая смена состава диатомовых комплексов и литологии отложений свидетельствует о высоких скоростях поднятия около 6-7 мм/год в суббореальное время (5.8-2.2 к.л.н.).

5.1.3. Терский берег

В ходе полевых работ 2015 года на Терском берегу Кандалакшского залива Белого моря для целей палеогеографических реконструкций с использованием диатомового анализа нами были получены три колонки (глава 2, рис. 15).

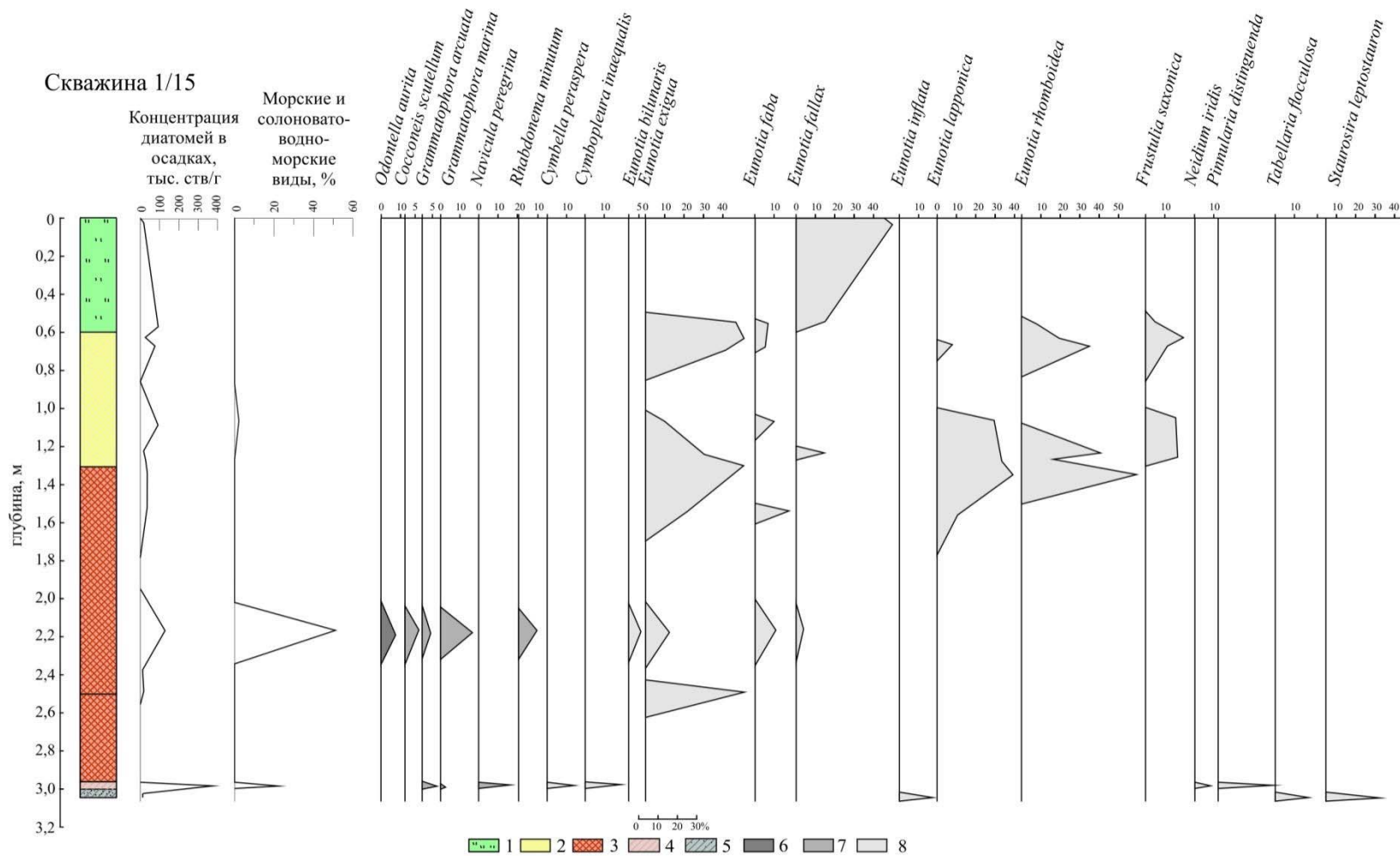
Колонка 1/15 длиной 305 см (высота устья скважины 21 м над у.м.) отобрана в 1 км к северу от села Чаваньга, в заболоченной котловине на цокольной морской

террасе высотой 20-23 м. В основании разреза вскрыт тонкий слой обогащенных органикой слабо опесчаненных илистых отложений (300 – 305 см), которые перекрыты также маломощным слоем оторфованного сапропеля (295 – 300 см). Выше залегает хорошо разложившийся бурый торф (130 – 295 см), перекрытый слабо разложившимся желтым (60-130 см) и сфагновым (0-60 см) торфом (рис. 14). Из толщи хорошо разложившегося бурого торфа, в его нижней части получены две радиоуглеродные датировки (глава 2, табл. 2), свидетельствующие о начале торфонакопления в данном районе в начале атлантического периода голоцена: – 8411-8594 к.л.н. (285-295 см); 7722-7931 к.л.н. (270-280 см). Возраст верхней части бурого торфа составляет 6269-6320 к. л.н. (130-140 м)

Диатомовые ассоциации изучены в 21 образце; всего установлено 37 видов и разновидностей диатомей, суммарные концентрации которых относительно низкие и варьируют от 14 до 371 тыс. ств./г (рис. 46). При этом в десяти образцах на глубинах: 85-90 см, 175-180 см, 195-200 см, 235-240 см, 250-255 см, 255-260 см, 275-280 см и 290-295 см диатомей не были установлены. Выделенные ассоциации представлены в основном пресноводными типично болотными видами из рода *Eunotia*. Лишь в двух образцах встречены морские и солоноватоводно-морские диатомей.

Вскрытые в основании разреза (305 – 300 см) слабо опесчаненные илистые отложения содержат бедный комплекс пресноводных диатомей (5 видов), суммарная концентрация которых не превышает 14 тыс. ств./г. В состав диатомовых ассоциаций входят исключительно бентосные и перифитонные виды: *Staurosira leptostauron*, *S. subsalina*, *Staurosirella pinnata*, характерные для стоячих и медленно текущих вод и *Tabellaria flocculosa*, *Eunotia inflata*.

Диатомовые ассоциации тонкого слоя оторфованного сапропеля (295-300 см), включают в себя немногочисленные створки морских и солоноватоводно-морских бентосных видов (25%) *Navicula peregrina*, *Grammatophora arcuata* и *G. marina*. Концентрации увеличиваются до 371 тыс. ств./г. Преобладают пресноводные бентосные и перифитонные виды *Neidium iridis*, *Pinnularia distinguenda*, *Cymbella peraspera*, *Cymbopleura inaequalis*. Состав осадков и структура диатомовых ассоциаций свидетельствуют об их формировании в условиях верхней сублиторали



Условные обозначения:

Литология: 1 - слабо разложившийся сфагновый торф, 2 - слабо разложившийся торф, 3 - торф бурый, хорошо разложившийся, 4 - оторфованный сапропель, 5 - слабо опесчаненные илстые отложения;

Основные экологические группы диатомей: 6-7 - морские и солоноватоводно-морские: 6 - меропланктонные, 7 - сублиторальные бентосные и перифитонные; 8 - пресноводные.

Рис. 46. Распределение диатомей в морских и озерно-болотных отложениях, вскрытых колонкой 1/15 (район села Чаваньга), Терский берег Кандалакшского залива.

или широкой литорали, которая на Белом море подвержена циклическим приливно-отливным процессам.

В вышележащей полутораметровой толще хорошо разложившегося бурого торфа (295-130 см) диатомеи встречаются фрагментарно и представлены в основном типичными болотными видами из рода *Eunotia* (*Eunotia exigua*, *E. inflata* и др.). Рассчитанные по диатомеям значения pH среды составляют 5-5.5. Вместе с тем, в одном образце (на глубине 215-220 см) появляются морские и солоноватоводно-морские диатомеи (*Hyalodiscus scoticus*, *Odontella aurita*, *Amphora proteus*, *Grammatophora arcuata*, *Bacillaria socialis*) в значительных количествах (68 тыс. ств./г) а доля их в диатомовых ассоциациях достигает 57%. Подобные включения тонких, обычно опесчаненных прослоев с морскими диатомеями в прибрежных торфяниках на низких морских террасах связывают с высокими заплесками волн или цунами, обусловленными резким смещением – поднятием или опусканием участков морского дна (Евзеров, 2013; Никонов, 2015; Пинегина, 2014; Е.И. Полякова, неопубликованные данные).

В вышележащей толще слабо разложившегося желтого и сфагнового торфа (0 – 130 см) суммарные концентрации диатомей изменяются от 14 до 117 тыс. ств./г. Диатомовые ассоциации представлены комплексом озерно-болотных видов (*Eunotia exigua*, *E. fallax*, *E. rhomboidea*, *Frustulia saxonica* и др.). На глубине 105-110 см идентифицированы единичные створки (2%) морского бентосного сублиторального вида *Diploneis chersonensis*.

Таким образом, результаты диатомового анализа отложений, вскрытых колонкой 1/15 в районе с.Чаваньги показали, что обогащенные органикой, слабо опесчаненные илистые отложения, содержащие комплекс диатомей, свойственный небольшим озерам, перекрываются отложениями с включением морских диатомей. Такой состав диатомовых ассоциаций может свидетельствовать о подтоплении морскими водами прибрежного участка или волновыми заплесками во время штормов. Возраст отложений, рассчитанный на основе радиоуглеродных датировок двух горизонтов методом линейной интерполяции, около 8500-9000 к.л. Выше по разрезу в торфе с разной степенью разрушения растительных макроостатков в основном преобладают пресноводные диатомеи, типичные для заболоченных водоемов (*Eunotia exigua*, *E. inflata*, *E. faba*, *E. lapponica*). При этом в двух образцах

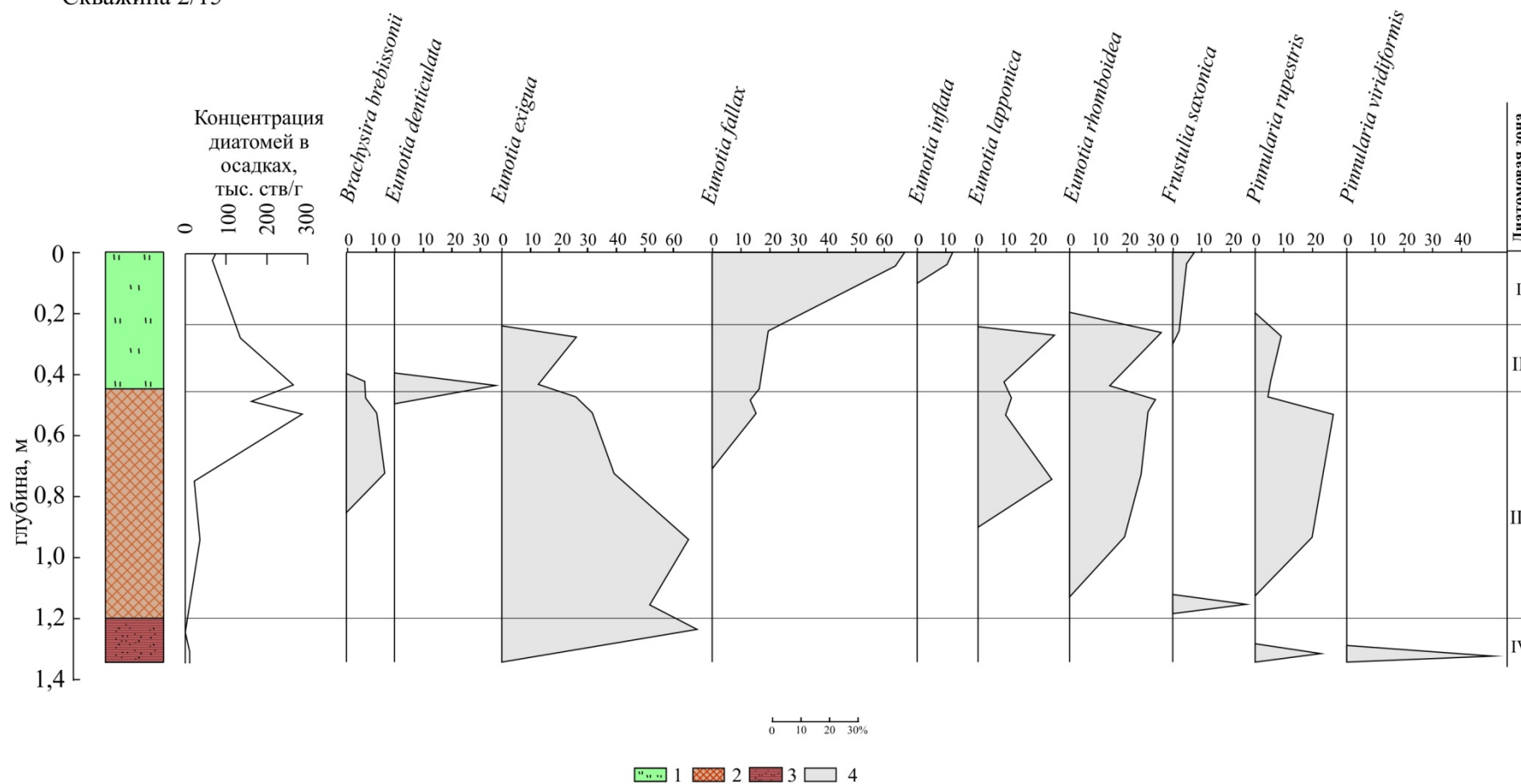
(на глубине 220 и 110 см) установлены типичные морские диатомеи (*Odontella aurita*, *Amphora proteus*, *Grammatophora arcuata* и *Diploneis chersonensis*). Вероятно, они появились в составе диатомовых ассоциаций в результате вертикального заплеска, типа цунами, вызванного тектоническими подвижками на дне залива. Подобные события и изменения в составе диатомовых ассоциаций широко представлены в голоценовых торфяниках побережий дальневосточных морей (Е.И. Полякова, неопубликованные данные; Пинегина, 2014).

Колонка 2/15 пробурена в районе ручья Столбицкого (рис. 15) на высоте 52 м над у.м. Длина колонки 135 см. В основании разреза вскрыты опесчаненные глины (120-135 см), формировавшиеся согласно радиоуглеродным датировкам в начале атлантического времени (7559-7617 к.л.н., 120-130 см, Глава 2, табл. 2). Судя по датировке из нижней части вышележащей толщи бурого торфа (4574-4730 к.л.н., 80-90 см, Глава 2, табл. 2), накопление ее происходило во второй половине атлантического времени – середине суббореального. Близкий по возрасту торф слагает разрез 4/15 на берегу озера Столбицкого (5595-5646 к.л.н.; 6719-6790 к.л.н., Глава 2, табл. 2). Мощность завершающего разрез в колонке 2/15 слабо разложившегося сфагнового торфа составляет 45 см. Выделенные в исследованных торфах диатомовые ассоциации представлены исключительно пресноводными видами. На основе изучения одиннадцати образцов в колонке было выделено четыре ДЗ (рис. 47).

ДЗ IV (120-135 см) соответствует слою темно-бурой опесчаненной глины, залегающей в основании разреза. Концентрации створок диатомей – низкие, не более 15 тыс. ств./г. Состав диатомовых ассоциаций представлен типичными озерно-болотными бентосными видами (*Frustulia saxonica*, *Pinnularia rupestris*, *P. viridiformis*).

ДЗ III (45-120 см). В данной толще бурого торфа таксономическое разнообразие диатомей увеличивается до 10 видов, концентрации диатомей возрастают снизу вверх от 10 до 794 тыс. ств./г, достигая максимальных значений в отложениях колонки. Широкое развитие получают пресноводные виды-обрастатели – *Eunotia exigua*, *E. rhomboidea*, *E. lapponica*, доля которых

Скважина 2/15



Условные обозначения:

Литология: 1 - слабо разложившийся сфагновый торф, 2 - торф, 3 - опесчаненная глина;

Группы диатомей по галобности видов: 4 - пресноводные.

Рис.47. Распределение диатомей в озерно-болотных отложениях, вскрытых колонкой 2/15 (район ручья Столбицкого), Терский берег
Кандалакшского залива.

увеличивается снизу вверх от 50 до 87%. Реконструированные значения pH среды около 5. Преобладают бореальные виды и виды-космополиты, аркто-бореальные виды практически отсутствуют. На глубинах 40-50 см концентрации диатомей в толще заметно сокращаются (до 27 тыс. ств./г.). В составе диатомовых ассоциаций доля болотных аркто-бореальных видов увеличивается до 40 %, в то время как разнообразие бореальных сокращается.

ДЗ II (22-45 см) выделенная в нижней половине слабо разложившегося сфагнового торфа, характеризуется изменением концентраций от 141 до 269 тыс. ств./г и увеличением доли бореальных видов (*Pinnularia rupestris*, *Eunotia lapponica*). 87-89% видов – перифитонные. Содержание ацидифильных видов достигает 91 %, что определяет низкие значения pH (4.9).

ДЗ I (0-22 см). В данной зоне отмечается снижение концентраций диатомей до 67 тыс. ств./г и увеличение аркто-бореальных болотных видов (*Eunotia inflata*, *Frustulia saxonica*), преобладают виды – космополиты (80-87%). Доля перифитонных видов составляет 94%.

Морские диатомеи в колонке не были обнаружены. Накопление опесчаненной глины, залегающей в основании разреза, судя по составу диатомовых ассоциаций, происходило в холодном мелководном дистрофном водоеме (ДЗ IV). В дальнейшем, к концу атлантического времени произошло его обмеление и началось заторфовывание. Развитие бореальных видов диатомей в толще ДЗ III фиксирует климатический оптимум голоцена, в то время как верхняя часть ДЗ III, на контакте с ДЗ II полностью отражает похолодание начала суббореального периода. С этого времени начинается болотная стадия развития водоема (ДЗ III-I), которая продолжается до настоящего времени. На границе суббореального и субатлантического периодов (ДЗ II) отмечены снижение концентраций диатомей и увеличение доли видов-космополитов. Это может свидетельствовать о наличии неблагоприятных условий для развития диатомовой флоры из-за недостатка влаги. Также в ДЗ II, судя по увеличению доли бореальных видов диатомей отмечено некоторое улучшение гидробиологических условий, косвенно связанное со средневековым потеплением. ДЗ I в целом отражает условия зарастающего болота.

Колонка 5/15 получена на болоте Колонихский мох на высоте 17 м над у.м., длина колонки 255 см. В основании разреза вскрыт небольшой слой (250-255 см)

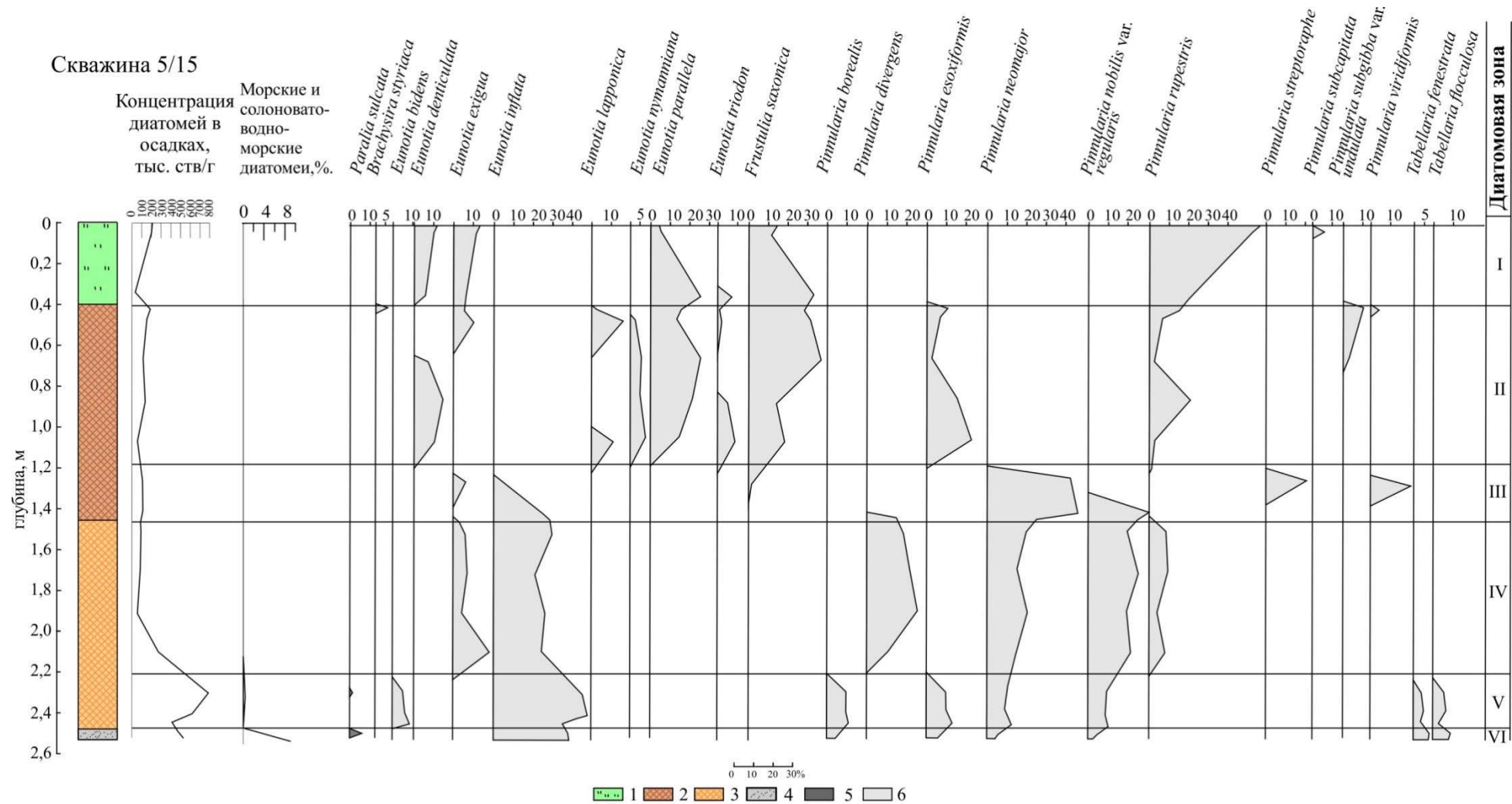
серого мелко-среднезернистого песка (рис. 15). Песок перекрыт почти метровой толщей бурого, хорошо разложившейся торфа (145-255 см), который выше по разрезу переходит в торф слабо разложившийся (40-145 см). Завершается разрез 40 см слоем слабо разложившегося сфагнового торфа.

Для нижней части хорошо разложившегося торфа получены две радиоуглеродные датировки, свидетельствующие о начале торфонакопления в суббореальное время (3025-3231 к.л.н., 200-210 см; 3693-3897 к.л.н., 230-240 см; 3818-3929 к.л.н., 240-250 см; глава 2, табл. 2).

Диатомеи исследованы в 18 образцах. Всего было установлено 40 видов и разновидностей диатомей (4 – солоноватоводно-морских, 36 – пресноводных), общая численность которых изменяется от 42 тыс. ств./г до 781 тыс. ств./г. По всему разрезу преобладают пресноводные озерно-болотные виды диатомей преимущественно из родов *Eunotia* и *Pinnularia*. Солоноватоводно-морские встречены лишь в песках в основании разреза. Изменения концентраций и таксономического разнообразия в составе ископаемых диатомовых ассоциаций позволили выделить шесть ДЗ (рис. 48).

ДЗ VI (250-255 см). Для песчаного слоя, обогащенного органическим веществом, залегающего в основании разреза, характерны относительно высокие концентрации диатомей (до 471 тыс. ств./г) и наибольшее для данной колонки таксономическое разнообразие (20 видов). Четыре вида являются морскими и солоноватоводно-морскими, а их доля в данном комплексе составляет 8-10%. Эти морские виды представлены меропланктонным *Paralia sulcata*, и единичными бентосными сублиторальными видами *Rhabdonema arcuatum*, *Diploneis interrupta*. В составе доминирующей группы пресноводных озерно-болотных видов наиболее обилен *Eunotia inflata*, высокую численность имеют также бентосные *Pinnularia esoxiformis*, *P. neomajor*. Состав диатомового комплекса позволяет предположить, что накопление отложений происходило в условиях прибрежного болота, морские виды могли поступать в него с приливно-отливными течениями либо штормовыми заплесками.

ДЗ V (220-250 см) охватывает нижнюю часть бурого хорошо разложившегося торфа. Суммарные концентрации диатомей максимальные в разрезе (407-781 тыс. ств./г). В составе диатомовых ассоциаций преобладают типичные озёрно-болотные



Условные обозначения:

Литология: 1 - слабо разложившийся сфагновый торф, 2 - слабо разложившийся торф, 3 - торф бурый, хорошо разложившийся, 4 - песок;

Основные экологические группы диатомей: 5 - морские и солоноватоводно-морские; 6 - пресноводные.

Рис. 48. Распределение диатомей в морских и озерно-болотных отложениях, вскрытых колонкой 5/15, район болота Колонихский мох, Терский берег Кандалакиского залива.

виды, являющиеся преимущественно галофобами (*Eunotia inflata*, *Tabellaria flocculosa* и др.). На глубине 230 – 235 см встречаются единичные створки солоноватоводно-морского меропланктонного вида *Paralia sulcata*.

ДЗ IV (145-220 см) приурочена к верхней части бурого, хорошо разложившегося торфа. Концентрации диатомей резко сокращаются от 272 тыс. ств./г до 59 тыс. ств./г. Основу комплексов составляют холодноводные пресноводные болотные диатомовые водоросли (*Eunotia exigua*, *E. inflata*, *Pinnularia divergens*). Реконструированные значения pH среды около 5.7-5.9.

ДЗ III (120-145 см) соответствует нижней части слабо разложившегося торфа. Для данной диатомовой зоны характерно увеличение концентраций диатомей до 110-111 тыс. ств./г. Также как и для нижележащей толщи типично наличие болотных видов (*Eunotia inflata*, *Pinnularia viridiformis*, *P. nobilis* var. *regularis*). В составе диатомовых ассоциаций уменьшается доля пресноводных относительно холодноводных видов (до 15 %). Значения pH среды несколько уменьшаются (до 5.5).

ДЗ II (40-120 см) выделена в верхней части слабо разложившегося торфа и представлена болотным холодноводным комплексом диатомей (виды родов *Eunotia* и *Pinnularia*, всего 12 видов). Реконструированные значения pH среды очень низкие, около 4.5, что может быть связано с изменением окислительно-восстановительных условий из-за массовой гибели аэробных бактерий в процессе развития торфонакопительной системы.

ДЗ I (0-40 см). В верхней части разреза, представленного слабо разложившимся сфагновым торфом, доминируют ацидифильные виды. Наиболее обильны *E. parallela*, *E. triodon*, *E. exigua*, *Frustulia saxonica*, *Pinnularia rupestris*. Рассчитанные значения pH составляют 5-5.5.

Согласно результатам радиоуглеродного датирования отложений, формирование толщи серого средне-мелкозернистого песка происходило до середины суббореального времени, данная толща накапливалась в неглубоком прибрежном болоте (ДЗ VI), в которое при штормовых заплесках и при повышенном уровне моря могла попадать морская вода. Судя по смене типа отложений и обнаруженным в них диатомовым комплексам, можно предположить, что исходный водоем оказался на более высоком гипсометрическом уровне

относительно уровня моря, чем на более раннем этапе. Поскольку морские и солоноватоводно-морские диатомеи практически не встречаются в буром, хорошо разложившемся торфе можно сделать вывод, что болото практически не подвергалось воздействию штормовых заплесков и морского волнения (ДЗ V). Данные события начали происходить около 3800 лет назад. В дальнейшем происходило естественное развитие болота и торфонакопление (ДЗ IV- I), при этом можно выделить отдельные этапы изменения рН среды, связанные с развитием торфонакопительной системы. Минимальные значения рН среды в ДЗ II, вероятно, связаны с похолоданием и иссушением в период малой ледниковой эпохи, которая также проявляется в уменьшении доли тепловодных видов. Увеличение доли относительно тепловодных видов (ДЗ III) предполагает проявление косвенного влияния малого климатического оптимума голоцена.

5.1.4. Ругозерская губа

Колонка Geophy-04 длиной 196 см получена из кутовой части Ругозерской губы с глубины моря 17.3 м (Глава 2, рис. 16). В нижней части колонки вскрыт алевропелит с прослоями гидротроилита и ракушечного детрита (30 – 196 см), перекрываемый пелитовым алевролитом оливково-серого цвета (0 – 30 см).

Особенности распределения диатомей были исследованы в пяти образцах. Концентрации створок диатомей в отложениях колонки изменяются от 0.5 до 1.3 млн ств./г (рис. 49). Всего было идентифицировано 78 видов и разновидностей диатомовых водорослей, из них морских и солоноватоводно-морских 58 таксонов (33 и 25 соответственно), пресноводных 20 таксонов. По всему разрезу доминируют морские сублиторальные бентосные виды рода *Grammatophora*, *Rhabdonema minutum*, обилен (до 10%) планктонный неритический вид *Coscinodiscus radiatus* – индикатор поступления трансформированных атлантических вод в Белое море.

В нижней части колонки, в плотном маслянистом алевропелите с прослоями гидротроилита концентрации диатомей относительно высокие (около 0.9 млн ств./г). При этом таксономическое разнообразие небольшое – 35 видов. Доминанты представлены меропланктонным видом – *Paralia sulcata* и планктонными неритическими видами *Coscinodiscus radiatus*, *Thalassiosira angulata* и *Hyalodiscus*

obsoletus, а также бентосными сублиторальными видами *Grammatophora marina*, *G. hamulifera*, *Rhabdonema minutum*.

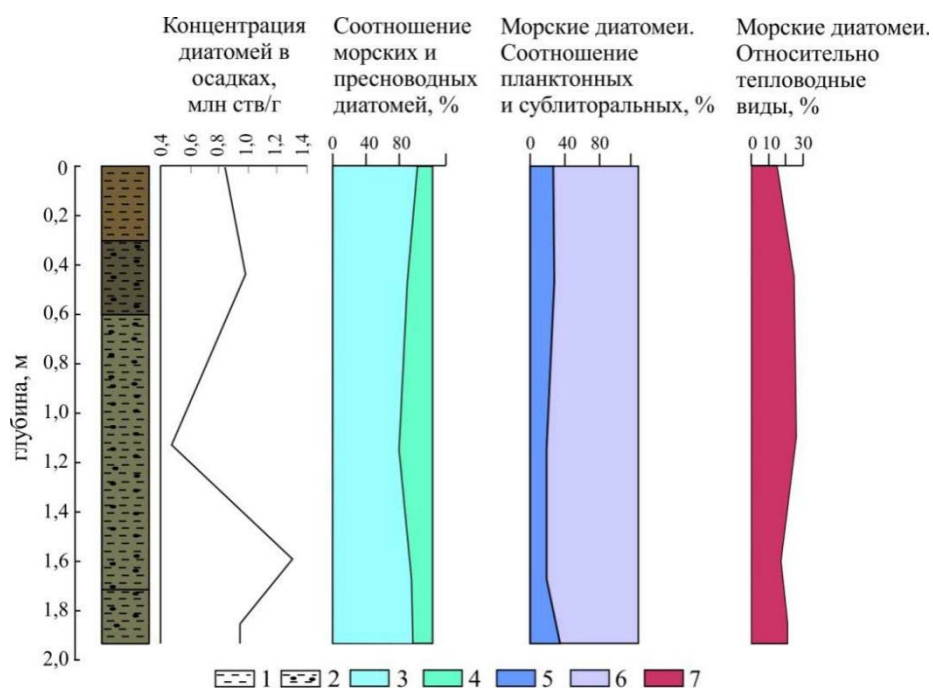


Рис. 49. Распределение диатомей в колонке Георху-04, Ругозерская губа Кандалакшского залива. 1 – алевропелит, с 0 до 30 см оливково-серого цвета, 30-60 см – темно сизо-серого цвета; 2 – сизо-серый алевропелит с прослоями гидротроилита и остатками раковин (60-196 см), в горизонте 174-196 см раковины отсутствуют; Диатомей: 3 – морские виды; 4 – пресноводные виды; 5-7 морские виды: 5- планктонные неритические и панталассные диатомей; 6 – сублиторальные; 7 – относительно теплопроводные виды.

В средней части толщи маслянистого сизо-серого алевропелита увеличивается как таксономическое разнообразие (до 42 таксонов), так и суммарная численность диатомей (до 1.3 млн ств./ г). В составе диатомовых ассоциаций преобладают морские и солоноватоводно-морские диатомей (до 85%), представленные как планктонными неритическими и панталассными видами (*Coscinodiscus radiatus*, *Thalassiosira angulata* и др.), так и прибрежно-морскими, сублиторальными бентосными и перифитонными видами, типичными представителями современной сублиторальной флоры Белого моря (*Cocconeis scutellum*, *Rhabdonema minutum*, *Grammatophora angulosa*). При этом остается высокой доля меропланктонных морских видов *Hyalodiscus scoticus* и *Paralia sulcata* (12%). Увеличивается доля пресноводных диатомей-обрастателей *Achnanthes adnata*, *Cocconeis disculus*, *C. pediculus*, обитателя грунтов *Diploneis elliptica*, приносимых с пресными водами ручьев в кутовую часть губы.

В верхней части сизо-серого алевропелита концентрации снижаются до 0.5 млн ств./ г. Таксономическое разнообразие диатомовых ассоциаций также уменьшается (до 27 видов). В составе диатомовых комплексов доминируют сублиторальные виды – *Grammatophora marina* (до 20%) и *Rhabdonema minutum* (до 8%) и меропланктонные виды – *Paralia sulcata* и *Hyalodiscus scoticus* (в сумме 8%). При этом до 15 % от общей численности установленных диатомей относятся к выдерживающим значительное опреснение вод солоноватоводно-морским видам – *Achnanthes adnata*, *Rhoicosphenia abbreviata* и др.

В темно сизо-сером алевропелите установлено увеличение суммарных концентраций диатомей до – 1 млн ств./г. В составе диатомовых ассоциаций преобладают морские и солоноватоводно-морские виды (до 79%), а в их составе морской панталассный вид *Coscinodiscus radiatus*, являющийся индикатором атлантических вод в западноарктических морях (Полякова, 1988, 1994, 1997).

В верхней части алевропелитового осадка (0-30 см), суммарные концентрации диатомей не превышают 0.84 млн ств./г. При этом содержание морских и солоноватоводно-морских видов увеличивается до 92%, доля сублиторальных видов (*Grammatophora sp.*, *Rhabdonema minutum*, *Cocconeis sp.*, *Amphora sp.* и др.) среди них достигает 72%. Пресноводные диатомеи немногочисленны (до 10%) и представлены в основном перифитонными и бентосными видами, такими как *Rhoicosphenia abbreviata*, *Tabularia fasciculata*.

Формирование отложений колонки Geophy-04 происходило в морских условиях, начиная с ранней атлантики. Нижняя часть колонки, судя по высоким концентрациям морских диатомей и достаточно высокой доли относительно тепловодных диатомей в составе морской группы, накапливалась в благоприятных гидробиологических условиях. По наличию в составе доминантов вида *Coscinodiscus radiatus*, индикатора поступления атлантических вод, установлено наличие устойчивой связи Белого моря с Баренцевым. Увеличение доли сублиторальных видов диатомей (от 63 до 80%) вверх по колонке свидетельствует об уменьшении глубины Ругозерской губы в конце атлантического времени – начале суббореального, вероятно, связанным с тектоническим поднятием, интенсивность которого снизилась в конце суббореала и субатлантике по

сравнению с фоновыми скоростями поднятия, судя по снижению доли сублиторальных диатомей (с 80 до 72%).

5.1.5. Внешняя часть Кандалакшского залива

Колонка 6066 длиной 242 см была получена во внешней глубоководной части Кандалакшского залива Белого моря с глубины 266 м. Снизу вверх колонкой были вскрыты оливково-серые пелитовые илы со стяжениями гидротроилита (140-242 см), над ними – темно-оливковые пелитовые илы (4-140 см) со стяжениями гидротроилита (до глубины 34 см), перекрытые 4-х см слоем темно-бурого глинистого наилка (рис. 16, 50). Из осадков колонки получены две датировки: в интервале осадков 221-222 см – 11173 – 11448 к.л.н. и 38-39 см – 1487 к.л.н. (глава 2, табл. 3), свидетельствующие о том, что накопление данной толщи началось в пребореальное время и продолжается до настоящего времени.

Концентрации диатомей в осадках колонки в целом высокие и изменяются незначительно – от 0.49 млн ств./г до 1.86 млн ств./г, имея тенденцию к увеличению снизу вверх по разрезу. Исключение составляют ассоциации диатомей в образце из средней части колонки с глубины 124 см, суммарное содержание створок диатомей в которых достигает 3.79 млн ств./г. В результате детальных исследований диатомовых водорослей в 24 образцах был установлен 81 таксон: 17 пресноводных, 64 – морских и солоноватоводно-морских. Последние доминируют по всему разрезу колонки и их суммарное содержание в диатомовых ассоциациях составляет 89 – 100%. В их составе наиболее обильны планктонные неритические и панталассные диатомеи (от 29 до 87 %), процентное содержание которых возрастает вверх по разрезу. Среди них постоянно доминирует *Coscinodiscus radiatus*, являющийся индикатором атлантических вод в западно-арктических морях. В группе разнообразных морских сублиторальных диатомей постоянно преобладает меропланктонный *Paralia sulcata*, численность которого наиболее высокая (до 52%) в нижних горизонтах и последовательно сокращается вверх по разрезу более чем в два раза, что свидетельствует об увеличении глубин в данном районе моря. Пресноводные диатомеи постоянно встречаются в осадках колонки в незначительных количествах (от 8 до 124 тыс. ств./г), и их суммарное содержание в диатомовых ассоциациях составляет от 1 до 8%. В интервалах 204-205 и 223-224 см

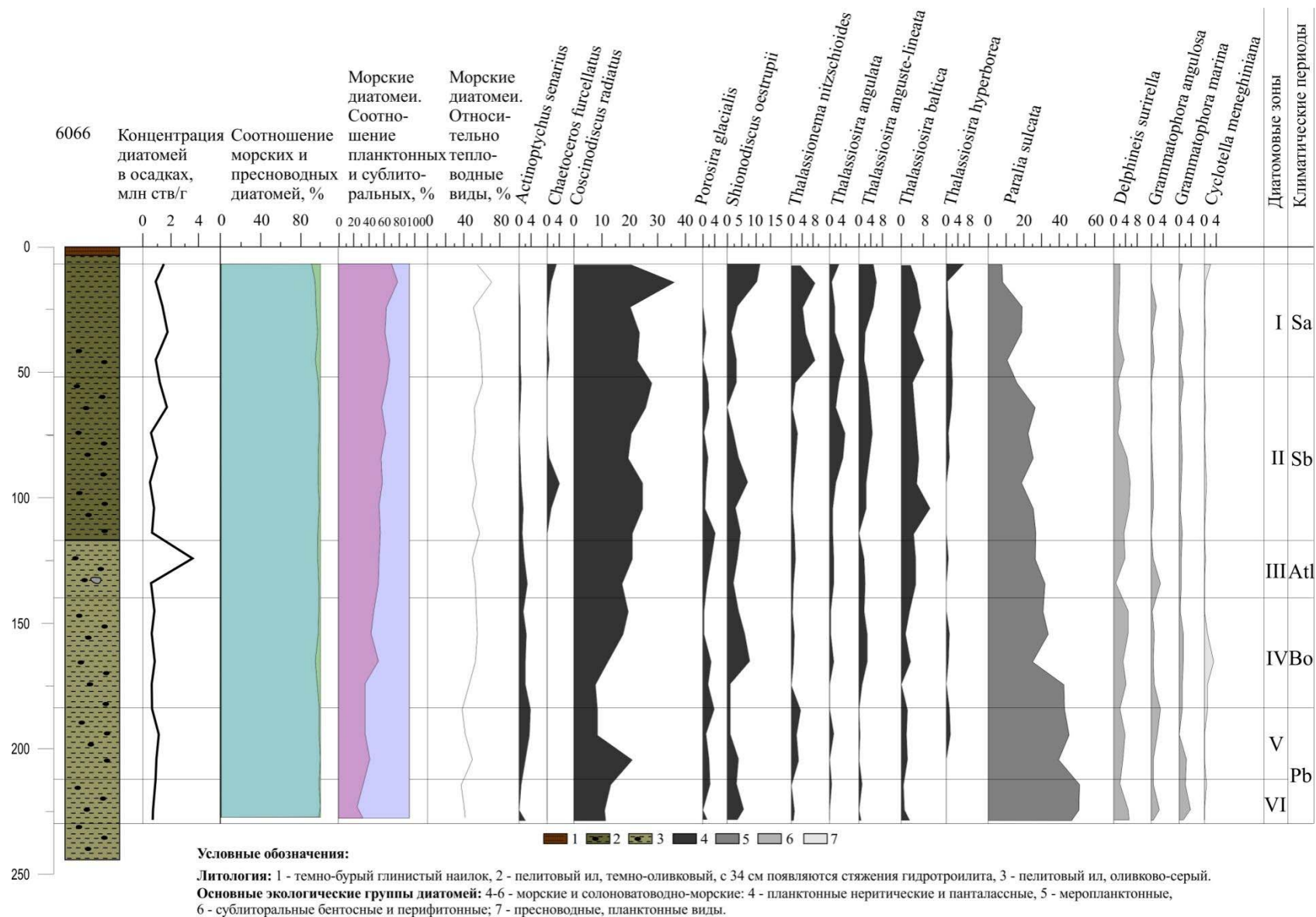


Рис. 50. Распределение диатомей в морских отложениях, вскрытых колонкой 6066 во внешней части Кандалякшского залива.

пресноводные виды диатомей обнаружены не были. На основе данных об изменении концентраций, состава диатомовых ассоциаций и соотношения экологических групп в колонке выделено шесть ДЗ.

В ДЗ VI (212-228 см), выделенной в нижней части оливково-серого пелитового ила, концентрации диатомей не превышают 0,9 млн ств./г. В составе диатомовых ассоциаций преобладают (88%) морские планктонные неритические виды *Coscinodiscus radiatus*, *C. perforatus* и др., абсолютным доминантом в процентном отношении является меропланктонный сублиторальный вид *Paralia sulcata* (54%). Суммарное содержание относительно тепловодных видов – индикаторов североатлантических вод в западноарктических морях (*Coscinodiscus radiatus*, *C. perforatus*, *Shionodiscus oestrupii*) составляет до 32%.

ДЗ V относится к интервалу колонки 183-212 см. Концентрации диатомей изменяются от 0.6 до 1.1. млн ств./г. Доля вида *Paralia sulcata* все еще остается высокой, увеличивается численность (до 4%) неритического планктонного вида *Actinopterychus senarius*, также начинает увеличиваться число относительно тепловодных планктонных диатомей *Shionodiscus oestrupii*, *Coscinodiscus radiatus*, *C. perforatus*, так и бентосных сублиторальных *Grammatophora angulosa*, *G. hamulifera*.

В ДЗ IV (140-183 см) концентрации диатомей – 0.6 – 0.86 млн ств./г. По сравнению с нижележащей толщей уменьшается число холодноводных планктонных и меропланктонных видов (*Chaetoceros holsaticus*, *Hyalodiscus scoticus*), однако их доля все еще остается достаточно высокой. Увеличивается численность (от 45 до 54%) тепловодных планктонных видов диатомей – индикаторов притока атлантических вод и *Coscinodiscus radiatus* (8-20%) среди них.

В ДЗ III (116-140 см) концентрации диатомей достигают максимальных значений для осадков колонки – 3.8 млн ств./г. Увеличивается суммарное содержание относительно тепловодных планктонных видов – индикаторов притока атлантических вод в Белое море (Полякова и др., 2017): *Actinopterychus senarius*, *Coscinodiscus radiatus*, *Shionodiscus oestrupii*. Становится также больше относительно тепловодных бентосных видов *Delphineis surirella*, *Grammatophora angulosa*.

