

Санкт-Петербургский государственный университет

ВАСИЛЬЕВА Александра Вадимовна

Выпускная квалификационная работа

Биостратиграфия голоцена западной части Кольского п-ва по данным споропопыльцевому анализу донных отложений

Уровень образования: *бакалавриат*

Направление *05.03.02 «География»*

Основная образовательная программа *5019 «География»*

Научный руководитель:
доцент кафедры геоморфологии,
Институт Наук о Земле,
к.г.н., Савельева Л.А.

Рецензент:
научный сотрудник,
Геологический институт КНЦ РАН,
к.г.-м.н., Толстобров Д.С.

Санкт-Петербург, 2021

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Физико-географическая характеристика исследуемого района.....	4
1.1. Гидрологическая характеристика.....	5
1.2. Дочетвертичные отложения.....	6
1.3. Четвертичные отложения.....	8
1.4. Тектоническое строение.....	11
1.5. Геоморфологическая характеристика.....	13
1.6. Климат.....	14
1.7. Почвы.....	15
1.8. Современная растительность.....	15
Глава 2. Обзор палеогеографической изученности четвертичного периода Кольского полуострова.....	19
2.1. Стратиграфия четвертичных отложений Кольского региона.....	19
2.1.1. Палеогеографические события неоплейстоцена.....	23
2.1.2. Палеогеографические события позднего неоплейстоцена и голоцена. Эволюция растительности полуострова.....	26
2.2. Периодизация и биостратиграфия позднего неоплейстоцена и голоцена.....	28
2.3. Биостратиграфия и литология озерных отложений Кольского полуострова.....	32
Глава 3. Материалы и методы обработки.....	39
3.1. Бурение и отбор проб донных отложений оз. Цага-3.....	39
3.2. Радиоуглеродное датирование образцов.....	42
3.3. Анализ потери массы при прокаливании.....	43
3.4. Геохимические исследования.....	44
3.5. Спорово-пыльцевой анализ.....	46
3.5.1. Предварительная химическая обработка проб.....	46
3.5.2. Микроскопирование образцов и подсчет микрофоссилий.....	47
3.5.3. Построение спорово-пыльцевой диаграммы в программе Tilia и работа с CONISS.....	48
3.5.4. Результаты спорово-пыльцевого анализа донных отложений оз. Цага-3.....	49
3.6. Метод биомизации.....	54
Глава 4. Биостратиграфия отложений оз. Цага-3 и реконструкция динамики растительности в голоцене.....	56
Заключение.....	62
Список литературы.....	64

Введение

Арктический регион играет важную роль в исследованиях, связанных с реконструкцией палеоландшафтов, а следовательно, и палеоклимата. Чувствительность приполярных экосистем к климатическим изменениям прошлого, распространенность на севере озерных и болотных отложений с их непрерывным режимом осадконакопления – все это вызывает интерес исследователей к этому региону.

Несмотря на то, что территория Кольского полуострова довольно детально изучена геологически и палеонтологически, существует ряд нерешенных палеогеографических вопросов: отсутствие общепринятой региональной биостратиграфической схемы, единого мнения о процессах (в частности, сугубо локальных) деградации последнего оледенения и др. Каждое новое исследование – контроль достоверности и детализация уже имеющихся результатов, наращивание базы данных и как следствие повышение надежности палеогеографических реконструкций.

Таким образом, темпы полевых работ на территории Кольского полуострова не снижаются: исследование оз. Цага-3, расположенного в западной части Кольского полуострова, также было частью ежегодных экспедиций, проводимых Геологическим институтом Кольского научного центра РАН. Настоящее исследование – продолжение работы, начатой автором в рамках курсовой работы третьего года обучения по изучению донных осадков оз. Цага-3.

Основной целью данной работы является биостратиграфия голоценовых озерных отложений западной части Кольского полуострова на основе спорово-пыльцевого анализа донных осадков оз. Цага-3. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Сбор и анализ теоретического материала по изученности послеледниковых озерных отложений Кольского полуострова;
2. Проведение спорово-пыльцевого анализа донных отложений оз. Цага-3 с высоким разрешением;
3. Оценка общего содержания органического вещества в отложениях оз. Цага-3 методом потери массы при прокаливании и выбор интервалов для датирования методом радиоуглеродного анализа;
4. Выделение биостратиграфических зон оз. Цага-3 и их корреляция с таковыми из других районов Кольского полуострова;
5. Реконструкция изменения растительности западной части Кольского полуострова в голоцене на основе результатов изучения отложений оз. Цага-3.

Объект исследований – донные отложения оз. Цага-3. Предмет – биостратиграфия голоценовых озерных отложений западной части Кольского полуострова.