ДЗ II (51-116 см) в целом характеризуется снижением концентраций до 0.5 млн ств./г, при этом на глубинах 84-85 см и 64-65 см выделяются локальные пики 1.04 и 1.8 млн ств./г соответственно. На глубинах 94-104 см увеличиваются концентрации (60 тыс. ств./г) и процентное содержание в диатомовых ассоциациях холодноводных планктонных видов *Thalassiosira baltica* и *Chaetoceros furcellatus*. Некоторое уменьшение (с 52 до 48%) доли видов-индикаторов атлантических вод свидетельствует о снижении интенсивности поступления трансформированных атлантических вод в Кандалакшский залив и вероятном понижении температур поверхностных вод.

ДЗ I (4-51 см) выделена в верхней части толщи темно-оливкового пелитового ила с редкими сажистыми примазками. Суммарные концентрации диатомей изменяются от 0,9 до 1,8 млн ств./г. В составе диатомовых ассоциаций установлен 41 вид, из них 28 относится к морским и солоноватоводно-морским и 13 – к пресноводным диатомеям. До 73 % увеличивается процентное содержание морских и солоноватоводно-морских неритических видов, до 27% снижается суммарное содержание сублиторальных видов. В составе морских планктонных диатомей отмечено значительное увеличение относительно тепловодного вида *Shionodiscus oestrupii* (до 12%). До 8% увеличивается доля пресноводных видов (планктонные *Aulacoseira subarctica*, *Cyclotella meneghiniana*, бентосные *Cocconeis pediculus*, и перифитонные *Diploneis elliptica*, *Epithemia sorex* и др.), что свидетельствует об усилении стока р.Варзуги.

На основе данных микропалеонтологических исследований восстановлена история развития внешней части Кандалакшского залива Белого моря за последние 11.7 тыс. к.л. Нижняя часть колонки (ДЗ VI - ДЗ V) отражает морское осадконакопление в условиях холодноводного низкопродуктивного залива, существовавшего в пребореале. Судя по увеличению числа относительно тепловодных видов диатомей, индикаторов поступления трансформированных атлантических вод в Белое море в начале бореального времени во внешней части залива проявляется влияние поступления трансформированных атлантических вод через Баренцево море. По некоторому увеличению концентрации диатомей со средней части колонки (165-184 см) и началу направленного роста численности вида *Coscinodiscus radiatus* устанавливается слабое проявление увеличения

интенсивности адвекции атлантических вод в конце бореального времени (ДЗ IV). В пользу более интенсивного поступления трансформированных атлантических вод в Кандалакшский залив Белого моря из Баренцева также свидетельствует возрастающее количество вида *Shionodiscus oestrupii*. Максимум концентраций диатомей (ДЗ III) приходится на трансгрессивную стадию Тапес и свидетельствует о вероятном увеличении продуктивности вод, то есть, о благоприятных гидробиологических условиях оптимума голоцена. Снижение концентраций диатомей и числа относительно тепловодных видов свидетельствует об ухудшении гидробиологических условий, проявившемся в первой половине суббореала (нижняя часть ДЗ II). Рост числа относительно тепловодных видов и концентраций диатомей в осадках второй половины суббореала обусловлены трансгрессивной стадией Тривия. В осадках субатлантического времени (ДЗ I) отмечено продолжающееся снижение числа относительно холодноводных видов. Отмеченное увеличение роли пресноводных видов свидетельствует об увеличении роли речного стока р. Варзуги в эту часть залива. Также пресноводные виды могли появляться в результате миграции и таяния сезонного льда из кутовых и прибрежных частей залива, для которых характерно включение пресных вод в процесс льдообразования.

5.2. ДВИНСКИЙ ЗАЛИВ

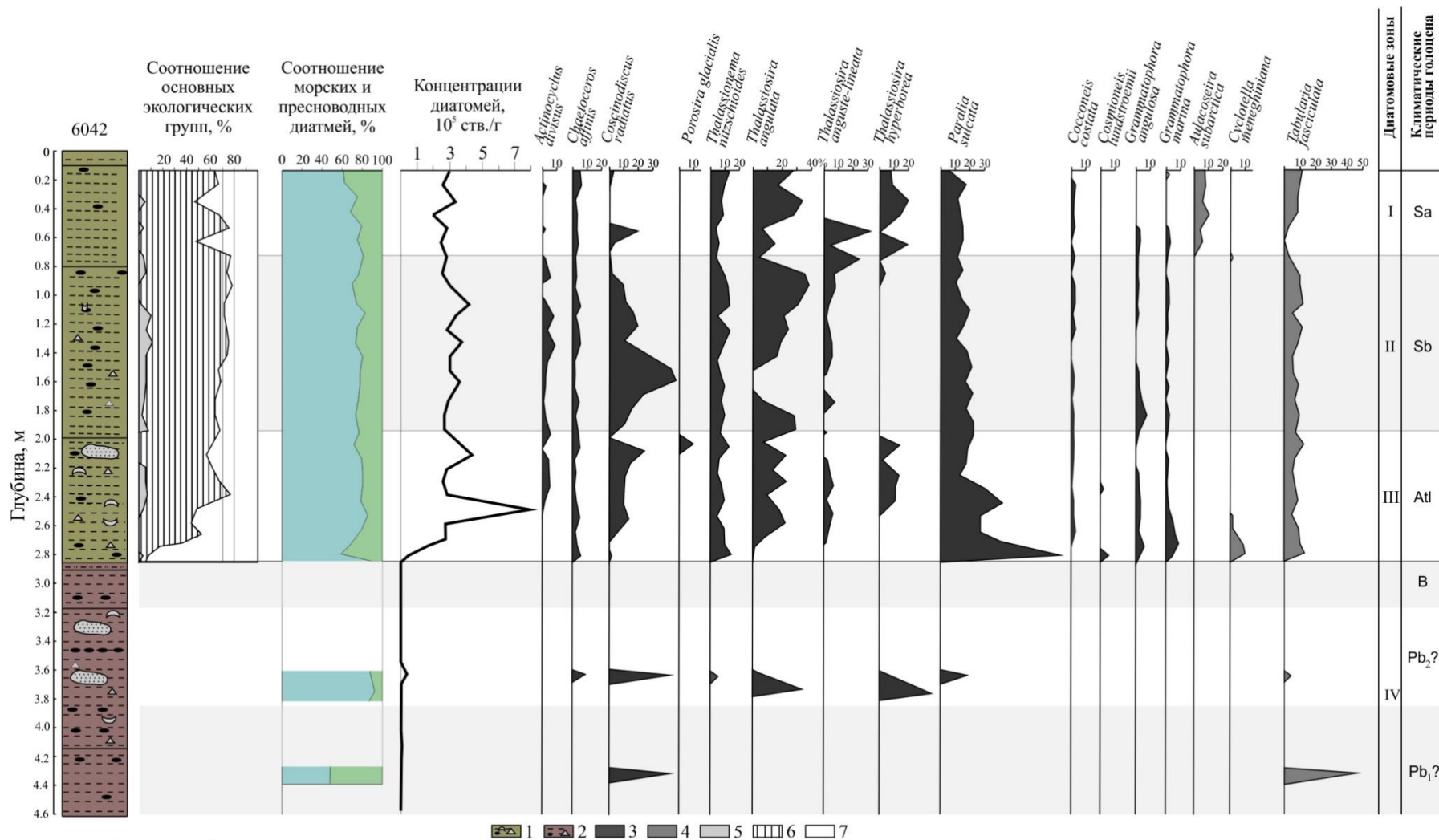
5.2.1. Центральная часть Двинского залива

Колонка 6042 длиной 460 см получена из центральной части Двинского залива (рис. 16) с глубины 61 м, и согласно данным радиоуглеродного датирования осадков, охватывает временной период, начиная с пребореального времени до настоящего времени (глава 2, табл. 3). Колонкой снизу вверх вскрываются буровато-серый пелит (290-460) с алевроито-песчаной примесью, стяжениями гидротроилита, содержание алевроито-песчаного материала увеличивается в слое 290-291 см. Сверху буровато-серый пелит перекрыт оливково-серым пелитом с алевроито-песчаной примесью (0-290 см).

Диатомовые водоросли изучены в 45 образцах. В осадках нижней части колонки, представленных буровато-серыми пелитами с алевроито-песчаной примесью (интервал осадков 290-460 см) створки диатомей установлены лишь в трех интервалах осадков: 362-363 см, 374-375 см, 432-433 см, а их суммарное

содержание в образцах не превышает 38 тыс.ств./г. Установленные в этих отложениях диатомеи являются главным образом морскими видами, преимущественно планктонными неритическими и панталассными. Выше по разрезу в оливково-серых пелитах с алевроито-песчаной примесью (0-290 см) и включением дресвы, гидротроилита и скоплений органического вещества суммарные концентрации диатомей резко возрастают до 300-400 тыс.ств./г (максимально до 784 тыс.ств./г). Таксономическое разнообразие диатомей в колонке весьма высокое, всего было идентифицировано около 149 видов и разновидностей диатомовых водорослей, 75 – морские и солоноватоводно-морские и 74 – пресноводные, последние постоянно встречаются в осадках. Несмотря на высокое таксономическое разнообразие, суммарное содержание пресноводных диатомей в ассоциациях не превышает 39%. По изменению количественных показателей экологических групп диатомей, а также по составу доминантов и субдоминантов в колонке было выделено 4 диатомовых зоны (ДЗ) (рис. 51).

ДЗ IV (290-460 см). Для нижней части толщи, накапливавшейся на протяжении пребореального и бореального периодов, характерны очень низкие концентрации диатомей (не превышает 40 тыс. ств./г). Суммарное процентное содержание морских и солоноватоводно-морских видов изменяется от 50 до 100%. На глубине 390-460 см диатомовые ассоциации представлены в основном морским неритическим видом *Thalassiosira angulata* и солоноватоводно-морским видом *Thalassiosira hyperborea*. Единично встречаются створки видов, характерных для атлантических вод (в основном *Coscinodiscus radiatus*). Около половины створок на глубинах 432-433 см представлены пресноводным *Tabularia fasciculata*. В интервалах 390-430 см и 440-460 см диатомовые водоросли обнаружены не были. В осадках второй половины пребореального времени (320-390 см) в целом преобладают морские и солоноватоводно-морские виды (9 видов, 97%). Основу диатомовых ассоциаций составляют морской меропланктонный вид *Paralia sulcata* и морской планктонный *Coscinodiscus radiatus*, а также бентосный вид *Amphora proteus*. Интервал осадков 290-320 см соответствует бореальному времени и характеризуется полным отсутствием диатомей в слое буровато-серого пелита с алевроито-песчаной примесью, с характерными скоплениями тонкодисперсного органического вещества и гидротроилита.



Условные обозначения:

Литоология: 1 - оливково-серый пелит с алевроито-песчаной примесью и с включением гидротроилита; 2 - буровато-серый пелит с алевроито-песчаной примесью и с включением гидротроилита, горизонт 290-291 см - пелит алевроито-песчаный;

Группы диатомей по галобности видов: 3 - морские и солоноватоводно-морские, 4 - пресноводные;

Экологические группы диатомовых водорослей: 5 - панталасные, 6 - неритические, 7 - сублиторальные.

Рис.51. Распределение диатомей в морских отложениях, вскрытых колонкой 6042 в центральной части Двинского залива.

ДЗ III (200-290 см) выделена в нижней части оливково-серого пелита с алевроито-песчаной примесью. В составе диатомовых ассоциаций этой зоны таксономическое разнообразие достигает 71 таксона, а суммарная численность диатомей варьирует около 300-400 тыс. ств./г, и лишь в одном образце (252-253 см) достигает 784 тыс. ств./г), что в Белом море характерно для осадков атлантического времени (Джиноридзе, 1971; Вишневская, Джиноридзе, 1974, Полякова и др., 2014). Преобладают по составу (45 видов) и по численности (от 64 до 100%) морские и солоноватоводно-морские диатомеи. При этом суммарное содержание планктонных неритических и панталассных диатомей (*Thalassiosira angulata*, *Coscinodiscus radiatus*, *C. asteromphalus*, *Hyalodiscus scoticus* и споры рода *Chaetoceros*) последовательно возрастает в пределах этой зоны от 9% до 79%. При этом доля морских сублиторальных видов (*Grammatophora marina*, *Rhabdonema minutum* и *Rhabdonema arcuatum*) снижается с 91 до 21%, из них меропланктонного вида *Paralia sulcata* – с 82 до 14 %. Численность пресноводных видов, представленных в основном бентосными *Tabularia fasciculata*, *Epithemia sorex* и планктонными *Aulacoseira subarctica* и *Stephanodiscus rotula* не превышает 36%. Суммарное содержание относительно тепловодных видов-индикаторов атлантических вод составляет 3 – 24%.

ДЗ II (80-200 см) выделена в средней части оливково-серого пелита. Для этого интервала осадков характерно некоторое снижение суммарных концентраций диатомей (250-420 тыс. ств./г). Доминируют солоноватоводно-морские и морские виды (70 – 80%), представленные планктонными неритическими видами *Thalassiosira angulata* и *T. anguste-lineata* и меропланктонным сублиторальным *Paralia sulcata*. В составе видов-индикаторов атлантических вод в западно-арктических морях доминирует *Coscinodiscus radiatus*, достигающий максимальных значений в интервале осадков 140-160 см, что может свидетельствовать об усилении адвекции трансформированных атлантических вод в Двинский залив в суббореальное время. Разнообразны по видовому составу, но немногочисленны (21-29%) морские сублиторальные бентосные и перифитонные виды: *Cocconeis scutellum*, *Rhabdonema minutum*, *Grammatophora arcuata*, *Navicula digitoradiata* и др. Встречаются единичные створки речных планктонных и реофильных видов *Meridion circulare* и *Aulacoseira subarctica*, свидетельствующие

о поступлении речных вод в центральную часть Двинского залива. Видовой состав этой группы практически не меняется по сравнению с диатомовыми ассоциациями из нижележащей толщи, также, как и их суммарное содержание в ассоциациях.

ДЗ I (0-80 см) выделена в верхней части толщи оливково-серого пелита, где суммарные концентрации диатомей в целом снижаются и варьируют в пределах 200-300 тыс. ств./г. Формирование этой зоны началось в субатлантическое время. Численность и процентное содержание морских и солоноватоводно-морских видов диатомей в этих отложениях несколько сокращается, а доля пресноводных видов увеличивается практически в два раза (до 39%), половина из них представлена речным планктоном. Отличительной особенностью этой зоны является резкое сокращение численности (2-19%) относительно тепловодных видов – индикаторов атлантических вод (*Coscinodiscus radiatus*, *C. asteromphalus*) до их полного исчезновения в некоторых интервалах осадков. Снижается также содержание в диатомовых ассоциациях меропланктонного сублиторального вида *Paralia sulcata*. Вместе с тем, появляется в значительных количествах (до 20%) *Thalassiosira hyperborea* – морской планктонный эвригалинный вид, типичный обитатель мелководных арктических морей (Полякова, 1997).

Таким образом, полученные диатомовые ассоциации в морских осадках, вскрытых колонкой 6042, позволяют реконструировать гидрологические условия и обстановки осадконакопления в центральной части Двинского залива, начиная с 11.7 тыс.к.л.н. Практически полное отсутствие диатомей в буровато-сером пелите, в нижней части разреза (ДЗ VI) может свидетельствовать о неблагоприятной для аккумуляции диатомей обстановке существовавшего в пребореально-бореальное время, вероятно, сильно распресненного морского залива. В конце раннего голоцена началась морская стадия формирования осадков. Максимальные концентрации диатомей (ДЗ III) в осадках атлантического времени свидетельствуют о всеобщем повышении продуктивности вод, связанным с усилением адвекции атлантических вод. Растущее количество панталассных и неритических видов диатомей на протяжении атлантики и суббореала (ДЗ II) свидетельствует об увеличении глубины залива и проникновении атлантических вод. Состав диатомовых сообществ становится близким к современному (ДЗ I). По сравнению с нижележащей толщей здесь появляются виды-индикаторы

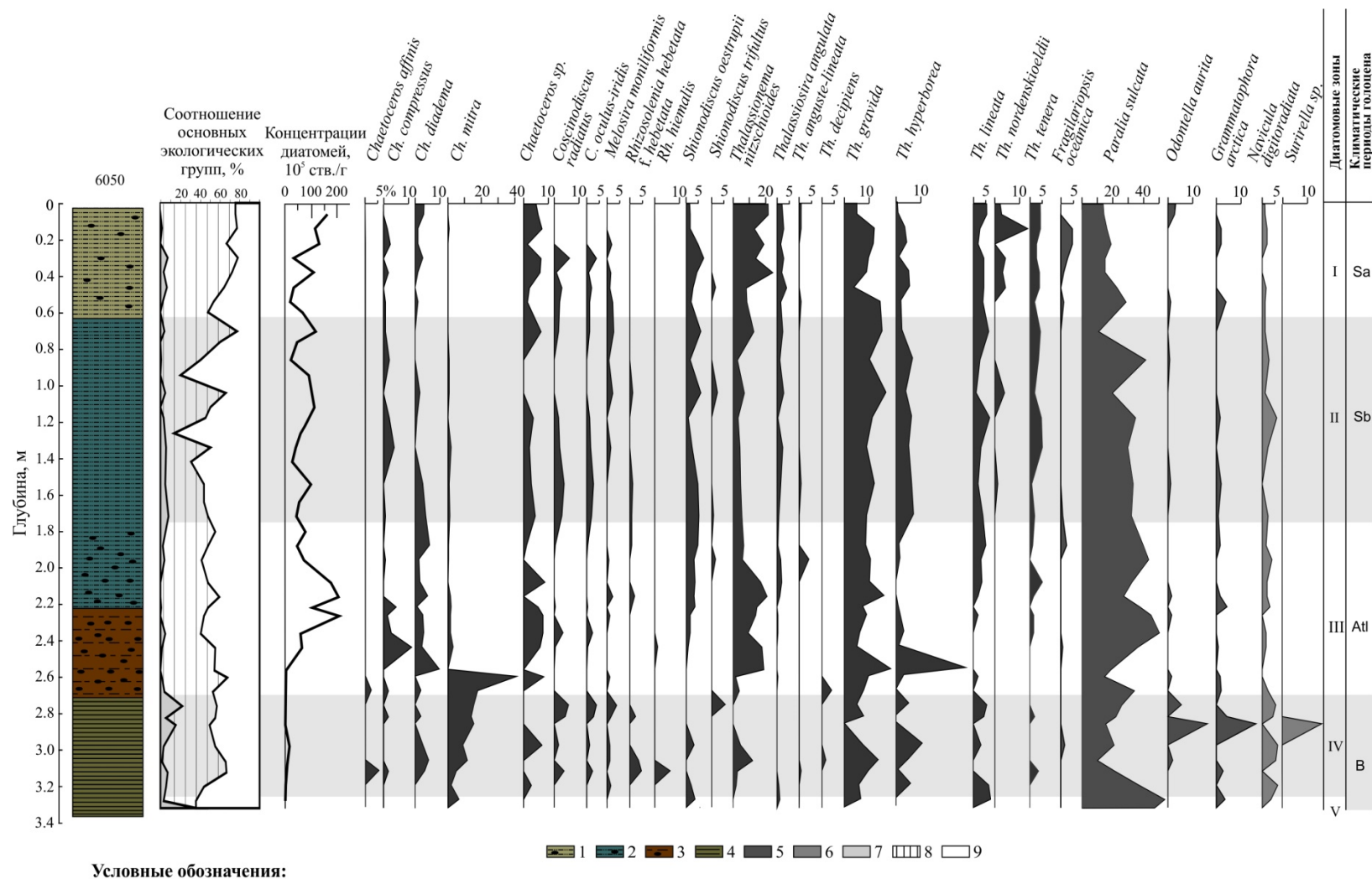
поступления речных вод и пресноводные диатомеи, свидетельствующие об увеличении роли речного стока. Устанавливаются современные условия осадконакопления.

5.2.2. Внешняя часть Двинского залива

Колонка 6050 получена из внешней части Двинского залива (рис. 16, глубина отбора – 101 м). В колонке снизу вверх вскрываются оливково-серые глины (270-335 см), уплотняющиеся к основанию разреза, перекрытые серым с буроватым оттенком алевропелитом (220-270 см) с примесью песка и стяжениями гидротроилита. На них залегают оливково-серые пелитовые илы (63-220 см), с глубины 115 см увеличивается количество стяжений гидротроилита. На глубинах 3-63 см в колонке вскрывается алеврито-песчаный пелит, перекрытый слоем буро-коричневого глинистого наилка (0-3 см). Осадки, вскрытые колонкой, согласно данным диатомового анализа и радиоуглеродного датирования (глава 2, табл. 3) накапливались с конца пребореального времени. На основе результатов диатомового анализа 34 образцов (Полякова и др., 2014), для сравнения с результатами исследований диатомовых сообществ колонки 6042 была составлена диатомовая диаграмма (рис.52), которая позволила выявить различия в обстановках седиментации во внешней и центральной частях залива (глава 6). В целом высокие концентрации створок диатомей в осадках достаточно сильно изменяются по разрезу, а четкие изменения в составе доминантов позволили выделить в колонке пять ДЗ.

ДЗ V (328-335 см) соответствует нижней части оливково-серых глин, в которых содержание (7-8 тыс. ств./г) и разнообразие диатомей крайне низкое (10 видов). Фактически группа морских диатомей представлена створками неритических планктонных и меропланктонных видов *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Paralia sulcata*, немногочисленными видами рода *Thalassiosira* и спорами *Chaetoceros mitra*. Редко встречаются створки бентосных и эпифитных видов – *Navicula digitoradiata* и *Grammatophora arctica*. Также стоит отметить довольно высокую долю пресноводных диатомей в ассоциациях (до 5%).

ДЗ IV (270-328 см) характеризуется значительным увеличением таксономического разнообразия и концентрации диатомей по сравнению с нижележащей толщей. Основу диатомовых ассоциаций составляют морские и



Условные обозначения:

Литоология: 1 - алевроито-песчаный пелит, 2 - оливково-серые пелитовые илы, с глубины 115 см увеличивается количество стяжений гидротроилита,

3 - серый с буроватым оттенком алевропелит с примесью песка и стяжениями гидротроилита, 4 - оливково-серые глины;

Группы диатомей по галобности видов: 5 - морские и солоноватоводные, 6 - пресноводные;

Экологические группы диатомовых водорослей: 7 - панталасные, 8 - неритические, 9 - сублиторальные.

Рис.52. Распределение диатомей в морских отложениях, вскрытых колонкой 6050 во внешней части Двинского залива.

солонатоводно-морские виды, среди которых доминирует меропланктонный *Paralia sulcata*. Широкое развитие получают морские неритические виды такие как, *Thalassiosira anguste-lineata*, *Thalassiosira gravida*, *Thalassionema nitzschioides*, ледово-морской *Fragilariopsis oceanica*. В небольших количествах появляется солонатоводный вид *Thalassiosira hyperborea*. Доля пресноводных видов увеличивается до 10%.

Формирование ДЗ III (175-270 см) в соответствии с полученными датировками происходило в атлантический период (8.1-5.8 тыс. к. л. н.). В целом для осадков характерны наиболее высокие концентрации диатомей (до 22.4 млн ств/г). В составе диатомового комплекса в основном доминируют морские планктонные виды (*Thalassionema nitzschioides*, виды родов *Chaetoceros*, *Thalassiosira*). Несмотря на сохранение среди них достаточно большого числа холодноводных видов (*Coscinodiscus oculus-iridis*), комплекс диатомей в данном интервале значительно обогащается относительно тепловодными видами *Shionodiscus oestrupii* и *Thalassiosira decipiens*, в том числе и свойственными осадкам этапа увеличения интенсивности адвекции трансформированных атлантических вод атлантического времени *Coscinodiscus perforatus*, *C. radiatus* (по Вишневская, Джиноридзе, 1974; Каган, 2012; Полякова и др., 2014). На глубине 255-260 см четко можно выделить начало улучшения гидробиологических условий и активизации поступления вод из Баренцева моря по резкой смене холодноводного доминанта *Chaetoceros mitra* на *Thalassionema nitzschioides*, вид, характерный для зон смешения вод и апвеллинга.

ДЗ II (63-175 см) выделенная в оливково-серых пелитовых илах формировалась в суббореальный период (2.6–5.8 тыс. к.л.н.). Наблюдается снижение концентрации диатомей (до 12.8 млн ств./г), сокращается таксономическое разнообразие, и представлены в основном виды-индикаторы поступления атлантических вод, такие как *Shionodiscus oestrupii* и *Coscinodiscus radiatus*. При этом доля ледово-морских диатомей (*Fossula arctica*, *Fragilariopsis cylindrus* и *F. oceanica*) значительно увеличивается (до 10.2%).

ДЗ I (3-63 см) в целом характерно последовательное увеличение концентрации диатомей (до 17.7 млн ств./г) в алевроито-песчаных пелитах. Многочисленны и разнообразны представители родов *Chaetoceros* и *Thalassiosira*, среди них широко представлены неритические виды (*Thalassiosira angulata*, *T. eccentrica* и *T. gravida*).

Встречаются также и морские неритические виды *Actinocyclus curvatulus* и *Coscinodiscus oculus-iridis*. По сравнению с нижележащей толщей несколько увеличивается доля холодноводных (до 70-90%) и ледово-морских видов (11-12%) (Полякова и др., 2014). Диатомовые ассоциации данной зоны соответствуют современным условиям осадконакопления.

Низкие концентрации диатомей, а также наличие в составе диатомовых ассоциаций пресноводных видов свидетельствуют о формировании нижней части толщи в условиях распресненного морского залива (ДЗ V). Появление в больших количествах видов-индикаторов поступления атлантических вод фиксирует установление устойчивой связи Белого моря с Баренцевым (ДЗ IV). В дальнейшем происходило усиление адвекции вод атлантического происхождения в атлантическое время (ДЗ III). В суббореальный период, судя по уменьшению относительно тепловодных видов происходило уменьшение интенсивности притока теплых атлантических вод (ДЗ II). Верхняя часть колонки соответствует современным морским условиям (ДЗ I).

Глава 6. РАЗВИТИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ БЕЛОМОРСКОГО РЕГИОНА В ГОЛОЦЕНЕ

Несмотря на сравнительно небольшую продолжительность голоцена, охватывающего последние 10-12 ^{14}C тыс. лет, это время характеризуется значительными изменениями природной среды, о чем свидетельствуют многочисленные геолого-геоморфологические и палеогеографические данные. Бассейн Белого моря и прилегающие территории имеют важное значение в изучении глобальных климатических изменений, развитии покровных оледенений, послеледниковом поднятии территории и гляциоэвстатической трансгрессии (Лаврова, 1947; Девятова, 1986; Лавров, Потапенко, 2005; Larsen et al., 2006; Demidov et al., 2006; Демидов и др., 2010 и др.). К настоящему времени благодаря многочисленным радиоуглеродным датировкам, полученным с конца прошлого века, уже выполнены детальные (с шагом в 1000 лет) реконструкции деградации скандинавского ледникового щита (Hughes et al., 2015), которые свидетельствуют об освобождении ото льда котловины Белого моря в интервале времени от 17 до 12 тыс.к.л.н. (рис. 53., Svendsen et al., 2004; Demidov et al., 2006; Hughes et al., 2015; Stroeve et al., 2016). Установлено, что распад Беломорской ледниковой лопасти происходил катастрофически быстро, и 11.2 – 11.0 тыс.к.л.н. край ледника находился в районе Горла Белого моря и блокировал проникновение баренцевоморских вод в котловину. Но, уже через 200-300 лет Горло Белого моря было свободно ото льда (Соболев и др., 1995; Демидов, 2010; Евзеров, 2010; Субетто, 2010; Zaretskaya et al., 2020 и др.).

История заполнения Бассейна Белого моря и его заливов морскими водами и дальнейшее развитие ледово-гидрологических и седиментационных обстановок к настоящему времени реконструирована с большей или меньшей степенью детальности в зависимости от регионов на основе комплексного изучения многочисленных колонок донных осадков, полученных, начиная с 70-х годов прошлого века (см. главу 3) (Невесский и др. 1977, Джиноридзе, 1972; Говберг и др., 1974; Малясова, 1976; Новичкова, 2008; Полякова и др., 2014, Рыбалко и др., 2017).

В целом, на палеогеографическое развитие изучаемой территории в голоцене влияли послеледниковое поднятие, вызвавшее регрессию моря в прибрежных районах, поздне-послеледниковая гляциоэвстатическая трансгрессия и

климатические изменения (Колька и др., 2005; Solovieva et al., 2005; Елина, Филимонова, 2007; Евзеров, 2010; Elina et al., 2010).

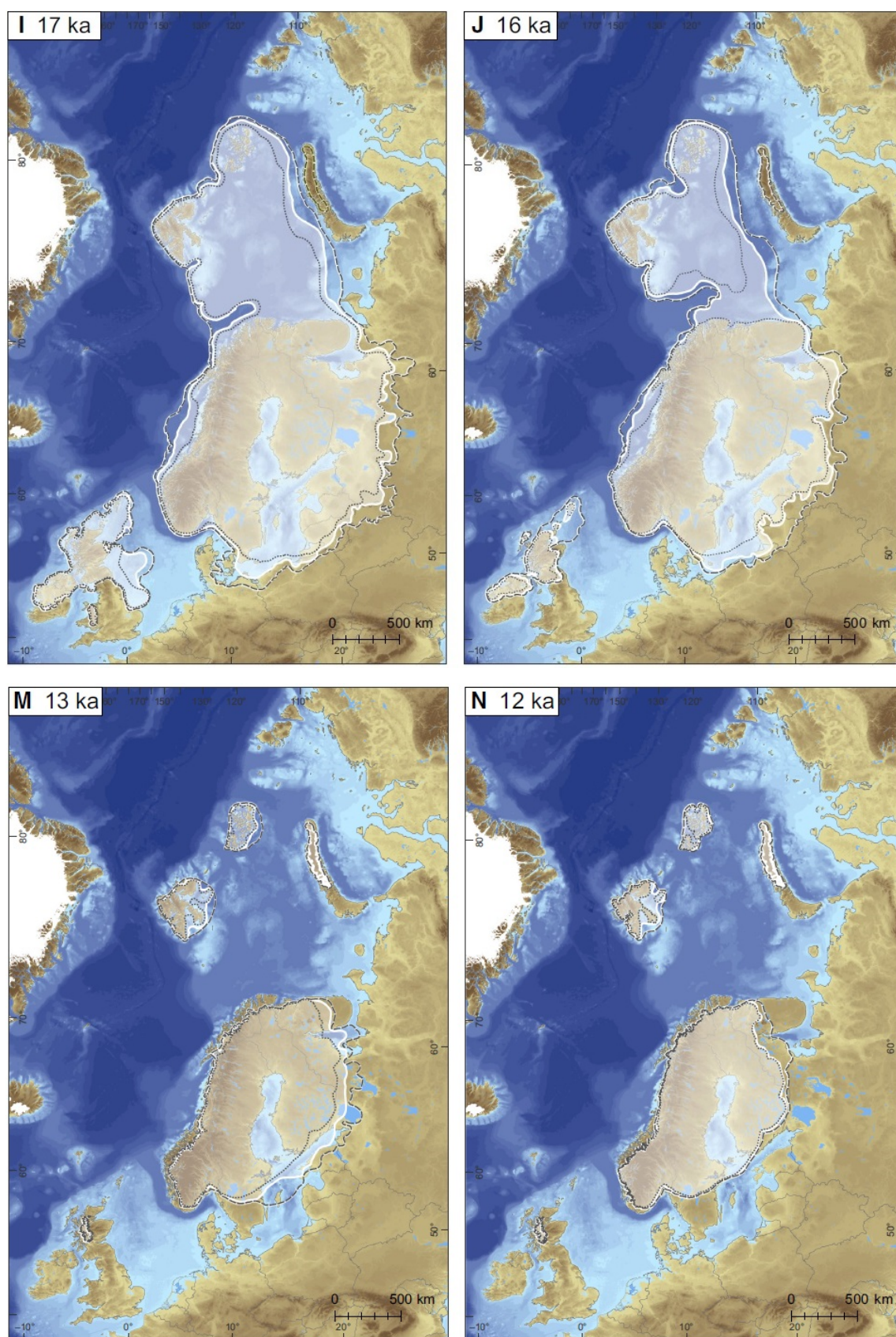


Рис. 53. Реконструкции деградации скандинавского ледникового щита на период 17-12 тыс.л.н. (Hughes et al., 2015).

6.1. Последледи́ковое подня́тие террито́рии и измене́ния уров́ня Бело́го моря́

Реконструкции послеледниковой эволюции побережий Белого моря представляют значительные трудности, так как связаны с совместным анализом в каждом регионе влияния различных факторов. В первую очередь, это скорости и величины поздне- и послеледниковых изменений уровня Мирового океана. Установлено, что во время максимума последнего глобального оледенения (18-20 ^{14}C тыс. л.н.) уровень Мирового океана, включая Северный Ледовитый океан, был ниже современного более чем на 100 м (рис. 54). Современного положения уровень Мирового океана достиг около 6-5 тыс.л.н. и, в последующем, в отдельные периоды голоцена либо превышал его на несколько метров, либо оставался на современном уровне (Каплин, 1973; Fairbanks, 1989; Каплин, Селиванов, 1999; Kaplin, Selivanov, 2004; Павлидис, Никифоров, 2007). При этом скорости гляциоэвстатической трансгрессии были неравномерными и максимальные значения имели в начале трансгрессивного этапа (Fairbanks, 1989; Каплин, Селиванов, 1999; Kaplin, Selivanov, 2004). Скорости послеледникового подъема побережий Белого моря также были неравномерными во времени и имели значительные региональные особенности (Колька и др. 2005, 2013 а, б и др.; Субетто, Шевченко и др. 2012; Зарецкая, Репкина, 2015; Романенко, Шилова, 2012; Баранская и др., 2019), которые в последние годы благодаря современным возможностям методов датирования отложений (AMS ^{14}C , OSL-метод и др.), активно изучаются.

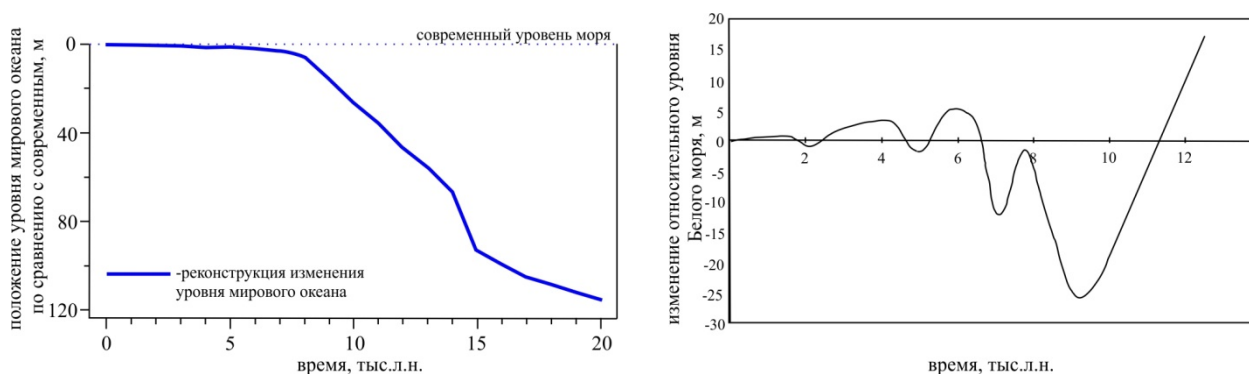


Рис. 54. Изменения уровня Мирового океана за последние 20 тыс.л. (Fairbanks, 1989) и относительного уровня Белого моря в поздне- и послеледниковое время (Kaplin, Selivanov, 2004).

Послеледниковое поднятие суши и эвстатическое поднятие уровня моря совпадали по времени, а скорость их была различной. Начиная с позднего дриаса,

поднятие территории опережает эвстатическое поднятие уровня моря, что выразилось в формировании серии террас как на Карельском берегу Кандалакшского залива, так и на Терском (Колька и др., 2005). В кутовой части Кандалакшского залива амплитуды послеледникового поднятия были максимальны на беломорском побережье – более чем 150 м (Стрелков и др., 1976; Кошечкин, 1979; Николаев, 1988; Baranskaya et al., 2018).

Кандалакшский залив сформировался вдоль оси грабена, осложненного серией более мелких тектонических нарушений, разбивающих этот участок на множество блоков. Направление и скорость движений каждого из них могут значительно отличаться (Олюнина, Романенко, 2007).

Исследованию береговых форм рельефа, древних поднятых береговых линий и последовательностей донных осадков озёр для определения положения уровня моря в позднеледниковье и голоцене, посвящено большое количество работ (Каплин, Селиванов, 1999; Kaplin, Selivanov, 2004; Dressler et al., 2009; Колька и др., 2005, 2013 а, б, 2015 и др.; Субетто, 2010; Субетто, Шевченко и др., 2012; Романенко, Шилова, 2012; Репкина и др., 2017; Сафьянов, Репкина, 2017; Zaretskaya et al., 2020; Kublitskiy et al., 2020).

В ходе работ, проведенных на о. Великом, расположенном на противоположенном п-ву Киндо борту грабена Великой Салмы, удалось установить, что начало торфообразования на острове приходится на интервал – 1895 до 1949 к.л.н. (Agafonova, 2016). Отсутствие в разрезе торфов говорит о длительности накопления содержащих малое количество органики осадков, что свидетельствует о том, что западная часть острова, находилась в более спокойной тектонической обстановке. Также это может быть связано с активным гидродинамическим режимом в проливе, который существовал здесь до конца суббореального времени. Скорость поднятия участка с конца суббореального периода составляет около 2.3-2.6 мм/год, что существенно меньше скоростей поднятия на противоположной стороне грабена, на п-ве Киндо (Романенко, Шилова, 2012; Agafonova, 2016). На территории, приуроченной к Центральной части о. Великого, накопление торфов началось в первой половине суббореального времени (4843-4981 к.л.н.). Скорость поднятия территории с первой половины суббореального времени составляет около 6-7 мм/год. Стоит отметить, что

подобные высокие скорости поднятия находят свое отражение в рельефе территории, осложненной многочисленными каменными хаосами, а также в малых мощностях отложений озер и водоемов переходного типа (отделяющихся водоемов).

Также нами был выполнен расчет скоростей поднятия территории, примыкающей к п-ову Киндо с запада, за разные промежутки времени. Рассмотрим алгоритм расчета на примере участка озера Мокрого (Агафонова и др., 2017). Так как к началу суббореального времени связь с морем перестала быть постоянной, то за последние 4.5 тыс. лет поверхность поднялась на 7.4 м (9.6 м - современная высота участка над уровнем моря минус 2.2 м – мощность более молодых осадков). Следовательно, скорость поднятия с конца суббореального периода около 1.6 мм/год ($7.4 \text{ м} \cdot 1000 / 4500 \text{ лет}$). Аналогичными исследованиями Ф.А. Романенко и О.С. Шиловой (2012) определено, что в начале голоцена в интервале 9.5–5 тыс. л.н. скорость поднятия п-ова Киндо Карельского берега Белого моря была равна 9–13 мм/год. С середины голоцена поднятие становится менее интенсивным, около 5–5.5 мм/год. Для последней тысячи лет скорость поднятия оценивается примерно в 4 мм/год. При этом поверхности высотой 3–5 м вышли из-под уровня затопления морскими водами за последнее тысячелетие. Исходя из этого, можно сделать вывод, что скорость поднятия участка озера Мокрое была значительно меньше скорости поднятия п-ова Киндо (Романенко, Шилова, 2012) и несколько меньше скорости поднятия западной части о. Великого. Аналогично нами были рассчитаны скорости поднятия участков озёр Тетеревиного (2.95 мм/год с начала атлантического времени) и Долгого (0.2 мм/год с начала суббореального времени) и оз. Серп (2.88 мм/год за последние 1.5 тысячи лет).

На основе данных диатомового анализа было также установлено уменьшение глубины Ругозерской губы, примыкающей к п-ву Киндо с севера (Агафонова и др., 2020), в конце атлантического времени – начале суббореального. Вероятно, уменьшение глубин связано с послеледниковым поднятием, интенсивность которого снизилась в конце суббореала – субатлантике по сравнению с фоновыми скоростями поднятия для данной территории, судя по снижению доли сублиторальных видов диатомей (Geophy-04, рис. 49, до 72%).

По данным диатомового анализа и радиоуглеродного датирования колонок озерно-болотных отложений было установлено, что в интервале от 10000 – 9000 лет тому назад юго-западный берег Кандалакшского залива в районе п. Лесозаводского испытывал резкое воздымание со скоростью 4-5 см/год (Колька и др., 2005). В интервале 9000-3000 лет тому назад скорость поднятия составляла 1 см/год. Позднее скорость уменьшилась до 0.5 см/год (Колька и др., 2005).

Морские отложения атлантического времени на Карельском и Терском берегах (глава 5, скважина 1/15, рис. 46) находятся практически на одной высоте (19-20 м). Данный факт может свидетельствовать о том, что в течение последних 5.8-6.0 тыс. лет скорость поднятия Карельского берега лишь незначительно превышала скорости поднятия участка Терского берега, в районе с. Чаваньга.

На основе полученных материалов и ранее опубликованных данных о времени выхода поверхности из-под уровня моря были составлены схемы положения береговой линии на разные временные срезы голоцена для участка Карельского берега (п-ов Киндо). Около десяти тысяч лет назад западная часть острова Великого, полуостров Киндо и территория, расположенная западнее, практически полностью находились под водой (рис. 55 А). В составе диатомовых ассоциаций при этом доминировали меропланктонные виды.

К концу атлантического времени большая часть территории уже вышла из-под уровня моря (рис. 55 Б). В связи с возникновением новых обстановок, связанных с изоляцией морских заливов увеличивается таксономическое разнообразие диатомей, широкое развитие получают виды-обрастатели. Спустя почти 3 тысячи лет (рис. 3 В) территория приобретает конфигурацию, близкую современной (рис. 3 Г). Поднятие территории, обмеление заливов и выход поверхности из-под уровня моря на протяжении голоцена в целом характерны для мелководных прибрежных частей Кандалакшского залива и его побережий (Колька и др., 2005, 2013 а, б, 2015 и др.; Романенко, Шилова, 2012; Косевич, 2016).

Последовательное увеличение процентного содержания планктонных диатомей и сокращение численности сублиторальных в отложениях внешней части Кандалакшского залива (глава 5, рис. 50) свидетельствует о последовательном увеличении глубин в данном районе начиная с первой половины пребореального времени. Это подтверждается и подсчитанными значениями Р/В-критерия (рис. 56,

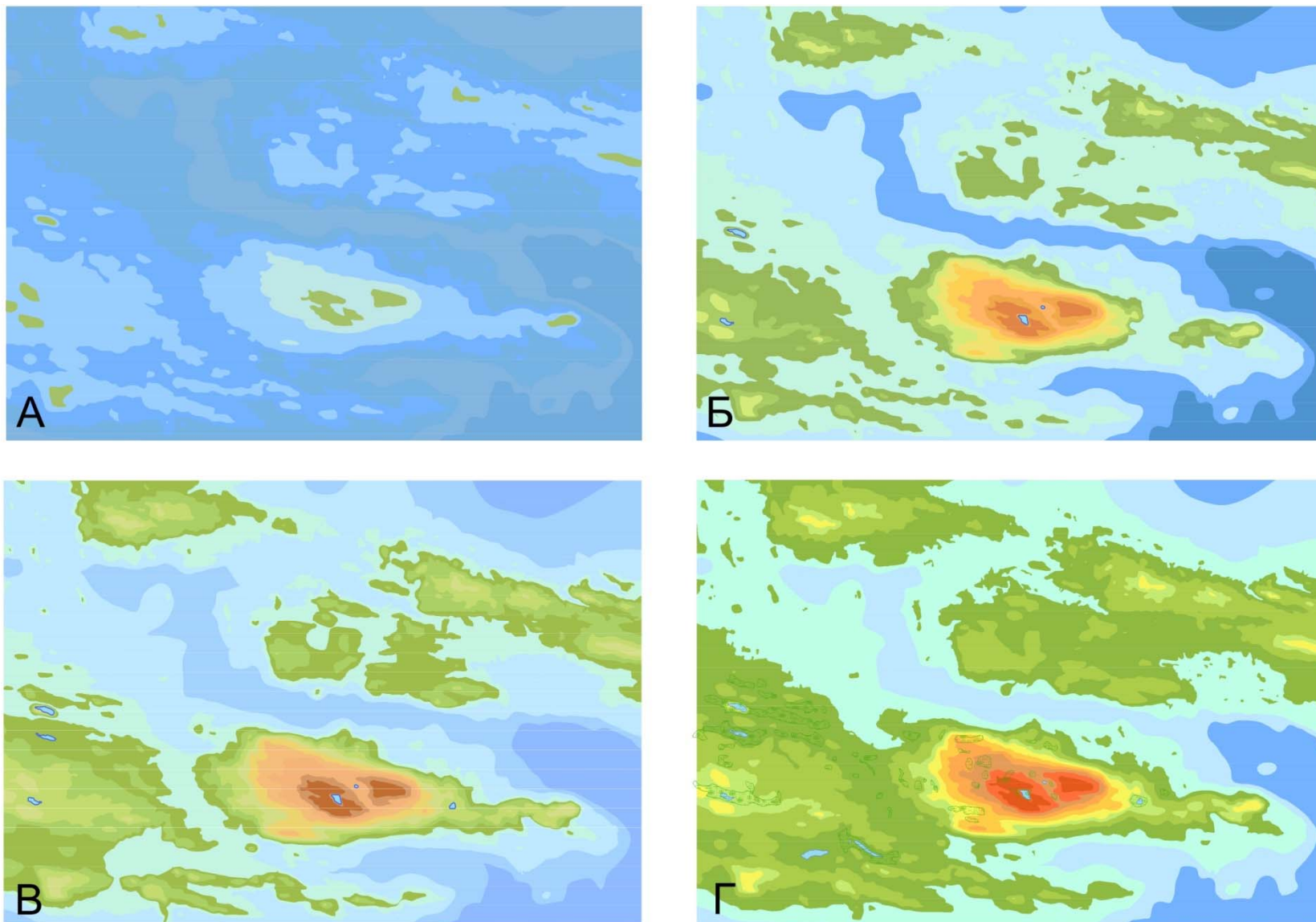


Рис.55. Схемы положения береговой линии (А – 10 тыс. л.н.; Б – 5,8 тыс. л.н.; В – 3 тыс.л.н.; Г – настоящее время).