Глава 1. Физико-географическая характеристика исследуемого района

Оз. Цага-3 расположено в центральной части Кольского полуострова, на северо-западе европейской части России (рис.1.). Озеро имеет площадь около 7 тыс. м². Оз. Цага-3 имеет форму вытянутого овала, длинная его ось ориентирована в северо-западном направлении. Урез воды составляет примерно 172 м, а северные берега озера несколько ниже остальных; так, возможно, во влажные периоды года оз. Цага-3 с севера соединено с р. Цагой ручьем. Максимальная глубина озера равна 3,2 м.

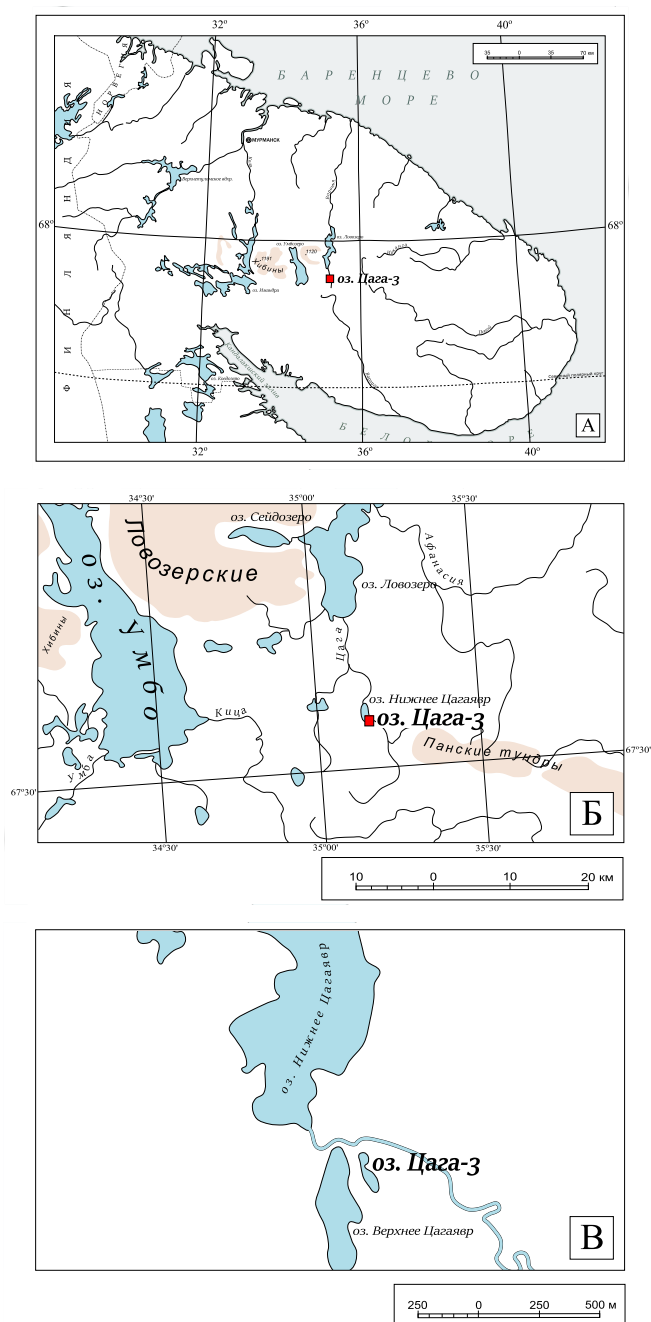


Рис. 1. Местоположение оз. Цага-3.

1.1. Гидрологическая характеристика

Для Кольского полуострова характерно обилие внутренних вод. Реки, в основном, небольшие и порожистые, текут зачастую в меридиональном направлении, для многих из них истоком служат болота или озера. Из-за особенностей геологического строения речные долины, врезаемые в кристаллические породы, часто слабо разработаны, имеют V-образную или каньонообразную форму, поймы преобладают односторонние, прерывистые. Особенностью также является то, что многие реки представляют собой озерно-речные системы, где озера чередуются с бурными протоками. Сток многих рек в той или иной степени зарегулирован озерами. Всего на полуострове насчитывается около 20 тыс. рек, более 95% которых не превышают длины 10 км (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1970).

Большинство озер Кольского полуострова имеют ледниковое происхождение. Это небольшие и неглубокие водоемы чаще округлой формы. Запрудные озера, образованные за счет преграждения мореной поверхностного стока воды, также встречаются на данной территории, имеют, как правило, форму вытянутого овала и глубину от 4 до 6 м. Однако крупные озера обычно тектонические. Для них характерны большая глубина и неровный рельеф котловины, вытянутая в плане форма, сложная конфигурация береговой линии. Тектоническое происхождение имеют все крупные водоемы Кольского полуострова: Имандра, Ловозеро, Умбозеро, Колвицкое и др. (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1970). На полуострове находится около 110 тыс. озер (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1970, Атлас Мурманской области, 1971).

Характерной чертой территории является сильная заболоченность, которая объясняется замедленным стоком рек, неглубоким залеганием грунтовых вод, а также избыточным увлажнением (Атлас Мурманской области, 1971). Чаще всего встречаются верховые болота, питающиеся атмосферными осадками. Низинные болота или переходные к верховым типы развиты в понижениях рельефа, по долинам рек, на склонах в местах выхода грунтовых вод. На болота приходится около 20% территории полуострова (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1970).

Подземные воды Кольского полуострова представлены, в целом, порово-пластовыми водами четвертичных отложений и трещинными водами кристаллических пород. Основное питание подземных вод происходит за счет атмосферных осадков, разгрузка осуществляется в виде родников, в понижениях рельефа, в тех долинах рек, где они глубоко врезаются в трещиноватую зону коренных пород (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1970).

При более узком рассмотрении исследуемой территории следует более подробно описать расположенные в районе гидрологические объекты. Р. Цага протяженностью 45 км берет исток в районе массива Панские высоты, в среднем и нижнем течении течет на север,

впадает в оз. Ловозеро, имеет 2 относительно крупных притока длиной 8 км и 27 км (Государственный водный реестр). Средний сток реки не превышает 400 мм в год (Атлас Мурманской области, 1971). Также как наиболее крупные можно выделить реки Афанасия и Киевейку на востоке исследуемого района, р. Пану – на юге, р. Кицу – на западе, р. Кургу – на севере.

Крупнейшие озера района – Умбозеро (площадью 310 км²), Ловозеро (200 км²), на порядок меньше – Ефимозеро (22 км²) (Государственный водный реестр). Оз. Умбозеро имеет тектоническое происхождение, берега изрезаны – имеющиеся заливы нередко глубоко вдаются в сушу; средняя глубина озера 15 м, максимальная равна 115 м. Котловина оз. Ловозера также тектонического происхождения, характерна извилистая береговая линия с большим количеством островов и полуостровов, средняя глубина составляет 5,7 м, максимальная – до 35 м (Большая Советская энциклопедия). Расстояние от оз. Цага-3 до наиболее крупных озер района составляет: около 22 км – до оз. Умбозеро, около 15 км – до оз. Ловозеро.

В 0,5 км от оз. Цага-3 расположены небольшие озера Верхнее Цагаявр и Нижнее Цагаявр площадью 85 тыс. м² и 800 тыс. м² соответственно, а также оз. Шарьявр чуть дальше к югу. В исследуемом районе также находятся не крупные по площади озера, самые большие из которых – оз. Инчъявр площадью 3 км², расположенное к юго-западу от оз. Цага-3, оз. Саранч-озеро (3,4 км²) и оз. Пунч-озеро (3 км²) – к северо-западу; другие водоемы: оз. Олекчъявр – к западу, оз. Ластъявр (Круглое) – к югу, оз. Вуэскъявр – к юго-востоку, оз. Щучье и оз. Лебединое – к западу от изучаемого озера.

Территория сильно заболочена (Объяснительная записка..., 1964).

1.2. Дочетвертичные отложения

Кольский полуостров является северо-восточной частью Балтийского щита – крупного выступа кристаллического фундамента Восточно-Европейского кратона (Пожиленко и др., 2002). Территория полуострова сложена архейскими, протерозойскими и палеозойскими породами, перекрытыми кайнозойскими отложениями почти повсеместно (Объяснительная записка..., 2012).

В исследуемом районе архейская группа образований широко развита и слагает территорию к югу и востоку от оз. Ловозеро, между оз. Ефимозеро и Панскими высотами. Породы данного возраста представлены кольской серией, которая в свою очередь подразделяется на две толщи. Нижняя толща биотитовых гнейсов сложена биотитовыми гранито-гнейсами с подчиненными им биотитовыми, амфиболо-биотитовыми, амфиболовыми гнейсами и амфиболитами. Верхняя толща биотито-гранатовых гнейсов представлена биотитовыми, гранато-биотитовыми, гранато-силлиманито-биотитовыми,

подчиненными им амфиболовыми гнейсами и амфиболитами (Объяснительная записка..., 1964).