отношение планктонных видов к сумме бентосных и планктонных, Wang et al., 2013). Изменение глубины связано как с установлением современного уровня моря порядка 5-6 тыс. к.л.н., так и с тектоническим опусканием части Кандалакшского залива, приуроченной к Кандалакшско-Двинскому грабену. Сходная картина была реконструирована Р.Н. Джиноридзе (1971) для центральной части Белого моря.

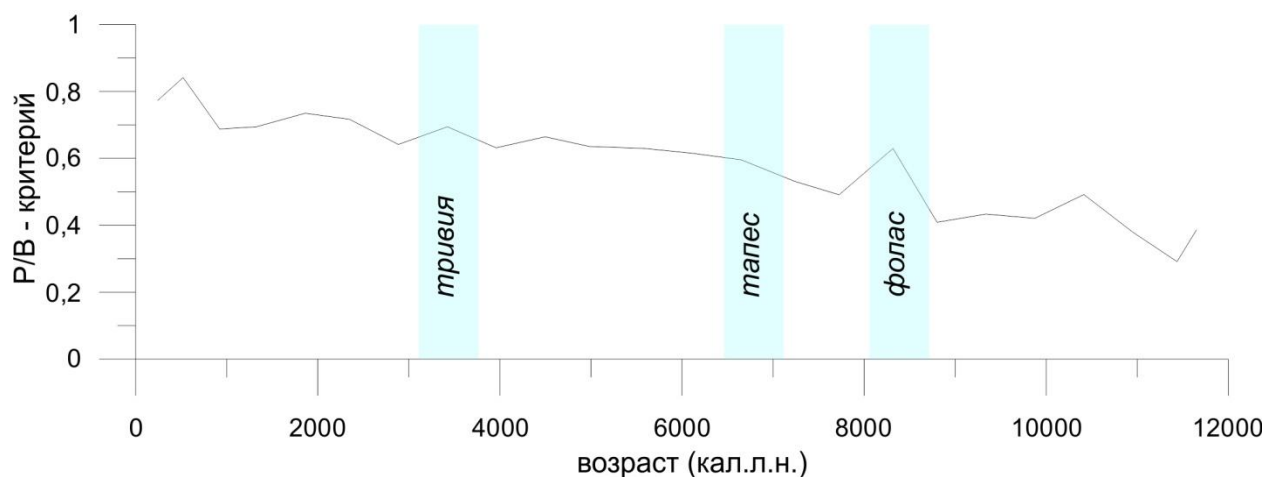


Рис.56. Изменение P/B-критерия в голоценовых отложениях внешней части Кандалакшского залива.

Таким образом, формирование отложений Карельского и Терского берегов происходило в условиях гляциоэвстатической трансгрессии, послеледникового поднятия территории, что оказывало сильное влияние на ландшафтные и фациально-генетические условия осадконакопления, что нашло отражение в изменении состава диатомовых ассоциаций. За последние 10 тысяч лет произошли существенные изменения в рельефе п-ова Киндо и о. Великого. Несмотря на большую амплитуду (до 120 м) поднятия Карельского берега, его скорость поднятия с конца атлантического времени была очень близка к скоростям поднятия Терского берега. Для кутовой части Кандалакшского залива и его побережий характерно поднятие территории, обмеление заливов и выход поверхности из-под уровня моря, в то время как для внешней глубоководной части Кандалакшского залива напротив установлено увеличение глубин, начиная с первой половины пребореального времени.

6.2. Изменения гидрологических и климатических условий в голоцене

В голоцене, в соответствии со схемой Блитта – Сернандера принято выделять пребореальный, бореальный, атлантический, суббореальный и субатлантический

климатические периоды (табл. 5). Для позднеледниковья и голоцена характерны неоднократные изменения гидробиологических условий и температурного режима (Елина, Филимонова, 2007).

Таблица 5

Климатические периоды, спорово-пыльцевые спектры и диатомовые комплексы отложений голоцена (по Джиноридзе., 1972; Малясовой, 1976; Elina et al., 2010; Елина, Филимонова, 2007). Возраст климатостратиграфических подразделений по: Mangerud et al., 1974.

Климатический период	Спектры по пыльце и спорам (побережье, Карелия)	Спектры по пыльце и спорам (акватория)	Комплексы диатомовой флоры
Субатлантический (2.6 тыс. к.л.н. - современный)	<i>Picea + Pinus</i>	Исчезновение пыльцы широколиственных пород и увеличение пыльцы тундровых.	Состав современный: неритические виды, океанические, сублиторальные.
Атлантический и суббореальный (8.2-2.6 тыс. к.л.н.)	<i>Picea + Pinus</i> , увеличивается содержание широколиственных пород	Значительно увеличивается содержание ели и широколиственных пород. Спектры характеризуют растительность времени климатического оптимума голоцена.	Сублиторально-неритический комплекс с участием южно-бореальных видов. Второй максимум тепловодных океанических видов.
	<i>Pinus + Picea + Betula</i> , увеличивается содержание широколиственных пород		Сублиторальный северо-бореальный подкомплекс.
	<i>Pinus + Betula pubescens + Picea</i>		Сублиторально-неритический комплекс с участием южнобореальных видов. Первый максимум тепловодных океанических видов.
	<i>Pinus + Betula pubescens</i> , эмпирическая граница <i>Picea</i>		Сублиторальный северо- и аркто-бореальный с примесью южно-бореальных видов.
Бореальный (10.8-8.2 тыс. к.л.н.)	Пыльца <i>Betula pubescens + Pinus, B.nana + Salix sp.</i>	Пыльца <i>Pinus</i> .	Сублиторально-неритический аркто-бореальный подкомплекс.
			Сублиторальный северо-бореальный комплекс.
Пребореальный (11.7-10.8 тыс. к.л.н.)	Пыльца <i>Betula pubescens, B.nana + Salix sp.</i>	Увеличивается количество древесной пыльцы и спор за счет сокращения пыльцы трав.	Сублиторальный северо-бореальный комплекс.

Позднеледниковье закончилось **поздним дриасом** (13–11.7 тыс. к. л.н.). Белое море представляло собой холодный солоноватоводный водоем с низким уровнем первичной продукции (Джиноридзе, 1971; Новичкова, 2008; Невесский и др., 1977).

Считается, что в Онежском заливе существовал приток пресных вод (Новичкова, 2008; Невеский и др., 1977). В комплексе диатомей Онежского, Двинского и Кандалакшского заливов присутствуют преимущественно эвригалинные виды (Джиноридзе, 1971, 1972). В соответствующих отложениях Карельского берега отмечено наличие видов *Grammatophora marina* и *Rhabdonema minutum* (глава 5, рис.39), свидетельствующих о морском осадконакоплении в этой части Кандалакшского залива. Согласно данным исследования изотопов кислорода в кернах льда Гренландии и спорово-пыльцевых комплексов севера Европейской части России, реконструированная температура воздуха была существенно ниже в конце плейстоцена-начале голоцена по сравнению со среднеголоценовыми показателями (Stuiver et al., 1995; Климанов, Елина, 1984).

Пребореальный период (11.7-10.8 тыс. к.л.н.). При переходе от ледниково-морских обстановок осадконакопления к морским происходит активизация циркуляции вод в Белом море (Джиноридзе, 1971, 1972). При этом в котловину Белого моря продолжался сток талых ледниковых вод, что также подтверждается данными палеорекопструкций в районе Анзерского плеса Онежского залива (Полякова и др., 2014). Потепление пребореала проявлялось в повышении температур воздуха, ставших лишь на 1.5-3°C ниже современных (Девятова, 1986). Низкие концентрации в отложениях Кандалакшского (колонка 6066, рис. 50, ДЗ VI и V) и Двинского заливов (колонки 6042, 6050), а иногда и полное отсутствие диатомовых водорослей в пребореальных осадках центральной части Двинского залива (колонка 6042, рис. 51, ДЗ IV, рис. 57) может указывать на неблагоприятные для аккумуляции диатомей условия существовавшего сильно распресненного морского залива. Высокие значения CD – критерия (отношение пресноводных палиноморф к морским, 1.21) также подтверждают низкую соленость и поступление терригенного органического материала около 11.7 кал. л.н. (Полякова и др., 2014, Новичкова и др., 2017), а также данные распределения $\delta^{13}\text{C} - \text{C}_{\text{орг}}$ (от – 27.50 до – 29.36 ‰) в колонке 6042 (Лейн и др., 2013). Высокая доля пресноводных видов (колонка 6042, ДЗ VI и ДЗ V, рис. 51) может свидетельствовать о более близком расположении устья р. Северной Двины по сравнению с современным. Также неблагоприятные для развития диатомовой флоры условия могли возникнуть в связи с поступлением с континента терригенного материала, из-за

которого повышалась мутность вод, препятствующая проникновению света и способствующая образованию дисфотической зоны, по-видимому, в нескольких сантиметрах от поверхности воды. Увеличению содержания взвешенных частиц в воде могло способствовать начало интенсивного врезания р. Сев. Двины, связанное с превалирующим над трансгрессией моря гляциоизостатическим поднятием в конце пребореального времени (Зарецкая, 2017).

Колонка 6050, расположенная во внешней части Двинского залива, ближе к центральной части Белого моря, вскрывает осадки конца пребореального периода.

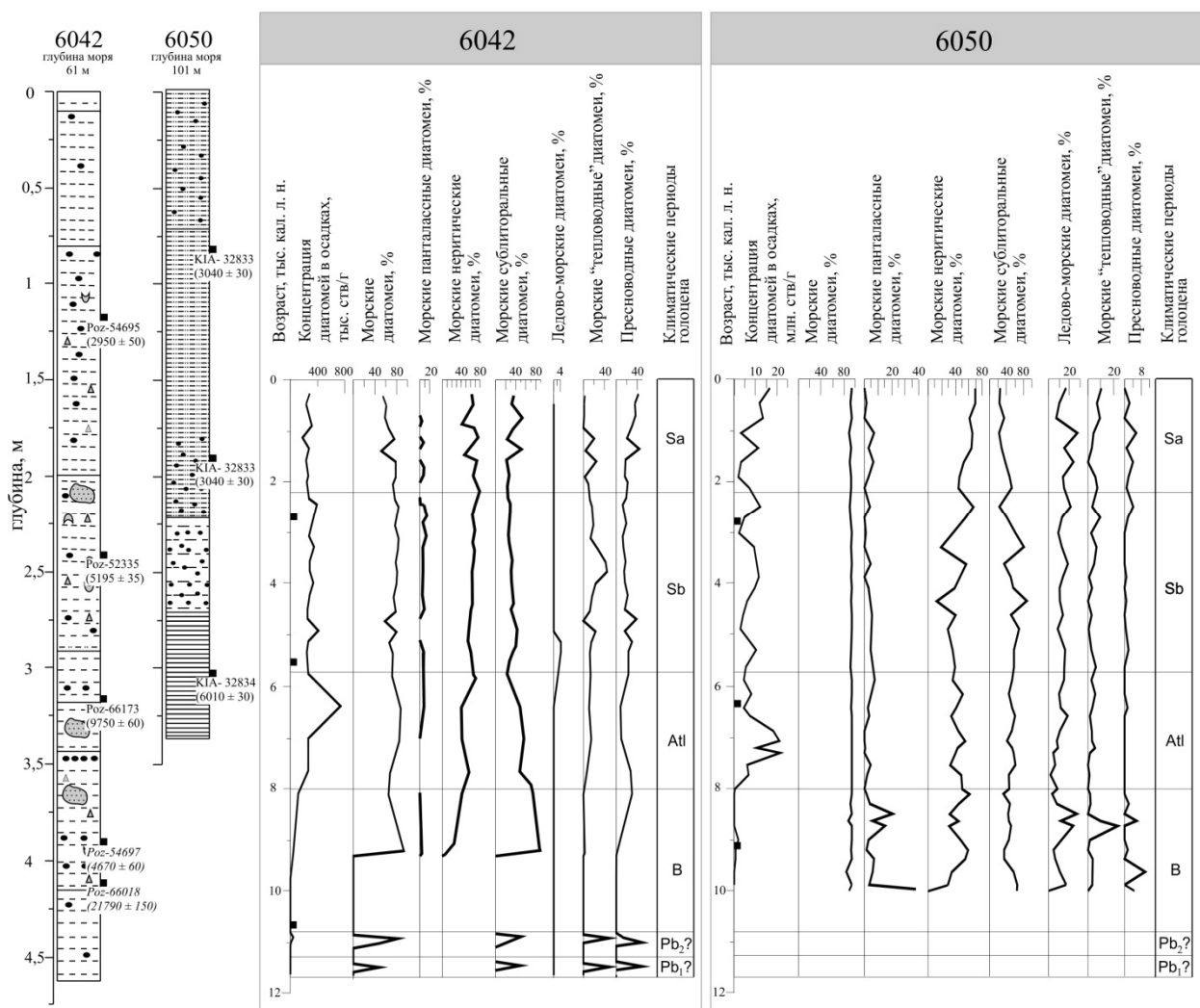


Рис. 57. Распределение основных экологических групп диатомей в колонках донных осадков колонок 6050 и 6042 из Двинского залива.

Помимо талых ледниковых и речных вод, в Двинский залив поступали еще и атлантические воды из Баренцева моря (рис. 58). Единичные морские диатомеи, характерные для атлантических вод (*Coscinodiscus radiatus* на глубинах 430 см и 370–380 см в колонке 6042, рис. 51), а также наличие автотрофного вида диноцист *Operculodinium centrocarpum* арктического морфотипа (Новичкова и др., 2017)

указывают на начало их проникновения еще в первой половине пребореала (11.7-10.8 к.л.н.). Это подтверждается установленными фактами усиления влияния атлантических вод (Нордкапское течение) в юго-западной части Баренцева моря (Полякова, 1997; Chistyakova et al., 2010; Risebrobakken et al., 2010; Berben et al., 2014; Иванова и др., 2016; Полякова и др., 2020).

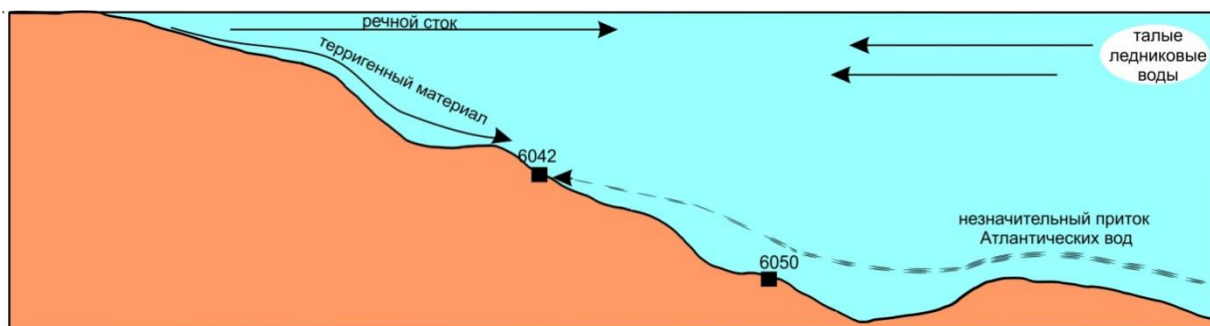


Рис. 58. Особенности гидродинамической обстановки в Двинском заливе в пребореальное время.

Для **бореального периода** (10.8-8.2 тыс. к.л.н.) характерно постепенное потепление климата (Девятова, 1986; Елина, Филимонова, 2007; Elina et al., 2010). Начало улучшения гидробиологических условий бореального периода фиксируется по увеличению тепловодных видов диатомей в лагунах (в колонке ВМ-2015, ДЗ IV, рис. 39).

В отложениях Терского берега Белого моря в районе с. Чаваньга положение морских диатомовых комплексов (колонка 1/15) на $h_{абс}$ 18.0 м свидетельствует о подтоплении прибрежного участка, и является следом уровня Белого моря в эпоху Фолас (рис. 59). Положение морских отложений выше современного уровня моря связано с послеледниковым поднятием территории и с эвстатическим повышением уровня моря 8.0-9.0 тыс.к.л.н. В данное время происходило повышение уровня Мирового океана (Fairbanks, 1989). В море Лаптевых отмечено как повышение уровня моря, так и установление близких современным значений солености поверхностных вод (Polyakova et al., 2005). При этом западнее, в долине р. Варзуги морские отложения эпохи Фолас фиксируются на высотах 46 м (Лаврова, 1947), что также подтверждает снижение интенсивности послеледникового поднятия при движении с запада на восток южного побережья Кольского полуострова и согласуется с данными о максимальных амплитудах изменения относительного уровня моря в вершине Кандалакшского залива (Baranskaya et al., 2018). По некоторому увеличению концентраций диатомей на глубинах 1.65-1.84 м в

отложениях Кандалакшского залива (колонка 6066, рис. 50, ДЗ IV) и началу направленного роста численности вида *Coscinodiscus radiatus* устанавливается слабое проявление эвстатического повышения уровня мирового океана.

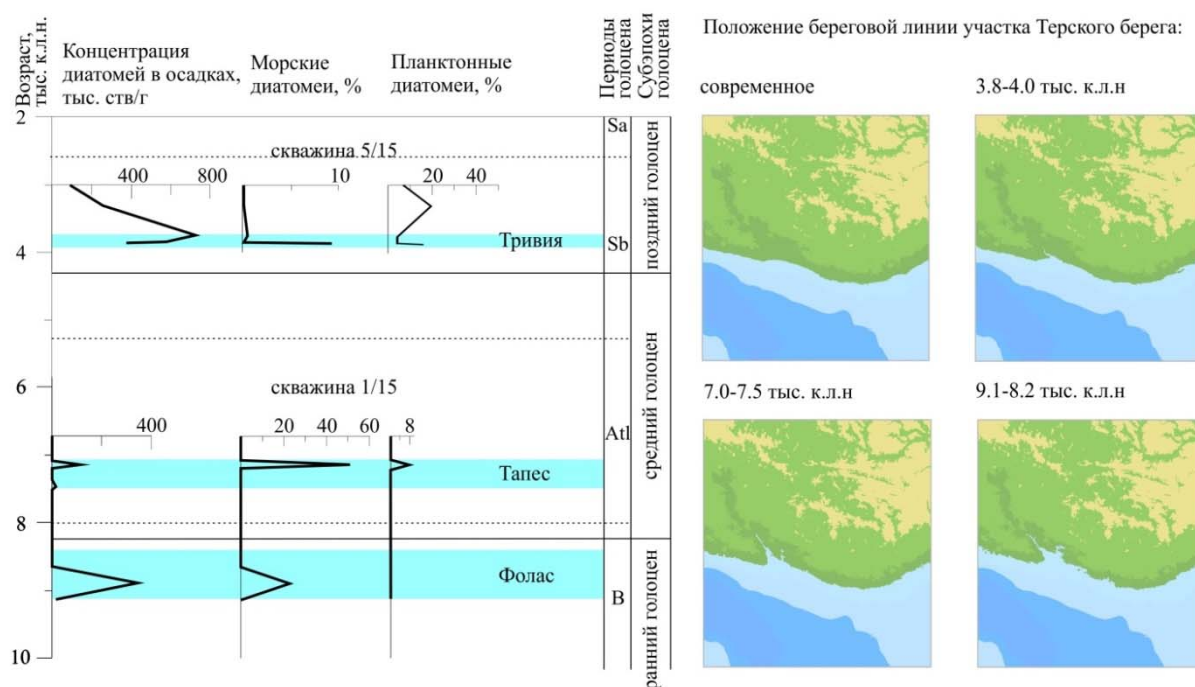


Рис.59. Отражение следов уровня Белого моря в эпохи Тапес, Фолас и Тривия в составе диатомовых ассоциаций, положение береговой линии. Возраст рассчитан на основе радиоуглеродных датировок (табл.1) методом линейной интерполяции между датированными уровнями, с допущением равномерности скорости осадконакопления.

Гидрологические условия в центральной части Двинского залива существенно не изменились, в то время как в его внешней части активное поступление баренцевоморских вод в Белое море способствовало усилению гидродинамической активности вод (рис. 60), также как и в Онежском заливе Белого моря (Полякова и др., 2014).

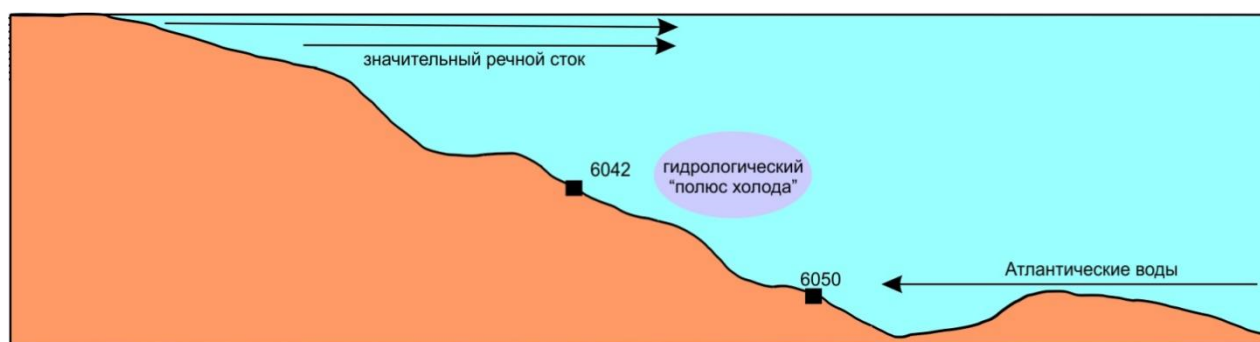


Рис. 60. Особенности гидродинамической обстановки в Двинском заливе в бореальное время.

Во внешней части Двинского залива устанавливается устойчивая связь с Баренцевым морем (колонка 6050, ДЗ V и IV, рис.52), и в целом гидробиологические условия становятся благоприятными для развития фитопланктона (Полякова и др., 2014). Об этом свидетельствует также появление планктонных видов цист динофлагеллат и диатомовых водорослей (*Operculodinium centrocarpum* Арктический морфотип и *Shionodiscus oestrupii* соответственно), поступающих в Белое море с водами Баренцева моря (6050, ДЗ V, IV, рис. 52) (Полякова и др., 2014; Новичкова и др., 2017).

Запоздавшая реакция экосистемы центральной части Двинского залива на проникновение трансформированных атлантических вод и теплых воздушных масс может быть объяснена наличием соленостного фронта во внешней части Двинского залива (Пантюлин, 2012) и гидрологического «полюса холода», которые снижали влияние относительно теплых трансформированных атлантических вод. Также орография самого залива, наличие подводных банок высотой 10-20 м (Никифоров и др., 2017), могли способствовать более медленному распространению вод из Баренцева моря. Изменение гранулометрического состава осадков центральной части залива, проявляющееся в увеличении доли песчаной примеси (Новичкова и др., 2017), может свидетельствовать об усилении течений и эрозионной деятельности р. Сев. Двины, что, вероятно, является результатом быстрого поднятия территории, а также интенсивной смены условий осадконакопления.

Атлантический период (8.2–5.3 тыс. к.л.н.) в целом характеризуется потеплением климата (Климанов, Елина, 1984). Кратковременное ухудшение гидробиологических условий в первой половине атлантического периода (8.2-8.1 тыс. к.л.н.), отмеченное рядом исследователей в Баренцевом море и Норвежско-Гренландском бассейне (Duplessy et al., 2001; Birks, Коç, 2002), реконструируется в Белом море по увеличению численности ледово-морских и холодноводных аркто-бореальных планктонных диатомей (*Fragilariopsis oceanica*, *Thalassiosira gravida* и *Chaetoceros mitra*) и уменьшению количества относительно «тепловодных» диатомовых водорослей, индикаторов поступления трансформированных атлантических вод. В составе цист динофлагеллат увеличивается доля «тепловодных» автотрофных видов (до 60%), однако доля гетеротрофных

холодноводных видов по-прежнему остается значительной (Полякова и др., 2014; Новичкова и др., 2017), а критерий CD - снижается до 0.01 – 0 (Полякова и др., 2014; Новичкова и др., 2017). Гидробиологический оптимум голоцена в Баренцевом море приходится на 7.8 – 6.9 тыс. к.л.н. и связан с кульминацией раннеголоценового распространения атлантических вод Нордкапским течением (Полякова, 1997; Pavlidis, Polyakova, 1997; Voronina et al., 2001; Иванова, 2006; Иванова и др., 2016). В Двинском заливе наиболее благоприятные условия для фитопланктона в период оптимума голоцена сформировались позже (6.5 – 5.1 тыс. к.л.н.). Влияние эвстатического повышения уровня моря в атлантическое время (эпоха Тапес) отчетливо проявляется в ассоциациях микрофоссилий: для них характерны максимальные концентрации диатомей (колонка 6042, ДЗ III рис. 51, колонка 6050, ДЗ III, рис. 52, 57, 61), связанные, вероятно, с увеличением продуктивности вод и изменением условий седиментации. В морских отложениях Кандалакшского и Двинского заливов увеличивается количество и разнообразие диатомовых водорослей. Следы уровня Белого моря эпохи Тапес проявляются в отложениях Терского берега (колонка 1/15, рис. 46) на $h_{абс}$ 18.8 м в виде второго пика морских диатомей на глубине 2.15-2.20 м (около 7 – 7.5 тыс. к.л.н., рис. 59). Западнее, в районе устья р. Варзуги, установлено формирование береговой линии эпохи Тапес, поднятой сейчас на высоты 30-40 м (Зарецкая, Репкина, 2015). Также на это время приходится максимум концентраций диатомей в отложениях внешней части Кандалакшского залива (колонка 6066, ДЗ III, рис. 50) и свидетельствуют о благоприятных гидробиологических условиях оптимума голоцена. О высокой продуктивности вод свидетельствует повышенная биогенная составляющая в осадке, что подтверждается значениями $C_{орг}$ (0,7%) и биогенного кремнезема (4%) (Lein et al., 2013; Новичкова и др., 2017; Budko et al., 2019).

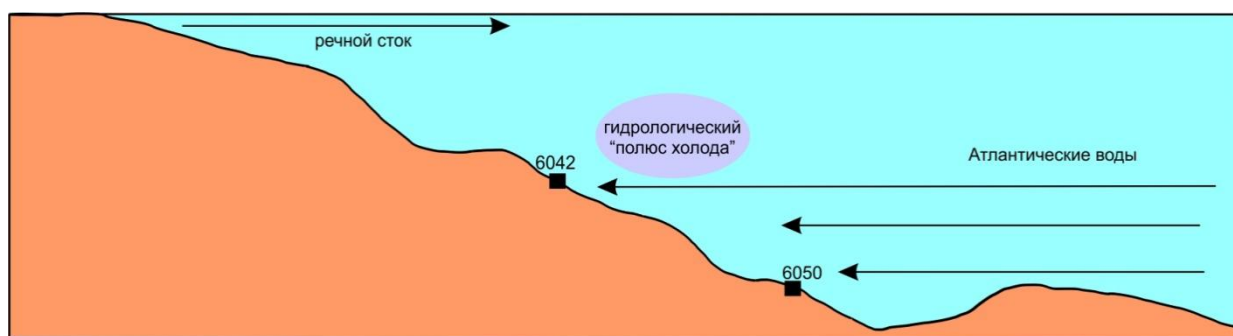


Рис. 61. Особенности гидродинамической обстановки в Двинском заливе в атлантическое время.

Начало потепления климата фиксируется в конце атлантического периода (около 6.2 тыс. к.л.н.) по увеличению содержания пыльцы *Pinus silvestris* и *Picea abies* (табл. 5, Елина, Филимонова, 2007; Elina et al., 2010; Полякова и др., 2014; Новичкова и др., 2017); и косвенно за счет увеличения относительно тепловодных видов диатомовых водорослей, индикаторов поступления атлантических вод: *Shionodiscus oestrupii* и *Coscinodiscus radiatus* отложениях Двинского залива.

В изученной центральной части Двинского залива относительно тепловодные атлантические виды встречаются в небольших количествах (рис. 57). При этом во внешней части Двинского залива гидробиологические условия представляются несколько более благоприятными, нежели в центральной. Это вероятно связано с близостью последней к гидрологическому «полюсу холода». В колонке 6050 на глубине 2.55–2.60 м отчетливо можно выделить начало увеличения интенсивности поступления атлантических вод по резкому переходу от холодноводных доминантов к тепловодным в составе диатомовых ассоциаций (рис. 52). Рост числа неритических и панталассных видов (*Coscinodiscus radiatus*, *Thalassionema nitzschioides* и *Chaetoceros* spp.) и появление типичных для атлантических вод видов диатомовых водорослей и диноцист (*Actinopterychus senarius*, *Coscinodiscus asteromphalus*, *C. radiatus* и *Spiniferites ramosus*) указывают на установление устойчивой связи Белого моря с Баренцевым.

На Терском берегу Белого моря наиболее оптимальные гидробиологические условия континентальных водоемов, судя по росту числа тепловодных видов (колонки 1/15, рис. 46, 2/15, рис. 47) и увеличению концентраций диатомей (колонка 1/15) приходится на временной промежуток 7.5-6.2 тыс.к.л.н. Наиболее высокие температуры воздуха реконструированы к концу атлантического времени, в период климатического оптимума голоцена (Климанов, Елина, 1984). По некоторым данным среднегодовые температуры воздуха превышали современные значения на 2 – 3.5°, а количество осадков могло быть больше на 75-100 мм/год (Девятова, 1986; Елина, Филимонова, 2007).

В центральной части Двинского залива (рис. 51) и во внешней глубоководной части Кандалакшского залива (рис. 50) постепенное увеличение численности в осадках относительно тепловодного вида *Coscinodiscus radiatus* позволяет сделать вывод об усилении адвекции трансформированных баренцевоморских вод начиная

с атлантического времени (8.1-5.8 тыс.к.л.н.) и до середины *суббореала* (5.3-2.6 тыс.к.л.н.). В то же время уменьшение интенсивности притока относительно теплых атлантических вод (рис. 62) проявляется во внешней части Двинского залива, судя по уменьшению таксономического разнообразия и числа видов-индикаторов поступления атлантических вод (рис. 51).

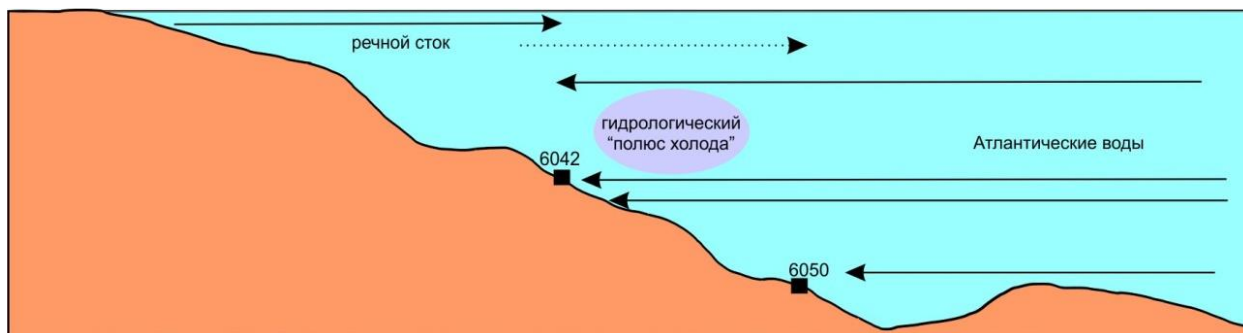


Рис.62. Особенности гидродинамической обстановки в Двинском заливе в суббореальное время

Тем не менее, роль диноцист относительно «тепловодных» видов (*Pentapharsodinium dalei* и *Spiniferites ramosus*), которые попадают в Белое море с водами Баренцева моря, остается значительной в колонке 6050 во внешней части Двинского залива (Полякова и др., 2014).

На границе атлантического и суббореального периодов (5.8 тыс.к.л.н.) в озерно-болотных осадках Терского берега отмечено ухудшение гидробиологических условий (по увеличению доли холодноводных видов в колонке 2/15, рис. 47), которое прослеживается вплоть до начала позднего голоцена. Это связано с откликом развития воздушных масс на снижение интенсивности поступления атлантических вод, фиксируемом также в Норвежско-Гренландском бассейне (Koc et al., 1993), у западного побережья Норвегии (Grøsfjeld, et al., 1999) и в акватории Баренцева моря (Полякова, 1997; Voronina et al., 2001; Полякова и др., 2020). В колонке 2/15 доминанты горизонта 0.9-0.7 м (5-4 тыс.к.л.н.) полностью отражают снижение температур воды в реконструируемом мелководном озере, связанное с похолоданием первой половины суббореального периода. В это же время для отложений этого возраста в районе Чаваньги, в колонке 1/15 характерно увеличение числа тепловодных диатомей, которое, судя по большой роли видов-обрастателей (рис. 46) в составе диатомовых ассоциаций связано с изменением глубин озера, а не климатическими флуктуациями. Влажные и холодные условия первой половины суббореала сменяются сухими и теплыми в

середине суббореального времени. Среднегодовая температура была на 2-2.5° выше современной (Девятова, 1986; Филимонова, Климанов, 2005; Елина, Филимонова, 2007; Elina et al., 2010).

Рост числа относительно тепловодных видов и концентраций диатомей в осадках второй половины суббореала внешней части Кандалакшского залива обусловлен увеличением интенсивности адвекции относительно теплых атлантических вод. В районе р. Варзуги, на болоте Колонихский мох (Терский берег), в основании колонки 5/15 (рис. 48, 2.50-2.55 м, около 3.9 тыс.к.л.н.) на h_{abc} 14.5 м в болотном комплексе диатомей обнаружены единичные створки морских видов, фиксирующие следы положения уровня Белого моря в эпоху Тривия (рис. 59). Максимальные концентрации диатомей в колонке 5/15, приходящиеся на начало позднего голоцена, связаны с уменьшением глубин и изоляцией исходного морского залива. Для второй половины суббореала в целом характерно преимущественное улучшение гидробиологической обстановки, проявляющееся в повсеместном увеличении числа тепловодных видов диатомей в колонках.

Климатические изменения на рубеже суббореала и субатлантики были не столь резкими как на границах более ранних эпох. В *субатлантическом периоде* (2.6 тыс. к. л.н.-современность) выделяются два крупных события: средневековое потепление (1.2-0.8 тыс. к.л.н.), когда Белое море имело минимальную продолжительность сезонного ледяного покрова (Полякова и др., 2014, Новичкова и др. др., 2017) и Малый ледниковый период (0.4-0.6 кал. тыс. к.л.н.). Для средневекового потепления все восстановленные температурные характеристики воздуха были на один градус выше современных значений, тогда как для малого ледникового периода они были не менее чем на один градус ниже (Девятова, 1986; Клименко и др., 2001; Елина, Филимонова, 2007). Практически во всех колонках малый климатический оптимум (1.2-0.8 тыс. к.л.н) и малый ледниковый период (около 0.6 тыс. к.л.н) субатлантического времени отражаются в изменении концентрации диатомей и соотношении относительно тепловодных и холодноводных видов. В субатлантическое время состав диатомовых комплексов становится близок к современному. В то же время пресноводные виды появляются в значительных количествах в составе диатомовых сообществ в верхних частях

колонок 6066, 6042 и 6050 (рис. 50, 51, 52, 57), что указывает на возрастающий приток речных вод (рис. 63).

В начале субатлантического периода условия на Терском берегу Белого моря в бассейне ручья Столбицкого становятся более засушливыми, что проявляется в увеличении доли пресноводного эпифитного вида *Eunotia lapponica* (колонок 2/15, рис. 47). Изменения условий увлажнения связано с усилением континентальности климата. Схожие особенности характера увлажнения также фиксируются в составе диатомовых ассоциаций торфяников Кольского полуострова и Северо-Восточной Карелии (Шилова, 2011).

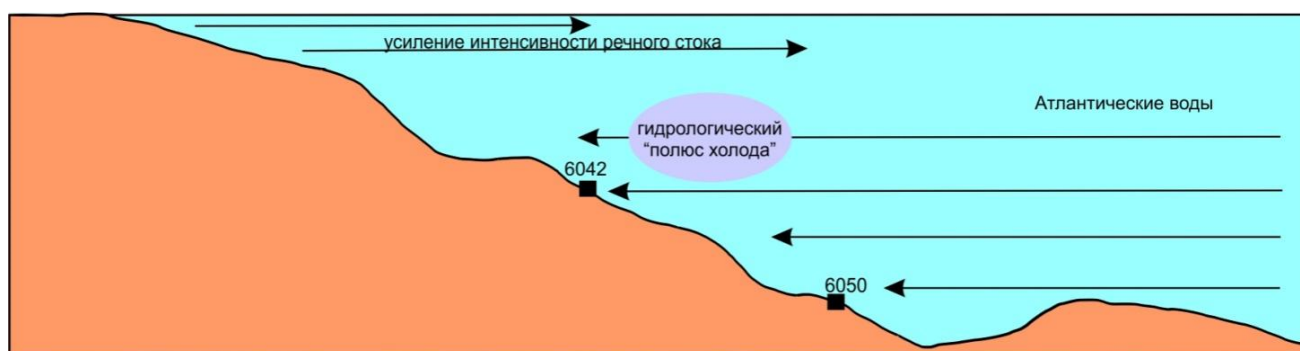


Рис. 63. Особенности гидродинамической обстановки в Двинском заливе в субатлантическое время

6.3. Развитие природной среды

Анализ диатомовых ассоциаций в колонках голоценовых отложений акватории и побережий Белого моря, а также определение возраста на основе данных диатомовой и палинostrатиграфии и радиоуглеродным датированием отложений позволили выделить три основных этапа, когда происходили существенные перестройки природной среды.

Первый этап – холодный морской – относится к временному промежутку от позднего дриаса до начала бореального периода. В начале голоцена большая часть территории современного побережья Карельского и Терского берегов всё еще находилась ниже уровня моря и представляла собой дно морского бассейна (Агафонова и др., 2020; Шилова, 2011; Романенко, Шилова 2012; Колька и др., 2005; Колька, Шелехова, 2017; табл. 6, рис. 55А, 59). Над водой поднимались лишь отдельные небольшие низменные острова, разделенные относительно глубокими проливами, в которых накапливались глинистые отложения. На поверхности же самих островов преобладали процессы денудации. В результате дальнейшего

Таблица 6.
Этапы истории развития природной среды акватории и побережий Белого моря в голоцене.

Климатический период	Акватория		Побережье	Этап
SA (2.6 тыс. кал. л.н. - современность)	Малая ледниковая эпоха	Формирование современных гидрологических условий. Усиление речного стока.	Пресные озёра, болота, отделяющиеся водоемы. Обмеление и заторфовывание озёр, уменьшение глубины заливов и лагун, присоединение островов, образование полуостровов. Землетрясения со сбросами. На Терском берегу - новообразование мерзлоты.	III этап
	Средневековое потепление			
SB (5.3-2.6 тыс. кал. л.н.)	Похолодание	Установление устойчивой связи с Баренцевым морем. Периоды интенсивной адвекции атлантических вод.	Мелководные заливы и лагуны, отделяющиеся водоемы, озёра, болота. Закрытие проливов, обмеление и заполнение заливов и лагун, образование отделяющихся водоемов и озёр, присоединение островов. Образование серии морских террасовидных поверхностей. Начало образования торфа.	II этап
AT (8.2-5.3 тыс. кал. л.н.)	Климатический оптимум голоцена			
BO (10.8-8.2 тыс. кал. л.н.;)	Потепление			
PB (11.7-10.8 тыс. кал. л.н.)	Холодные условия	Мелководные сильно распресненные заливы. Переход от ледово-морских условий к морским. Высокая мутность вод. Незначительный приток трансформированных атлантических вод.	Мелководные открытые морские заливы, проливы, лагуны. Обмеление заливов и проливов, объединение групп островов в единые массивы суши	I этап
DR ₃ (13-11.7 тыс. кал. л.н.)	Суровые климатические условия			

поднятия территории отмечается появление над уровнем моря все большего количества участков ледниково-тектонического рельефа, их объединение в единые массивы суши. Позднеледниковое «высокое положение моря» длительностью примерно 1000 лет в течение позднего дриаса – начале пребореала также реконструировано для участка Кандалакшского берега в районе поселка Умба (Колька, Корсакова, 2017), более высокое положение уровня моря также фиксируется на побережье Белого моря, у поселков Кузема (Колька и др., 2012) и Энгозеро (Колька и др., 2013). Сходные условия реконструируют и для района Соловецкого архипелага, где современные озера образовались в результате изменения относительного уровня моря на месте открытых заливов с активным гидродинамическим режимом (Субетто и др., 2012; 2017). Проливы и заливы со спокойным гидродинамическим режимом, вероятно, перекрытые льдом, существовали на Зимнем берегу Белого моря (Репкина и др., 2016, 2017), а также на северо-западе Онежского полуострова (Репкина и др., 2017).

До бореального времени Онежский, Двинский (Полякова и др., 2014; Новичкова и др., 2017; Agafonova et al., 2020) и Кандалакшский заливы были мелководные и сильно распресненные. В Онежском заливе, в проливе Восточная Соловецкая Салма установлено, что осадконакопление происходило в условиях опресненного, холодноводного морского бассейна (Полякова и др., 2014). Установлено, что помимо талых ледниковых и речных вод в акваторию Двинского залива, начиная с первой половины пребореального времени, происходила адвекция трансформированных атлантических вод из Баренцева моря (Agafonova et al., 2020).

Немногочисленные данные об истории развития Горла Белого моря свидетельствуют, что на его юго-восточном побережье, для которого не характерно интенсивное послеледниковое поднятие, морские отложения обнаружены до абсолютной высоты 4 м (Шилова и др., 2019). Вероятно, что и часть побережья Горла на участке от мыса Вепревский до мыса Инцы до начала бореального периода находился под уровнем моря. Исследование отложений на более высоких гипсометрических уровнях юго-восточного побережья Горла показало, что на данном этапе происходило начало формирования озер, болот и палеопочв (Шилова и др., 2019).

Второй этап продолжался со второй половины бореального времени до начала суббореала. В это время на Карельском берегу начинается изоляция заливов и образование отделяющихся водоёмов (табл. 6). Наличие водоемов переходного типа также отмечено на Соловецком архипелаге (Субетто и др., 2012; 2017), и на участке Кандалакшского берега в районе поселка Умба (Колька, Корсакова, 2017). Существовавшие ранее небольшие архипелаги объединяются в крупные острова. На их поверхности появляются первые болота, начинается образование торфа. Начало торфообразования отмечено как на западном побережье Белого моря (Колька и др., 2005, 2012; Романенко, Шилова, 2012; Колька, Корсакова, 2013), так и на восточном (Барановская и др., 1977; Кошечкин, 1979; Субетто и др., 2012; Репкина и др., 2016, 2017; Zaretskaya et al., 2020). Со второй половины голоцена отмечается уменьшение скорости поднятия территории (Романенко, Шилова, 2012). Следы уровня Белого моря в эпоху Тапес обнаружены как на Карельском, так и на Терском берегах в виде образования террасовидных поверхностей на высоте 18-28 м. На Карельском побережье соответствующие отложения были обнаружены на п-ове Киндо в так называемом «Палеонтологическом объекте», который вскрывает толщу серой опесчаненной глины с примесью гравия и мелкозернистого песка. В отложениях присутствовали раковины двустворчатых моллюсков, радиоуглеродное датирование которых показало, что данная толща сформировалась в атлантическое время (Зарецкая, Шевченко, 2012). На Терском берегу отложения эпохи Тапес представлены оторфованными сапропелями в колонке 1/15 (см. главу 5). Для участков Кандалакшского берега в районе поселка Умба (Колька и др., 2013) и г. Кандалакша (Колька, Корсакова, 2017) также отмечено наличие поднятых древних береговых форм, представленных береговыми валами, формировавшихся на данном этапе. В заливах устанавливается устойчивая связь с Баренцевым морем (Полякова и др., 2014; Новичкова и др., 2017; Agafonova et al., 2020), выделяются этапы более интенсивной адвекции трансформированных атлантических вод (эпохи Фолас и Тапес). Улучшение гидробиологических условий климатического оптимума голоцена находит свое отражение в составе диатомовых ассоциаций, в основном это проявляется в увеличении бореальных видов диатомей.

Третий современный *этап* начался в середине суббореального времени и продолжается до настоящего времени. Начало этого этапа совпало с ухудшением гидробиологических характеристик. Условия в заливах становились близкими современным, при этом отмечено увеличение доли пресноводных диатомей, которые свидетельствуют об усилении речного стока и гидродинамической активности вод. На побережьях (табл. 6) происходил интенсивный рост болот и накопление торфа. Облик территории постепенно приближался к современному. Регрессия береговой линии моря продолжается со скоростью менее 0.5 см/год на побережье Белого моря (Колька, Корсакова, 2017). При этом скорости поднятия Карельского берега в районе п-ва Киндо составляют 4-4.5 мм/год (Романенко, Шилова, 2012), что связано с интенсивностью послеледниковых поднятий. На территории п-ова Киндо в это время формируются два уровня морских террас (14-18 м и 8-12 м), сложенных галечно-гравийно-песчаным материалом. Поднятие территории сопровождалось землетрясениями, которые запечатлены в рельефе в виде сейсмодислокаций, представленных системами ущелий, каменных хаосов и скальных уступов (Никонов, 1977; Шевченко и др., 2007; Романенко, Шилова, 2012; Мараханов, Романенко, 2014), в отложениях Терского берега в виде вероятных следов цунами. За последнее тысячелетие наиболее значимым климатическим событием была малая ледниковая эпоха, которая сопровождалась увеличением площади покровных ледников и горного оледенения (Briffa et al., 2001). На Терском берегу в это время развивается островная мерзлота (см. главу 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований диатомей в колонках донных осадков Кандалакшского и Двинского заливов Белого моря и отложений его побережий (всего 219 образцов), датированных с использованием ускорительной масс-спектрометрии (AMS^{14}C) и сцинтилляционного метода (всего 22 даты), а также анализа геолого-геоморфологических материалов о строении отдельных районов побережий Кандалакшского залива позволили сделать следующие выводы:

1. В голоценовых отложениях Карельского берега Кандалакшского залива, выделенные диатомовые зоны характеризуют переход от морских условий к пресноводным через стадию водоема переходного типа – отделяющегося водоема, в различной степени опресненного, которые широко развиты в прибрежной зоне залива и в настоящее время. На основе низких значений концентраций диатомей отмечена дистрофность водных объектов Терского берега на протяжении всего голоцена;

2. Выполненные автором палеогеографические реконструкции, показали, что площадь суши Карельского берега Кандалакшского залива постоянно возрастала в течение последних 10 тысяч лет за счёт причленения к материку новых островов и объединения архипелагов небольших островов в более крупные острова. При таких изменениях конфигурации побережья быстро менялись литодинамические условия, что отражается в составе диатомовых ассоциаций и мозаичности и разнообразии рельефа берегов;

3. Впервые проведенное исследование состава диатомовых ассоциаций голоценовых отложений морских террас Терского берега и внешней части Кандалакшского залива Белого моря позволило зафиксировать следы уровня Белого моря в эпохи Фолас, Тапес и Тривия. Сравнение абсолютных высот обнаруженных на побережье морских отложений с ранее опубликованными данными о положении одноименных морских образований позволили сделать вывод об увеличении абсолютных высот следов положения уровня Белого моря в эпохи Фолас и Тапес с востока на запад Терского берега.

4. Состав диатомовых ассоциаций, исследованных автором в колонках побережий, зависит от температуры воды исходного водоема. Первостепенным фактором изменения температуры воды в пределах исследуемой территории

является изменение глубин, связанное с послеледниковым поднятием, а также трансгрессивно-регрессивным перемещением береговой линии, второстепенными – изменение интенсивности адвекции относительно теплых североатлантических вод и глобальные изменения климата.

5. По изменениям в диатомовых комплексах в исследованных колонках нами установлены: начало и максимум проникновения трансформированных атлантических вод, кратковременное похолодание первой половины атлантического времени, голоценовый оптимум и климатические флуктуации субатлантического времени (малый климатический оптимум (1.2-0.8 тыс. к.л.н) и малый ледниковый период (около 0.4-0.6 тыс. к.л.н)).

6. Впервые по данным диатомового анализа установлено, что трансформированные атлантические воды начали поступать в центральную часть Двинского залива еще в первой половине пребореального периода, тогда как раньше это событие относили к концу пребореала – началу бореала. В пребореальном периоде во внешней части Кандалакшского залива реконструировано морское осадконакопление, в эту часть моря также поступали трансформированные атлантические воды.

7. Для кутовой части Кандалакшского залива и его побережий характерно поднятие территории на протяжении голоцена, обмеление заливов и выход поверхности из-под уровня моря. Для внешней глубоководной части Кандалакшского залива напротив установлено увеличение глубин, начиная с первой половины пребореального времени.

8. На побережьях и в акватории Белого моря нами выделены три основных этапа, когда происходили существенные изменения природной среды в голоцене. Первый этап (поздний дриас – начало бореального периода) – холодный морской, второй (вторая половина бореала – начало суббореала) – переходный, для которого свойственна изоляция водоемов в прибрежных районах и установление устойчивой связи с Баренцевым морем, и третий – современный этап (начался в середине суббореального времени), на побережьях проявляется в образовании озер и болот на месте палеозаливов и лагун, в акватории – в образовании современных гидробиологических условий.

Выполненная работа является первым исследованием, в котором приводится сравнение и корреляция реконструированных на основе данных диатомового анализа, радиоуглеродного датирования, геолого-геоморфологических исследований, обстановок и событий голоцена как в акватории Белого моря, так и на его побережьях. Полученные результаты существенно дополняют имеющиеся представления о палеогеографии Белого моря и свидетельствуют о целесообразности применения данного подхода для палеогеографических и палеоокеанологических реконструкций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Авенариус И.Г.* Морфоструктура Беломорского региона // Геоморфология. 2004. № 3. С. 48–56.
- Авенариус И.Г., Виталь А.Д., Фроль В.В.* Новейшие тектонические движения в районе пролива Великая Салма (Белое море)// Теория и практика комплексных морских исследований в интересах экономики и безопасности Российского Севера. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. С.9-10.
- Авенариус И.Г., Виталь А.Д., Сиднева Е.Н.* Палеогеография и морфоструктурные особенности линейных прогибов района о.Великого (Кандалакшский залив) в голоцене // Летопись природы Кандалакшского заповедника за 2008г. 2008. Кн. 53. Т.1. С. 24-37.
- Агафонова Е.А., Полякова Е.И., Романенко Ф.А.* Данные диатомового анализа озерно-болотных отложений участка Карельского берега Белого моря (п-ов Киндо)// Современные проблемы четвертичной геологии и географии Северо-запада европейской части России и сопредельных стран: Материалы научной сессии (с участием иностранных специалистов), посвященной 100-летию со дня рождения Галины Сергеевны Бискэ (Петрозаводск, 9-10 марта 2017 г)/ под. ред. Т.С. Шелеховой.- Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2017 а. С. 64-68.
- Агафонова Е. А., Полякова Е. И., Романенко Ф. А.* Динамика природной среды побережья Кандалакшского залива Белого моря в голоцене // Актуальные проблемы современной палинологии: Материалы XIV Всероссийской палинологической конференции, посвященной памяти В.П. Гричука / Отв. редакторы Н.С. Болиховская, Т.С. Ключиткина / Под ред. Н. С. Болиховская, Т. С. Ключиткина. — Географический факультет МГУ Москва. 2017 б. С. 3–7.
- Агафонова Е.А., Полякова Е.И., Барымова А.А.* Диатомовые ассоциации из голоценовых отложений Кандалакшского залива Белого моря (Ругозерская губа) // Естественные и технические науки. М.: Спутник+. 2020. Т. 146. № 8. С. 103-109.
- Айбулатов Н.А.* Геоэкология шельфа и берегов морей России. М.: Изд. дом «Ноосфера». 2001. 427 с.

- Арманд А.Д., Самсонова Л.Я.* Морские отложения и голоценовая тектоника района Кандалакши // Основные проблемы геоморфологии и стратиграфии антропогена Кольского полуострова. Л.: Наука. 1969. С. 96-111
- Арманд А.Д., Арманд Н.Н., Граве М.К., Евзеров В.Я., Лебедева Р.М.* Сводная стратиграфическая схема четвертичных (антропогеновых) отложений Кольского полуострова в свете новейших данных // Основные проблемы геоморфологии и стратиграфии антропогена Кольского полуострова. Л.: Наука, 1969. С. 7-24.
- Атлас микроорганизмов в донных осадках океанов: Диатомеи, радиолярии, силикофлагелляты, кокколиты. Отв. ред. Жузе А.П. М: Наука. 1977. 196 с.
- Балуев А.С., Моралев В.М., Глуховский М.З., Пржиялговский Е.С., Терехов Е.Н.* Тектоническая эволюция и магматизм Беломорской рифтовой системы // Геотектоника. 2000. №5. С. 30-43.
- Балуев А.С., Журавлев В.А., Терехов Е.Н., Пржиялговский Е.С.* Тектоника Белого моря и прилегающих территорий (Объяснительная записка к «Тектонической карте Белого моря и прилегающих территорий» масштаба 1:1500000). Тр. ГИН РАН. М.: ГЕОС. 2012. Вып. 597. 104 с.
- Баранская А.В., Мазнев С.В., Романенко Ф.А., Шилова О.С.* Новейшие движения земной коры Карельского берега Белого моря // Арктика и Антарктика. 2019. № 2. С. 16- 33.
- Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В.* Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio. 2006. 498 с.
- Беклемишев К.Б., Семина Г.И.* География планктонных диатомей высоких и умеренных широт Мирового океана // Труды Всесоюзного гидробиологического общества. 1986. Вып. 27. С. 7-23.
- Белое море: Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования / Под ред. О.А. Скарлато, В.Я. Бергера. СПб.: ЗИН РАН. 1995. Ч. 1. 79 с.
- Бискэ Г.С.* Четвертичные отложения и геоморфология Карелии. Петрозаводск: Госиздат Карел. АССР. 1959. 307 с.
- Бискэ Г.С., Горюнова Н.Н., Лак Г.Ц.* Голоцен Карелии // Труды Карельского филиала АН СССР. Вып. 11. 1959. С. 28-82.

- Бискэ Г.С., Горюнова Н.Н, Лак Г.Ц.* К характеристике голоценовых отложений Карелии // Вопросы голоцена. Вильнюс. 1961. С. 267– 284.
- Бискэ Г.С., Лак Г.Ц.* Позднеледниковые морские отложения в Карело-Финской ССР // Труды Карело-Финск. филиала АН СССР. Вып. 3. 1955. С. 28-62.
- Бондарчук Л.Л.* Бентосные диатомеи Кандалакшского залива Белого моря: Дис... канд. биол. наук. М.: ИО АН СССР. 1970. 311 с.
- Бондарчук Л.Л.* Диатомовые водоросли прибрежных грунтов Кандалакшского залива Белого моря // Донная флора и продукция краевых морей СССР. М.: Наука. 1980 а. С. 63-73.
- Бондарчук Л.Л.* Количественная характеристика эпифитных диатомей Кандалакшского залива Белого моря // Экология морских организмов. М.: МГУ. 1971. С. 9-11.
- Бондарчук Л.Л.* Некоторые данные по фотосинтезу бентосных диатомей Белого моря // Донная флора и продукция краевых морей СССР. М.: Наука. 1980 б С. 108-118.
- Бондарчук Л.Л.* Особенности распределения эпифитных диатомей на макрофитах Белого моря // Всесоюз. совещ. по «Морской альгологии - макрофитобентосу»: Тез. докл. М. 1974. С. 22-25.
- Бондарчук Л.Л., Зернова В.В., Кольцова Т.И.* Диатомовые водоросли некоторых районов арктического шельфа // Экология фауны и флоры прибрежных зон океана. М. 1985. С. 74-93.
- Борисов А.А.* Климаты СССР. М.: Учпедгиз. 1948. 225 с.
- Боярская Т.Д., Полякова Е.И., Свиточ А.А.* Новые данные о голоценовой трансгрессии Белого моря // ДАН СССР. 1986. Т. 290. №. 4. С. 964-968
- Варейчук Н.С., Ермолов А.А., Игнатов Е.И., Чистов С.В.* Очерки геоморфологии берегов и дна Белого моря. Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика». 2012. 428 с.
- Васильев Л.Ю., Водовозова Т.Е.* Климат // Система Белого моря. М.: Научный мир. 2010. Т. 1. С. 16–39.
- Вишневская Е. М., Джиноридзе Р. Н., Кутцова И. А.* Морские и озерно-морские диатомеи / Глава XII. Диатомовые водоросли плейстоцена и голоцена. В кн.

- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. I. Л.: Наука. 1974. 254-268 с.
- Водоросли: Справочник. Киев: Наукова думка. 1989. 608 с.
- Гей Н.А., Джиноридзе Р.Н., Калугина Л.В., Кириенко Е.А., Москаленко П.Е., Рыбалко А.Е., Спиридонова Е.А., Спиридонов М.А. Стратиграфия позднеплейстоценовых и голоценовых отложений Онежского залива // Вестник ЛГУ. Сер. 7. Вып. 4 (№ 28). 1988. 65-72 с.
- Генкал С.И., Вехов Н.В. Диатомовые водоросли водоемов Русской Арктики: архипелаг Новая Земля и остров Вайгач. М.: Наука. 2007. 62 с.
- Генкал С.И., Трифонова И.С. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск: Рыбинский дом печати. 2009. 70 с.
- Генкал С.И., Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф. Диатомовые водоросли водоёмов и водотоков Карелии. М.: Научный мир. 2015. 200 с.
- Геолого-геоморфологическая практика в европейском Заполярье: Учебное пособие / Коллектив авторов: Отв. ред. Ф. А. Романенко. М.: Географический факультет МГУ. 2015. 171 с.
- Георгиев А. А. Эпифитные диатомовые водоросли макрофитов пролива Великая Салма (Кандалакшский залив, Белое море): дисс.... канд. биол. наук. М. 2010. 188 с
- Георгиев А. А. Диатомовые водоросли - обрастатели // *Природа*. 2013. № 2. С. 106–109.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II: Белое море. Вып. 1: Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеиздат. 1991. 240 с.
- Говберг Л.И., Медведев В.С., Невеский Е.Н. К вопросу о биостратиграфическом расчленении осадочных толщ Белого моря и основных этапах развития бассейна в голоцене // Бюллетень МОИП. Отд. Геология. 1974. Т. 49. Вып.2. С. 23-34.
- Гогорев Р.М. Видовой состав фитопланктона губы Чупа Белого моря // Новости сист. низш. растений. 1995. Т. 30. С. 7-13.
- Гогорев Р.М. Виды рода *Chaetoceros* Ehr. (Bacillariophyta) в арктических морях России. Автореф. Дисс. канд. биол. наук. Санкт- Петербург. 2002. 31с.

- Гогорев Р.М. Таксономический обзор *Chaetoceros* (Bacillariophyta). 1. Подрод *Chaetoceros*, секция *Borealia* II Бот. журн. 2003. Т.8. №8. С. 90-100.
- Гогорев Р.М. Таксономический обзор *Chaetoceros* (Bacillariophyta).2. Подрод *Chaetoceros*, секции *Peruviani* и *Convoluti* II Бот. журн. 2004. Т.89. №2. С. 263-276.
- Гогорев Р.М. Таксономический обзор рода *Chaetoceros* (Bacillariophyta) Белого моря. 3. Подрод *Hyalochaete*, секции *Dicladia*, *Cylindrica* и *Compressa* II Ботанический журнал. 2005. Т. 90. № 7. С. 1057-1072.
- Гогорев Р.М., Макарова И.В. Род *Chaetoceros* (Bacillariophyta) в Белом море // Ботанический журнал. 1999. Т. 84. № 5. С. 31-40.
- Голикова Г.С., Кривоносова Н.М., Медведев В.С., Нагаева Р.А. Диатомовые водоросли во взвеси северной части Белого моря // Процессы развития и методы исследования прибрежной зоны моря. М.: Наука. 1972. С. 155-172.
- Гордеев В.В., Филиппов А.С., Кравчишина М.Д., Новигатский А.Н., Покровский О.С., Шевченко В.П., Дара О.М. Особенности геохимии речного стока в Белое море // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 2. М.: Научный мир. 2012а. С. 225-308.
- Государственная геологическая карта РФ. ВСЕГЕИ. МПР. 2003
- Государственная геологическая карта Российской федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист Q–(35)–37 – Кировск. Объяснительная записка. СПб. 2001. 604 с.
- Государственная геологическая карта Российской федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третья поколение). Листы Q –37 – Архангельск. Объяснительная записка. СПб. 2012. 302 с.
- Девдариани Н.А. Геологическое строение Беломорской впадины. Автореферат диссертации на соиск.уч.степ.канд. геол.-мин.наук. М. 1985. С.16.
- Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли - индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука. 1985. 243 с.
- Девятова Э.И. Природная среда и ее изменения в голоцене. Петрозаводск. 1986. 109 с.

- Демидов И.Н.* Геология и динамика новейшего периода формирования акватории Белого моря // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 1. М.: Научный мир. 2010. С. 58–76.
- Дерюгин К.М.* Фауна Белого моря и условия ее существования // Исследования морей СССР. 1928. Вып. 7-8. 511 с.
- Джиноридзе Р.Н.* Диатомовые водоросли из донных осадков Белого моря в связи с его историей в голоцене. Автореф. дис...канд. биол. наук. Л. 1971. 23 с.
- Джиноридзе Р.Н.* Диатомовые водоросли в поверхностном слое осадков Белого моря // Докл. АН СССР. 1972. Т. 204. Вып. 1. С. 207-209.
- Джиноридзе Р.Н., Кириенко Е.А., Калугина Л.В., Рыбалко А.Е., Спиридонов М.А., Спиридонова Е.А.* Стратиграфия верхнечетвертичных отложений северной части Белого моря. – В кн.: Позднечетвертичная история и седиментогенез окраинных и внутренних морей. М.: Наука. 1979. С. 34-39.
- Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: Ископаемые и современные. Т. II. Вып. 3. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. 2002. 112 с.
- Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: Ископаемые и современные. Т. II. Вып. 4. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. 2006. 180 с.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. I. Л.: Наука. 1974. 403 с.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. II. Вып. 1. Л.: Наука. 1988. 116 с.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. II. Вып. 2. СПб.: Наука. 1997. 125 с.
- Диатомовый сборник, посвященный памяти проф. В.С. Порецкого. Из-во Лен.гос. ордена Ленина ун-та им. А.А. Жданова. Л. 1953. 229 с
- Евзеров В.Я., Еловичева Я.К., Лебедева Р.М., Раямяэ Р.А.* Стратиграфия плейстоценовых отложений южной части Кольского полуострова. - В кн.: Геология плейстоцена Северо-Запада СССР. Апатиты. 1981. С. 97-107.
- Евзеров В.Я.* Цунами в Белом море (о событии 5 января 1888 года) // Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. «Геология». 2013. С.181-183.

- Евзеров В.Я.* Позднеплейстоценовые и голоценовые оледенения в районе Ловозерских тундр на Кольском полуострове // Известия РГО. 2010. Т.142. Вып. 4. с. 65- 80.
- Ермолов А.А.* Геоморфология и динамика Кандалакшского и Терского берегов Белого моря // Автореф.дис... кандидата географических наук. М.: 2005. 25 с.
- Ермолов А.А.* Геоморфология беломорских берегов Кольского полуострова // Геоморфология. 2010. № 1. С. 36–42.
- Елина Г.А., Филимонова Л.В.* Палеорастиельность позднеледниковья-голоцена Восточной Фенноскандии и проблемы картографирования//Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская школа-конференция. Лекции. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2007. С. 117-143
- Житина Л.С., Ильиш Л.В.* Видовой состав ледовых диатомовых водорослей морей российской Арктики // Арктика и Антарктика. М.: Наука. 2010. Вып. 7 (41). С. 115-149.
- Жузе А.П.* Диатомеи в осадках плейстоценового и позднеплейстоценового возраста бореальной области Тихого океана // Основные проблемы микропалеонтологии и органогенного осадконакопления в океанах и морях. М.: Наука. 1969. С. 5-27.
- Жузе А.П.* Стратиграфические и палеогеографические исследования в северо-восточной части Тихого океана// М.: Изд-во АН СССР. 1962. С. 1017-1028.
- Жузе А.П.* Палеография водоемов на основе диатомового анализа.Труды Верхневолжской экспедиции. № 21. Вып. 4. Л. 1939. 86 с.
- Забелина М.М.* Диатомовые водоросли грунтов Белого моря в районе Малой Пирью-губы. Тр. ГГИ. 1939.Вып.8. № 17. С. 183-200.
- Забелина Э.К.* Диатомеи в осадках северной части Белого моря // Основные проблемы микропалеонтологии и органогенного осадконакопления в океанах и морях. М.: Наука. 1969. С. 85-94.
- Зарецкая Н.Е.* История развития дельты р. Северной Двины в голоцене // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 4. М.:Научный мир. 2017. С. 268-292.
- Зарецкая Н. Е., Репкина Т. Ю.* Новые данные по истории Терского берега Белого моря в голоцене (район устья р. Варзуги) // Геология морей и океанов.

- Материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. 3. М.: ГЕОС. 2015. С. 185–189.
- Иванова Е.В.* Глобальная термохалинная палеоциркуляция. М.: Научный мир. 2006. 320 с.
- Иванова Е.В., Мурдмаа И.О., Емельянов Е.М., Сейткалиева Э.А., Радионова Э.П., Алехина Г.Н., Слоистов С.М.* Послеледниковые палеоокеанологические условия в Баренцевом и Балтийском морях // *Океанология*. 2016. Т. 56. № 1. С. 125-138.
- Ильяш Л.В., Житина Л.С.* Сравнительный анализ видового состава диатомовых водорослей льдов морей Российской Арктики // *Журнал общей биологии*. 2009. Т.70. №2. С. 143-154.
- Ильяш Л.В., Житина Л.С., Федоров В.Д.* Фитопланктон Белого моря. М.: "Янус-К". 2003. 168 с.
- Ильяш Л.В., Ратькова Т.Н., Радченко И.Г., Житина Л.С.* Фитопланктон Белого моря. В кн.: Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 2. М.: Научный мир. 2012. С. 605-640.
- Каган Л.Я.* Комплексы диатомей морского плейстоцена Кольского полуострова (палеоэкология, стратиграфическое и палеогеографическое значение). Дис. на соискание ученой степени к.г.н. М. 1976. 29 с.
- Калинин А.В., Калинин В.В., Ковальская И.Я.* Строение осадочной толщи в Кандалакшском заливе // *ДАН СССР*. 1976. Т. 229. № 5. С. 345-349.
- Каплин П.А., Селиванов А.О.* Изменения уровня морей России и развитие берегов: прошлое, настоящее, будущее. М.: ГЕОС. 1999. 229 с.
- Каплин П.А.* Новейшая история побережий Мирового Океана. М.: МГУ. 1973. 265 с.
- Карпович В.Н.* Кандалакшский заповедник, Мурманск: Мурманское книжное издание. 1984. С.21-27.
- Каталог биоты Беломорской биологической станции МГУ. Под ред. Чесунова А.В., Калякина Н.М., Бубновой Е.М. М.: Т-во научных изданий КМК. 2008. 384 с.
- Кириенко А.О.* О комплексах фораминифер в донных отложениях Белого моря // *Стратиграфия и палеонтология четвертичного периода Севера Европейской части СССР*. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. 1977. С. 40-47.

- Киселев И.А.* Особенности распределения фитопланктона в Белом море // Материалы по комплексному изучению Белого моря. Л.:Изд-во Акад. наук СССР., 1957. № 1. с.
- Киселев И.А.* Фитопланктон Белого моря // Исследования русских морей. Труды РГИ. Л. 1925. №105. Вып. 2. С. 1-38.
- Киселев И.А.* Фитопланктон Малой Пирью-губы как показатель опресняющего влияния р.Умбы. Тр.ГГИ. 1939. Вып. 8. № 18. С. 201-216.
- Климанов В.А., Елина Г.А.* Изменения климата на Северо-западе Русской равнины в голоцене // Докл. АН. СССР. 1984. Т. 274. Вып. 5. С. 1164-1167.
- Кокин К.А., Кольцова Т.И., Хлебович Т.В.* Состав и динамика фитопланктона Карельского побережья Белого моря // Ботан. журнал. 1970. Т. 55. № 4. С. 499–509.
- Колька В.В., Евзеров В.Я., Мёллер Я., Корнер Д.* Постледниковые гляциоизостатические движения на северо-востоке Балтийского щита //Новые данные по геологии и полезным ископаемым Кольского полуострова. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2005. С. 15–25.
- Колька В.В., Евзеров В.Я., Мёллер Я.Й., Корнер Г.Д.* Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене – голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба//Известия РАН. Серия географическая. 2013б. № 1. С. 73–88.
- Колька В.В., Корсакова О.П.* Влияние гляциоизостации, вертикальных тектонических движений и эвстазии на относительное перемещение береговой линии моря. Текущие результаты, проблемы и направление исследований// Материалы XXI Школы по морской геологии. Т. 3. М.: 2015. С 195-199.
- Колька В.В., Корсакова О.П.* Положение береговой линии Белого моря и неотектонические движения на северо-востоке Фенноскандии в позднеледниковье и голоцене // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 4. М.:Научный мир. 2017. С. 222-249.
- Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б., Арсланов Х.А.* Реконструкция относительного положения уровня Белого моря в голоцене на карельском берегу (район поселка Энгозеро, северная Карелия) // ДАН. 2013а. Т. 449. №5. С. 587–592.

- Кольцова Т.И.* Эколого-флористическое изучение фитопланктона Белого моря. Автореф. Дисс.... канд.биол.наук. 1971. 20 с.
- Комаренко Л.Е., Васильева И.И.* Пресноводные диатомовые и синезеленые водоросли водоемов Якутии. М.: Наука. 1975. 423 с.
- Конопля Л.А.* Сезонные изменения планктона Белого моря и его видовое разнообразие. Дис....канд. биол. наук. М.: МГУ. 1974. 221с.
- Конопля Л.А.* Состав и сезонная динамика фитопланктона пролива Великая Салма (Кандалакшский залив Белого моря) // Экология морских организмов. М.: МГУ. 1971.С. 42-43.
- Корсакова О.П., Молодьков А.Н., Колька В.В.* Геолого-стратиграфическая позиция верхнеплейстоценовых морских образований на юге Кольского полуострова (по геохронологическим и геологическим данным) // ДАН. 2004. Т. 398. № 2. С. 218-222.
- Косевич Н.И., Романовская М.А.* Линеаменты и тектоника Кандалакшского залива Белого моря // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. М.: Из-во Моск. ун-та. 2014. № 4. С. 20-26.
- Косевич Н.И.* Морфология и динамика рельефа островов Кандалакшского залива Белого моря: автореф. дис...кандидата географических наук. М. 2016. 23 с.
- Кошечкин Б.И.* Голоценовая тектоника восточной части Балтийского щита. Л.: Наука. 1979. 160 с.
- Кравчишина М.Д., Лисицын А.П.* Гранулометрический состав взвешенных веществ в маргинальном фильтре р. Северной Двины // Океанология. 2011. Т. 51. № 1. С. 94–109.
- Краснова Е.Д.* Водоемы, отделяющиеся от Белого моря: разнообразие и типовая структура // Изучение, рациональное использование и охрана природных ресурсов Белого моря. СПб. 2017. С. 115-118.
- Краснова Е.Д., Воронов Д.А., Мардашова М.В.* Важнейшие изменения в экосистеме водоема при его изоляции от моря на примере прибрежных беломорских озер и лагун // Материалы Всероссийской научной конференции «Поздне- и постгляциальная история Белого моря: геология, тектоника, седиментационные обстановки, хронология»: сборник статей. М.: «КДУ», «Университетская книга». 2018. С. 71-73.

- Лавров А.С., Потапенко Л.М.* Неоплейстоцен северо-востока Русской равнины. М.: "Аэрогеология". 2005. 220 с.
- Лаврова М.А.* Четвертичная геология Кольского полуострова. Л.: Изд-во АН СССР. 1960. 233 с.
- Лаврова М.А.* Основные этапы четвертичной истории Кольского полуострова // Известия Всесоюзного Географического общества. 1947. Т. 79. Вып. 1. С. 21-38.
- Лаврова М.А.* Позднеледниковая и послеледниковая история Белого моря // Неогеновые и четвертичные отложения Западной Сибири. М.: Наука. 1968. С. 140-163.
- Легкова В.Г., Семенова Л.Р., Москаленко П.Е.* Четвертичная система // Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000. Лист Q–(35)–37 – Кировск. СПб. 2004. С. 32-51.
- Леин А.Ю., Новичкова Е.А., Рыбалко А. Е., Иванов М.В.* Изотопный состав углерода органического вещества голоценовых отложений Белого моря как один из показателей условий осадконакопления // ДАН. 2013. Т. 452. № 6. С. 658-663.
- Лисицын А.П., Шевченко В.П., Буренков В.И. и др.* Взвесь и гидрооптика Белого моря – новые закономерности количественного распределения и гранулометрии // Актуальные проблемы океанологии. Под ред. Н.П. Лаверова. М.: Наука. 2003. С. 556–607.
- Лисицын А.П.* Биофильтры Северного Ледовитого океана и осадочный процесс. В кн.: Система моря Лаптевых: современное состояние и история развития (под редакцией Кассенс Х., Лисицына А.П., Тиде Й. и др.). М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009. С. 71–121.
- Лисицын А.П.* Маргинальный фильтр океанов// Океанология. 1994. Т. 34. № 5.С. 735–747.
- Лисицын А.П.* Потоки вещества и энергии во внешних и внутренних сферах Земли // Глобальные изменения природной среды. Новосибирск: Гео. 2001. С. 163-249.
- Лисицын А.П.* Процессы в водосборе Белого моря: подготовка, транспортировка и отложение осадочного материала, потоки вещества, концепция «живого

- водосбора» // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 1. М.: Научный мир. 2010. С. 353–445.
- Лисицын А.П.* Современные представления об осадкообразовании в океанах и морях. Океан как природный самописец взаимодействия геосфер Земли. Глава IV // Мировой Океан. Том II. Физика, химия и биология океана. Осадкообразование в океане и взаимодействие геосфер Земли (под редакцией: Лобковский Л.И., Лисицын А.П.). М.: Научный мир. 2014. С. 331-548.
- Лихачева Н.Е.* Видовой состав фитопланктона эстуария р. Нильма (Кандалакшский залив Белого моря) // Исследования фитопланктона в системе мониторинга Балтийского моря и других морей СССР. М.: Гидрометеиздат. 1991. С. 95-110.
- Маев Е.Г., Сафьянов Г.А., Фроль В.В., Зверев А.С.* Аккумуляция осадочного материала на дне пролива Великая Салма (Белое море)//Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2005. № 5. С.40-44.
- Макаревич П.Р., Дружков Н.В., Бобров Ю.А.* Фитопланктон зоны трансформации баренцевоморских и беломорских водных масс // Исследования фитопланктона в системе мониторинга Балтийского моря и других морей СССР. -М.: Гидрометеиздат. 1991. С. 121-126.
- Макарова И.В.* О жизненных формах у морских водорослей // Новости систематики низших растений. 1974. Т. 11. С. 3-19.
- Макарова И.В.* Род *Thalassiosira* в морях СССР // Тр. Зоологического Ин-та АН СССР. 1987. Вып. 172. С. 26-38.
- Макарова И.В., Гогорев Р.М.* Новые виды диатомовых водорослей для Белого моря (*Centrophyceae*) // Новости систематики низших растений. 1998. Т.32.С. 16-20.
- Малаховский Д.Б., Амантов А.В.* Геолого-геоморфологические аномалии на Севере Европы // Геоморфология. 1991. № 1. С. 85-95.
- Малясова Е.С.* Палинология донных осадков Белого моря. Л.: ЛГУ. 1976. 120 с.
- Мараханов А.В., Романенко Ф.А.* Новые данные о послеледниковых сейсмодислокациях Северной Карелии (Карельский берег Белого моря) // Юдахинские чтения. Геодинамика и экология Баренц-региона в XXI в. Материалы докладов Всероссийской конференции с международным участием. Архангельск. 2014. С. 137-140.

- Мейер К.И.* Материалы по флоре водорослей Белого моря // Тр. Всесоюз. НИИ морск. рыбн. хоз-ва и океаногр. (Труды ВНИРО). 1938. Т. 7. С. 12-27.
- Мельников И.А.* Экосистема арктического морского льда. М.: Изд-во АН СССР. 1989. 191 с.
- Мельников И.А., Дикарев С.Н., Егоров В.Г. и др.* Структура прибрежной экосистемы льда в зоне взаимодействия река-море // Океанология. 2005. Т. 45. № 4. С. 542-550.
- Мельников И.А., Корнеева Г.А., Житина Л.С. и др.* Динамика эколого-биохимических характеристик морского льда в прибрежной зоне Белого моря // Известия РАН. Серия Биологическая. 2003. № 2. С. 206-213.
- Мережковский К.С.* Диатомовые водоросли Белого моря.// Труды СПб общества естествоиспытателей. СПб. 1878. С. 425-446.
- Михайловский Г.Е., Житина Л.С.* Криопланктонная флора Белого моря и ее сезонная динамика, выявленная методами корреляционного анализа // Океанология. 1989. Т. 29. №5. С. 796-803.
- Морская навигационно-географическая терминология / Гидрографическое управление ВМС. 1954. С. 64
- Наумов А.Д., Федяков В.В.* Особенности гидрологического режима северной части Белого моря. // Наумов А.Д., Федяков В.В. (ред.) Бентос Белого моря. Популяции, биоценозы, фауна. Тр. Зоол. ин-та. Л. Т. 233. 1991. С. 13-26.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Выпуск 2. Л: Гидрометиздат. 1988а. 314с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Выпуск 3. Л: Гидрометиздат. 1988б. 697с.
- Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В.* Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука. 1977. 236 с.
- Никифоров С.Л., Кошель С.М., Сорохтин Н.О., Фроль В.В., Попов О.Е., Левченко О.В.* Цифровая модель рельефа дна Белого моря: методика построения и краткое содержание // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 4. М.: Научный мир. 2017. С. 149-176.
- Николаев Н.И.* Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М.: Недра. 1988. 491 с.

- Никонов А.А.* Голоценовые и современные движения земной коры. М.: Наука, 1977. 35 с.
- Никонов А.А.* Небывалое бедствие в селе Кашкаранцы // Природа. М.:Наука. 2015. № 1. 47-51 с.
- Новичкова Е.А., Полякова Е.И.* Цисты динофлагеллат в поверхностных осадках Белого моря // Океанология. 2007. Т. 5. № 47. С. 709–719.
- Новичкова Е. А.* Постледниковая история развития Белого моря по материалам изучения водных и наземных палиноморф. Автореферат дисс. на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. 2008. 24 с.
- Новичкова Е. А., Полякова Е. И.* Ассоциации микроводорослей в донных осадках областей маргинальных фильтров заливов Белого моря. ДАН. 2013. Т. 449. № 4. С. 474–479
- Новичкова Е.А., Рейхард Л.Е., Лисицын А.П., Рыбалко А.Е., А. де Вернал.* Новые данные по истории развития Двинского залива Белого моря в голоцене //ДАН. 2017. Т.474. № 3. С. 365-369
- Общая стратиграфическая шкала. МСК. 2007.
- Олюнина О. С., Романенко Ф. А.* Поднятие Карельского берега Белого моря в голоцене по результатам изучения торфяников. Фундаментальные проблемы, квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших, исследований: Материалы 5 Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода, Москва, 7-9 нояб., 2007. М.: ГЕОС. 2007. С. 312-315
- Онищук Р.П.* Водный сток с суши. Изменения по сезонам, межгодовые, вековые и более длительные // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П. Лисицына). Т. 1. М.: Научный мир, 2010. С. 193–217.
- Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: Филигрань. 2016. 804 с.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4: Диатомовые водоросли. М.: Сов. наука. 1951. 620 с.
- Павлидис Ю.А., Никифоров С.Л.* Обстановки морфолитогенеза в прибрежной зоне Мирового океана. М.: Наука. 2007. 455 с.
- Пантюлин А.Н.* Некоторые особенности структуры вод Белого моря // Биология Белого моря. Труды ББС МГУ. 1974. Т. 4. С. 7–13.

- Пантюлин А.Н., Краснова Е.Д.* Отделяющиеся водоемы Белого моря: новый объект для междисциплинарных исследований // Геология морей и океанов. Материалы XIX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. М.: ГЕОС. 2011. Т.3. С. 241-245.
- Пантюлин А.Н.* Динамика, структура и водные массы // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 2. М.: Научный мир. 2012б. С. 309-378.
- Пантюлин А.Н.* Ледовитость и лед Белого моря по данным наблюдений // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 2. М.: Научный мир. 2012 а. С. 120-131.
- Петров Ю.Е.* Синезеленые и диатомовые водоросли литорали Большого Соловецкого острова (Белое море) // Новости систематики низших растений. Л.: Наука. 1967. с. 15-20.
- Пинегина Т.К.* Пространственно-временное распределение очагов цунамигенных землетрясений Тихоокеанского и Берингоморского побережий Камчатки по отложениям палеоцунами. Автореф. Диссер. доктора геолого-минералогических наук. ИО РАН. 2014. 44 с.
- Планктон морей Западной Арктики. Отв. ред. Г.Г. Матишов. Апатиты:КНЦ РАН. 1997. 352 с.
- Полякова Е.И.* Диатомеи арктических морей СССР и их значение при исследовании донных осадков // Океанология. 1988. Т. 28. № 2. С. 286-291.
- Полякова Е.И.* Особенности формирования диатомовых танатоценозов в осадках Арктических морей Евразии // Океанология. 1994. Т. 34. № 3. С. 444-453.
- Полякова Е.И.* Арктические моря Евразии в позднем кайнозое. М.: Научный мир. 1997. 145 с.
- Полякова Е.И.* Диатомовый анализ // Методы палеогеографических реконструкций под ред. П.А. Каплина, Т.А. Яниной. М. 2010. С. 126-154
- Полякова Е.И. Кассенс Х., Штайн Р., Баух Х.* Диатомеи и водные палиноморфы в осадках арктических морей Евразии и их значение для палеоокеанологическисибирских морей Арктики как индикаторы постгляциальных изменений речного стока, ледово-гидрологического режима и седиментационных обстановок на шельфе // В кн.: Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: Современное состояние и история развития. Отв.

- Ред.: Х. Кассенс, А.П.Лисицын, Й.Тиде, Е.И.Полякова, Л.А. Тимохов, И.Е. Фролов. М.: Изд-во Моск. Ун-та. 2009. С. 71-121.
- Полякова Е.И. Новичкова Е.А., Лисицын А.П. Шевченко В.П., Кравчишина М.Д.* Диатомеи и водные палиноморфы в поверхностных осадках заливов Белого моря как индикаторы седиментационных процессов в маргинальных фильтрах рек // *Океанология*. 2016. № 2. С. 310-321.
- Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Лисицын А.П., Баух Х.А., Рыбалко А.Е.* Современные данные по биостратиграфии и геохронологии донных осадков Белого моря. *ДАН*. 2014. Т. 454. № 4. С. 467-472.
- Полякова Е. И., Новичкова Е. А., Клювиткина Т. С.* Диатомеи и палиноморфы в поверхностных осадках арктических морей и их значение для палеоокеанологических исследований в высоких широтах // *Система Белого моря* (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 4. М.:Научный мир. 2017. С. 792-851.
- Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Агафонова Е.А.* Диатомеи и водные палиноморфы в донных осадках Баренцева моря: основные закономерности распространения и использование в палеоокеанологических исследованиях // *Система Баренцева моря*. Под ред. академик РАН А.П. Лисицына. М.: ГЕОС. С. 2.3.
- Порецкий В.С.* Материалы к изучению диатомовых из четвертичных отложений Кольского полуострова // *Труды комиссии по изучению четвертичного периода*. 1937. Т. V. Вып. 1. С. 37-44.
- Порецкий В.С., Жузе А.П., Шешукова В.С.* Диатомовые Кольского полуострова в связи с микроскопическим составом кольских диатомитов // *Тр. геоморфол. ин-та*. Вып.8. Л.: АН СССР. 1934. С. 95-210
- Примаков И.М.* Морфометрия и океанологическая характеристика // *Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование. Исследование фауны морей*. СПб.: ЗИН РАН. Т. 69. 2012. С. 7-12.
- Репкина Т. Ю., Зарецкая Н. Е., Шилова О. С.* Двинский залив Белого моря в позднеледниковье – раннем голоцене // *Геоморфология*. 2018. № 2.С. 71–87.
- Репкина Т. Ю., Романенко Ф. А.* Рельеф побережий Бабьего моря и о. Великого: история развития и современные изменения // *Комплексные исследования Бабьего моря, полуизолированной беломорской лагуны: геология, гидрология,*

- биота – изменения на фоне трансгрессии берегов. Т. 12. Труды Беломорской биостанции МГУ. М.: Т-во научных изданий КМК. 2016. С. 177–210.
- Репкина Т.Ю., Зарецкая Н.Е., Шилова О.С.* Двинский залив Белого моря в раннем голоцене. Новые данные // Пути эволюционной географии: Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А. Величко (Москва, 23-25 ноября 2016 г.). М.: ИГ РАН. 2016. Т. 1. С. 257-263.
- Репкина Т.Ю., Зарецкая Н.Е., Субетто Д.А., Потахин М.С., Кунгаа М.Ч., Новикова А.В., Леонтьев П.А.* Морфодинамика берегов северо-запада Онежского полуострова Белого моря в голоцене. Губа Конюхова // Труды Карельского научного центра РАН. Петрозаводск. 2017. № 8. С. 1-19.
- Романенко Ф.А., Шилова О.С.* Последледниковое поднятие Карельского берега Белого моря по данным радиоуглеродного и диатомового анализов озерно-болотных отложений п-ова Киндо // ДАН. 2012. Т. 442. № 4. С. 544–548.
- Рыбалко А.Е., Лисицын А.П., Шевченко В.П., Журавлев В.А., Варламова А.А., Никитин М.А.* Новые данные о геологическом строении четвертичного покрова Белого моря. Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Д.Г. Панова (8-11 июня 2009 г.). г. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. 2009. С. 286-288.
- Рыбалко А.Е., Спиридонов М.А., Спиридонова Е.А., Москаленко П.Е.* Четвертичные отложения Онежского залива и основные черты его палеогеографии в плейстоцене-голоцене // Комплексные морские геолого-геофизические исследования внутренних морей гляциального шельфа. Л.: ВСЕГЕИ. 1987. С. 38-52.
- Рыбалко А.Е., Журавлев В.А., Семенова Л.Р., Шевченко В.П.* Формирование четвертичных отложений во впадине Белого моря в позднем неоплейстоцене-голоцене. Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Апатиты. 2011. Т.2. С. 201–204.
- Рыбалко А.Е., Журавлев В.А., Семенова Л.Р., Токарев М.Ю.* Четвертичные отложения Белого моря и история развития современного Беломорского бассейна в позднем неоплейстоцене – голоцене // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 4. М.: Научный мир. 2017. С. 84-127.