Породы нижнего протерозоя подразделяются на тундровую и кейвскую серии. Породы тундровой серии арваренчской свиты широко на исследуемой территории не развиты и установлены только в отдельных участках северо-восточного крыла Имандро-Варзугского синклинория, что географически соответствует югу рассматриваемой территории – району Панских высот. Образования свиты представлены слюдисто-кварцевыми сланцами, плагиоклазовыми гнейсами, образовавшимися по эффузивам среднего состава (андезитовым порфирирам), амфиболитам, возникшим в результате изменения эффузивов основного состава. Породы кейвской серии, подразделяемые на лебяжинскую свиту гнейсов с прослоями амфиболитов и червуртскую свиту сланцев различного состава, мусковитовых кварцитов и прослоев амфиболитов. Образования также имеют довольно ограниченное распространение – в виде реликтов складчатых структур и ксенолитов – преимущественно на востоке территории (Объяснительная записка..., 1964).

Породы юга территории, залегающие южнее массива Панских высот, не расчленены и относятся к нижнепротерозойской подгруппе. Эта нерасчлененная толща, которая предположительно может быть разделена на тундровую и имандро-варзугскую серии, сложена зеленокаменными эффузивами, среди которых метадиабазы развиты наиболее широко, а метапорфириты и метамандельштейны имеют подчиненное распространение (Объяснительная записка..., 1964). На западе изучаемой территории, южнее оз. Умбозеро, также залегают протерозойские породы нижней подгруппы (Пожиленко, 2002). Эти образования относят к имандро-варзугской серии, в которой, в свою очередь, выделяют четыре свиты. Основные эффузивы, туфы и зеленые сланцы рижгубской свиты формируют северное крыло имандро-варзугского синклинория, кварциты, кварцито-песчаники и кварцитовые сланцы той же свиты найдены в южном крыле структуры. Залегая на рижгубской свите, в формировании синклинория также участвуют эффузивы сейдореченской свиты: на юге преобладают метадиабазы, на севере – метадиабазы, метамандельштейны, метапорфириты, шаровые лавы и туфобрекчии. Эти породы перекрываются образованиями титанской свиты, среди них: кварц-альбит-хлоритовые сланцы, карбонатные сланцы, филлиты, углистые сланцы, графитизированные сланцы, кварциты, кварцит-песчаники. Наконец, четвертая свита – умбинская – образует ядро синклинальной структуры в южной части исследуемого района и сложена туфоконгломератобрекчией, метамандельштейнами, метадиабазами, метапорфиритами (Объяснительная записка..., 1963).

Породы палеозоя представлены только девонскими ксенолитами в кровле Ловозерского массива, т.е. на севере описываемой территории. Состав данных пород девонской системы, относимых к ловозерской серии, разнообразен: авгитовые и пикритовые порфириды, туфы, туфосланцы, туфоконгломераты, доломиты, карбонатные брекчии, песчаники, кварциты (Объяснительная записка..., 1964).

Для территории также характерно наличие многочисленных интрузий, различных по составу и возрасту – от ранних архейских до палеозойских герцинских интрузий. Крупнейшие интрузии в пределах исследуемого района в порядке от древних к молодым:

- ранние архейские интрузии к востоку от оз. Ловозеро в районе оз. Ефимозеро – Чудзъяврский массив диоритового и гранодиоритового состава; также на западе и юго-западе территории отмечается ряд безымянных интрузий данного возраста, сложенных олигоклазовыми гнейсо-гранитами, гнейсо-гранодиоритами, кварцевыми гнейсо-диоритами;
- многочисленные среднепротерозойские интрузии: на юге района – массив Панские высоты и массив Федорова Тундра, сложенные норитом, габбро-норитом, габбро; Цагинский массив на востоке территории, сложенный габбро, габбро-норитами, габбро-лабродоритами, габбро-диабазами; массивы Западные Кейвы, Белая тундра на востоке и юго-востоке района соответственно, состоящие из щелочных гранитов;
- герцинские интрузии – Ловозерский массив нефелиновых сиенитов, находящийся к западу от оз. Ловозера (Объяснительная записка..., 1964, Объяснительная записка..., 1963).

1.3. Четвертичные отложения

Отложения четвертичной системы перекрывают почти повсеместно все дочетвертичные образования Кольского полуострова (рис. 2). Лишь на некоторых изолированных участках водоразделов, речных долин и морского дна чехол четвертичных отложений отсутствует, наибольшей же мощности достигает в понижениях коренного ложа, погребенных долинах, в зонах краевых ледниковых образований (Объяснительная записка..., 2012).

В Кольском регионе присутствуют только отложения среднего и верхнего звеньев неоплейстоцена, а также голоцена (Евзеров, 2015).