- Сабурова М.А.* Пространственное распределение микрофитобентоса песчано-илистой литорали Белого моря: автор. дис...канд.биол.наук. М.: МГУ. 1995. 21 с.
- Сабурова М.А., Поликарпов И.Г., Бурковский И.В., Мазей Ю.А.* Макромасштабное распределение интерстиального микрофитобентоса в эстуарии реки Черной (Кандалакшский залив, Белое море) // *Экология моря*. 2001. Вып. 58. С. 7-12.
- Сажин А.Ф., Ратькова Т.Н.* Население сезонного льда Белого моря // *Система Белого моря* (под ред. академика РАН А.П. Лисицына). Т. 2. М.: Научный мир, 2012. С. 201-224.
- Сажин А.Ф., Сапожников Ф.В., Ратькова Т.Н., Романова Н.Д., Шевченко В.П., Филиппов А.С.* Население весеннего льда, воды и грунтов Белого моря в устьевой зоне Северной Двины // *Океанология*. 2011. Т. 31. № 2. С. 307-318.
- Сапожников В.В., Аржанова Н.В., Мордасова Н.В.* Гидрохимические особенности биопродуктивности и продукционно-деструкционные процессы в Белом море // *Система Белого моря* (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 2. М.: Научный мир. 2012. С. 433-472.
- Сарухан-Бек К.К., Радченко И.Г., Кольцова Т.И.* Фитопланктон губы Чупа (Кандалакшский залив Белого моря) // *Исследования фитопланктона в системе мониторинга Балтийского моря и других морей СССР*. М.: Гидрометеиздат. 1991. С. 111-120.
- Сафьянов Г.А., Репкина Т.Ю.* Морфо- и литодинамика берегов Онежского полуострова // *Система Белого моря* (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 4. М.: Научный мир. 2017. С. 177-192.
- Сафьянов Г.А., Соловьева Г.Д.* Геоморфология дна и берегов Белого моря // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2005. № 3. С. 54-62
- Семина Г. И.* Фитопланктон Тихого океана. М.: Наука. 1974. 239 с.
- Семина Г.И., Сергеева О.М.* Планктонная флора и биогеографическая характеристика фитопланктона Белого моря. Часть 1. Планктон. 1983. С.3-17.
- Сергеева О.М.* Распределение фитопланктона в бассейне Белого моря в июле 1972 г. и в августе 1973 г. // *Исследование фитопланктона в системе мониторинга Балтийского моря и других морей СССР*. М. 1991. С. 82-94.
- Система Белого моря. Том I. Природная среда водосбора Белого моря.* Под ред. академика РАН А.П. Лисицына. М.: Научный мир, 2010. 474 с.

- Система Белого моря. Том II. Водная толща и взаимодействующая с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. Под ред. академика РАН А.П. Лисицына. М.: Научный мир. 2012. 784 с.
- Система Белого моря. Том III. Рассеянный осадочный материал гидросферы, микробные процессы и загрязнения. Под ред. академика РАН А.П. Лисицына. М.: Научный мир. 2013. 684 с.
- Система Белого моря. Том IV. Процессы осадкообразования, геология и история. Под ред. академика РАН А.П. Лисицына. М.: Научный мир. 2017. 1030 с.
- Соболев В.М., Алешинская З.В., Полякова Е.И.* Новые данные о палеогеографии Белого моря в позднем плейстоцене-голоцене // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск: Карел. филиал. АН СССР. 1977. С. 111–118.
- Стрелков С.А., Евзеров В.Я., Кошечкин Б.И. и др.* История формирования рельефа и рыхлых отложений северо-восточной части Балтийского щита. Л.: Наука. 1976. 164 с.
- Субетто Д. А., Шевченко В. П., Лудикова А. В., Кузнецов Д. Д., Сапелко Т. В., Лисицын А. П., Евзеров В. Я., П. ван Беек (P. van Beek), М. Суо (M. Souhaut), Субетто Г. Д.* Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорости современного озерного осадконакопления // ДАН. 2012. Т. 446. № 2. С. 183–190.
- Субетто Д.А., Сырых Л.С., Кузнецов Д.Д., Андроников А.В., Греков И.М., Леонтьев П.А., Андроникова И.Е.* Современные палеолимнологические исследования озер Севера России // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 4. М.: Научный мир. 2017. С. 249-275.
- Субетто Д.А.* Палеолимнологические реконструкции в бассейне Белого моря // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 1. М.: Научный мир. 2010. Т. 1. С. 247–265.
- Тектоническая карта Белого моря и прилегающих акваторий. Масштаб 1 : 1 500 000. Гл. ред.: М.Г. Леонов, Г.С. Казанин. М. ГИН РАН. 2012.
- Уланова А.А.* Водоросли водоемов с нестабильной соленостью побережий Белого и Баренцева морей, дисс. на соискание ученой степени кандидата биологических наук. СПб. 2003. 248с.

- Федоров В.В., Смирнов Н.А.* Биологический мониторинг состояния беломорского фитопланктона // Биологический мониторинг прибрежных вод Белого моря. М. 1990. С. 36-40.
- Филатов Н.Н.* Характеристика рек водосбора Белого моря // Система Белого моря. (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 1. М.: Научный мир. 2010. Т. 1. С. 266–277.
- Филимонова Л.В., Климанов В.А.* Изменение количественных показателей палеоклимата в среднетаежной подзоне Карелии за последние 11000 лет // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем Восточной Фенноскандии. Тр. КарНЦ РАН. Петрозаводск. 2005. Вып. 8. С. 112–120.
- Флора и фауна водоемов европейского Севера. (На примере озер Большеземельской тундры). Л.: Наука. 1978. 192 с.
- Чернов В.К.* К изучению иловых отложений побережья Белого моря в связи с вопросом о вековом поднятии суши // Изв. ВГО. 1947. Т. 79. Вып. 1. С. 65-78
- Шевченко В.П., Лисицын А.П., Виноградова А.А., Серова В.В., Штайн Р.* Потoki аэрозолей на поверхность Северного Ледовитого океана и их роль в формировании природной среды Арктики // Опыт системных океанологических исследований в Арктике (под ред. академика РАН А.П. Лисицына, академика РАН М.Е. Виноградова, проф. Е.А. Романкевича). М.: Научный мир. 2001. С. 385-393.
- Шевченко В.П., Куценогий К.П., Макаров В.И., Панченко М.В., Польшин В.В., Попова С.А., Новигатский А.Н.* Аэрозоли // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П. Лисицына). Т. 2. М.: Научный мир. 2012 б. С. 48-50.
- Шевченко В.П., Филиппов А.С., Новигатский А.Н. Гордеев В.В., Горюнова Н.В., Демина Л.Л.* Рассеянное осадочное вещество пресноводных и морских льдов. // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П. Лисицына). Т. 2. М.: Научный мир. 2012 а. С. 169-200.
- Шевченко Н.В.* Особенности геоморфологического строения фиардовых берегов приливных морей на примере Кандалакшского залива Белого моря // Автореф. дисс. кандидата географических наук. М.: 1999. 16с.

- Шевченко Н.В., Кузнецов Д.Е., Ермолов А.А.* Сейсмоструктурные проявления в рельефе берегов Белого моря. Вестник Московского университета. Серия 5: География. М.: Из-во Моск. ун-та. 2007. № 3. С. 44-49.
- Шилова О.С.* Голоценовые диатомеи болот Кольского полуострова и Северо-Восточной Карелии. М. 2011. 178 с.
- Шилова О.С.* Диатомовые водоросли в поверхностных осадках озера Трехцветного // Труды VII Международной научно-практической конференции “Морские исследования и образование (MARESEDU-2018)” Том IV. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС». 2019. С. 173-175.
- Энциклопедический словарь географических терминов. Под ред. Калесник С. 1968. 435 с.
- Abelmann A.* Diatom assemblages in Arctic sea ice – indicator for ice drift pathways // Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers. 1992. Vol. 39. P. S525–S538.
- Agafonova E.A.* Paleogeography of the northwest coast of the White Sea in the Holocene // The 8th International Siberian Early Career GeoScientists Conference: Proceedings of the Conference (13-24 June 2016, Novosibirsk, Russia). 2016. P. 270 – 271.
- Agafonova E., Polyakova Ye.* New data on the postglacial development of the Kandalaksha bay coast (White sea) inferred from diatom assemblages // Abstracts of the 25th International Diatom Symposium, Berlin 25-30 June 2018. Botanic Garden and Botanical Museum Berlin, Freie Universität Berlin Berlin. 2018. P. 5–5.
- Agafonova E., Polyakova Ye., Novichkova Ye.* The diatom response to Postglacial environments in the White Sea, the European Arctic. Marine Micropaleontology. 2020. Vol. 161. 101927. 10.1016/j.marmicro.2020.101927.
- An Atlas of British Diatoms. Hartley B., Barber H. G., Carter J. R. (eds). Bristol: Biopress Ltd. 1996. 601 p.
- ArcticDEM Release 7. <https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/>.
- Baars J.* Autecological investigations on marine diatoms. 4. *Biddulphia aurita* (Lyngb.) Brebisson et Godey: a succession of spring diatoms. Hydrol Bull. 1986. Vol.19. P. 109–116.
- Bahls L., Boynton B., Johnston B.* Atlas of diatoms (Bacillariophyta) from diverse habitats in remote regions of western Canada. PhytoKeys. 2018. Vol. 105. P. 1–186.

- Baranskaya A., Khan N., Romanenko F., Roy K., Peltier W.R., Horton B.* A postglacial relative sea-level database for the Russian Arctic coast // *Quaternary Science Reviews*. 2018. Vol. 199. P. 188-205.
- Battarbee R.W.* A new method for the estimation of absolute microfossil numbers, with reference especially to diatoms// *Limnology and Oceanology*. 1973. Vol. 18. No 4. P. 647-65.
- Bąk M., Witkowski A., Żelazna-Wieczorek J., Wojtal A., Szczepocka E., Szulc K., Szulc B.* Klucz do oznaczania okrzemek w fitobentosie na potrzeby oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych w Polsce. 2012. 452 p.
- Berben, S.M.P., Husum, K., Cabedo-Sanz, P., Belt, S.T.* Holocene sub-centennial evolution of Atlantic water inflow and sea ice distribution in the western Barents Sea. 2014. *Climate of the Past*. Vol. 10. P. 181–198.
- Berger V., Dahle S., Galaktionov K., Kosobokova X., Naumov A., Rat'kova T., Savinov V., Savinova T.* // *White Sea. Ecology and environment*. St. Petersburg-Tromsø. 2001. P. 9-20.
- Birks C.J. A., Koç, N.* A high-resolution diatom record of late-Quaternary sea-surface temperatures and oceanographic conditions from the eastern Norwegian Sea // *Boreas*. 2002. 31(4). P. 323-344.
- Briffa K.R., Osborn T.J., Schweingruber F.H., Harris I.C., Jones P.D., Shiyatov S.G., Vaganov E.A.* Low-frequency Temperature Variations from a Northern Tree Ring Density Network // *Journal of Geophysical Research*. 2001. Vol.106. P. 2929-2941.
- Budko D., Demina L., Novichkova, E., Kravchishina M., Melenevsky V.* Postglacial sedimentation in the White Sea (northwestern Russia) reconstructed by integrated microfossil and geochemical data. *Quaternary Research*. 2019. P.1-14.
- Chistyakova N., Ivanova E., Risebrobakken B., Ovsepyan E., Ovsepyan Y.* Reconstruction of the postglacial environments in the southwestern Barents Sea based on foraminiferal assemblages. *Oceanology*. 2010. Vol.50. P. 573–581.
- Cremer H.* The diatom flora of the Laptev Sea (Arctic Ocean) // *Bibliotheca Diatomologica*. 1998. Vol.40. 169 p.
- Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjaer K.H., Larsen E.* The last Scandinavian Ice Sheet in northwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics // *Boreas*. 2006. Vol. 35. P. 425-433.

- Dressler M., Schult M., Schubert M., Buck J.*, Basin elevation and salinity changes: late Holocene development of two freshwater lakes at the Karelian White Sea coast, northwest Russia as reflected in their sediments// *Hydrobiologia*. 2009. Vol. 631.P.247-266
- Duplessy J.C., Ivanova E.V., Murdmaa I.O., Paterne M., Labeyrie L.* Holocene paleoceanography of the Northern Barents Sea and variations of the northward heat transport by the Atlantic Ocean // *Boreas*. 2001.
- Fairbanks R.G.* A 17.000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep ocean circulation. *Nature*. 1989. Vol. 342. P. 637-642.
- Fourtanier E., Kociolek J.P.* Catalogue of the diatom genera // *Diatom Research*. 1999. Vol. 14(1). P. 1-190.
- Grøsfjeld K., Funder S., Seidenkrantz M.-S. & Glaister C.* Last Interglacial marine environments in the White Sea region, northwestern Russia. *Boreas*. 2006. Vol. 35. P. 493-520.
- Grosfjeld K., Larsen E., Sejrup H.P., de Vernal A., Flatebo T., Vestbo M., Haflidason H., Aarseth I.* Dinoflagellate cysts reflecting surface-water conditions in the Voldafjorden during the last 11.300 years // *Boreas*. 1999. Vol. 28. P. 403–415.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M.* 2021. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>
- Håkansson H.A* compilation and evaluation of species in the general *Stephanodiscus*, *Cyclostephanos* and *Cyclotella* with a new genus in the family *Stephanodiscaceae* // *Diatom Research*. 2002. Vol.17(1). P. 1-139.
- Horner R.* Arctic sea-ice biota. In: Herman Y., ed. *The Arctic Seas. Climatology, Oceanography. Geology, and Biology*. New York. Van Nostrand Reinhold Company. 1989. P. 123-146.
- Houk V., Klee R.* The stelligeroid taxa of the genus *Cyclotella* (Kutzing) Brebisson (Bacillariophyceae) and their transfer into the new genus *Discostella* gen. nov. // *Diatom Research*. 2004. Vol.19(2). P.203-228
- Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S., Mangerud J., Svendsen J.I.* The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1. *Boreas*. 2015. Vol. 45. P. 1–45.

- Hustedt F.* // Arch. Hydrobiol. 1939. Suppl. 15. P. 274.
- ING. December 2007 internet version of the Index Nominum Genericorum (Plantarum).
<http://revenel.si.edu/botany/ing/>
- IOC, IHO, BODC, 2003, "Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas", published on CDROM on behalf of the Intergovernmental Oceanographic Commission and the International Hydrographic Organization as part of the General Bathymetric Chart of the Oceans; British Oceanographic Data Centre, Liverpool. Release of the GEBCO_2014 global bathymetric grid.
- Kaplin P.A., Selivanov A.O.* Lateglacial and Holocene sea level changes in semi-enclosed seas of North Eurasia: examples from the contrasting Black and White seas./ Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology// Elsevier BV. 2004. P. 19-36.
- Koç N., Jansen E., Haflidason H.* Paleoceanographic reconstructions of surface ocean conditions in the Greenland, Iceland and Norwegian Seas through the last 14 ka based on diatoms // Quaternary Science Reviews. 1993. Vol. 12. P. 115–140.
- Kolbe R.W.* Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser Diatomeen // Pflanzforschung. 1927. H. 7. P. 1–146.
- Krammer K.* Cymbella // Diatom of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Ed. H. Lange-Bertalot. Vol 3. 2002. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 584 p.
- Krammer K.* Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocymbula Supplements to Cymbelloid Taxa // Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Ed. H. Lange-Bertalot. Vol. 4. 2003. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 530 p.
- Krammer K.* The Genus Pinnularia // Diatom of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Ed. H. Lange-Bertalot. Vol 1. 2000. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 703 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema* Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1–4. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/4. Stuttgart; Jena. 1991. 468 p.
- Kublitskiy Y., Repkina T., Leontev P., Zaretskaya N., Peretrukhina A.O., Shilova O.S., Subetto D., Nam S., Kim J.-H.* Reconstruction of the relative sea-level (RSL) of the

- Gulf of Dvina (White Sea) based on the study of lake sediments on the Onega Peninsula // *Limnology and Freshwater Biology*. 2020. Vol. 4. P. 451-452.
- Kusber W.- H., Jahn R.* Annotated list of diatom names by Horst Lange-Bertalot and co-workers. 2003. 103 p.
- Lange-Bertalot H.* Navicula Sensu Stricto, 10 Genera Separated from Navicula Sensu Lato, Frustulia // *Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*. Ed. H. Lange-Bertalot. Vol. 2. 2001. A. R. G. Gantner Verlag K.G., Ruggell. 526 p.
- Larsen, E., Kjær, K. H., Jensen, M., Demidov, I. N., Håkansson, L. & Paus,* Early Weichselian palaeoenvironments reconstructed from a mega-scale thrust-fault complex, Kanin Peninsula, northwestern Russia// *Boreas*. 2006. Vol. 35(3). P. 476-492.
- Legendre L., Ackey S.F., Dieckmann G.S. et al.* Ecology of sea ice biota. 2. Global significance // *Polar Biology*. 1992. Vol. 12. P. 429-444.
- Lisitzin A.P.* Sea-ice and Iceberg Sedimentation in the Ocean: Recent and Past. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. 2002. 563 p.
- Lowe J.J., Rasmussen S.O., Björck S., Hoek W.Z., Steffensen J.P., Walker M.J.C., Yu Z.C., the INTIMATE group.* Synchronisation of paleoenvironmental events in the North Atlantic region during the Last Termination: a revised protocol recommended by the INTIMATE group // *Quaternary Sci. Rev.* 2008. Vol. 27. P. 6-17.
- Morphbank: Biological Imaging (<https://www.morphbank.net/>, 03 March 2021). Florida State University, Department of Scientific Computing, Tallahassee, FL 32306-4026 USA.
- Okolodkov. Yu.B.* Cryopelagic flora of the Chukchi, East Siberian and Laptev Seas. *Polar Biol.* 1992. Vol. 5. 28-43.
- Pankow H.* Ostsee-Algenflora. Gustav Fischer Verlag. Jena. 1990. 648 p.
- Pavlidis Yu., Polyakova Ye.* Late Pleistocene and Holocene depositional environments and paleoceanography of the Barents Sea: evidence from seismic and biostratigraphic data. *Marine Geology - MAR GEOLOGY*. 1997. Vol. 143. P. 189-205.
- Polyakova Ye.I., Dzinoridze R.N., Novichkova T.S., Golovnina E.A.* Diatoms and Palynomorphs in the White Sea sediments as indicators of Ice and Hydrological conditions// *Oceanology*. 2003. Vol. 43. Suppl. 1. P. S144–S158

- Polyakova Ye., Bauch H., Klyuvitkina T.* Early to middle Holocene changes in Laptev Sea water masses deduced from diatom and aquatic palynomorph assemblages. *Global and Planetary Change*. 2005. Vol. 48. P. 208-222.
- Polyakova Y. I., Novichkova Y. A.* Diatoms and aquatic palynomorphs in the White sea sediments as indicators of sedimentation processes and paleoceanography // *Sedimentation Processes in the White Sea: The White Sea Environment*. Lisitzin A.P., Demina L.L. (eds.). Vol. 2 of *Hdb Environmental Chemistry*. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature New York. 2018. P. 10–48.
- Polyakova Ye., Kryukova I., Klyuvitkina T., Novichkova Ye. Manko N.* Living and fossil microalgae from the Eurasian Arctic Seas as indicators of modern and past environmental changes // *Nova Acta Leopoldina*. 2014. NF 117, Nr. 399. P. 181-184.
- Poulin M.* Ice Diatoms: the Arctic. In: *Polar Marine Diatoms*, Medlin L. and Priddle J., ed. Cambridge: British Antarctic Survey, Natural Environment Res. 1990. P. 15-18.
- Quantum GIS. <https://www.qgis.org/ru/site/>.
- Rat'kova T.N.* Phytoplankton composition in the White Sea Basin in summer-autumn 1998-1999 // *Polar Res*. 2000a. Vol. 359. P. 97-100.
- Rat'kova T.N.* The White Sea Basin phytoplankton – a review // *Polar Res*. 2000b. Vol. 359. P. 23-29.
- Rat'kova T.N., Wassmann P.* Sea-ice algae in the White Sea and the Barents Sea: composition and origin // *Polar Res*. 2005. Vol. 24. P. 95-110.
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Ramsey C.B., Buck C.E.,.* IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50 000 years cal BP. *Radiocarbon*. 2013. Vol. 55. P. 1869–1887.
- Reinhard L.* Zur Kenntniss der Bacillariaceen des Weissen meeres // *Bulletin de la societe imperiale des naturalistes*. Moscou. Vol. LVTI. 1882. P. 297-304.
- Renberg I., Hellberg T.* The pH History of Lakes in Southwestern Sweden, as Calculated from the Subfossil Diatom flora of the Sediments // *AMBIO*. 1982. Vol. 11. No 3. P. 30-33
- Risebrobakken B., Moros M., Ivanova E., Chistyakova N., Rosenberg R.* Climate and oceanographic variability in the SW Barents Sea during the Holocene. *Holocene* 2010. Vol. 20. P. 609-629.

- Round F.E., Basson P.W.* A new on oraphid diatom genus (*Pogoneis*) from Bahrain and the transfer of previously described species *A. hungarica* & *A. taeniata* to new genera// *Diatom Research*. 1997. Vol. 12(1). P. 71-81.
- Round F.E., Bukhtiyarova L.* Four new genera based on *Achnanthes* (*Achnanthidium*) together with a re-definition of *Achnanthidium* // *Diatom Research*. 1996. Vol. 11(2). P. 345-361.
- Round F.E., Hallsteinsen H., Paasche E.* On a previously controversial «Fragilarioid» diatom now placed in a new genus *Nanofrustulum* // *Diatom Research*. 1999. Vol. 14(2). P. 343-356.
- Round, F. E., Crawford, R. M., and Mann, D. G.* The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera. Cambridge University Press, Cambridge. 1990.747 p.
- Semina G., Mikaelyan A., Belyaeva G.* Phytoplankton of different size groups of the northern subtropical zone of the Pacific Ocean. *Oceanology*. 1997. Vol. 37. 657-665.
- Simonsen R.* Untersuchungen zur Systematik und Ökologie der Bodendiatomeen der westlichen Ostsee // *International der Gesanten Hydrobiologie, Systematische Beihefte*. 1962. Vol. 1. P. 9-148.
- Solovieva N, Tarasov P.E., MacDonald G.* Quantitative reconstruction of Holocene climate from the Chuna Lake pollen record, Kola Peninsula, northwest Russia // *The Holocene*. 2005. Vol. 15(1). P. 141-148.
- Spaulding, S.A., Bishop, I.W., Edlund, M.B., Lee, S., Furey, P., Jovanovska, E., Potapova, M.* 2021. *Diatoms of North America*. <https://diatoms.org/>
- Species 2000 & ITIS Catalogue of Life: 2007 Annual Checklist. <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2007>
- Stroeven A.P., Hättestrand C., Kleman J., Heyman J., Fabel D., Fredin O., Goodfellow B. W., Harbor J. M., Jansen J.D., Olsen L., Caffee M.W., Fink D., Lundqvist J., Rosqvist G.C., Strömberg B., Jansson K.N.* Deglaciation of Fennoscandia // *Quaternary Science Reviews*. 2016. Vol. 147. P. 91-121.
- Stuiver M., Grootes P.M., Braziunas T.F.* The GISP2 $\delta^{18}\text{O}$ Climate record of the past 16,500 years and the role of the sun, oceans, and volcanoes // *Quatern. Res.* 1995. Vol. 44. P. 341–354.
- Svendsen J.I., Henriksen M., Mangerud J., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J.A., Funder S., Gataullin V., Polyak L., Hjort C., Kjær K.H., Möller P.,*

- Houmark-Nielsen M., Hubberten H.W., Siegert C., Ingólfsson O., Jakobsson M., Larsen E., Lyså A., Lokrantz H., Lunkka J.P., Matiouchkov A., Murray A., Niessen F., Stein R., Nikolskaya O., Saarnisto M., Siegert M.J., Spielhagen R.F.* Late Quaternary ice sheet history of Northern Eurasia // *Quaternary Science Reviews*. 2004. Vol. 23. P. 1229–1271.
- Taxonomic Diatom Workshop 2010-2019 materials. <https://www.diatom.nl/kopie-van-workshops>
- von Quillfeldt C.H.* Distribution of diatoms in the Northern Water Polynya, Greenland. *J. Mar. Systems*. 1997. Vol. 10. P. 211-240.
- Voronina E., Polyak L., de Vernal A., Peyton O.* Holocene variations of sea-surface conditions in the Southeastern Barents Sea, reconstructed from dinoflagellate cyst assemblages // *J. Quat. Sci.* 2001. Vol. 16. No 7. P. 717–726.
- Wahlenberg C.* *Flora Lapponica*. Berli. 1812. 550 p.
- Williams D.M., Reid G.* *Amphorotia* nov. gen., a new genus in the family Eunotiaceae (Bacillariophyceae), based on *Eunotia clevei* Grunow in Cleve & Grunow // *A. Wikowski (ed.), Diatom Monographs*. Vol. 16. A.R.G. Gantner Verlag K.G. 2006. 153 p.
- Wang L., Mackay A.W., Leng M.J., Rioual P., Panizzo V., Lu H., Chu G., Han J., Kendrick C.* Influence of the ratio of planktonic to benthic diatoms on lacustrine organic matter $\delta^{13}\text{C}$ from Erlongwan maar lake, northeast China. *Organic Geochemistry*. 2013. Vol. 54. P. 62–68.
- Witkowski A., Lange-Bertalot H.* *Ehrenbergiulva* Witkowski, Lange-Bertalot et Metzeltin nom. nov. — a new name for *Ehrenbergia* Witkowski et al // *Diatom Research*. 2004. Vol. 19(1). P. 143-144.
- Witkowski A., Lange-Bertalot H., Metzeltin D.* Diatom flora of marine coasts I. *Iconographia Diatomologica* Vol. 7. – Ruggell, Köningstein: A.R.G. Gantner Verlag K.G. 2000. 925 p.
- Zaretskaya N., Rybalko A., Repkina T., Shilova O., Krylov A.* Late Pleistocene in the southeastern White Sea and adjacent areas (Arkhangelsk region, Russia): Stratigraphy and palaeoenvironments // *Quaternary International*. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.10.057>

Приложение 1. Список образцов на диатомовый анализ из морских и озерно-болотных отложений

Карельский берег, о. Великий, озеро М.Еремеевское, абс. выс. 9.0 м

№	Глубина, м	Материал
1-1/13	0	Мох
1-2/13	1,75	бурый сапропель
1-3/13	1,95-2	бурый сапропель
1-4/13	2,1-2,15	серый сапропель
1-5/13	2,25-2,30	серый сапропель
1-6/13	2,5-2,55	серый сапропель
1-7/13	2,65-2,7	серый сапропель
1-8/13	2,8-2,85	серый сапропель
1-9/13	3-3,05	серый сапропель
1-10/13	3,05-3,1	серый сапропель
1-11/13	3,1-3,15	серый сапропель
1-12/13	3,15-3,2	опесчаненный сапропель

Карельский берег, п-ов Киндо, озеро Тетеревиное, абс. выс. 27.1 м

№	Глубина	Состав
B2-1-2015	45-50	слабо разложившийся торф
B2-2-2015	0	
B2-3-2015	260-265	
B2-4-2015	270-275	
B2-5-2015	315-320	
B2-6-2015	330-335	
B2-7-2015	340-345	серо-коричневый сапропель, жирный
B2-8-2015	345-350	
B2-9-2015	355-360	сизовато-бурый сапропель с обугленными остатками корней травянистых растений
B2-10-2015	375-380	
B2-11-2015	388-390	песок сизовато-серый, глинистый, тонкозернистый, хорошо сортированный

Карельский берег, п-ов Киндо, озеро Мокрое, абс. выс. 9.6 м

№	Глубина	Состав
BM-1-2015	195-200	слабо разложившийся торф
BM-2-2015	205-210	
BM-3-2015	215-220	сапропель серо-коричневый, жирный
BM-4-2015	220-225	сапропель сизо-серый, жирный

BM-5-2015	240-245	он же без видимых неоднородностей
BM-6-2015	260-265	
BM-7-2015	280-285	
BM-8-2015	295-300	
BM-9-2015	310-315	
BM-10-2015	325-330	
BM-11-2015	340-345	
BM-12-2015	355-360	
BM-13-2015	370-375	сизо-серый сапропель слабо опесчаненный с редкими зернами гравия (d-1 см) первого класса окатанности
BM-14-2015	385-390	бирюзово-сизый сапропель, жирный с неясной тонкой полосчатостью
BM-15-2015	400-405	
BM-16-2015	419-424	
BM-17-2015	435-440	песок сизо-серый, глинистый мелко-среднезернистый.

Карельский берег, п-ов Киндо, озеро Долгое, абс. выс. 3.6 м

№	Глубина	Состав
BN-1-2015	140-145	слабо разложившийся торф
BN-2-2015	155-160	
BN-3-2015	160-165	
BN-4-2015	180-185	сапропель сизо-серый, слабо опесчаненный по всему горизонту (к низу содержание песка увеличивается)
BN-5-2015	208-213	
BN-6-2015	214-219	
BN-7-2015	230-235	сапропель бирюзово-серый в низах (с 244) - слабо опесчаненный
BN-8-2015	250-255	
BN-9-2015	270-275	
BN-10-2015	275-280	
BN-11-2015	0	мох

Терский берег, с. Чаваньга, абс. выс. 22.4 м

№	Глубина	Состав
1-15/1	0	слабо разложившийся торф слабо разложившийся торф, светло-желтый
1-15/4	0,55-0,60	
1-15/5	0,60-0,65	
1-15/6	0,65-0,70	
1-15/10	0,85-0,90	
1-15/14	1,05-1,10	
1-15/18	1,25-1,30	
1-15/19	1,30-1,35	торф бурый
1-15/20	1,35-1,40	
1-15/24	1,55-1,60	
1-15/28	1,75-1,80	
1-15/32	1,95-2,00	

1-15/36	2,15-2,20	
1-15/40	2,35-2,40	
1-15/42	2,45-2,50	
1-15/43	2,50-2,55	
1-15/44	2,55-2,60	
1-15/48	2,75-2,80	увеличение плотности торфа и количества растительных остатков
1-15/51	2,90-2,95	
1-15/52	2,95-3,00	
		слабо разложившийся торф
1-15/59	3,00-3,05	обогащенные органикой илистые отложения, слабо опесчаненные, с примесью тонкозернистого песка и единичным гравием

Терский берег, руч. Столбицкий, абс. выс. 52.0 м

№	Глубина	Состав
2-2015/1	0	слабо разложившийся торф
2-2015/2	0,25-0,30	
2-2015/5	0,40-0,45	
2-2015/6	0,45-0,50	темно-бурый торф, в верхней части сильно влагонасыщенный
2-2015/7	0,50-0,55	
2-2015/9	0,60-0,65	
2-2015/13	0,80-0,85	
2-2015/22	1,15-1,20	
2-2015/23	1,20-1,25	глина опесчаненная, темно-бурая, с гравием, в верхней части обогащенная органическим материалом
2-2015/24	1,25-1,30	
2-2015/25	1,30-1,35	

Терский берег, с. Кузомень, болото Колонихский мох, абс. выс. 17.0 м

№	Глубина	Состав
5-2015/1	0,35-0,40	слабо разложившийся торф
5-2015/2	0,40-0,45	торф бурый, слабо разложившийся, в верхней части водонасыщенный
5-2015/3	0,45-0,50	
5-2015/7	0,65-0,70	
5-2015/11	0,85-0,90	
5-2015/15	1,05-1,10	
5-2015/19	1,25-1,30	
5-2015/22	1,40-1,45	
5-2015/23	1,45-1,50	торф, светло-бурый, слабо разложившийся, моховый
5-2015/24	1,50-1,55	
5-2015/28	1,70-1,75	
5-2015/32	1,90-1,95	
5-2015/36	2,10-2,15	
5-2015/40	2,30-2,35	
5-2015/42	2,40-2,45	
5-2015/43	2,45-2,50	

5-2015/44	2,50-2,55	песок серый, мелко-среднезернистый
5-2015/45	0,00-0,05	слабо разложившийся торф

Карельский берег, п-ов Киндо, озеро Серп/Бони, абс. выс. 7.9 м

№	Глубина	Состав
9/16-1	4,45-4,50	глина серебристого оттенка
9/16-2	1,60-1,65	торф светло-бурый, слабо разложившийся, водонасыщенный, неконсолидированный
9/16-3	1,65-1,70	
9/16-4	1,80-1,85	
9/16-5	1,90-1,95	
9/16-6	2,20-2,25	
9/16-7	2,30-2,35	
9/16-8	2,40-2,45	
9/16-9	2,50-2,55	
9/16-10	2,60-2,65	
9/16-11	2,70-2,75	
9/16-12	2,80-2,85	
9/16-13	2,90-2,95	глина светло-серая, слабо опесчаненная, пластичная с единичными грубыми зернами
9/16-14	3,05-3,10	
9/16-15	3,15-3,20	
9/16-16	3,25-3,30	
9/16-17	3,35-3,40	
9/16-18	3,45-3,50	
9/16-19	3,55-3,60	
9/16-20	3,65-3,70	
9/16-21	3,75-3,80	
9/16-22	3,85-3,90	
9/16-23	3,95-4,00	
9/16-24	4,05-4,10	
9/16-25	4,15-4,20	
9/16-26	4,25-4,30	
9/16-27	4,35-4,40	глина серебристого оттенка
9/16-28	4,45-4,50	
9/16-29	4,50-4,55	глина серебристо-серая, пластичная с дресвой
9/16-30	4,55-4,60	
9/16-31	4,60-4,65	
9/16-32	4,65-4,70	
9/16-33	4,70-4,75	
9/16-34	4,75-4,80	
9/16-35	4,80-4,85	
9/16-36	0	МОХ

Карельский берег, о. Великий, абс. выс. 36.0 м

№	Глубина	Состав
12/16-1	1,50-1,60	торф мохово-лишайниковый бурый, слабо разложившийся, с макроостатками
12/16-2	1,90-2,00	
12/16-3	1,90-1,95	
12/16-4	1,95-2,00	
12/16-5	2,00-2,05	
12/16-6	2,05-2,10	
12/16-7	2,10-2,15	
12/16-8	2,15-2,20	
12/16-9	2,20-2,25	
12/16-10	2,25-2,30	ил темно-бурый, обогащенный органическим материалом, плотный, граница по плотности, переход четкий
12/16-11	2,30-2,35	
12/16-12	2,35-2,40	песок, темно-бурый, разнотернистый с гравием и дресвой, обогащен органическим материалом

Ругозерская губа, глубина 17.3 м

№	Глубина	Состав
1	0-2	пелитовый алевроит, цвет оливково-серый, сметанообразный, раковины двусторчатых моллюсков
2	45-47	алевропелит, плотный, маслянистый
3	110-112	
4	160-162	
5	185-187	

Двинский залив, 6042, глубина 61 м

№	Глубина	Состав
1	13-14	Пелит с алевроито-песчаной примесью, с включением дресвы, гидротроилита, известкового детрита, скоплений тонкодисперсного органического вещества
2	22-23	
3	32-33	
4	42-43	
5	52-53	
6	62-63	
7	72-73	
8	86-87	
9	92-93	
10	106-107	
11	112-113	
12	122-123	

13	133-134	
14	142-143	
15	154-155	
16	162-163	
17	172-173	
18	183-184	
19	195-196	
20	203-204	
21	213-214	
22	222-223	
23	231-232	
24	242-243	
25	252-253	
26	262-263	
27	272-273	
28	279-280	
29	289-290	
30	300-301	
31	324-325	
32	334-335	
33	342-343	
34	352-353	
35	362-363	
36	374-375	
37	383-384	
38	392-393	
39	404-405	
40	415-416	
41	422-423	
42	432-433	
43	442-443	
44	453-454	
45	459-460	

Кандалакшский залив, 6066, глубина 226 м

№	Глубина	Состав
1	7-8	пелитовый ил, темно-оливковый, текучий
2	14-15	
3	24-25	
4	34-35	
5	45-46	
6	54-56	
7	64-65	
8	74-75	
9	84-85	

10	94-95	
11	103-104	
12	114-115	
13	124-125	пелитовый ил, оливково-серый с четкими стяжениями гидротроилита, текуче- пластичный
14	134-135	
15	145-146	
16	154-155	
17	165-166	
18	174-175	
19	184-185	
20	194-195	
21	204-205	
22	214-215	
23	223-224	
24	227-228	

Приложение 2. Классификация диатомовых водорослей, обнаруженных в исследованных пробах по (Round et al., 1990 с дополнениями)

Отдел BACILLARIOPHYTA

Класс COSCINODISCOPHYCEAE

Подкласс THALASSIOSIROPHYCIDAE

Порядок Thalassiosirales Glezer & Makarova 1986

Сем. THALASSIOSIRACEAE Lebour 1930

Bacterosira, Thalassiosira, Shionodiscus

Сем. STEPHANODISCACEAE Glezer & Makarova 1986

Cyclostephanos, Cyclotella, Discostella, Lindavia, Pantocsekiella,

Stephanodiscus

Подкласс COSCINODISCOPHYCIDAE

Порядок MELOSIRALES Round & Crawford in Round, Crawford & Mann 1990

Сем. MELOSIRACEAE Kützing 1844

Melosira

Сем. HYALODISCACEAE Round & Crawford in Round, Crawford & Mann 1990

Hyalodiscus, Podosira

Порядок PARALIALES Round & Crawford in Round, Crawford & Mann 1990

Сем. PARALIACEAE Crawford 1988

Paralia

Порядок AULACOSEIRALES Round & Crawford in Round, Crawford & Mann 1990

Сем. AULACOSEIRACEAE Round & Crawford in Round, Crawford & Mann 1990

Aulacoseira

Порядок ORTHOSEIRALES Crawford 1990

Сем Orthoseiraceae Crawford 1990

Orthoseira

Порядок COSCINODISCALES Round & Crawford in Round, Crawford & Mann 1990

Сем. COSCINODISCACEAE Kützing 1844

Actinoptychus, Coscinodiscus

Сем. HEMIDISCACEAE Hendey 1937

Actinocyclus

Порядок RHIZOSOLENIALES Silva 1962

Сем. RHIZOSOLENIACEAE De Toni 1890

Rhizosolenia, Urosolenia

Сем. PROBOSCIACEAE Nikolaev, Kociolek, Fourtanier, Barron & Harwood 2001

Proboscia

Подкласс BIDDULPHIOPHYCIDAE

Порядок BIDDULPHIALES Krieger 1954

Сем. ATTHEYACEAE Round & Crawford in Round, Crawford & Mann 1990

Attheya

Сем. BIDDULPHIACEAE Kützing 1844

Biddulphia

Порядок TRICERATIALES Round & Crawford in Round, Crawford & Mann 1990

Сем. TRICERATIACEAE (Schütt) Lemmermann 1899

Odontella

Сем. PLAGIOGRAMMACEAE De Toni 1890

Dimeregramma, Plagiogramma

Подкласс CHAETOCEROTOPHYCIDAE

Порядок CHAETOCEROTALES Round & Crawford in Round, Crawford & Mann

1990

Сем. CHAETOCEROTACEAE Ralfs in Pritchard, 1861

Chaetoceros

Класс FRAGILARIOPHYCEAE

Подкласс FRAGILARIOPHYCIDAE

Порядок FRAGILARIALES Silva 1962 emend. Round, Crawford & Mann 1990

Сем. FRAGILARIACEAE Greville 1833

Ctenophora, Diatoma, Fossula, Fragilariforma, Meridion, Nanofrustulum, Odontidium, Opephora, Pseudostaurosira, Punctastriata, Stauroforma, Staurosira, Staurosirella, Tabularia, Ulnaria

Порядок THALASSIONEMATALES Round, Crawford & Mann 1990

Сем. THALASSIONEMATACEAE Round, Crawford & Mann 1990

Thalassionema, Thalassiothrix

Порядок TABELLARIALES Round, Crawford & Mann 1990

Сем. TABELLARIACEAE Kützing 1844

Tabellaria, Tetracyclus

Порядок RHAPHONEIDALES Round, Crawford & Mann 1990

Сем. RHAPHONEIDACEAE Forti 1912

Rhaphoneis

Порядок RHABDONEMATALES Round & Crawford in Round, Crawford & Mann

1990

Сем. RHABDONEMATACEAE Round & Crawford in Round, Crawford & Mann

1990

Rhabdonema

Порядок STRIATELLALES Round, Crawford & Mann 1990

Сем. STRIATELLACEAE Kützing 1844

Grammatophora

Класс BACILLARIOPHYCEAE

Подкласс EUNOTIOPHYCIDAE

Порядок EUNOTIALES Silva 1962

Сем. EUNOTIACEAE Kützing 1844

Eunotia, Semiorbis

Подкласс BACILLARIOPHYCIDAE

Порядок LYRELLALES D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990

Сем. LYRELLACEAE D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990

Lyrella, Petroneis

Порядок MASTOGLOYALES D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990

Сем. MASTOGLOYACEAE Mereschowsky 1903

Mastogloia

Порядок CYMBELLALES D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990

Сем. RHOICOSPHENIACEAE Chen & Zhu 1983

Rhoicosphenia

Сем. ANOMOEONEIDACEAE D.G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990

Adlafia, Anomoeoneis, Staurophora

Сем. CYMBELLACEAE Greville 1833

Cymbella, Cymbopleura, Encyonema, Khursevichia

Сем. GOMPHONEMATACEAE Kützing 1844

Gomphonema, Placoneis

Роды порядка CYMBELLALES неясного таксономического положения:

Gomphonella

Порядок ACHNANTHALES Silva 1962

Сем. ACHNANTHACEAE Kützing 1844

Achnanthes

Сем. COCCONEIDACEAE Kützing 1844

Cocconeis

Сем. ACHNANTHIDIACEAE D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990
Achnanthidium, Karayevia, Planothidium, Psammothidium

Порядок NAVICULALES Bessey 1907 sensu emend. Round, Crawford & Mann 1990

Подпорядок Neidiineae D.G. Mann 1990

Сем. CAVINULACEAE
Cavinula

Сем. COSMIONEIDACEAE D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990
Cosmioneis

Сем. DIADESMIDACEAE D.G. Mann
Luticola

Сем. AMPHIPLEURACEAE Grunow 1862
Amphipecta, Frustulia, Halamphora

Сем. BRACHYSIRACEAE D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990
Brachysira

Сем. NEIDIACEAE Mereschkowsky 1903
Neidium

Сем. SCOLIOTROPIDACEAE Mereschkowsky 1903
Biremis, Scoliotropis

Сем. METASCOLIONEIDACEAE Blanco & Wetzel, 2016
Metascolioneis

Подпорядок Sellaphorineae D.G. Mann 1990

Сем. SELLAPHORACEAE Mereschkowsky 1902
Eolimna, Fallacia, Sellaphora

Сем. PINNULARIACEAE D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990
Caloneis, Pinnularia

Подпорядок Diploneidinae D.G. Mann 1990

Сем. DIPLONEIDACEAE D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990
Diploneis

Подпорядок Naviculinae Kützing, 1844

Сем. NAVICULACEAE Kützing 1844
Hippodonta, Navicula, Navigiolium, Trachyneis, Pinnunavis, Pseudogomphonema

Сем. PLEUROSIGMATAACEAE Mereschkowsky 1903
Gyrosigma, Pleurosigma

Сем. STAURONEIDACEAE D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990
Craticula, Fistulifera, Stauroneis

Роды порядка NAVICULALES неясного таксономического положения:
Kobayasiella

Порядок THALASSIOPHYSALES D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990

Сем. CATENULACEAE Mereschkowsky 1902
Amphora

Порядок BACILLARIALES Hendey 1937

Сем. BACILLARIACEAE Ehrenberg 1831
Bacillaria, Fragilariopsis, Hantzschia, Nitzschia, Tryblionella

Порядок RHOPALODIALES D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990

Сем. RHOPALODIACEAE (Karsten) Topachevskiy & Oksiyuk 1960
Delphineis, Epithemia, Rhopalodia

Порядок SURIRELLALES D. G. Mann in Round, Crawford & Mann 1990

Сем. SURIRELLACEAE Kützing 1844
Campylodiscus, Surirella

Приложение 3. Экологическая характеристика диатомовых водорослей голоценовых отложений побережий и акватории Белого моря

Вид	Экологическая характеристика				
	местообитание	галообность (Simonsen & Pankow)	ацидифильность	Распространение	
				фитогеографическая группа	приуроченность к зоне Мирового океана
<i>Achnanthes adnata</i> Bory	e	fr	alf	c	
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>brevipes</i> Agardh	e	fr	alf	c	
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kützing) Cleve	e	br	alf	c	
<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébisson ex W.Smith) Grunow	e	fr			
<i>Achnantheidium lineare</i> W.Smith	e	fr	ind		
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	e	fr	ind	c	on
<i>Achnantheidium nodosum</i> (Cleve) Tsepik & Chudaev	e	fr	ind	c	
<i>Actinocyclus curvatulus</i> Janisch	p	m		c	n
<i>Actinocyclus divisus</i> Kiselev	p	m		c	n
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	p	br		c	on
<i>Adlafia minuscula</i> var. <i>muralis</i> (Grunow) Lange-Bertalot	b	fr	alf	c	
<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing	b	fr	alf	c	
<i>Amphora commutata</i> Grunow	b	mh		c	
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M. Archibald	b	fr	alf	c	
<i>Amphora crassa</i> W.Gregory		m			
<i>Amphora crassa</i> var. <i>elongata</i> Cleve		br			
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	b	fr	alf	c	
<i>Amphora proteus</i> W.Gregory	b	m		c	
<i>Anomoeoneis polygramma</i> (Ehrenberg) Cleve	b	br		c	
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> Pfitzer	b	fr	alb	c	
<i>Attheya septentrionalis</i> (Østrup) Crawford	p	br		ab	
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	p	fr	acf	c	
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simons	p	fr	ind	c	
<i>Aulacoseira islandica</i> (O.Müller) Simonsen	p	fr	ind	c	
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen	p	fr	ind	c	
<i>Aulacoseira subarctica</i> (O.Müller) Haworth	p	fr	alf	a	

<i>Bacillaria paxillifera</i> (O. Müller) Marsson	p	br		c	
<i>Bacillaria socialis</i> (W.Gregory) Ralfs	b	br		b	s
<i>Bacterosira bathyomphala</i> (Cleve) Syvertsen et Hasle	p	m		c	n
<i>Bacterosira constricta</i> (Gaarder) J.S.Park & J.H.Lee	p	br			
<i>Biddulphia rhombus</i> var. <i>trigona</i> Cleve ex Van Heurck		m			
<i>Biremis ambigua</i> (Cleve) D.G.Mann	e	m		a	s
<i>Brachysira brebissonii</i> Ross	b	fr	acf	a	
<i>Brachysira microcephala</i> (Grunow) Compère		fr		c	
<i>Brachysira styriaca</i> (Grunow) R.Ross	p	fr		ab	
<i>Caloneis aemula</i> (Grunow) Cleve	b	br		c	
<i>Caloneis amphisbaena</i> var. <i>subsalina</i> (Donkin) Cleve	b	m		a	s
<i>Caloneis brevis</i> (W.Gregory) Cleve		fr		ab	
<i>Caloneis delicatula</i> Skvortzow		fr			
<i>Caloneis liber</i> (W.Smith) Cleve	b	m		a	s
<i>Caloneis liber</i> var. <i>umbilicata</i> (Grunow) Cleve	b	m		a	s
<i>Caloneis obtusa</i> (W.Smith) Cleve	b	fr	ind	b	
<i>Caloneis westii</i> (W.Smith) Hendey	b	fr	alf	c	
<i>Campylodiscus angularis</i> W.Gregory	b	m		c	s
<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrenberg	b	m		c	
<i>Cavinula pseudoscutiformis</i> (Hustedt) D.G. Mann et A. J. Sticke	b	fr		a	
<i>Chaetoceros affinis</i> Grunov	p	br		b	n
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	p	m		c	n
<i>Chaetoceros diadema</i> (Ehrenberg) Gran	p	m		ab	n
<i>Chaetoceros furcellatus</i> Bailey	p	m		ab	n
<i>Chaetoceros holsaticus</i> F.Schütt	p	br		a	n
<i>Chaetoceros mitra</i> (Bailey) Cleve	p	m		a	n
<i>Chaetoceros</i> sp.	p	m		ab	n
<i>Chaetoceros subsecundus</i> (Grunow ex Van Heurck) Hustedt	p	m			n
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell	p	br			n
<i>Cocconeis californica</i> Grunov	b	m		a	s
<i>Cocconeis clandestina</i> A.W.F.Schmidt	b	m		b	s
<i>Cocconeis costata</i> Gregory	e	m		c	s
<i>Cocconeis disculus</i> (Schumann) Cleve	e	fr	alf	c	
<i>Cocconeis irregularis</i> (P.Schulz) Witkowski		m			
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg		fr			
<i>Cocconeis neothumensis</i> Krammer	e	fr	alf	b	
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	e	fr		c	
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	e	fr		c	s
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>intermedia</i> (M.Peragallo & Héribaude-Joseph) Cleve	e	fr	alf	b	
<i>Cocconeis pseudomarginata</i> W.Gregory	b	m		b	s
<i>Cocconeis pseudothumensis</i> Reichardt	e	fr			s
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg		br			s

<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>parva</i> (Grunov) Cleve	p	br		c	
<i>Cocconeis speciosa</i> Gregory		fr			s
<i>Cocconeis stauroneiformis</i> H.Okuno	e	m		c	
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg	p	br		c	on
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	p	m		ab	
<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg	p	m		c	on
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	p	m		c	n
<i>Cosmioneis lundstroemii</i> (Cleve) D.G.Mann	b	br			s
<i>Cosmioneis pusilla</i> (W.Smith) D.G.Mann & A.J.Stickle	b	fr	ind	c	
<i>Craticula buderi</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	b	fr		c	
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kutz.) Williams et Round		fr			
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Hustedt) Round	p	fr		c	
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	p	fr	alf	c	
<i>Cymbella amphioxys</i> (Kützing) Cleve	e	fr	ind	a	
<i>Cymbella arctica</i> (Lagerstedt) Schmidt	e	fr		a	
<i>Cymbella cymbiformis</i> C.Agardh	e	fr	alf	c	
<i>Cymbella neocistula</i> Krammer	e	fr	alf	c	
<i>Cymbella peraspera</i> Krammer	e	fr		c	
<i>Cymbella subaspera</i> var. <i>salina</i> Krammer	e	br			s
<i>Cymbopleura inaequalis</i> (Ehrenberg) Krammer	e	fr	alf	ab	
<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer	e	fr	ind	b	
<i>Cymbopleura neoheteropleura</i> Krammer	e	fr	ind	ab	
<i>Delphineis kippae</i> Sancetta		br			
<i>Delphineis surirella</i> (Ehrenberg) Andrews		br			
<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow	e	fr	alb	c	
<i>Detonula confervacea</i> (Cleve) Gran	p	br		ab	
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	e	fr	ind	c	
<i>Dimeregramma minor</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard	b	m		c	s
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	b	br		b	s
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) Cleve	b	m		b	s
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	b	br		c	s
<i>Diploneis didymus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	b	br		c	s
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	b	fr	alf	c	
<i>Diploneis interrupta</i> (Kützing) Cleve	b	br		c	n
<i>Diploneis litoralis</i> (Donkin) Cleve	b	m			s
<i>Diploneis oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) Cleve-Euler	b	fr	alf	c	
<i>Diploneis ostracodarum</i> (Pantocsek) A.Jurilj	b	fr		c	
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	b	fr	alf	b	
<i>Diploneis parma</i> Cleve		fr			
<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) Cleve	b	br	alf	c	s
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grunow) Hustedt	b	fr	alf	c	

<i>Diploneis smithii</i> var. <i>rhombica</i> Mereschkowsky	pb	m		ab	
<i>Diploneis subcincta</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve		m			
<i>Diploneis suborbicularis</i> (W.Gregory) Cleve		m			
<i>Diploneis turgida</i> Skvortsov		fr			
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee	p	fr	ind	c	
<i>Encyonema cespitosum</i> Kützing		fr			
<i>Encyonema elginense</i> (Krammer) D.G.Mann	e	fr		b	
<i>Encyonema hebridicum</i> Grunow ex Cleve	e	fr		c	
<i>Encyonema leibleinii</i> (C.Agardh) W.J.Silva, R.Jahn, T.A.V.Ludwig, & M.Menezes	e	fr		b	
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann	e	fr	acf	b	
<i>Encyonema perpusillum</i> (A.Cleve) D.G. Mann	e	fr	acf	b	
<i>Eolimna ruttneri</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Monnier		fr			
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	e	fr	alb	c	
<i>Epithemia adnata</i> var. <i>saxonica</i> (Kützing) R.M.Patrick	e	fr	ind	c	
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing	e	fr	ind	c	
<i>Epithemia gibba</i> (Ehrenberg) Kützing	e	fr	ind	c	
<i>Epithemia parallela</i> (Grunow) Ruck & Nakov	e	fr	ind	c	
<i>Epithemia porcellus</i> Kützing		fr			
<i>Epithemia sores</i> (Kützing)	e	fr		c	
<i>Epithemia turgida</i> (Ehrenberg) Kützing	e	fr	alf	c	
<i>Eunotia biconstricta</i> (Grunow) Lange-Bertalot	e	fr		c	
<i>Eunotia bidens</i> Ehrenberg	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia denticulata</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	e	fr	acf	a	
<i>Eunotia diadema</i> Ehrenberg	e	fr	acf	b	
<i>Eunotia diodon</i> Ehrenberg	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia faba</i> Ehrenberg	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia fallax</i> A. Cleve	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia flexuosa</i> (Brébisson ex Kützing) Kützing	e	fr	ind	c	
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg	e	fr	ind	c	
<i>Eunotia gracilis</i> W.Smith	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia hexaglyphis</i> Ehrenberg	e	fr	acf	a	
<i>Eunotia implicata</i> Nörpel, Lange-Bertalot et Alles	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia inflata</i> (Grunov) Nörpel et Lange-Bertalot	e	fr	acf	a	
<i>Eunotia lapponica</i> Grunow ex A.Cleve	e	fr	acf	b	
<i>Eunotia luna</i> var. <i>trapezica</i> Hustedt in Schmidt et al		fr	acf	a	
<i>Eunotia major</i> (W.Smith) Rabenhorst	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia meisteri</i> Hustedt	e	fr	acf	c	

<i>Eunotia microcephala</i> Krasske	e	fr	acf	b	
<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia myrmica</i> Lange-Bertalot	e	fr			
<i>Eunotia nymanniana</i> Grunow	e	fr	acf	b	
<i>Eunotia parallela</i> Ehrenberg	e	fr	acf	b	
<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>ventricosa</i> (Ehrenberg) Grunow	e	fr	acf	c	
<i>Eunotia pseudopectinalis</i> Hustedt	e	fr			
<i>Eunotia rhomboidea</i> Hustedt	e	fr	acf	a	
<i>Eunotia serra</i> Ehrenberg		fr	acf	a	
<i>Eunotia sudetica</i> O.Mull	e	fr	acf	b	
<i>Eunotia tetraodon</i> Ehrenberg	e	fr	acf	a	
<i>Eunotia triodon</i> Ehrenberg	e	fr	acf	a	
<i>Fallacia forcipata</i> (Greville) Stickle & D.G.Mann	b	fr	alf	b	
<i>Fallacia forcipata</i> var. <i>densestriata</i> (A.W.F.Schmidt) Gogorev	b	m	alf	b	s
<i>Fallacia reichardtii</i> (Grunow) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	b	fr		b	
<i>Fistulifera pelliculosa</i> (Kützing) Lange-Bertalot		fr			
<i>Fossula arctica</i> Hasle, Syvertsen et Von Quillfeldt	p	m		ab	n
<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D.M.Williams & Round	e	fr	ind	c	
<i>Fragilariopsis cylindrus</i> (Grunow ex Cleve) Helmcke & Krieger	p	m		bp	
<i>Fragilariopsis oceanica</i> (Cleve) Hasle	pb	m		ab	
<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson ex W.Smith) Lange-Bertalot & Krammer	b	m		b	
<i>Frustulia krammeri</i> Lange-Bertalot & Metzeltin		fr			
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst		fr			
<i>Gomphonella calcarea</i> (Cleve) R.Jahn & N.Abarca		fr			
<i>Gomphonella olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst		m			
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	e	fr		c	
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	e	fr		c	
<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>pusillum</i> Grunov in Van Heurck		fr			
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	e	fr		c	
<i>Gomphonema apicatum</i> Ehrenberg		fr			
<i>Gomphonema attenuatum</i> Pantocsek	e				
<i>Gomphonema coronatum</i> Ehrenberg	e	fr		c	
<i>Gomphonema gautieri</i> (Van Heurck) Lange-Bertalot & Metzeltin		fr			
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg		fr			
<i>Gomphonema grunowii</i> R.M.Patrick & Reimer	e	fr		a	

<i>Gomphonema heidenii</i> Fricke		fr			
<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>minutissimum</i> Hustedt	e	fr		b	
<i>Gomphonema pseudacuminatum</i> Kulikovskiy, Kociolek&Solak		fr			
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg	b	m		c	s
<i>Grammatophora arctica</i> Cleve	b	m		c	
<i>Grammatophora arcuata</i> Ehrenberg	b	br		b	s
<i>Grammatophora hamulifera</i> Kützing	b	m		c	s
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing	b	m		c	s
<i>Grammatophora serpentina</i> Ehrenberg		m			
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	b	fr		c	
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	b	fr		c	
<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehrenberg) J.W.Griffith & Henfrey		m			
<i>Gyrosigma obtusatum</i> (Sullivant & Wormley) C.S.Boyer		fr			
<i>Halamphora cymbifera</i> (W.Gregory) Levkov	b	m			s
<i>Hantzschia abundans</i> Lange-Bertalot		fr			
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	b	fr		c	
<i>Hantzschia elongata</i> (Hantzsch) Grunow		br			
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrb.) Lange-Bert., Metzeltin et Witkowski	b	fr		c	
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshuk	p	m		a	n
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunov	p	br		b	n
<i>Hyalodiscus subtilis</i> J.W.Bailey	p	br			n
<i>Karayevia clevei</i> (Grunow) Bukhtiyarova					
<i>Karayevia laterostrata</i> (Hustedt) Round & Bukhtiyarova		fr			
<i>Khursevichia jentzschii</i> (Grunow) Kulikovskiy, Metzeltin & Lange-Bertalot		fr			
<i>Kobayasiella subtilissima</i> (Cleve) Lange-Bertalot	b	fr		b	
<i>Lindavia antiqua</i> (W.Smith) Nakov, Guillory, Julius, Theriot & Alverson	p	fr		a	
<i>Lindavia bodanica</i> (Eulenstein ex Grunow) T.Nakov, Guillory, Julius, Theriot & Alverson	p	fr		c	
<i>Luticola kotschyana</i> var. <i>robusta</i> J.Y.Li & Y.Z.Qi		fr		c	
<i>Lyrella abrupta</i> (Gregory) D.G. Mann	b	m		c	s
<i>Lyrella atlantica</i> (Schmidt) D.G.Mann		br			s
<i>Lyrella hennedyi</i> (W. Sm.) A. J. Stickle et D.G. Mann		m			
<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva	b	m		c	s
<i>Lyrella majuscula</i> (Hustedt) Witkowski		fr		c	
<i>Mastogloia braunii</i> Grunov	e	br		c	
<i>Mastogloia danseyi</i> (Thwaites) Thwaites ex W.Smith		br			
<i>Mastogloia elliptica</i> (C.Agardh) Cleve	e	br		c	
<i>Mastogloia exigua</i> Lewis	e	br			

<i>Mastogloia lacustris</i> (Grunow) Grunow		fr			
<i>Mastogloia pseudosmithii</i> S.S.Lee, E.E.Gaiser, B.Van de Vijver, M.B.Edlund & Spaulding		fr			
<i>Mastogloia pumila</i> (Grunow) Cleve		m			
<i>Mastogloia smithii</i> Thwaites ex W.Smit	e	m		c	
<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C.Agardh	b	m		c	s
<i>Melosira moniliformis</i> C.Agardh	p	m		c	
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	b	br		c	
<i>Metascolioneis tumida</i> (Brébisson ex Kützing) Blanco & Wetzel	b	br		c	
<i>Nanofrustulum shiloi</i> (J.J.Lee, Reimer & McEnery) Round, Hallsteinsen & Paasche		m			
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	p	fr		c	
<i>Navicula digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs et Prichard	b	br		c	s
<i>Navicula distans</i> (W.Smith) Brébisson		br			
<i>Navicula eidrigiana</i> Carter	b	fr		a	
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	b	fr	alf	c	
<i>Navicula peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing	b	br		c	
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	b	fr		c	
<i>Navicula rhynchotella</i> Lange-Bertalot	b	fr	alf	c	
<i>Navicula subrhombica</i> Hustedt		fr			
<i>Navicula vaneii</i> Lange-Bertalot	b	fr			
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	b	fr	alf	c	
<i>Navicula vulpina</i> Kützing	b	fr	alf	b	
<i>Navigiolum rricula</i> (M.H.Hohn & Hellerman) C.E.Wetzel & Ector		fr			
<i>Neidium ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer	b	fr	ind	c	
<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve	b	fr		b	
<i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve	b	fr	ind	c	
<i>Neidium iridis</i> var. <i>diminutum</i> (Pantocsek) Wislouch & Kolbe	b	fr	ind	b	
<i>Neidium productum</i> (W.Smith) Cleve	b	fr	acf	c	
<i>Neidium vernale</i> (Reichelt ex Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot		fr			
<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot		fr			
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	b	fr	acf	c	
<i>Nitzschia amphibia</i> var. <i>thermalis</i> Grunow		fr			
<i>Nitzschia calida</i> var. <i>salinarum</i> (Grunow) Frenguelli		fr			
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch		fr			
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch		fr			
<i>Nitzschia linearis</i> W.Smith	b	fr	alf	c	
<i>Nitzschia nana</i> Grunow		fr			
<i>Nitzschia polaris</i> Grunow		br			
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst		br			
<i>Nitzschia scabra</i> Cleve	b	m		ab	
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith	b	br	alf	c	
<i>Nitzschia vitrea</i> var. <i>salinarum</i> Grunow	b	br		c	

<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.Agardh	pb	m		c	s
<i>Odontidium anceps</i> (Ehrenberg) Ralfs	e	fr		a	
<i>Odontidium mesodon</i> (Kützing) Kützing	e	fr		c	
<i>Opephora marina</i> (Gregory) Petit	b	m		c	s
<i>Opephora olsenii</i> M.Møller		br			
<i>Orthoseira roeseana</i> (Rabenhorst) Pfitzer	b	fr		b	
<i>Pantocsekiella ocellata</i> (Pantocsek) K.T. Kiss et Ács		fr			
<i>Pantocsekiella schumannii</i> (Grunow) K.T.Kiss & E.Ács		fr			
<i>Paralia scabrosa</i> (Østrup) Moiseeva		fr			
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	pb	br		b	s
<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J.Cox		m			
<i>Petroneis humerosa</i> (Brébisson ex W.Smith) A.J.Stickle et D.G.Mann	b	br		c	
<i>Petroneis marina</i> (Ralfs) D.G.Mann	b	m		b	
<i>Pinnularia semicrucata</i> (Schmidt) A.Cleve	b	fr	ind	a	
<i>Pinnularia biceps</i> W.Gregory	b	fr	acf	c	
<i>Pinnularia biundulata</i> (O.Müller) Kulikovskiy & Genkal	b	fr	acf	c	
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	b	fr	ind	c	
<i>Pinnularia cardinalis</i> (Ehrenberg) W.Smith	b	fr	acf	c	
<i>Pinnularia crucifera</i> Cleve-Euler	b	fr		a	
<i>Pinnularia cruciformis</i> (Donkin) Cleve	b	m		a	s
<i>Pinnularia cruxarea</i> Krammer	b	fr			
<i>Pinnularia distinguenda</i> (Cleve) Cleve	b	fr		a	
<i>Pinnularia divergens</i> W.Smith	b	fr	ind	a	
<i>Pinnularia erratica</i> Krammer	b	fr	ind	a	
<i>Pinnularia esoxiformis</i> Fusey	b	fr	ind	a	
<i>Pinnularia gentilis</i> (Donkin) Cleve	b	fr	ind	c	
<i>Pinnularia gronowii</i> Krammer	b	fr	ind	c	
<i>Pinnularia macilenta</i> Ehrenberg	b	fr	ind		
<i>Pinnularia mesogongyla</i> Ehrenberg	b	fr		c	
<i>Pinnularia neomajor</i> Krammer	b	fr	ind	c	
<i>Pinnularia neomajor</i> var. <i>intermedia</i> (Cleve) Krammer	b	fr	ind	c	
<i>Pinnularia neorabenhorstii</i> Gogorev	b	fr		a	
<i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	b	fr	ind	b	
<i>Pinnularia nobilis</i> var. <i>regularis</i> Krammer	b	fr	acf	b	
<i>Pinnularia nodosa</i> (Ehrenberg) W.Smith	b	fr	ind	a	
<i>Pinnularia permicrostauron</i> Krammer & Metzeltin	b	fr		a	
<i>Pinnularia quadratarea</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve	b	m		c	
<i>Pinnularia rhombarea</i> Krammer	b	fr		a	
<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch	b	fr	ind	b	
<i>Pinnularia schroederi</i> (Hustedt) Chohnoky	e	fr	ind		
<i>Pinnularia septentrionalis</i> Krammer	b	fr	ind	a	
<i>Pinnularia streptoraphe</i> Cleve	b	fr		c	
<i>Pinnularia subanglica</i> Krammer	b	fr		a	

<i>Pinnularia subcapitata</i> W.Gregory	b	fr	ind	c	
<i>Pinnularia subcommutata</i> Krammer	b	fr		b	
<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>undulata</i> Krammer	b	fr			
<i>Pinnularia tirolensis</i> (Metzeltin & Krammer) Krammer	b	fr		a	
<i>Pinnularia viridiformis</i> Krammer	b	fr		c	
<i>Pinnunavis elegans</i> (W.Smith) Okuno	b	fr			
<i>Placoneis explanata</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	b	fr		c	
<i>Placoneis subgastriformis</i> (Hustedt) E.J. Cox		fr			
<i>Plagiogramma staurophorum</i> (W.Gregory) Heiberg	b	m		c	s
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	e	fr	alf	c	
<i>Pleurosigma stuxbergii</i> Cleve et Grunow	p	m			
<i>Podosira hormoides</i> (Montagne) Kützing	b	m		c	
<i>Podosira hormoides</i> var. <i>adriatica</i> (Kützing) Grunow	b	m		b	
<i>Podosira maxima</i> (Kützing) Grunow	b	m		a	
<i>Porosira glacialis</i> (Grunow) Jørgensen	p	br			n
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström		m			
<i>Psammothidium marginulatum</i> (Grunow) L.Bukhtiyarova & Round	e	fr	acf	a	
<i>Pseudogomphonema arcticum</i> (Grunow) L.K.Medlin		br			
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) Williams et Round	e	fr	alf	c	
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> var. <i>capitata</i> (Héribaud-Joseph) N.A.Andresen, Stoermer, & R.G.Kreis, Jr.		fr			
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> var. <i>elliptica</i> (Héribaud-Joseph) J.C.Kingston	pb	fr		b	
<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W. Smith) E. Morales		fr			
<i>Punctastriata lancettula</i> (Schumann) P.B.Hamilton & Siver	b,e	fr		c	
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye in Horneman) Kützing	b	br		c	s
<i>Rhabdonema arcuatum</i> var. <i>robusta</i> (Grunow) Hustedt	b	br		c	
<i>Rhabdonema minutum</i> Kützing	b	br		c	s
<i>Rhaphoneis amphiceros</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	b	m		c	
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>hebetata</i> Bailey	p	m		ab	
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	e	fr		c	
<i>Rhoicosphenia marina</i> (Kützing) M.Schmidt		m			
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O. Müller	e	br		c	
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kützing) O.Müller	e	br		c	
<i>Scoliotropis latestriata</i> (Brébisson ex Kützing) Cleve		br			

<i>Sellaphora americana</i> (Ehrenberg) D.G.Mann	b	fr	alf	b	
<i>Sellaphora laevis</i> (Kützinger) D.G.Mann	b	fr	ind	c	
<i>Semiorbis hemicyclus</i> (Ehrenberg) R.M.Patrick	b	fr	acf	a	
<i>Shionodiscus bioculatus</i> (Grunow) Alverson, Kang & Theriot	p	br			n
<i>Shionodiscus oestrupii</i> (Ostenfeld) A.J.Alverson, S.-H.Kang & E.C.Theriot	p	m			n
<i>Shionodiscus poroseriatus</i> (Ramsfjell) A.J.Alverson, S.-H.Kang & E.C.Theriot		br			
<i>Stauroforma exiguiformis</i> (Lange-Bertalot) R.J.Flower, V.J.Jones & F.E.Round		fr			
<i>Stauroneis alpina</i> Hustedt		fr			
<i>Stauroneis americana</i> H.Heiden		fr			
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	b	fr		c	
<i>Stauroneis kriegeri</i> R.M.Patrick		fr			
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	b	fr	ind	c	
<i>Stauroneis schulzii</i> Jousé	b	fr	alf	b	
<i>Staurophora amphioxys</i> (Gregory) D. G. Mann		br			
<i>Staurophora rossii</i> (Hendey) D.G.Mann		br			
<i>Staurosira binodis</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot	e	fr		c	
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	b	fr		c	
<i>Staurosira inflata</i> (Heiden) A.Rusanov, Ács, E. Morales & Ector in Rusanov et al.		fr			
<i>Staurosira leptostauron</i> (Ehrenberg) Kulikovskiy & Genkal	e	fr	alf	b	
<i>Staurosira subsalina</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	e	fr		c	
<i>Staurosira venter</i> (Ehrenberg) Cleve & J.D.Möller	e	fr		c	
<i>Staurosirella alpestris</i> (Krasske) Le Cohu		fr			
<i>Staurosirella dubia</i> (Grunow) E.A.Morales & K.M.Manoylov	b,e	fr		b	
<i>Staurosirella lapponica</i> (Grunow) Williams et Round	b	fr		c	
<i>Staurosirella martyi</i> (Héribaud-Joseph) E.A.Morales & K.M.Manoylov	e	fr		c	
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams et Round	b, p	fr		c	
<i>Stephanodiscus neoastrea</i> Håkansson et Hickel	p	fr		c	
<i>Stephanodiscus rotula</i> (Kützinger) Hendey	p	fr	alf	c	
<i>Surirella brebissonii</i> Krammer et Lange-Bertalot		fr			
<i>Surirella comis</i> A.W.F.Schmidt	b	m			
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	b	fr		c	
<i>Surirella librile</i> (Ehrenberg) Ehrenberg		fr			
<i>Surirella striatula</i> Turpin	b	br		c	
<i>Surirella subsalsa</i> W.Smith		m			
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützinger	pb	fr	ind	c	
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützinger	e	fr	acf	a, c	

<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round	e	fr	alf	c	
<i>Tetracyclus glans</i> (Ehrenberg) F.W.Mills	b	fr	acf	a	
<i>Tetracyclus lacustris</i> var. <i>elongatus</i> Hustedt	b	fr	acf	b	
<i>Tetracyclus strumosus</i> (Ehrenberg) D.W.Williams	b	fr		a	
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunov) Mereschkowsky	p	m		c	n
<i>Thalassiosira ambigua</i> O.G.Kozlova	p	m			n
<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle	p	m		b	n
<i>Thalassiosira angustelineata</i> (A.Schmidt) G.Fryxell et Hasle	p	m		b	n
<i>Thalassiosira antarctica</i> Comber	p	m			
<i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow) Ostenfeld	p	br			n
<i>Thalassiosira bramaputrae</i> (Ehrenberg) Håkansson & Locker	e	m		b	n
<i>Thalassiosira decipiens</i> (Grunow) E.G.Jørgensen	p	m			on
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve	p	m		a	on
<i>Thalassiosira gravis</i> Cleve		m			n
<i>Thalassiosira hendeyi</i> Hasle & G.Fryxell	p	fr		b	
<i>Thalassiosira hyperborea</i> (Grunov) Hasle	p	br		b	
<i>Thalassiosira latimarginata</i> Makarova	p	br			
<i>Thalassiosira lineata</i> Jousé	p	m		a	
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve		br			
<i>Thalassiosira tenera</i> Proschkina-Lavrenko		m			
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow	b	m		c	
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	b	br		c	
<i>Tryblionella acuminata</i> W. Smith	b	br	alf	c	
<i>Tryblionella angustata</i> var. <i>acuta</i> (Grunow) Bukhtiyarova	b	fr	alf	b	
<i>Tryblionella angustata</i> W.Smith	b	fr	alf	c	
<i>Tryblionella coarctata</i> (Grunow) D.G.Mann	b	br		b	s
<i>Tryblionella hantzschiana</i> Grunow		br			
<i>Tryblionella marginulata</i> (Grunow) D.G.Mann	b	m		c	
<i>Tryblionella marginulata</i> f. <i>minuta</i> (Grunow) M.Poulin	b	m		c	s
<i>Tryblionella navicularis</i> (Brébisson) Ralfs	b	br		b	n
<i>Tryblionella punctata</i> W.Smith	b	br		c	n
<i>Tryblionella scalaris</i> (Ehrenberg) Siver & P.B.Hamilton	b	br			
<i>Ulnaria danica</i> (Kützing) Compère & Bukhtiyarova	pb	fr	alf	c	
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	b	fr	alf	c	
<i>Urosolenia longiseta</i> (O.Zacharias) Edlund & Stoermer	e	fr			

Приуроченность к местообитаниям: p - планктонный, pb - меропланктонный, b - бентосный, e - перифитонный; галобность: m - морской, br - солоноватоводный, fr - пресноводный; группы индикаторов ацидификации: ind - индифферент и/или нейтрофил, alf - алькалофил, alb - алькалобионт, acf - ацидофил, acb - ацидобионт; географическая приуроченность: c - космополит, b - бореальный, ab - аркто-бореальный; op - панталассный, n - неритический, s - сублиторальный

Приложение 4. Данные подсчета створок диатомей в образцах

№ образца	Колонка В2, количество створок в образце				
	В2-7-2015	В2-8-2015	В2-9-2015	В2-10-2015	В2-11-2015
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kützing) Cleve			5	4	1
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki		8			
<i>Actinocyclus divisus</i> Kiselev				1	
<i>Halamphora cymbifera</i> (W.Gregory) Levkov			1	2	
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M.Archibald		1			
<i>Amphora crassa</i> var. <i>elongata</i> Cleve			10		
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing		1			
<i>Amphora proteus</i> W.Gregory			16	38	1
<i>Bacillaria socialis</i> (W.Gregory) Ralfs			3	2	
<i>Biremis ambigua</i> (Cleve) D.G.Mann			2		
<i>Cocconeis clandestina</i> A.W.F.Schmidt			2	1	
<i>Cocconeis costata</i> W.Gregory			1		
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	4				
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg			3		
<i>Cocconeis pseudomarginata</i> W.Gregory		6			
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg		1	44	33	4
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg			1	4	
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg			5	1	2
<i>Cosmioneis pusilla</i> (W.Smith) D.G.Mann & A.J.Stickle			2		
<i>Cymbella peraspera</i> Krammer	1				
<i>Cymbopleura neoheteropleura</i> Krammer				1	
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg				2	
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) Cleve			1	3	
<i>Diploneis didymus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg			3	3	
<i>Diploneis oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) Cleve-Euler				2	
<i>Diploneis subcincta</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve				4	1
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann	2				
<i>Encyonema elginense</i> (Krammer) D.G.Mann	1				
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson		1	7		
<i>Epithemia porcellus</i> Kützing	2				
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing			3		
<i>Epithemia sores</i> Kützing			1		
<i>Eunotia faba</i> Ehrenberg	23	10	1		
<i>Eunotia flexuosa</i> (Brébisson ex Kützing) Kützing		1			
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg	2				
<i>Eunotia gracilis</i> W.Smith	10				
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg		1			
<i>Eunotia diadema</i> Ehrenberg	4				

<i>Eunotia sudetica</i> O.Mull		1			
<i>Fallacia forcipata</i> (Greville) Stickle & D.G.Mann			1	2	
<i>Fallacia forcipata</i> var. <i>densestriata</i> (A.W.F.Schmidt) Gogorev					1
<i>Staurosirella alpestris</i> (Krasske) Le Cohu	2				
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	1	5			
<i>Gomphonema coronatum</i> Ehrenberg	1	1			
<i>Gomphonema angustum</i> C.Agardh	5				
<i>Gomphonema gautieri</i> (Van Heurck) Lange-Bertalot & Metzeltin	1				
<i>Gomphonema gracile</i> var. <i>lanceolatum</i> (Kützing) Cleve		1			
<i>Gomphonema heidenii</i> Fricke		1			
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg			4	4	3
<i>Grammatophora arcuata</i> Ehrenberg		1	8	14	4
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing		2	122	133	30
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst			1		
<i>Hyalodiscus subtilis</i> Bailey				3	
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow			127	120	5
<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karayeva					1
<i>Mastogloia pseudosmithii</i> S.S.Lee, E.E.Gaiser, B.Van de Vijver, M.B.Edlund & Spaulding				1	
<i>Mastogloia elliptica</i> (C.Agardh) Cleve			1	6	
<i>Mastogloia danseyi</i> (Thwaites) Thwaites ex W.Smith				3	
<i>Mastogloia exigua</i> Lewis			2	1	
<i>Nanofrustulum shiloi</i> (J.J.Lee, Reimer & McEnery) Round, Hallsteinsen & Paasche		75			
<i>Navicula digitoradiata</i> (W.Gregory) Ralfs			4	8	
<i>Navicula peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing			40	22	1
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	1	14	3		
<i>Navicula rhynchotella</i> Lange-Bertalot			5		
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg			18		
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.Agardh			18	19	1
<i>Opephora olsenii</i> M.Møller		1	3		
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve		5	83	35	13
<i>Pinnularia quadratarea</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve			1		
<i>Pinnularia distinguenda</i> Cleve	2				
<i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg var. <i>regularis</i> Krammer	3				
<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>undulata</i> Krammer	3				
<i>Plagiogramma staurophorum</i> (W.Gregory) Heiberg			2	4	
<i>Podosira maxima</i> (Kützing) Grunow			1		
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) D.M.Williams & Round	3	3			
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye) Kützing			20	5	1
<i>Rhabdonema arcuatum</i> var. <i>robusta</i> (Grunow) Hustedt				8	11
<i>Rhabdonema minutum</i> Kützing			48	88	41
<i>Rhaphoneis amphiceros</i> (Ehrenberg) Ehrenberg			2	28	6
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot			14	15	
<i>Epithemia parallela</i> (Grunow) Ruck & Nakov		6	5		
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kützing) O.Müller				3	1
<i>Achnantheidium lineare</i> W.Smith		10			

<i>Achnantheidium nodosum</i> (Cleve) Tseplik & Chudaev		7			
<i>Sellaphora laevissima</i> (Kützing) D.G.Mann	1	4			
<i>Eolimna ruttneri</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Monnier		1			
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	2	3			
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg		1			
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M.Williams & Round		67			
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	23	6			
<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round			3	1	
<i>Thalassiosira angulata</i> (W.Gregory) Hasle				1	
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve			2	2	5
<i>Tryblionella coarctata</i> (Grunow) D.G.Mann			1		

№ образца	Колонка ВМ, количество створок в образце															
	ВМ-1-2015	ВМ-2-2015	ВМ-3-2015	ВМ-4-2015	ВМ-5-2015	ВМ-6-2015	ВМ-7-2015	ВМ-8-2015	ВМ-9-2015	ВМ-10-2015	ВМ-11-2015	ВМ-12-2015	ВМ-13-2015	ВМ-14-2015	ВМ-16-2015	
<i>Achnanthes adnata</i> Bory			2		2		5	10	2	3	3	2		1		
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kützing) Cleve		1		2												
<i>Khursevichia jentzschii</i> (Grunow) Kulikovskiy, Metzeltin & Lange- Bertalot		1														
<i>Actinocyclus curvatus</i> Janisch						2										
<i>Actinocyclus divisus</i> Kiselev					2											
<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing			2													
<i>Halamphora cymbifera</i> (W.Gregory) Levkov						4	2	4	3	12	6	14	9	10		
<i>Amphora commutata</i> Grunow			4	3												
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M.Archibald			5		1		3	5						1		
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing		13									2			4		
<i>Amphora proteus</i> W.Gregory				6	8	12	36	40	20	22	4	2	2	5	2	
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> Pfitzer	1		14	1												
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen			1													
<i>Bacillaria socialis</i> (W.Gregory) Ralfs					7	12	6	9	1	2	7	3	2	2		
<i>Biremis ambigua</i> (Cleve) D.G.Mann					4											
<i>Caloneis brevis</i> (W.Gregory) Cleve								4	2							
<i>Caloneis liber</i> var. <i>umbilicata</i> (Grunow) Cleve						1										
<i>Caloneis westii</i> (W.Smith) Hendey			2			1	3	4								
<i>Campylodiscus angularis</i> W.Gregory													1			
<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrenberg													1			
<i>Cocconeis californica</i> Grunow												1				

<i>Cocconeis clandestina</i> A.W.F.Schmidt		7	2		14	8	17	6	4	2	8	2	2	2	
<i>Cocconeis costata</i> W.Gregory						25	17		15	20	12	27	15	12	1
<i>Cocconeis disculus</i> (Schumann) Cleve					2										
<i>Cocconeis irregularis</i> (P.Schulz) Witkowski														1	
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg			10									2			
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg						14									
<i>Cocconeis pseudomarginata</i> W.Gregory			6							1		4	2		
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg		1	3	28	150	40	40	115	26	50	30	24	6	28	1
<i>Cocconeis speciosa</i> W.Gregory				1											
<i>Cocconeis stauroneiformis</i> H. Okuno					3		8	4	1	5	2			2	
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg									1		1				
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg												2			
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kutzing) Williams et Round				1					3						
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee		7													
<i>Surirella librile</i> (Ehrenberg) Ehrenberg				1											
<i>Cymbella cymbiformis</i> C.Agardh				2											
<i>Cymbella neocistula</i> Krammer		7													
<i>Cymbella peraspera</i> Krammer	1	3													
<i>Cymbella subaspera</i> var. <i>salina</i> Krammer			1												
<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer		5													
<i>Cymbopleura neoheteropleura</i> Krammer				1											
<i>Diatoma vulgaris</i> Bory		14													
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg					2										
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) Cleve							2			1				1	

<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg			2	2	10			1					1		
<i>Diploneis didymus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg			1	7	2		1								
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve					32	15			3	1					
<i>Diploneis interrupta</i> (Kützing) Cleve						1									
<i>Diploneis litoralis</i> (Donkin) Cleve								1							
<i>Diploneis oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) Cleve-Euler				1			10	28		57	19	7	11	30	
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve		1													
<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) Cleve												6			
<i>Diploneis subcincta</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve		3	1	2		6	10		4	3	1	1	3	2	1
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grunow) Hustedt		1							23						
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>rhombica</i> Mereschkowsky									1						
<i>Diploneis turgida</i> Skvortsov			1												
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson				22											
<i>Epithemia porcellus</i> Kützing		37	20												
<i>Epithemia adnata</i> var. <i>saxonica</i> (Kützing) R.M.Patrick			3												
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing	3	8													
<i>Epithemia sorex</i> Kützing														1	
<i>Eunotia faba</i> Ehrenberg	21	62	8												
<i>Eunotia flexuosa</i> (Brébisson ex Kützing) Kützing			9												
<i>Eunotia inflata</i> (Grunow) Norpel- Schempp & Lange-Bertalot	7	2													
<i>Eunotia major</i> (W.Smith) Rabenhorst	11		1												
<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst	4	4													
<i>Eunotia rhomboidea</i> Hustedt				1											
<i>Eunotia diadema</i> Ehrenberg		3	2												
<i>Eunotia tetraodon</i> Ehrenberg	3	6											1		
<i>Fallacia forcipata</i> (Greville) Stickle & D.G.Mann							2	12	1	1					

<i>Fallacia forcipata</i> var. <i>densestriata</i> (A.W.F.Schmidt) Gogorev					9		1			2	1			2	
<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson ex W.Smith) Lange-Bertalot & Krammer			4												
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg		2	9												
<i>Gomphonema coronatum</i> Ehrenberg		7	9												
<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>pusillum</i> Grunov in Van Heurck									1						
<i>Gomphonema apicatum</i> Ehrenberg			1												
<i>Gomphonema grunowii</i> R.M.Patrick & Reimer		7	4												
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg			1												
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg				2		7			15	27	20		2	9	
<i>Grammatophora arctica</i> Cleve			1		3										
<i>Grammatophora arcuata</i> Ehrenberg							11	4	8	11	7	32	1	172	
<i>Grammatophora hamulifera</i> Kützing			1									8			
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing		1	7	36	65	95	69	100	107	160	161	135	76		
<i>Grammatophora serpentina</i> Ehrenberg										1					
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst			25	95		4		5		1	3	3	1		
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst											3				
<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehrenberg) J.W.Griffith & Henfrey											1				
<i>Gyrosigma obtusatum</i> (Sullivant & Wormley) C.S.Boyer								4							
<i>Gyrosigma</i> sp.															1
<i>Hantzschia elongata</i> (Hantzsch) Grunow			3												
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski		4													
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow			2	5	33	87	48	50	64	151	71	75	34	80	6

<i>Hyalodiscus subtilis</i> Bailey			1					1					1		
<i>Lyrella hennedyi</i> (W. Sm.) A. J. Stickle et D.G. Mann											1				
<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karayeva				1				2	1	1				1	
<i>Mastogloia braunii</i> Grunow							2	7							
<i>Mastogloia elliptica</i> (C.Agardh) Cleve					6	10								1	
<i>Mastogloia exigua</i> Lewis						10	15		2	2	2				
<i>Mastogloia lacustris</i> (Grunow) Grunow					2										
<i>Mastogloia pseudosmithii</i> S.S.Lee, E.E.Gaiser, B.Van de Vijver, M.B.Edlund & Spaulding								5							
<i>Mastogloia pumila</i> (Grunow) Cleve					7	6									
<i>Meridion sp.</i>														1	
<i>Navicula digitoradiata</i> (W.Gregory) Ralfs				10	37	21	18	49	3	2				1	2
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg			3	7		2									
<i>Navicula peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing					8	46	4	5	2	1	1				
<i>Navicula radiosa</i> Kützing			17	12	4										1
<i>Navicula rhynchotella</i> Lange-Bertalot			11	32											
<i>Navicula vaneii</i> Lange-Bertalot			7	16											
<i>Navicula vulpina</i> Kützing		27	10												
<i>Neidium ampliatus</i> (Ehrenberg) Krammer		1	2												
<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve									1		1				
<i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve								21						14	
<i>Neidium iridis</i> var. <i>diminutum</i> (Pantocsek) Wislouch & Kolbe						1									
<i>Neidium vernale</i> (Reichelt ex Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot			2		1										
<i>Neidium productum</i> (W.Smith) Cleve		7	13	2											
<i>Nitzschia linearis</i> W.Smith									1						
<i>Nitzschia nana</i> Grunow						5									
<i>Tryblionella scalaris</i> (Ehrenberg) Siver & P.B.Hamilton		2	1												
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith			1					3	1						