Наиболее широкое распространение имеет морена покровного оледенения. Присутствие морены всегда сопряжено с наличием и флювиогляциальных отложений, формирующих озы, ледниковые дельты и зандры, а также ледниково-морских и озерно-ледниковых осадков (Евзеров, 2015). Друмлины встречаются реже (Пожиленко, 2002).

Выходы пород кристаллического ложа и элювиальные валунные поля также широко представлены, особенно в горных и прибрежных районах. Часто встречаются торфяно-болотные отложения. Аллювий приурочен к долинам рек. Эоловые отложения часто наблюдаются на морских и озерных побережьях (Евзеров, 2015).

В исследуемом районе встречаются четвертичные отложения, также относящиеся к плейстоценовому и голоценовому отделам (надразделам).

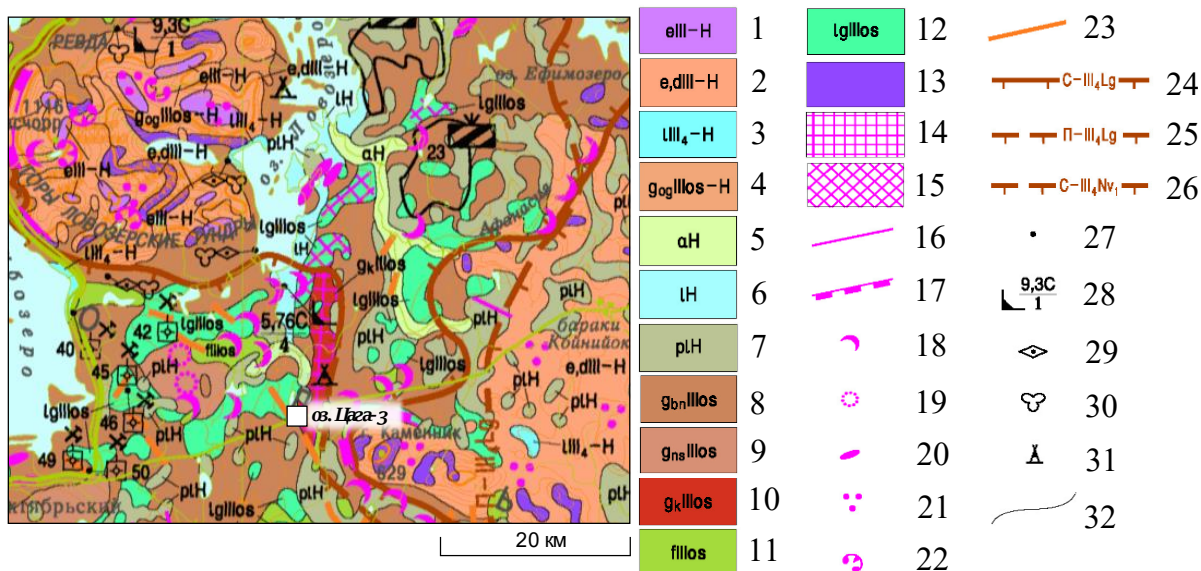


Рис. 2. Карта четвертичных отложений исследуемого района оз. Цага-3 (Лист ГГК-1000 Q-(35),36). 1 – элювиальные отложения; 2 – элювиальные и делювиальные отложения (включают коллювиальные, десертационные, солифлюкционные); 3 – озерные отложения; 4 – основная морена каровых ледников; 5 – аллювиальные отложения; 6 – озерные отложения; 7 – болотные (пальюстринные) отложения; 8 – ледниковые образования основной нормально-пластовой морены; 9 – морена наледниковая, абляционно-сплывная; 10 – краевые ледниковые образования; 11 – флювиогляциальные отложения; 12 – ледниково-озерные отложения; 13 – дочетвертичные образования; 14 – холмистый (и/или грядовый) рельеф краевых ледниковых образований; 15 – камовый рельеф; 16 – отдельные моренные гряды вне краевых образований, ширина которых не выражается в масштабе карты; 17 – отдельные моренные гряды покровного ледника, ширина которых не выражается в масштабе карты; 18 – отдельные краевые (в горах – конечные) моренные гряды, не выражающиеся в масштабе карты; 19 – кольцевые и полукольцевые моренные гряды, не выражающиеся в масштабе карты; 20 – друмлины, не выражающиеся в масштабе карты; 21 – скопления эрратических валунов, площадь которых не выражается в масштабе карты; 22 – кары и цирки, не выражающиеся в масштабе карты; 23 – озовые гряды, ширина которых не выражается в масштабе карты; границы стадий оледенения: 24 – Скандинавский ледник,

Лужская стадия, достоверная граница; 25 – Понойский ледник, Лужская стадия, предполагаемая граница; 26 – Скандинавский ледник, Невская стадия 1, предполагаемая граница; 27 – пункты наблюдений; 28 – пункты геохронологических определений абсолютного возраста пород (в числителе – возраст в тыс. лет и символ метода определения, в знаменателе – номер определения); места находок ископаемых остатков: 29 – одноклеточных водорослей; 30 – пыльцы и спор; 31 – стоянки первобытного человека; 32 – границы стратиграфо-генетических подразделений достоверные.