<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.Agardh		1	1	7	11	28	40	11	4	11	9	4	4	9	
<i>Opephora marina</i> (W.Gregory) Petit										1					
<i>Opephora olsenii</i> M.Møller					2			2		1	2				
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve		55	92	330	165		233	162	53	60	28	32	44	42	5
<i>Pinnularia biceps</i> W.Gregory		1	2												
<i>Pinnularia cardinalis</i> (Ehrenberg) W.Smith	3	2													
<i>Pinnularia cruciformis</i> (Donkin) Cleve				7											
<i>Pinnularia distinguenda</i> Cleve		10	2												
<i>Pinnularia erratica</i> Krammer	1														
<i>Pinnularia gentilis</i> (Donkin) Cleve			2												
<i>Pinnularia grunowii</i> Krammer			2	16											
<i>Pinnularia macilenta</i> Ehrenberg			6												
<i>Pinnularia biundulata</i> (O.Müller) Kulikovskiy & Genkal			11												
<i>Pinnularia nodosa</i> (Ehrenberg) W.Smith		3													
<i>Pinnularia permicrostauron</i> Krammer & Metzeltin						1									
<i>Pinnularia quadratarea</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve			1		36	21	5		11	15	7	1	1	10	
<i>Pinnularia septentrionalis</i> Krammer			8												
<i>Pinnularia streptoraphe</i> Cleve	13	2													
<i>Pinnularia subanglica</i> Krammer													1		
<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>undulata</i> Krammer		1													
<i>Pinnularia tirolensis</i> (Metcalf & Krammer) Krammer								26							
<i>Pinnularia viridiformis</i> Krammer		2													
<i>Plagiogramma staurophorum</i> (W.Gregory) Heiberg		2		3	2		2	6	4	6	5	2	1	7	
<i>Podosira hormoides</i> (Montagne) Kützing														1	
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye) Kützing			1	8	8	3	9		12	18	10	10	7	20	
<i>Rhabdonema minutum</i> Kützing			12	23	37	40	50	55	65	125	153	205	216	242	
<i>Rhaphoneis amphiceros</i> (Ehrenberg) Ehrenberg				10		3	19	7	1	5					

<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	10	13			45	34	53	65	26	33	29	45	9	32	3
<i>Epithemia gibba</i> (Ehrenberg) Kützing		13	37												
<i>Epithemia parallela</i> (Grunow) Ruck & Nakov				10	1										
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.Müller	2	3	4		2										
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kützing) O.Müller				1	3		1	2		1				1	
<i>Metascolioneis tumida</i> (Brébisson ex Kützing) Blanco & Wetzel				2		1	2								
<i>Scoliotropis latestriata</i> (Brébisson ex Kützing) Cleve				3				4							
<i>Sellaphora americana</i> (Ehrenberg) D.G.Mann		6								1					
<i>Sellaphora laevisissima</i> (Kützing) D.G.Mann		9	18	12											
<i>Stauroneis americana</i> H.Heiden						9									
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg			32	3											
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg		9	11	2			2		1						
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg			4												
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg			1												
<i>Surirella</i> sp.				1											
<i>Surirella striatula</i> Turpin			1			1									
<i>Surirella subsalsa</i> W.Smith								1							
<i>Ulnaria danica</i> (Kütz.) Compère & Bukhtiyarova				5											
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing				1	5	4	7	5	7	9	6	14	3	6	1
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	57	19	16	1											
<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round	49	104	19												
<i>Tetracyclus glans</i> (Ehrenberg) F.W.Mills	7	6	1												
<i>Thalassiosira hyperborea</i> (Grunow) Hasle				1	4	5	6	6	3	6	2	3	5		
<i>Thalassiosira bramaputrae</i> (Ehrenberg) Håkansson & Locker			35												
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve					10	5	1	6	5	8	13	12	9	13	2
<i>Tryblionella acuminata</i> W. Smith			2	5	7	6	2	12	6	1				1	

<i>Tryblionella angustata</i> var. <i>acuta</i> (Grunow) Bukhtiyarova										5				
<i>Tryblionella coarctata</i> (Grunow) D.G.Mann						1		5	1			3		
<i>Tryblionella hantzschiana</i> Grunow		4	6	2										
<i>Tryblionella marginulata</i> f. <i>minuta</i> (Grunow) M.Poulin						9	8	11	7	10	3	2		
<i>Tryblionella punctata</i> W.Smith								4	3	2				

№ образца	Колонка BN, количество створок в образце										
	BN-1-2015	BN-2-2015	BN-3-2015	BN-4-2015	BN-5-2015	BN-6-2015	BN-7-2015	BN-8-2015	BN-9-2015	BN-10-2015	BN-11-2015
<i>Achnanthes adnata</i> Bory			3		5						
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kützing) Cleve				7		3					
<i>Actinocyclus curvatus</i> Janisch					1						
<i>Actinocyclus divisus</i> Kiselev				1		7					
<i>Halamphora cymbifera</i> (W.Gregory) Levkov			1			3					
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M.Archibald				2							
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing				1							
<i>Amphora proteus</i> W.Gregory			3	6	8	6					
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> Pfitzer			5								
<i>Anomoeoneis polygramma</i> (Ehrenberg) Cleve			1								
<i>Bacillaria socialis</i> (W.Gregory) Ralfs				3	4						
<i>Caloneis liber</i> (W.Smith) Cleve				1							
<i>Caloneis obtusa</i> (W.Smith) Cleve	5										
<i>Cocconeis clandestina</i> A.W.F.Schmidt			1	4	7	3					
<i>Cocconeis costata</i> W.Gregory			1	5	6	6					
<i>Cocconeis irregularis</i> (P.Schulz) Witkowski			1		7	6					
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg					1						
<i>Cocconeis pseudomarginata</i> W.Gregory			1	8		5					
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg		4	19	203	223	165	2		1	1	
<i>Cocconeis stauroneiformis</i> H. Okuno						1					
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg				2	2	1					
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	1										
<i>Pantocsekiella schumannii</i> (Grunow) K.T.Kiss & E.Ács			1								
<i>Cymbella amphioxys</i> (Kützing) Cleve				1							
<i>Cymbella neocistula</i> Krammer	3	2									
<i>Cymbella peraspera</i> Krammer	6	3									
<i>Denticula Kuetzingii</i> Grunow		2									
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) Cleve					1						
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg				6	8	2	1				
<i>Diploneis didymus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg				4	3	1					
<i>Diploneis oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) Cleve-Euler					2						
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve					5						
<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) Cleve						1					
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann	2										
<i>Encyonema elginense</i> (Krammer) D.G.Mann	18	17									
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson			31		1	1			1	1	
<i>Epithemia adnata</i> var. <i>saxonica</i> (Kützing) R.M.Patrick	20	50									
<i>Epithemia turgida</i> (Ehrenberg) Kützing		1									

<i>Pinnularia neomajor</i> var. <i>intermedia</i> (Cleve) Krammer	30	2									
<i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	28	3									
<i>Pinnularia quadratarea</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve					7	2					
<i>Pinnunavis elegans</i> (W.Smith) Okuno			1								
<i>Plagiogramma staurophorum</i> (W.Gregory) Heiberg			1	4	5	1					
<i>Podosira hormoides</i> var. <i>adriatica</i> (Kützing) Grunow			1		5	1					
<i>Podosira maxima</i> (Kützing) Grunow			1								
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) D.M.Williams & Round	64	44									
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye) Kützing				7	3	1					
<i>Rhabdonema minutum</i> Kützing		4	15	39	28	24			1	1	
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot			3	20	23	11			1	1	
<i>Epithemia gibba</i> (Ehrenberg) Kützing			8								
<i>Epithemia parallela</i> (Grunow) Ruck & Nakov		3	3								
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kützing) O.Müller					1	2					
<i>Achnantheidium lineare</i> W.Smith		2									
<i>Metascolioneis tumida</i> (Brébisson ex Kützing) Blanco & Wetzel					2						
<i>Sellaphora americana</i> (Ehrenberg) D.G.Mann					2						
<i>Sellaphora laevis</i> (Kützing) D.G.Mann			2								
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	2										
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	3	1									
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M.Williams & Round	74	51									
<i>Stephanodiscus rotula</i> (Kützing) Hendey		5									
<i>Surirella comis</i> A.W.F.Schmidt					1						
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg					2						
<i>Surirella striatula</i> Turpin		8	2								
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	31										
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	33	8									
<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round				5	16	7		1	1	1	
<i>Thalassiosira angulata</i> (W.Gregory) Hasle						3					
<i>Thalassiosira hyperborea</i> (Grunow) Hasle				7	1	2					
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve				6	12	7			3	3	
<i>Tryblionella acuminata</i> W. Smith			19		6	2		1	1	1	
<i>Tryblionella angustata</i> W.Smith	3										
<i>Tryblionella coarctata</i> (Grunow) D.G.Mann				3		2					
<i>Tryblionella marginulata</i> (Grunow) D.G.Mann				5	3	1					
<i>Tryblionella navicularis</i> (Brébisson) Ralfs				4							

№ образца	Колонка 1-15, количество створок в образце													
	1	4	5	6	14	18	19	20	24	36	42	52	59	
<i>Amphora proteus</i> W.Gregory										1				
<i>Bacillaria socialis</i> (W.Gregory) Ralfs										1				
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg										4				
<i>Cymbella peraspera</i> Krammer												31		
<i>Cymbopleura inaequalis</i> (Ehrenberg) Krammer												42		
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) Cleve					3									
<i>Diploneis subcincta</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve										1				
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing		6												
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt										7				
<i>Eunotia denticulata</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst		6												
<i>Eunotia diodon</i> Ehrenberg		3												
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst		97	3	23	86	6	6		12	13	2			
<i>Eunotia faba</i> Ehrenberg		16		3	21				4	11				
<i>Eunotia fallax</i> A. Cleve	5	31				3				1				
<i>Eunotia inflata</i> (Grunow) Norpel-Schempp & Lange-Bertalot													1	
<i>Eunotia lapponica</i> Grunow ex A.Cleve				4	62		4	6	1	3				
<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow		9												
<i>Eunotia rhomboidea</i> Hustedt		16	1	18		6	2	11						
<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson ex W.Smith) Lange-Bertalot & Krammer		6								3				
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst		19	1	6	29	1								
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg										4				
<i>Grammatophora arcuata</i> Ehrenberg										5		29		
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing										16		9		
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow										10				
<i>Navicula peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing												33		
<i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve												17		
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.Agardh										7				
<i>Pinnularia distinguenda</i> (Cleve) Cleve												69		
<i>Rhabdonema minutum</i> Kützing										11				
<i>Stauroneis kriegei</i> R.M.Patrick					1									
<i>Stauroneis schulzii</i> Jousé		1												
<i>Staurosira subsalina</i> (Hustedt) Lange-Bertalot													1	
<i>Staurosira leptostauron</i> (Ehrenberg) Kulikovskiy & Genkal													2	
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M.Williams & Round													1	
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing													1	

№ образца	Колонка 2-15, количество створок в образце									
	1	2	5	6	7	9	13	22	23	25
<i>Brachysira brebissonii</i> Ross			10							
<i>Brachysira microcephala</i> (Grunow) Compère				4	9	6				
<i>Eunotia denticulata</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst			67	8						
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst		56	26	18	29	16	7	2	1	1
<i>Eunotia fallax</i> A. Cleve	80	41	29	8	13					
<i>Eunotia inflata</i> (Grunow) Norpel-Schempp & Lange-Bertalot	4									
<i>Eunotia lapponica</i> Grunow ex A.Cleve		37	16	9	9	11				
<i>Eunotia rhomboidea</i> Hustedt		67	26	20	25	11	2			
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst	3	1						1		
<i>Nitzschia vitrea</i> var. <i>salinarum</i> Grunow								1		
<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch		5	14	4	9		2			1
<i>Pinnularia viridiformis</i> Krammer										2

№ образца	Колонка 5-15, количество створок в образце																		
	1	2	3	7	11	15	19	22	23	24	28	32	36	40	42	43	44	45	
<i>Brachysira styriaca</i> (Grunow) R.Ross		12																	
<i>Cosmioneis pusilla</i> (W.Smith) D.G.Mann & A.J.Stickle																	1		
<i>Diploneis interrupta</i> (Kützing) Cleve																	1		
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G. Mann																	1		
<i>Epithemia porcellus</i> Kützing																	2		
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing																	1		
<i>Eunotia bidens</i> Ehrenberg														15	12	16			
<i>Eunotia denticulata</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	3			12	13	12												7	
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	3	13	25				13		3	6	6	3	45					6	
<i>Eunotia inflata</i> (Grunow) Norpel-Schempp & Lange- Bertalot							15	26	28	31	22	18	63	121	91	56	60		
<i>Eunotia lapponica</i> Grunow ex A.Cleve		7	31			13													
<i>Eunotia meisteri</i> Hustedt			3																
<i>Eunotia major</i> (W.Smith) Rabenhorst			8																
<i>Eunotia nymanniana</i> Grunow			4	12	1	9													
<i>Eunotia parallela</i> Ehrenberg	12	25	29	54	18	17												1	
<i>Eunotia triodon</i> Ehrenberg	3	3	1		3	8													
<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D.M.Williams & Round																	5		
<i>Frustulia krammeri</i> Lange- Bertalot & Metzeltin				10															
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst	15	64	75	78	12	11	5											9	
<i>Navicula radiosa</i> Kützing																	1		
<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve																	1		

<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve															1			10	
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg															26	19	29	10	
<i>Pinnularia divergens</i> W.Smith									16	19	21	18	30						
<i>Pinnularia esoxiformis</i> Fusey		21	16	12	12	28									28	23	32	18	
<i>Pinnularia neomajor</i> var. <i>intermedia</i> (Cleve) Krammer								80	56	25	22	15	16	39	31	21	30	24	
<i>Pinnularia nobilis</i> var. <i>regularis</i> Krammer								37	26	21	24	15	57	24	16	26	21		
<i>Pinnularia rhombarea</i> Krammer																		6	
<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch	9	25	17	12	16	1			1	9	9	3	21						27
<i>Pinnularia streptoraphe</i> Cleve							41												
<i>Pinnularia subcapitata</i> W.Gregory																			3
<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>undulata</i> Krammer		21	20	10															
<i>Pinnularia viridiformis</i> Krammer		11					42												
<i>Pseudostaurosira</i> <i>brevistriata</i> (Grunow) D.M.Williams & Round																		4	
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye) Kützing																		6	
<i>Rhabdonema minutum</i> Kützing																		2	
<i>Epithemia parallela</i> (Grunow) Ruck & Nakov															1	1	1		
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg																		4	
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg																		1	
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing															12	10	19	25	
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing															12	11	18	25	

№ образца (глубина)	Колонка 9-16, количество створок в образце																																		
	2 (1,60-1,65)	3(1,65-1,70)	4(1,80-1,85)	5(1,90-1,95)	6(2,20-2,25)	7(2,30-2,35)	8(2,40-2,45)	9(2,50-2,55)	10(2,60-2,65)	11(2,70-2,75)	12(2,80-2,85)	13(2,90-2,95)	14(3,05-3,10)	15(3,15-3,20)	16(3,25-3,30)	17(3,35-3,40)	18(3,45-3,50)	19(3,55-3,60)	20(3,65-3,70)	21(3,75-3,80)	22(3,85-3,90)	23(3,95-3,40)	24(4,05-4,10)	25(4,15-4,20)	26(4,25-4,30)	27(4,35-4,40)	28(4,45-4,50)	29(4,50-4,55)	30(4,55-4,60)	31(4,60-4,65)	32(4,65-4,70)	33(4,70-4,75)	34(4,75-4,80)	35(4,80-4,85)	
<i>Achnanthes adnata</i> Bory						1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	27	11	6	0	0	0	2	2	0	2	2	0	0	0	0		0	0	0	0
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>angustata</i> (Greville) Cleve																							2	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kützing) Cleve					2	1	5	0	0	0	0	0	1	1	5	7	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
<i>Achnanthes inflata</i> (Kützing) Grunow																																			
<i>Achnanthes tumescens</i> A.R.Sherwood & R.L.Lowe						1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
<i>Achnanthidium anastasiae</i> (Kaczmarska) Chaudev & Gololobova			1	0																															
<i>Achnanthidium rosenstockii</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot								2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
<i>Actinocyclus divisus</i> I. Kiss				0																	2														
<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing													1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
<i>Amphora commutata</i> Grunow					2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M.Archibald			1	4		2			2	3	2	6			1			1		2		2	1		2						1	2			

[illegible]

[illegible]

<i>Cocconeis irregularis</i> (P.Schulz) Witkowski															6	0	0	0	0	0	5	1	0	0	2	6	2	2	4	0	0	0		0	0	0	0
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg							3	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrb.	0	0	0	0	0	3	1	1	1	1	0	6	1	6	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrb.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	31	25	5	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	
<i>Cocconeis pseudomarginata</i> Greg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrb.	0	0	0	0	4	4	5	0	0	0	0	1	37	0	8	10	5	6	7	47	14	68	88	70	34	18	1	0	1	1	44	2	6	10			
<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>parva</i> (Grun.) Cl.	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0		
<i>Cocconeis speciosa</i> W.Gregory						0		0		0																											
<i>Cocconeis stauroneiformis</i> (V.H.) Okuno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	6	4	0	2	2	0	0	0		0	0	0	0			
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrb.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	2	1	2	0	1	0	2	4	2	4	6	4	1		2		10		2	0			
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) D.M.Williams & Round							2	0	0	0	0	0	26	0	17	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0		
<i>Cyclotella distinguenda</i> Hustedt														1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0		0	0			
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	5	4	5	22	0	0	0	16	25	15	14	4		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0		0		
<i>Cymbella arctica</i> (Lagerst.) A.S.	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0			

<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve			1	0																																
<i>Cymbella laevis</i> Nägeli									1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cymbella lanceolata</i> (C.Agardh) C.Agardh												1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cymbella neocistula</i> Krammer																																				
<i>Cymbella neolanceolata</i> W. Silva		5	0	0																																
<i>Cymbella peraspera</i> Kramm.	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cymbella subaspera</i> Krammer							1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbopleura apiculata</i> Krammer				1				1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer				1																																
<i>Cymbopleura subcuspidata</i> (Krammer) Krammer													1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow													2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Dimeregramma minor</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard																							2	2	2	2	0	0	0	0	0		2	0	0	
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg																	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grun.) Cl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0		0	0	0	

<i>Diploneis crabro</i> Ehrb.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	4	2	2	0	0	0		0	0	0	0
<i>Diploneis didyma</i> (Ehrb.) Cl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0
<i>Diploneis elliptica</i> (Kütz.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11	2	8	6	2	18	8	1	0	2		14	2	2	2
<i>Diploneis interrupta</i> (Kütz.) Cl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		2	0	0	0	
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	
<i>Diploneis parma</i> Cleve																					1	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	
<i>Diploneis smithii</i> (Bréb.) Cl.	0	2	0	4	4	1	2	2	2	4	0	4	1	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	6	0	0		4	0	1	1	
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grun.) Hust.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>rhombica</i> Mereschkowsky																				1	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	
<i>Encyonema elginense</i> (Krammer) D.G.Mann	2	3	6	1	2	5	0	3	2	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann		2	1	1		1	2	0	2	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	
<i>Encyonema procerum</i> Krammer		1	0	0																															
<i>Encyonema ventricosum</i> (C.Agardh) Grunow		2	0	0																															
<i>Encyonema vulgare</i> Krammer	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	

<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson										2	1	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Epithemia adnata</i> var. <i>porcellus</i> (Kützing) Patrick			6	0																															
<i>Epithemia adnata</i> var. <i>saxonica</i> (Kütz.) Patr.	3	0	1	1	0	3	1	0	2	0	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	1	0
<i>Epithemia gibba</i> (Ehrenberg) Kützing		1	2			3	3	3	3	1	1	8	2			1						2			2						2				
<i>Epithemia operculata</i> (C.Agardh) Ruck & Nakov																					3	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Epithemia parallela</i> (Grunow) Ruck & Nakov	4	0	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Epithemia porcellus</i> Kützing					2	3	8	4	21	7	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Epithemia sorex</i> Kützing			6									4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	
<i>Epithemia turgida</i> (Ehrenberg) Kützing									1	3	9	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	
<i>Eunotia altimontana</i> Lange-Bertalot, A.Pavlov & Z.Levkov					1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg			3	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	
<i>Eunotia biconstricta</i> (Grunow) Lange-Bertalot			2	0																															
<i>Eunotia bidentula</i> W.Smith			3	1			2	3	12	5	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	
<i>Eunotia circumborealis</i> Lange-Bertalot & Nörpel																					1	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	

[illegible]

<i>Eunotia minor</i> (Kütz.) Grun	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg		4	0	0																													
<i>Eunotia myrmica</i> Lange-Bertalot		2	5	1		5	4	5	5	6	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Eunotia nymanniana</i> Grunow	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Eunotia pectinalis</i> (Kütz.) Rabenh.	16	3	1	4	6	0	1	0	6	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>ventricosa</i> (Ehrenberg) Grunow	2				0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Eunotia polyglyphis</i> Grun.	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Eunotia pseudoflexuosa</i> Hustedt					7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Eunotia pseudopectinalis</i> Hustedt		1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Eunotia rhomboidea</i> Hustedt		1	0	0																													
<i>Eunotia serra</i> Ehrb	0	7	6	0	0	0	0	1	8	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Eunotia spatulata</i> J.Veselá & J.R.Johansen								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Eunotia sudetica</i> O.Mull	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Eunotia superpaludosa</i> Lange-Bertalot						1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0

[illegible]

Gomphonema truncatum Ehrb.	0	1	0	2	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
Gomphonema acuminatum Ehrb.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
Gomphonema affine Kützing		1	0	0																												
Gomphonema agusticephalum Reichardt & Lange-Bertalot			2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
Gomphonema angustum Ag.	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
Gomphonema brebissonii Kützing		2	0	0				1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
Gomphonema coronatum Ehrenberg	0		6	2	0	4	2	3	4	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	
Gomphonema gautieri (Van Heurck) Lange-Bertalot & Metzeltin	0				0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	
Gomphonema germainii Kociolek & Stoermer							1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	
Gomphonema gracile Ehrenberg				2																												
Gomphonema grunowii R.M.Patrick & Reimer	0				0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	
Gomphonema insigniforme E.Reichardt & Lange-Bertalot						2	0	0	7	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	
Gomphonema micropus Kützing									1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	
Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing																						2	0	0	0	0			0	0	0	0

[illegible]

[illegible]

[illegible]

<i>Navicula radiosa</i> Kütz	2	0	0	6	0	4	7	13	5	5	4	13	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	1				0	0	0	0
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing												1	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
<i>Navicula rhynchotella</i> Lange-Bertalot													28	0	5	1	2	6	3	1	2	2	2	0	0	0	0				0	0	0	0
<i>Navicula upsaliensis</i> (Grunow) M.Peragallo																							2	0	0	0	0				0	0	0	0
<i>Navicula vaneei</i> Lange-Bertalot														0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0				0	0	0	0
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg												1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
<i>Navicula vulpina</i> Kützing													1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				2	0	0	0
<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer										1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve																	1																	
<i>Neidium productum</i> (W.Smith) Cleve							1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
<i>Neidium vernale</i> (Reichelt ex Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot							1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow					2	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
<i>Nitzschia fonticola</i> (Grunow) Grunow												0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow													1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0

<i>Nitzschia hybrida</i> Grunow															1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0				0	0	0	0
<i>Nitzschia sigma</i> (Kütz.) W. Sm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	2	2	4	0	1	2	2	0	2	2	2	0	0				0	0	0	1	
<i>Tryblionella hantzschiana</i> Grunow						2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	
<i>Nitzschia vitrea</i> var. <i>salinarum</i> Grunow						1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbe) Ag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	10	3	0	1	1	0	2	2	2	2	2	2	4	10	0		0		0	0	1	1	
<i>Opephora marina</i> (W.Gregory) Petit																																				
<i>Opephora olsenii</i> M.Møller							1							2	1	0	1	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0		2	0	0	1	
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrb.) Cl.	19	5	0	0	32	28	16	8	0	1	0	0	51	0	70	28	137	250	158	193	160	80	61	72	14	8	5		1		80	2	12	15		
<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J.Cox														1	74	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0		0		0	0	0	0		
<i>Petroneis humerosa</i> (Bréb. ex W.Sm.) A.J. Stickle et D.G. Mann	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0		
<i>Petroneis marina</i> (Ralfs) D.G.Mann					2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0		
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W.Smith																						2	0	0	0	0	0				0	0	0	0		
<i>Pinnularia biceps</i> W.Gregory								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0		
<i>Pinnularia brauniana</i> (Grunow) Studnicka				2										1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0		

[illegible]

<i>Pinnularia neomajor</i> Kramm	0	11	8	0	0	2	1	2	5	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pinnularia neorabenhorstii</i> Gogorev	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrb.) Ehrb. var. <i>regularis</i> Kramm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pinnularia nodosa</i> (Ehrb.) W.Sm.	2	0	2	10	0	3	2	2	2	4	1	9	0	2	0	1	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pinnularia quadratarea</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve													1	0	0	2	0	0	0	10	8	2	2	2	2	4	0				4	1	0	0	
<i>Pinnularia renata</i> Krammer																					2	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
<i>Pinnularia rhombarea</i> Kramm	2	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch					0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinnularia schoenfelderi</i> Krammer												2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinnularia stomatophora</i> (Grunov) Cleve	2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinnularia streptoraphe</i> Cl.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer				1		1																													
<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>undulata</i> Krammer				2																															
<i>Pinnularia substreptoraphe</i> Krammer											1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

[illegible]

<i>Pseudostaurosira subconstricta</i> (Grunow) Kulikovskiy & Genkal	3			2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0		
<i>Punctastriata lancettula</i> (Schumann) P.B.Hamilton & Siver			1			1			6																									
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye in Horneman) Kütz	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	1	1	14	2	0	0	0	1	1	2	2	1	2	0	2	0	1	0		6	0	1	0
<i>Rhabdonema arcuatum</i> var. <i>robustum</i> (Grunow) Hustedt																						1	2	2	4	0	0	0		0	0	0	0	
<i>Rhabdonema minutum</i> Kütz.	0	2	0	0	3	5	3	0	0	0	0	2	15	0	25	5	4	34	12	18	10	20	12	20	30	44	6	1	0		40	3	2	5
<i>Rhaphoneis amphiceros</i> (Ehrb.) Ehrb.	0				0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	1	1	0	5	0	13	6	2	6	4	0	2	0	0	0		2	0	0	0
<i>Rhizosolenia styliiformis</i> T.Brightwell																	1	0	0	0	0	0	0	0	0									
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Ag.) Lange-Bert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	1	1	2	1	8	3	12	10	6	22	20	1				12	1	2	3
<i>Rhopalodia brebissonii</i> Krammer																				6	2	2	0	0	0	0					0		0	0
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.Müller				4			1	2	1	0	0	3	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kütz.) O. Müll	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	5	12	0	5	6	1	0	2	2	0	0					0		0	0
<i>Scoliotropis latestriata</i> (Brébisson ex Kützing) Cleve																				1	5	2	2	0	0	0					0		0	0
<i>Sellaphora americana</i> (Ehrenberg) D.G.Mann	0	1	4	4	0	2	2	4	4	2	2	2	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0					0		0	0
<i>Sellaphora fusticulus</i> (Østrup) Lange-Bertalot							1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0					0		0	0

[illegible]

[illegible]

<i>Thalassiosira angulata</i> (W.Gregory) Hasle	4				0	1							0	0	2	1		0	0	0	0	0	1	0	0	1					2		0	1	
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (A.S.) Fryx. et Hasle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0		0	0	0	0	
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve																								2	0	0	0	0	0		0	0	0	0	
<i>Thalassiosira gravida</i> Cleve																								2	0	0	0	0	0		0	0	0	0	
<i>Thalassiosira hyperborea</i> (Grun.) Hasle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0		0	0	0	0
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve					2									0	3	0			0	0	0	2	0	0	12	16	6					12		1	0
<i>Tryblionella acuminata</i> W. Sm.					0									4	0	2			2	1	4	4	2	2	0	0	0					0		1	1
<i>Tryblionella angustata</i> var. <i>acuta</i> (Grunow) Bukhtiyarova															1	3			4		0	0	0	0	0	2	2					0		0	0
<i>Tryblionella coarctata</i> (Grunow) D.G.Mann					2									1	1	1					2	2	2	4	4	2	2					2		0	0
<i>Tryblionella marginulata</i> (Grunow) D.G.Mann														1	0						11	2	2	2		2								1	1
<i>Tryblionella punctata</i> W.Smith															1											2									
<i>Tryblionella scalaris</i> (Ehrenberg) Siver & P.B.Hamilton	0		1		0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	1
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal																								2	0	2	6	0	0	0		2	0	0	0
<i>Ulnaria danica</i> (Kützing) Compère & Bukhtiyarova	3				0	0	1	1	1	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0

№ образца	Колонка 12-16, количество створок в образце									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Brachysira brebissonii</i> Ross	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cosmioneis pusilla</i> (W.Smith) D.G.Mann & A.J.Stickle										1
<i>Diploneis interrupta</i> (Kütz.) Cl.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
<i>Diploneis subcincta</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve									1	
<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia exigua</i> (Bréb.) Rabenh.	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Eunotia faba</i> (Ehrb.) Grun.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia fallax</i> A.Cl.	1	0	0	0	0	0	0	5	1	0
<i>Eunotia inflata</i> (Grun.) Nörp et Lange-Bert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Eunotia lapponica</i> Grun.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Eunotia nymanniana</i> Grunow	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia parallela</i> Ehrenberg		1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia pectinalis</i> (Kütz.) Rabenh.	0	1	0	2	0	2	5	2	1	1
<i>Eunotia superpaludosa</i> Lange-Bertalot	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Frustulia crassinervia</i> (Bréb.) Cl.	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0
<i>Grammatophora arcuata</i> Ehrb.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngb.) Kütz	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kütz.) Grun.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrb.) Cl.	4	0	0	0	0	0	1	0	1	2
<i>Pinnularia anglica</i> Krammer		1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pinnularia esoxiformis</i> Fusey	1	8	1	1	0	1	2	1	5	0
<i>Pinnularia neomajor</i> Kramm	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch	0	8	0	1	1	4	12	4	0	0
<i>Pinnularia schoenfelderi</i> Krammer	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pinnularia subcapitata</i> W.Gregory									1	
<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>undulata</i> Krammer		1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pinnularia viridiformis</i> Krammer	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Ag.) Lange-Bert	0	0		0	0	0	1	0	0	0
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	0						0		1	0
<i>Tetracyclus glans</i> (Ehrb.) Mills	1									
<i>Tryblionella acuminata</i> W. Sm.	0						0		0	1

№ образца	Колонка 1/13, количество створок в образце												
	1-1/13	1-2/13	1-3/13	1-4/13	1-5/13	1-6/13	1-7/13	1-8/13	1-9/13	1-10/13	1-11/13	1-12/13	
<i>Achnanthes adnata</i> Bory				4	4	3	5	12	11				
<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébisson ex W.Smith) Grunow	24	2											
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki												2	
<i>Actinocyclus divisus</i> Kiselev				2	5	5	7	8	11	5	6		
<i>Amphora crassa</i> W.Gregory					11	2	3	13	5	11	9		
<i>Amphora proteus</i> W.Gregory												22	
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen		2	1										
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F.Müller) T.Marsson												2	
<i>Bacillaria socialis</i> (W.Gregory) Ralfs						3	11	7	7	2	12		
<i>Brachysira microcephala</i> (Grunow) Compère												1	
<i>Caloneis amphisbaena</i> var. <i>subsalina</i> (Donkin) Cleve										1			
<i>Caloneis delicatula</i> Skvortsov												1	
<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrenberg									2				
<i>Cavinula pseudoscutiformis</i> (Hustedt) D.G.Mann & Stickle	1												
<i>Cocconeis californica</i> Grunow							1	2	4				
<i>Cocconeis clandestina</i> A.W.F.Schmidt					22	10	20	5	11	7	14	10	
<i>Cocconeis costata</i> W.Gregory							1	1	1				
<i>Cocconeis disculus</i> (Schumann) Cleve												3	
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg		2											
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg		1											
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>intermedia</i> (M.Peragallo & Héribaud) Cleve					40	30	18	12	16				
<i>Cocconeis pseudomarginata</i> W.Gregory							1						
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg				8	191	215	137	80	61	70	100	50	
<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>parva</i> (Grunow) Cleve						68	22	27	27	31	21	28	
<i>Cocconeis speciosa</i> W.Gregory												1	
<i>Cocconeis stauroneiformis</i> H.Okuno				2	5	1	8	23	11		3	6	
<i>Craticula buderi</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	1												
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		1		137	10								

<i>Cymbella arctica</i> (Lagerstedt) A.W.F.Schmidt		1										
<i>Diatoma vulgare</i> Bory			17									
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) Cleve					2	2	1	1	1	1	9	
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg				3								
<i>Diploneis didymus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg							1					
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve		1	2									
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve												31
<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) Cleve												4
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grunow) Hustedt					12			12		21	60	
<i>Diploneis subcincta</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve				8	16	3	2	13	7	6	6	
<i>Encyonema hebridicum</i> Grunow ex Cleve		2										
<i>Encyonema leibleinii</i> (C.Agardh) W.J.Silva, R.Jahn, T.A.V.Ludwig, & M.Menezes		8	7									
<i>Encyonema perpusillum</i> (A.Cleve) D.G. Mann												7
<i>Epithemia adnata</i> var. <i>saxonica</i> (Kützing) R.M.Patrick		3	22			1						
<i>Eunotia denticulata</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	17											
<i>Eunotia diadema</i> Ehrenberg		19	57									0
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	15	7	11									
<i>Eunotia faba</i> Ehrenberg		22	38									
<i>Eunotia fallax</i> A. Cleve	14	2										
<i>Eunotia gracilis</i> W.Smith		4	17									
<i>Eunotia implicata</i> Nörpel, Lange-Bertalot et Alles		1	2									
<i>Eunotia inflata</i> (Grunow) Nörpel et Lange-Bertalot		1										
<i>Eunotia lapponica</i> Grunow ex A.Cleve	3											
<i>Eunotia microcephala</i> Krasske	2											
<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow		1										
<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>ventricosa</i> (Ehrenberg) Grunow	3	2										
<i>Eunotia sudetica</i> O.Mull		2	7									
<i>Eunotia tetraodon</i> Ehrenberg		3	6									
<i>Fallacia forcipata</i> (Greville) Stickle & D.G.Mann						2						

<i>Fallacia forcipata</i> var. <i>densestriata</i> (A.W.F.Schmidt) Gogorev				3	5	10	2	3	5	5	8	8
<i>Fistulifera pelliculosa</i> (Kützing) Lange-Bertalot	49											
<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson ex W.Smith) Lange-Bertalot & Krammer					3							
<i>Gomphonella calcarea</i> (Cleve) R.Jahn & N.Abarca		1										
<i>Gomphonella olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst												1
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg			1									
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh		1										
<i>Gomphonema coronatum</i> Ehrenberg		4	2									
<i>Gomphonema gautieri</i> (Van Heurck) Lange-Bertalot & Metzeltin												
<i>Gomphonema grunowii</i> R.M.Patrick & Reimer		2	3									
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg						3	3	13	6	1	2	
<i>Grammatophora arcuata</i> Ehrenberg				5								
<i>Grammatophora hamulifera</i> Kützing						1	0	0				
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing				14	49	60	97	57	72	27	44	17
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst					1			2				
<i>Halamphora cymbifera</i> (W.Gregory) Levkov											3	
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshuk				1								
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunov		1		12	45	35	36	26	29	26	22	
<i>Khursevichia jentzschii</i> (Grunow) Kulikovskiy, Metzeltin & Lange-Bertalot												1
<i>Kobayasiella subtilissima</i> (Cleve) Lange-Bertalot		9										
<i>Lindavia antiqua</i> (W.Smith) Nakov, Guillory, Julius, Theriot & Alverson				96	28							
<i>Luticola kotschyana</i> var. <i>robusta</i> J.Y.Li & Y.Z.Qi												1
<i>Lyrella abrupta</i> (Gregory) D.G. Mann				14	1					2	2	
<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva							4					
<i>Lyrella majuscula</i> (Hustedt) Witkowski												1
<i>Mastogloia braunii</i> Grunov				1		2						
<i>Mastogloia exigua</i> Lewis		2			8	15	1	3	2		5	

<i>Pinnularia viridiformis</i> Krammer		1	2									
<i>Placoneis explanata</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		13	13									
<i>Plagiogramma staurophorum</i> (W.Gregory) Heiberg												8
<i>Podosira maxima</i> (Kützing) Grunow							1		3			
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunov) Williams et Round		25										
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> var. <i>elliptica</i> (Héribaude-Joseph) J.C.Kingston		10										
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye in Horneman) Kützing					12	11	11	21		7	9	
<i>Rhabdonema minutum</i> Kützing				26		30	43	42	27	13	10	
<i>Rhahoneis amphiceros</i> (Ehrenberg) Ehrenberg						2	4	4	3		1	
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot				1	4	12	32	18	28	10	8	2
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kützing) O.Müller					4							
<i>Sellaphora laevissima</i> (Kützing) D.G.Mann		16	16									
<i>Semiorbis hemicyclus</i> (Ehrenberg) R.M.Patrick				1	1							
<i>Stauroneis alpina</i> Hustedt					13	9	7	11	6	5	3	2
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg		14	5									
<i>Staurophora amphioxys</i> (Gregory) D. G. Mann												2
<i>Staurophora rossii</i> (Hendey) D.G.Mann					4							
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	1											
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams et Round												17
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg												2
<i>Surirella striatula</i> Turpin												1
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing		5	5									
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing		3	4									
<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round						7	15	8	12	5	14	11
<i>Tetracyclus glans</i> (Ehrenberg) F.W.Mills		124	111									
<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle												2
<i>Thalassiosira angustelineata</i> (A.Schmidt) G.Fryxell et Hasle							3					

<i>Thalassiosira hendeyi</i> Hasle & G.Fryxell						11	5	14	11	4	7	17
<i>Thalassiosira hyperborea</i> (Grunow) Hasle						1						
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve				5	1							
<i>Tryblionella acuminata</i> W. Smith					17	4	2	24	9	6	6	
<i>Tryblionella coarctata</i> (Grunow) D.G.Mann								2	3		9	
<i>Tryblionella punctata</i> W.Smith												2
<i>Tryblionella scalaris</i> (Ehrenberg) Siver & P.B.Hamilton		2										
<i>Urosolenia longiseta</i> (O.Zacharias) Edlund & Stoermer	1											

Глубина, см	Колонка 6042, количество створок в образце																																
	13-14	22-23	32-33	42-43	52-53	62-63	72-73	86-87	92-93	106-107	112-113	122-123	133-134	142-143	154-155	162-163	172-173	183-184	195-196	203-204	213-214	222-223	231-232	242-243	252-253	262-263	272-273	279-280	289-290	362-363	374-375	432-433	
<i>Actinocyclus curvatus</i> Jan.															6	6	7		5														
<i>Actinocyclus divisus</i> I. Kiss		4			3		5	12		1	26	8	18	14	7	6		8	15		21	14	13	7									
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrb.)E.																					1								1				
<i>Amphora caroliniana</i> Giffen																			1		1				1			1					
<i>Amphora crassa</i> Greg. var. <i>exortata</i> Janish																									1								
<i>Amphora proteus</i> Greg.	3	2										1					2	3	1	3	2	1	1							1			
<i>Bacillaria socialis</i> (Greg.) Grun.														1	2	2	3	1															
<i>Caloneis brevis</i> (Greg.) Cl.										1																							
<i>Chaetoceros affinis</i> Grun.	10	11			7	6	6	7	4	11	12	9	9	7	7	4	10	8	11	10	2	7	3	5	16	7	7	6		2			
<i>Chaetoceros furcellatus</i>																					4												
<i>Chaetoceros mitra</i>																					3	7	6	6					1				
<i>Chaetoceros subsecundus</i>																					3	3	3	2									
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brigt																				3													
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	5		7				66		25																								
<i>Cocconeis californica</i> Grun.					1														3														
<i>Cocconeis clandestina</i> A.S.			1																														
<i>Cocconeis costata</i> Greg.	13	5	1	1	3		1		1	3		2			2	2		3	2	3	5	2		1	1	3							
<i>Cocconeis lineata</i>			1																														
<i>Cocconeis pseudomarginata</i> Greg.		2								1							2																
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrb.	5	7	5	17	7	9	10	6	6	9	4	3	5	1	6	4	2	5	1	6	3	4	1	2	5								

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grun.) Williams et Round	9					5	4	2	1				2	1	2	1	2	5	1					1							
<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W. Smith) E. Mordes																		1													
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Ag.) Lange-Bert	7			2	1					2	2	1	3		1	4		3	2	5	1	3	3								
<i>Stauroforma exiguiformis</i> (L.-B.)F., J.,R.					1																										
<i>Stauroneis silvahassiaca</i> L.-B.,W.		1																													
<i>Staurosira construens</i> Ehrb.	1	3			2		6		12	1	1	1		1				2				5	1		2			1			
<i>Staurosira binodis</i> (Ehrb.) Lange-Bertalot									2						1	1				2											
<i>Staurosira subsalina</i> (Hust.) Lange-Bertalot																					1										
<i>Staurosira venter</i> (Ehrb.) Cl.,Möl.															2																
<i>Staurosira</i> sp																											1	1			
<i>Staurosira leptostauron</i> (Ehrb.) K.,Gen.				1																											
<i>Staurosirella dubia</i> (Grun.) Mor.										2																					
<i>Staurosirella lapponica</i> (Grun.) Williams et Round																	2				1						2				
<i>Staurosirella dubia</i> (Grunow) E.A.Morales, K.M.Manoylov	1																			1		2									
<i>Staurosirella martyi</i> (H.-J.)Mor.			1																												
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrb.) Williams et Round	1								1												3		1								
<i>Staurosirella pinnata</i> var. <i>lancettula</i> (Schum.) Haw. Et Kelly																															
<i>Stephanodiscus neoastrea</i> Håk., Hic																						2									
<i>Stephanodiscus rotula</i> (Kütz.) Hen.				3	6	8			12	4	3	4	7	8		7	3	9	14	4	17	3	4	7							

[illegible]

Глубина, см	Колонка 6066, количество створок в образце																							
	7-8	14-15	24-25	34-35	45-46	54-55	64-65	74-75	84-85	94-95	103-104	114-115	124-125	134-135	145-146	154-155	165-166	174-175	184-185	194-195	204-205	214-215	223-224	227-228
<i>Actinocyclus curvatus</i> Janisch	0	0	12	8	0	0	4	4	4	0	0	0	6	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0
<i>Actinocyclus divisus</i> Kiselev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2		0	0	0	0	4	8	8	0
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	0	0	4	4	2	4	4	0	2	2	6	4	14	8	6	10	12	8	16	24	12	4	0	6
<i>Amphora proteus</i> Gregory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Attheya septentrionalis</i> (Østrup) Crawford	3	0	0	4	10	4	4	0	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bacillaria socialis</i> (Gregory) Grunov	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bacterosira bathyomphala</i> (Cleve) Syvertsen et Hasle	3	2	8	12	4	4	0	2	2	2	2	0	4	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros affinis</i> Grunov	9	12	4	8	8	0	16	6	2	0	0	0	6	2	2	2	4	0	0	8	8	0	0	0
<i>Chaetoceros furcellatus</i> Bailey	9	8	4	0	4	0	0	0	4	12	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros holsaticus</i> F.Schütt	0	0	4	12	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	8	2	4	0	8	0	0	4	0	0
<i>Chaetoceros mitra</i> (Bailey) Cleve	0	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	4	0	2	0	4	4	0	0	4	0	0	0
<i>Chaetoceros subsecundus</i> (Grunow ex Van Heurck) Hustedt	0	6	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	4	0
<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg	0	8	68	112	26	76	116	50	60	16	32	64	78	54	58	42	72	80	40	92	32	56	20	28
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	57	168	136	204	94	160	216	58	102	68	94	72	154	46	80	68	60	28	32	52	104	76	44	30
<i>Cocconeis californica</i> Grunov	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis clandestina</i> A.Schmidt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis costata</i> Gregory	3	2	4	4	10	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	6	2	0	12	2	4	4	0	2	2	6	0	4	0	2	0	4	0	4	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis stauroneiformis</i> (W.Smith) Okuno	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Delphineis surirella</i> (Ehrenberg) Andrews	6	10	12	12	14	8	20	4	24	16	20	12	28	2	20	20	16	16	8	24	16	12	20	14
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) Cleve	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) Cleve	0	0	4	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphiroa maletractata</i> var. <i>constricta</i> (Heiden) Simonsen	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploneis subcincta</i> (A.Schmidt) Cleve	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[illegible]