Плейстоценовые ледниковые отложения представлены основной мореной валдайского оледенения. Она залегает непосредственно на коренных породах или на древней коре выветривания (спорного возраста (Сидоренко, 1958)) сплошным чехлом, мощность которого варьируется от 0 м на вершинах Панских высот или на возвышенностях восточнее оз. Ловозеро до 60 м на западе исследуемого района. Морена чаще представлена супесчаной массой с большим содержанием валунно-галечного материала, валуны обычно местных пород (Объяснительная записка..., 1964, Объяснительная записка..., 1963).

Плейстоценовые водно-ледниковые отложения представлены обычно перемытыми песками с галькой и отдельными валунами и зачастую перекрыты абляционной мореной. Данные отложения формируют озы, камы, плоские равнины. Данные образования развиты восточнее оз. Ловозеро, севернее Панского массива и южнее Ловозерского массива (Объяснительная записка..., 1964, Объяснительная записка..., 1963).

На территории Ловозерского массива встречается также плейстоценовая морена горного оледенения (конечный и боковой типы), сложенная несортированными супесями с валунами и глинами местных пород (Объяснительная записка..., 1963).

Более современные отложения представлены следующими типами. Озерные отложения голоценового возраста сложены валунниками, галечниками, песками, песчаными глинами, диатомитами. Они приурочены к современным водоемам и тяготеющим к ним зонам. Наибольшую площадь распространения имеют в районе оз. Ловозеро, где занимают гипсометрические отметки до 180-192, т.е. бóльшие, чем современный урез воды озера. Понижение уровня оз. Ловозеро наблюдается и в настоящее время. Аллювиальные отложения голоценового возраста заполняют долины рек и ручьев. Гранулометрический состав их зависит от скоростей течения: при высоких скоростях наблюдается крупнообломочный и валунный материал, при пониженных – галечники и пески. Широкое распространение имеют голоценовые торфяно-болотные отложения, представленные плохо- и среднеразложившимся торфом мощностью не более 3,5 м. Элювиально-делювиальные отложения неоплейстоцен – голоценового возраста сформированы на платообразных вершинах, крутых горных склонах, местах расчлененного рельефа. Отложения образованы

дресвой и россыпями коренных пород (Объяснительная записка..., 1964, Объяснительная записка..., 1963).

1.4. Тектоническое строение

Исследуемый район расположен в области Центрально-Кольского антиклинория, сложенного архейскими образованиями (рис. 3). В его пределах также выделяются Умбозерская и Верхнепонойская складки второго порядка, которые имеют северо-западное простирание. Верхнепонойская складка расположена восточнее оз. Ловозеро, южнее устья р. Афанасия. Умбозерская – западнее оз. Ловозеро и долины р. Цаги. Судя по всему, данные складки синклиналильные, они разделены узким Ловозерским антиклинальным перегибом субмеридионального простирания и сложены толщей биотитовых гнейсов. Осевые поверхности Умбозерской и Верхнепонойской складок не совпадают, что, по-видимому, объясняется их смещением вдоль разлома, приуроченного к Ловозерскому перегибу. Существовавший еще с архейского времени, данный разлом разросся в целую долгоживущую Ловозерскую зону разрывных нарушений. В свою очередь, описанные Умбозерская, Верхнепонойская и Ловозерская складки осложнены рядом более мелких складчатых сооружений, сложенных более молодой толщей биотито-гранатовых гнейсов (Объяснительная записка..., 1964).