<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunov) Mereschkowsky	9	40	28	44	36	8	4	6	8	2	2	4	10	2	2	4	4	0	12	12	12	0	4	2
<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle	9	4	12	16	22	20	20	16	26	6	4	4	10	4	2	2	8	0	0	8	0	4	0	0
<i>Thalassiosira angustelineata</i> (A.Schmidt) G.Fryxell et Hasle	15	30	36	20	8	20	36	14	20	8	10	0	16	6	8		16	4	0	4	0	8	0	2
<i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow) Ostenfeld	9	26	48	40	34	24	40	16	34	16	40	16	38	14	12	6	16	0	8	12	12	4	4	8
<i>Thalassiosira gravida</i> Cleve	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira hyperborea</i> (Grunov) Hasle	18	2	4	20	8	12	16	2	6	0	0	0	6	0	0	4	4	0	4	8	0	0	0	0
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve	3	0	8	4	4	4	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Shionodiscus oestrupii</i> (Ostenfeld) A.J.Alverson, S.- H.Kang & E.C.Theriot	33	50	24	12	14	20	0	6	22	20	12	16	28	6	16		40	4	4	8	20	20	24	10
<i>Thalassiosira tenera</i> Proschkina-Lavrenko	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tryblionella acuminata</i> W. Smith	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tryblionella marginulata</i> (Grunov) D. G. Mann <i>f. minuta</i> (Grunov) Poulin	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tryblionella navicularis</i> (Brébisson) Ralfs	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Tryblionella punctata</i> W. Smith	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Otto Müller	0	0	0	0	0	4	4	0	0	2	2	0	2	0	2	2	4	0	0	4	0	0	0	0
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanodiscus neoastraea</i> Håkansson et Hickel	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	3	8	12	4	4	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M.Archibald	0	0	0	4	2	4	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	3	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	6	2	0	4	0	0	4	0	2	2	2	0	2	0	0	4	16	4	4	0	0	4	0	0
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	3	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploneis suborbicularis</i> (W.Gregory) Cleve	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brebisson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Epithemia adnata</i> var. <i>saxonica</i> (Kützing) R.M.Patrick	0	0	0	0	2	4	4	0	2	0	0	0	2	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Epithemia sorex</i> (Kützing)	3	2	4	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	3	2	4	4	2	4	4	2	4	4	0	4	10	2	4	4	0	0	0	4	0	0	4
<i>Staurosirella martyi</i> (Héribaud-Joseph) <i>E.A.Morales & K.M.Manoylov</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia esoxiformis</i> Fusey	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Staurosira subsalina</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Staurosira inflata</i> (Heiden) A.Rusanov, Ács, E. Morales & Ector in Rusanov et al.	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams et Round	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

№ образца	Колонка Geophy-04, количество створок в образце				
	0-2 см	44-46 см	110-111 см	160-161 см	185-185 см
<i>Achnanthes adnata</i> Bory	12		2	6	
<i>Actinocyclus divisus</i> I. Kiss	4	18	14	2	4
<i>Actinocyclus normanii</i> (Greg. ex Grev.) Hust	6				
<i>Amphora caroliniana</i> Giffen	5	11	2	16	10
<i>Amphora commutata</i> Grun. In Van Heurck			4	6	
<i>Amphora proteus</i> Greg.	7			11	
<i>Bacillaria socialis</i> (Greg.) Grun.	4		2	2	
<i>Caloneis liber</i> (Smith) Cl.	4				
<i>Campylodiscus angularis</i> Greg.		2			
<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrb.		2			
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder		2		12	
<i>Chaetoceros distans</i> var. <i>subsecundus</i> Grun.	10		2	16	12
<i>Chaetoceros mitra</i> (Bail.) Cl.					12
<i>Chaetoceros</i> sp. (spores)	14				
<i>Cocconeis californica</i> Grun.	8	2	2	10	6
<i>Cocconeis clandestina</i> A.S.	4			2	
<i>Cocconeis costata</i> Greg.	9	13	2	10	12
<i>Cocconeis disculus</i> (Schumam) Cleve				2	
<i>Cocconeis irregularis</i> (Shultz-Danzing) Witkowski	2				
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrb.				4	
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrb.		2			
<i>Cocconeis pseudomarginata</i> Greg.		2			
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrb.	18	10	10	16	14
<i>Cocconeis stauroneiformis</i> (V.H.) Okuno			6		
<i>Coscinodiscus curvatulus</i> v. <i>curvatulus</i> Grun.					10
<i>Coscinodiscus polychorda</i> (Grun.) Grun.		2			
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrb.	24	76	26	12	56
<i>Cymbella large-bertalotii</i> Kramm				2	
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grun.) Cl.				2	2
<i>Diploneis didyma</i> (Ehrb.) Cl.	6				
<i>Diploneis elliptica</i> (Kütz.)		4		5	3
<i>Diploneis smithii</i> (Bréb.) Cl.	8			14	
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>constricta</i> Heid.	8				
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grun.) Hust.	4				
<i>Diploneis stroemii</i> Hust.		2			
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrb.	4	24	16	38	26
<i>Grammatophora arcuata</i> Ehrb.	4	34	4	28	24
<i>Grammatophora hamulifera</i> Kütz	34	18	4	12	40
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngb.) Kütz	144	142	67	210	138
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshuk	62	28	4	68	58
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kütz.) Grun.	22	36	22	76	10
<i>Hyalodiscus subtilis</i> Bail.					18

<i>Licmophora ehrenbergii</i> (Kütz.) Grun		2			
<i>Lyrella spectabilis</i> (Greg.) D.G.Mann	2				
<i>Masogloia</i> sp.					2
<i>Mastogloia exigua</i> Lewis		4		2	2
<i>Navicula digitoradiata</i> (Greg.) Ralfs et Prichard	2				
<i>Nitzschia linearis</i> Ag. W. Sm.	2				
<i>Nitzschia sigma</i> (Kütz.) W. Sm.		4			
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbe) Ag.	6	8	10	16	2
<i>Operphora marina</i> (Gregory) Petit					2
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrb.) Cl.	44	36	6	40	18
<i>Pinnularia quadratarea</i> (Schmidt) Cl.				2	
<i>Plagiogramma staurophorum</i> (Greg.) Heib		2	6	12	10
<i>Podosira glacialis</i> (Grun.) Jørg.	2			12	
<i>Podosira hormoides</i> (Mont.) Kutz.	2				
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye in Horneman) Kütz	10		4	14	4
<i>Rhabdonema minutum</i> Kütz	32	82	24	72	34
<i>Rhaphoneis amphiceros</i> (Ehrb.) Ehrb.	4			6	
<i>Rhizosolenia setigera</i> var. <i>arctica</i> Kisselev in Virketis & Kisselev				2	
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Ag.) Lange-Bert	20	18	27	73	32
<i>Sellaphora americana</i> (Ehrb.) Mann				2	
<i>Staurosirella lapponica</i> (Grun.) Williams et. Round			2		
<i>Tabularia fasciculata</i> (Ag.) Williams et Round	12	16	20	38	32
<i>Thalassiosira angulata</i> (Greg) Hasle	18	4	4	18	48
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (A.S.) Fryx. et Hasle					10
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve				4	
<i>Thalassiosira gravis</i> Cl.		4			
<i>Thalassiosira hyperborea</i> (Grun.) Hasle	8	98	46	4	22
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrb.) Cl.	8	16	5	9	10
<i>Tryblionella acuminata</i> W. Sm.	6		2		
<i>Tryblionella coarctata</i> (Grun.) D.G. Mann	2				
<i>Tryblionella marginulata</i> (Grun.) D.G.Mann					2
<i>Tryblionella punctata</i> W. Sm.	12	2			

Приложение 5. Микрофотографии диатомовых водорослей

Размер масштабной линейки – 20 μm

Таблица 1

1. *Coscinodiscus perforatus*
2. *Actinoptychus senarius*
3. *Bacterosira bathyomphala*
4. *Porosira glacialis*
5. *Coscinodiscus radiatus*
6. *Shionodiscus oestrupii*
7. *Hyalodiscus obsoletus*
8. *Hyalodiscus scoticus*
9. *Odontella aurita*

Таблица 1

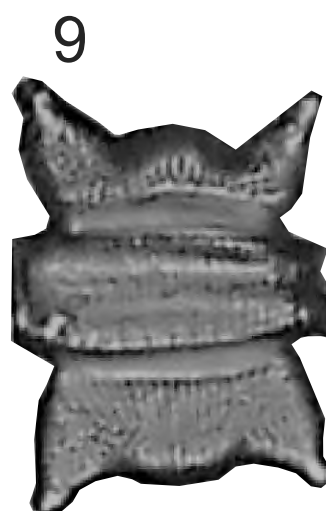
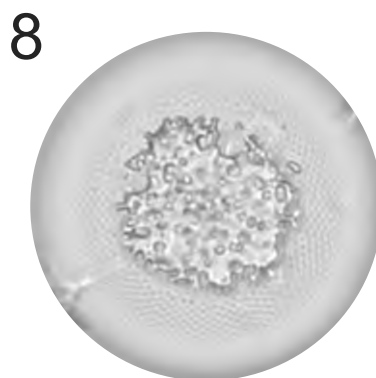
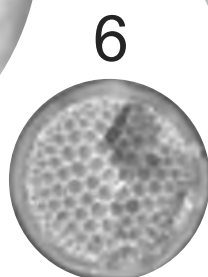
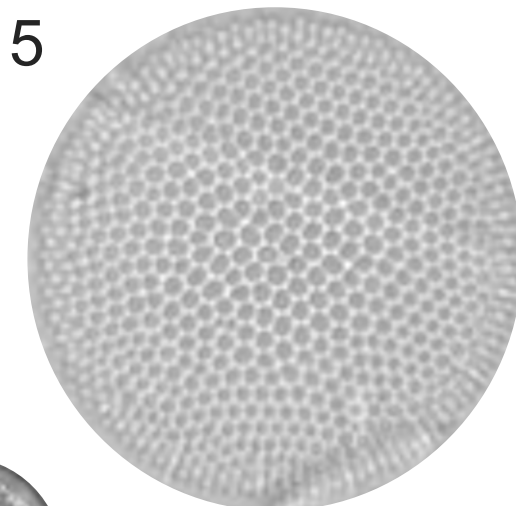
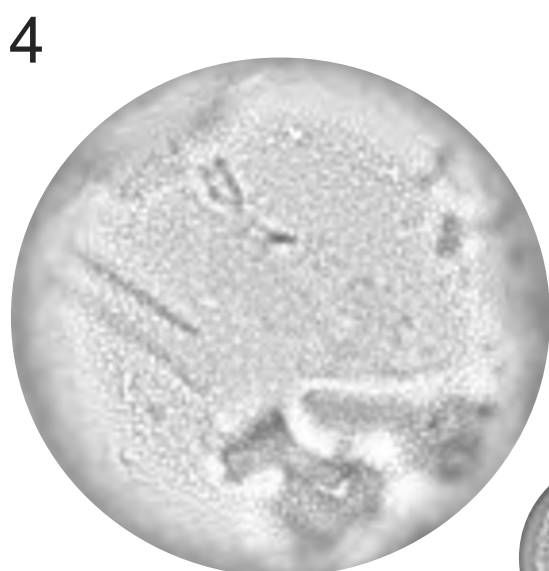
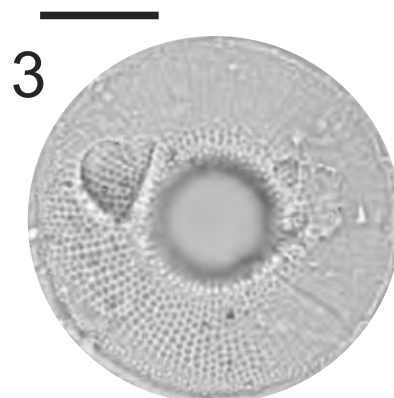
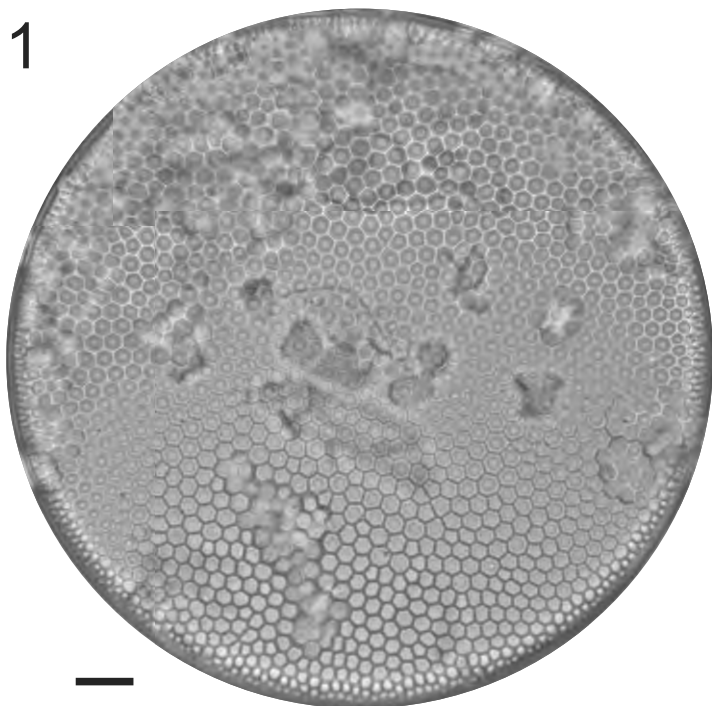


Таблица 2

1. *Chaetoceros subsecundus*
2. *Chaetoceros subsecundus*
3. *Chaetoceros diadema*
4. *Cocconeis californica*
5. *Cocconeis scutellum*
6. *Paralia sulcata*
7. *Diploneis didymus*
8. *Diploneis smithii*

Таблица 2

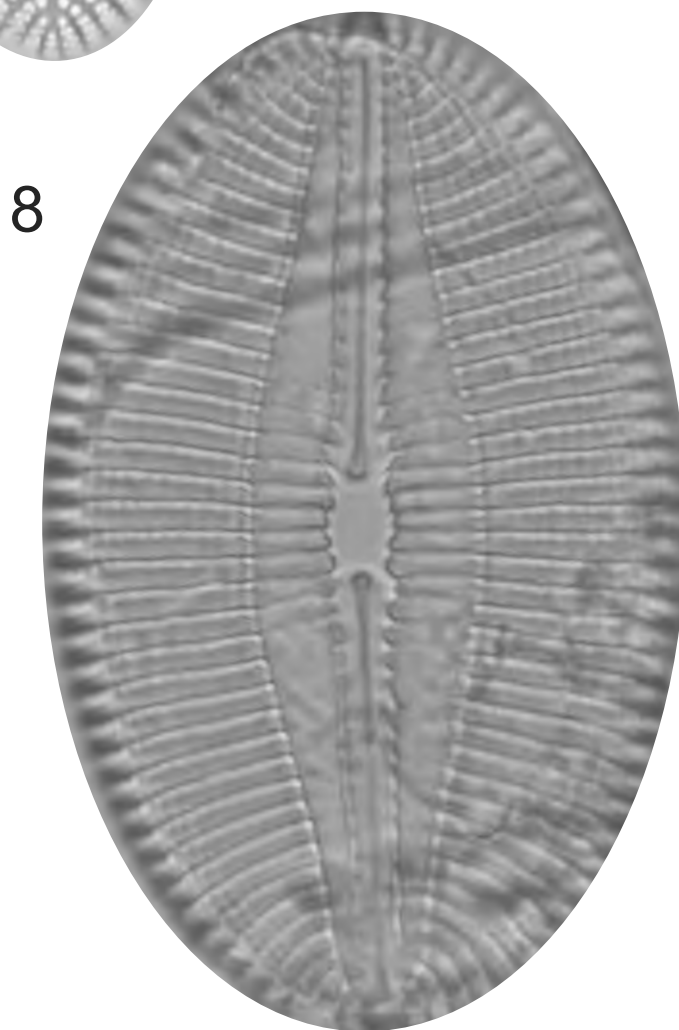
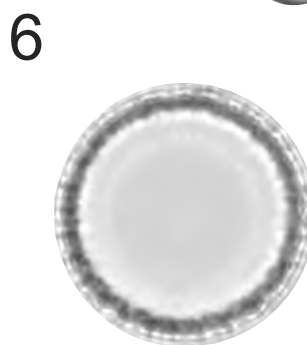
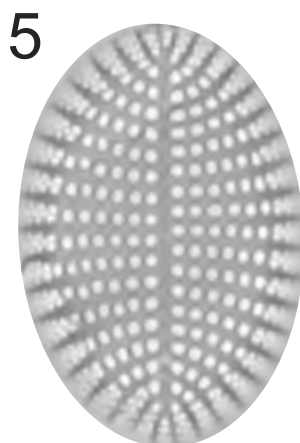
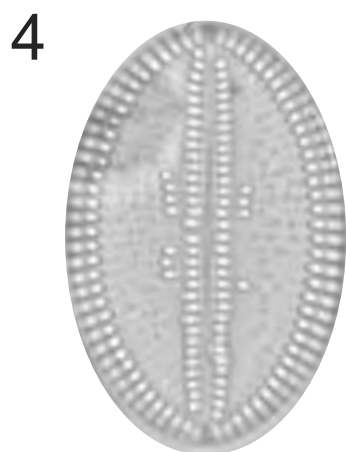
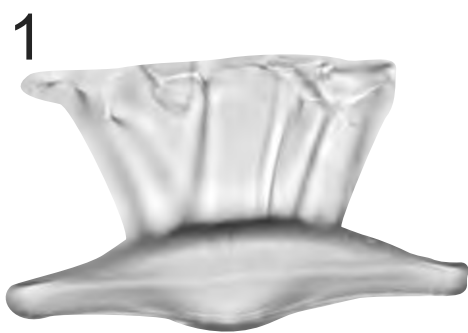


Таблица 3

1. *Mastogloia exigua*
2. *Mastogloia exigua*
3. *Rhabdonema arcuatum*
4. *Rhabdonema arcuatum* var. *robusta*
5. *Tryblionella acuminata*
6. *Tryblionella punctata*
7. *Tryblionella coarctata*
8. *Rhabdonema minutum*
9. *Grammatophora marina*
10. *Grammatophora arcuata*
11. *Amphora carolineana*
12. *Amphora proteus*

Таблица 3

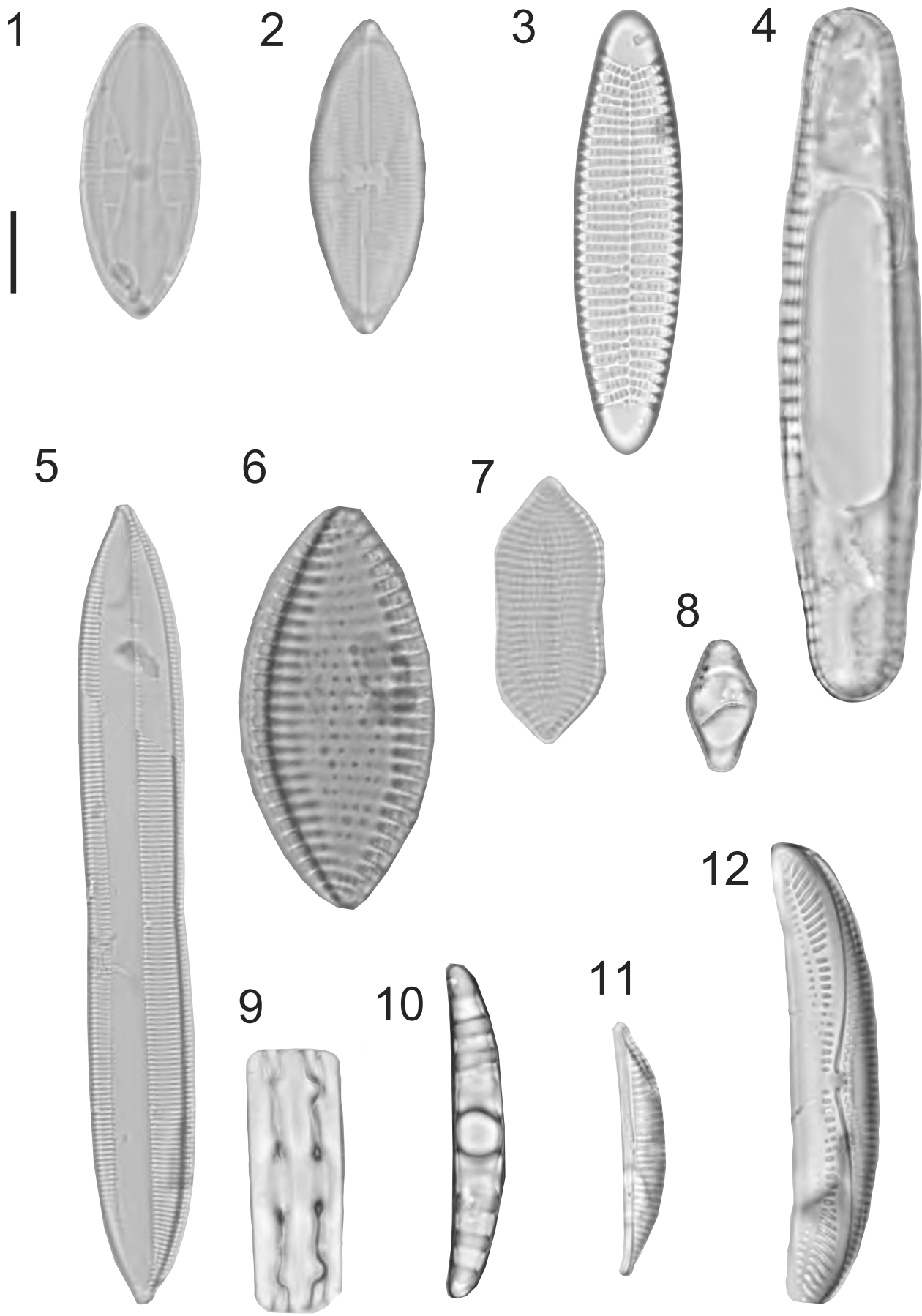


Таблица 4

1. *Rhizosolenia hebetata* f. *hebetata*
2. *Fallacia forcipata* var. *densestriata*
3. *Pinnularia quadratarea*
4. *Caloneis liber*
5. *Navicula digitoradiata*
6. *Dimeregramma minor*
7. *Opephora marina*
8. *Opephora olsenii*
9. *Fallacia reichardtii*

Таблица 4

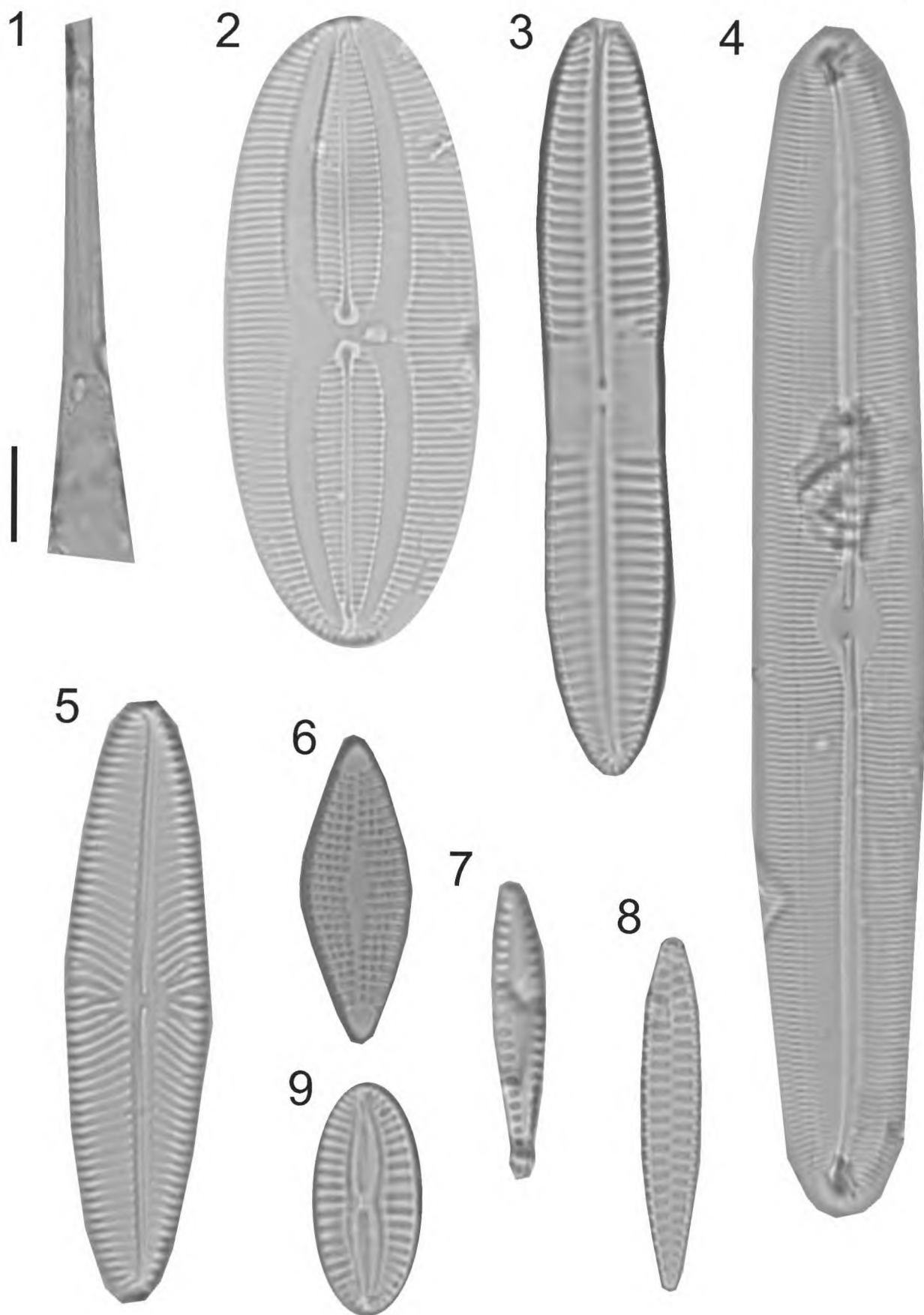


Таблица 5

1. *Stephanodiscus rotula*
2. *Stephanodiscus neoastrea*
3. *Aulacoseira subarctica*
4. *Aulacoseira granulata*
5. *Cyclotella meneghiniana*
6. *Aulacoseira italica*
7. *Karayevia laterostrata*
8. *Cocconeis pediculus*
9. *Cocconeis pacentula*

Таблица 5

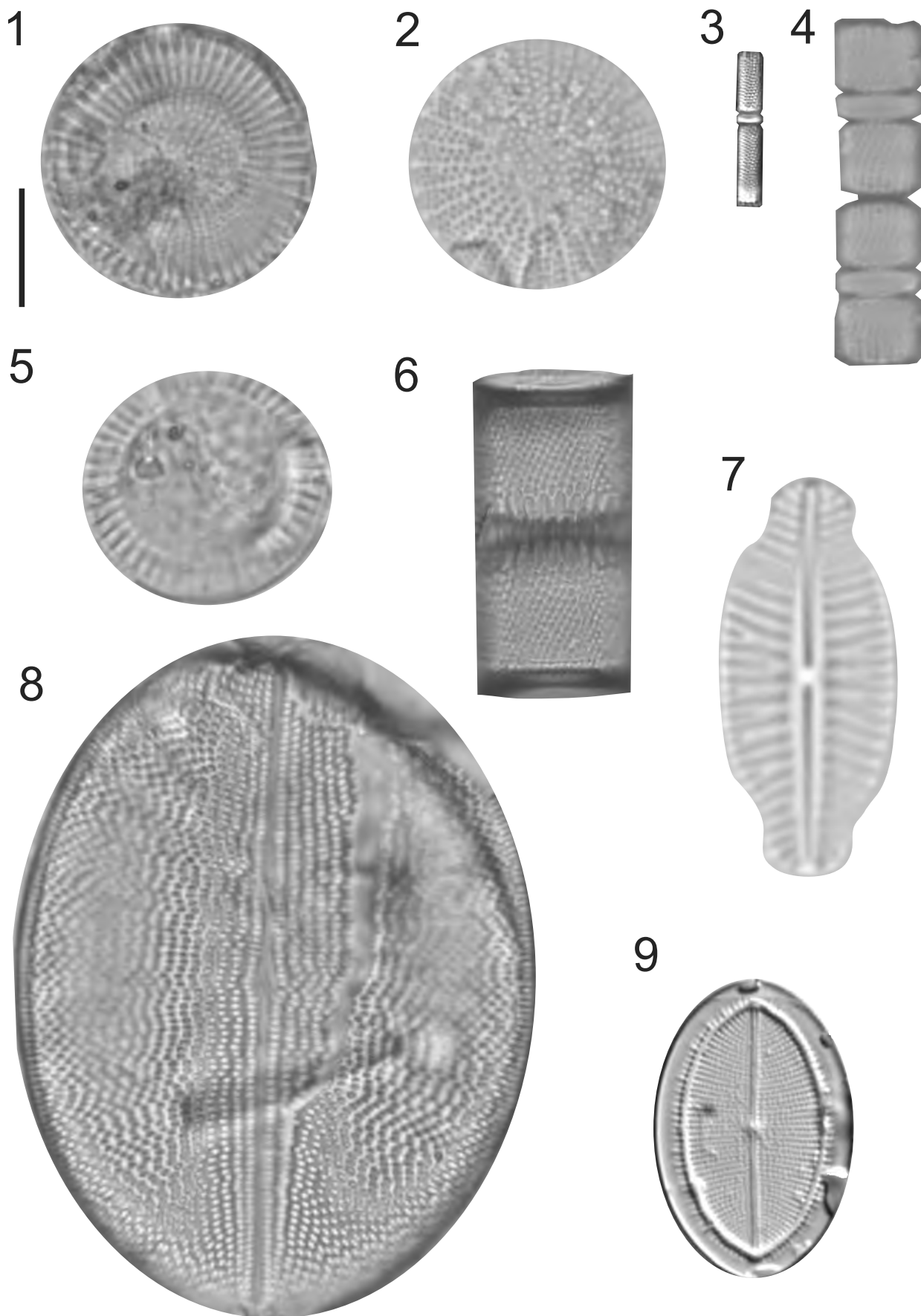


Таблица 6

1. *Tetracyclus glans*
2. *Tetracyclus glans*
3. *Eunotia arcus*
4. *Eunotia pseudopectinalis*
5. *Eunotia myrmica*
6. *Eunotia bidentula*
7. *Eunotia polyglyphis*
8. *Eunotia inflata*
9. *Eunotia faba*
10. *Eunotia diadema*
11. *Eunotia tetraodon*
12. *Eunotia tetraodon*
13. *Eunotia biconstricta*

Таблица 6

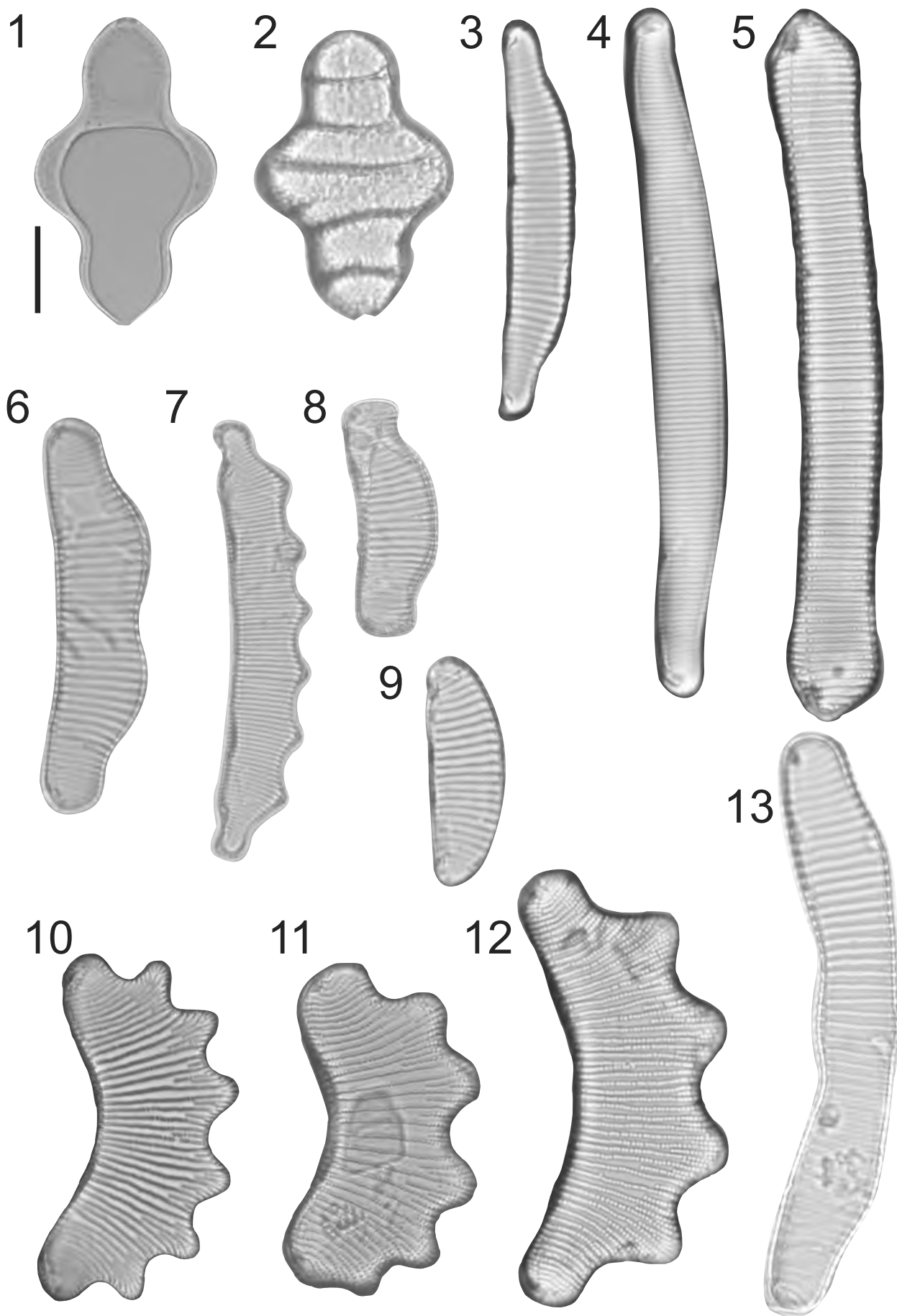


Таблица 7

1. *Gomphonema coronatum*
2. *Gomphonema angustum*
3. *Rhopalodia gibberula*
4. *Cymbella peraspera*
5. *Cymbella neocistula*
6. *Amphora copulata*
7. *Rhoicosphenia abbreviata*
8. *Sellaphora americana*
9. *Sellaphora laevissima*
10. *Placoneis explanata*
11. *Encyonema minutum*
12. *Encyonema elginense*

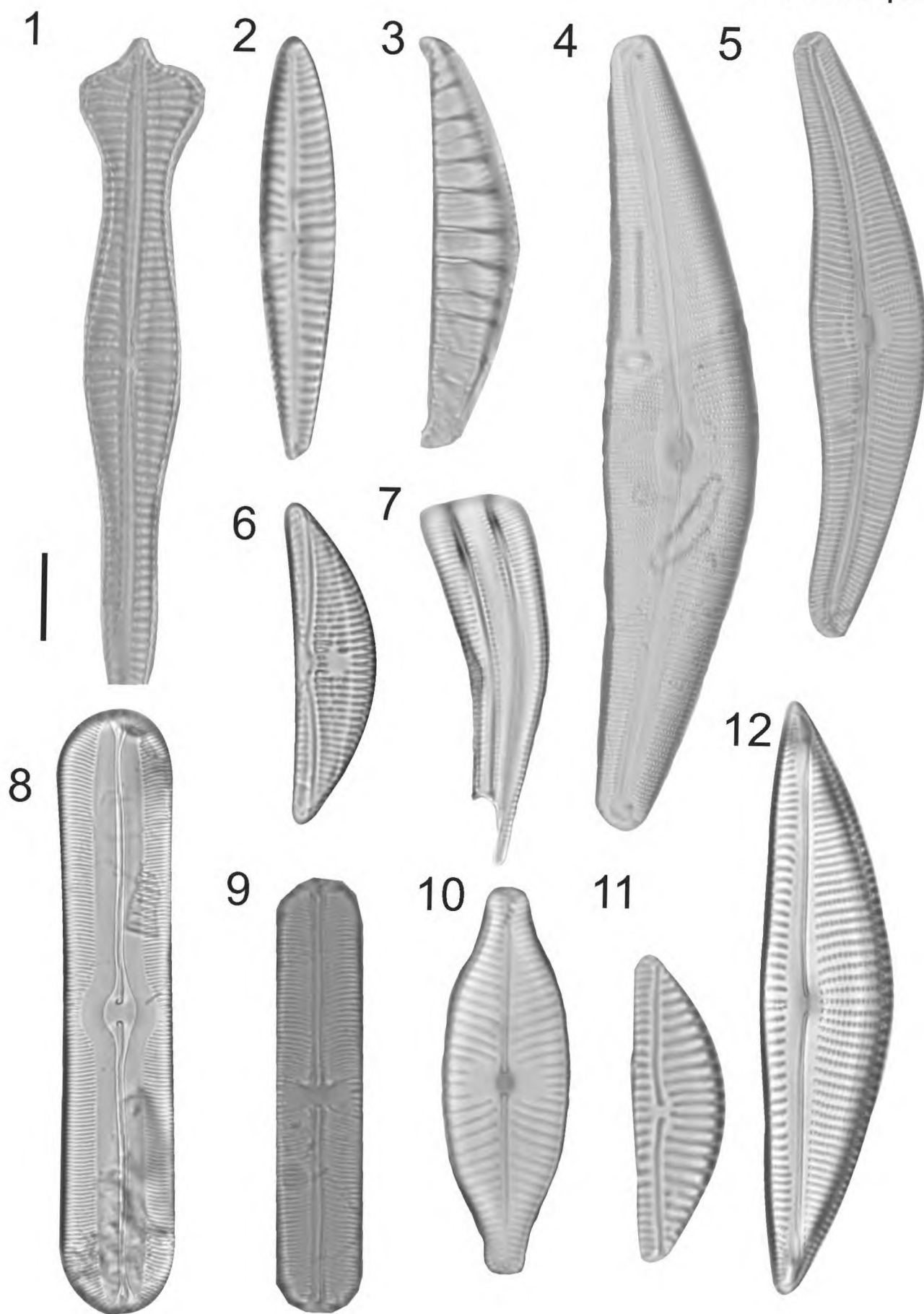


Таблица 8

1. *Pinnularia gentilis*
2. *Pinnularia cruxarea*
3. *Pinnularia distinguenda*
4. *Pinnularia cardinalis*
5. *Pinnularia nodosa*

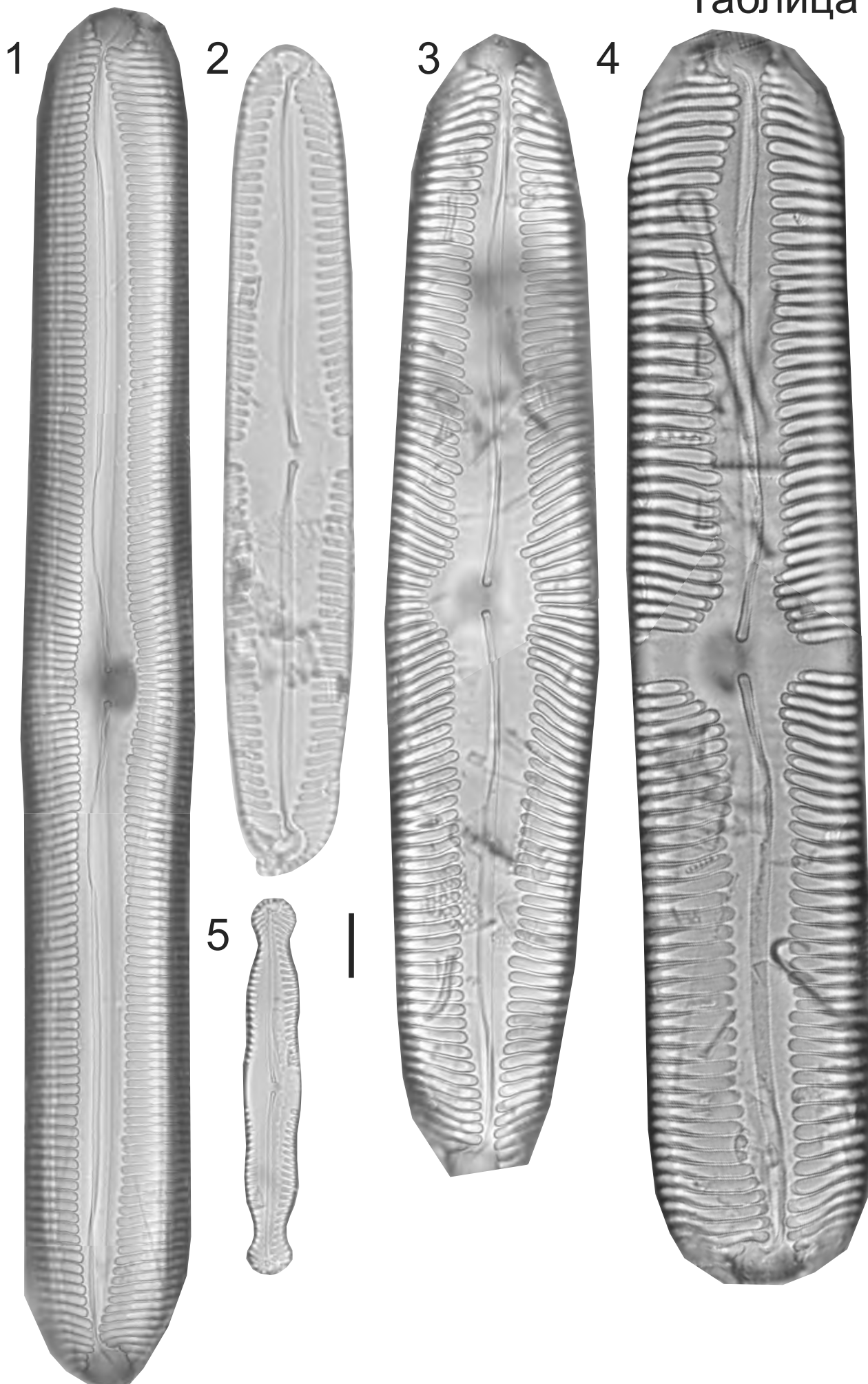


Таблица 9

1. *Pinnularia biceps*
2. *Tabularia fasciculata*
3. *Surirella elegans*
4. *Stauroneis phoenicenteron*
5. *Brachysira styriaca*
6. *Achnanthes adnata*
7. *Staurosira construens*

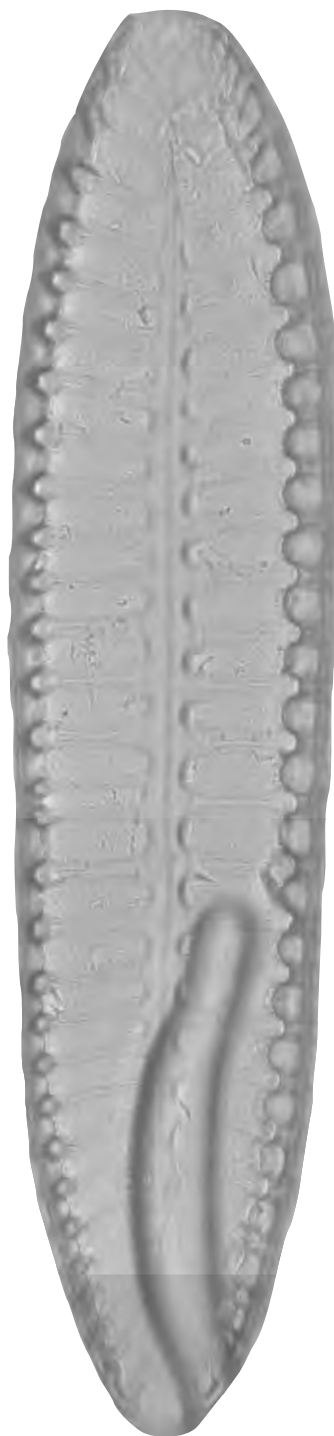
1



2



3



4



5



6



7