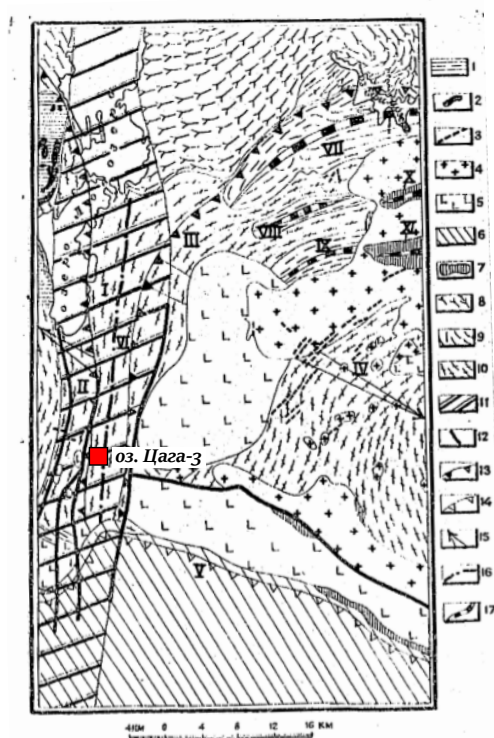


Рис. 3. Схема тектонического строения района (Объяснительная записка..., 1964). 1 – герцинская интрузия нефелиновых сиенитов; 2 – девонские эффузивы; 3 – каледонские дайки основных пород; 4 – поздние среднепротерозойские интрузии щелочных гранитов; 5 – поздние среднепротерозойские интрузии основных и ультраосновных пород; 6 –

нерасчлененные нижне-среднепротерозойские осадочно-вулканогенные образования; 7 – нижнепротерозойские осадочные и вулканогенные образования; 8 – ранние архейские интрузии диоритов и гранодиоритов; 9 – архейская толща биотито-гранатовых гнейсов; 10 – архейская толща биотитовых гнейсов; 11 – Ловозерская зона долгоживущих разломов; 12 – разломы; 13 – архейские синклинали первого порядка; 14 – протерозойская синклиналь первого порядка; 15 – оси синклиналей первого порядка; 16 – ось антиклинали; 17 – оси синклиналей второго порядка; I – Умбозерская синклиналь и ее ось (II); III – Верхнепонойская синклиналь и ее ось, (IV); V – Варзугская синклиналь; VI – ось Ловозерской антиклинали; VII, VIII, IX – оси синклиналей толщи биотито-гранатовых гнейсов; X – оси Тахлинтуайвской синклинали; XI – оси Пессарьокской синклинали.

С северо-востока к Центрально-Кольскому антиклинорию прилегает Кейвский синклинорий, западную часть которого слагают протерозойские породы, со структурным несогласием залегающие на архейских. В пределах западной оконечности данного синклинория выделяются две синклинальных складки второго порядка – Тахлинтуайвская и Пессарьокская. Расположенные к югу от оз. Ефимозеро, они залегают среди прорывающих их интрузий и имеют субширотное простирание. Породы, слагающие данные складки, интенсивно рассланцованы и опрокинуты (Объяснительная записка..., 1964).

С юга к Центрально-Кольскому антиклинорию прилегает Имандро-Варзугский синклинорий, северо-восточное крыло которого также сложено протерозойскими образованиями. Считается, что здесь породы образуют крутые изоклинальные складки, однако часть пород, особенно южнее Панских высот, возможно, залегают довольно полого (Объяснительная записка..., 1964).

В протерозойское время происходило неоднократное оживление Ловозерской зоны нарушений, а также образование других зон разломов, использованных позднее интрузиями. Важным является наличие в Ловозерской зоне нарушений трех субмеридиональных разломов: западного, центрального, на юге расходящегося еще на две субпараллельные ветки, и восточного, которые во многом намечаются именно по геоморфологическим данным. В палеозойское время продолжалось развитие разломов и их заполнение интрузиями (Объяснительная записка..., 1964).

Дальнейшее развитие тектоники, вплоть до современной, проявляется в форме разломов и блоковых перемещений по ним. Такие геоморфологические признаки, как обрывистые склоны, пороги рек, форма оз. Ловозеро, могут говорить о неравномерных глыбовых поднятиях на исследуемой территории (Объяснительная записка..., 1964).

1.5. Геоморфологическая характеристика

Современная геоморфология Кольского полуострова в общем виде описывается с помощью двух типов рельефа: денудационно-тектонического, или структурно-денудационного, который, в целом, сопряжен с морфологией поверхности коренного ложа, и аккумулятивного – мелких форм, осложняющих более крупные. Аккумулятивные формы, в свою очередь, имеют разное происхождение: одни сформированы ледниками, другие – под влиянием аккумулятивной и абразионной деятельности водных бассейнов, эрозионной деятельности рек (Пожиленко и др., 2002). По облику рельеф западной части полуострова более расчлененный, средне- и низкогорный, восточная же часть более плоская и увалистая (Атлас Мурманской области, 1971).

Исследуемый район представляет собой часть древней горной страны, к верхнему палеозою в результате процессов денудации пенепленезированной. В пользу данного утверждения свидетельствуют сходные высоты гор, а также платообразный характер их вершин. Рельефообразование также связано с поднятием всего Карело-Кольского региона, омоложением древних тектонических разломов и возникновением новых. В четвертичный период большое значение имела экзарационная и аккумулятивная деятельность материкового оледенения, аккумуляция внутриледниковых и приледниковых озер, а также речная эрозия, абразия и аккумуляция современных водоемов (Объяснительная записка..., 1964).

Итак, геоморфологические особенности района сформированы под действием нескольких основных факторов: геологического строения, ледниковой деятельности, эрозии, денудации. Современное рельефообразование происходит при значительном влиянии климата: низкие температуры делают возможным морозное выветривание и способствует образованию элювиально-делювиального покрова, избыточное увлажнение обуславливает почти повсеместное развитие болот на равнинах (Объяснительная записка..., 1963).

Структурно-денудационный рельеф представлен средними и низкими горными массивами: массивом Ловозерских тундр на северо-западе района, массивами Панских высот и Федоровой тундры на юге. Их орография и контуры довольно тесно связаны с геологическим строением, то есть границами распространения самих интрузий, формирующих массивы, а также условиями залегания пород. Так, массив Ловозерские тундры, сложенный расслоенной щелочной интрузией, имеет ступенеобразные склоны, обрывистые склоны; северо-восточные склоны Федоровой тундры и Панских высоты, не совпадающие с падением пород, крутые и обрывистые, юго-западные – наоборот, пологие. Пониженные части рельефа сложены, в основном, архейскими породами и формируют

равнинный слабовсхолмленный рельеф (Объяснительная записка..., 1964, Объяснительная записка..., 1963).

Ледниково-аккумулятивный рельеф также имеет почти повсеместное распространение в пределах территории. Он представлен равнинно-моренными, холмисто-моренными, грядово-моренными формами, последние из которых часто приурочены к районам распространения горного оледенения и образованы боковой и конечной мореной. Такие гряды сохранились на северо-западе и юге массива Ловезерских тундр (Объяснительная записка..., 1963). Однако обычно формы ледниковой аккумуляции не встречаются выше абсолютной отметки в 300 м, где преобладает влияние морозного выветривания (Объяснительная записка..., 1964). Равнинно-моренный рельеф приурочен к площадям развития пород имандро-варзугской серии на юго-западе района и архейских пород к югу и востоку от оз. Ловозеро (Объяснительная записка..., 1963).

Водно-ледниковые формы рельефа представлены озами, камами, плоскими равнинами. Области широкого распространения данных форм находятся к югу от Ловозерского массива, восточнее оз. Ловозеро.

Абразионно-аккумулятивный рельеф приурочен, в основном, к крупнейшим водоемам территории – оз. Ловозеро и оз. Умбозеро. Плоские аккумулятивные озерные террасы наблюдаются на восточном берегу оз. Умбозеро (Объяснительная записка..., 1963). Эрозионный рельеф представлен на отдельных участках долин рек Курги, Афанасия, Цаги, Киевейки (Объяснительная записка..., 1964).

Как уже было отмечено выше, морозное выветривание интенсивно проявляется в районе Ловозерского массива. Снежники, круглый год сохраняющиеся на склонах, приводят к образованию кароподобных форм, цирков, гребнеобразных форм. Каменные россыпи сплошным покровом элювиально-делювиальных отложений покрывают вершины и склоны. Отмечаются также солифлюкционные террасы, каменные кольца, медальонные почвы (Объяснительная записка..., 1963).

Заболачивание с образованием торфяников наиболее широко распространено в районе впадины к востоку от оз. Ловозеро (Объяснительная записка..., 1964).

1.6. Климат

Согласно климатическому районированию Б.П. Алисова территория Кольского полуострова, лежащая в двух широтных поясах – субарктическом и умеренном, относится сразу к двум климатическим областям: север полуострова относят к Атлантико-арктической тундровой (субарктической) области, юг – к Атлантико-арктической лесной (Алисов, 1956). Здесь сказывается влияние теплых воздушных потоков с Северной Атлантики и холодных – из атлантической Арктики, вместе с типичными для нее циклонами в холодное время и

антициклонами в теплое время года (Атлас Мурманской области, 1971). Характерной чертой климата полуострова является отепляющее влияние окружающих его морей (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1970).

В исследуемый районе средняя температура зимних месяцев (январь и февраль) достигает -13°C , средняя температура июля колеблется от 10 до 14°C . В целом, зима теплая, лето прохладное. Рассматриваемая территория, как и весь полуостров, относится к зоне избыточного увлажнения. Годовое количество осадков в среднем достигает $500-600$ мм, осадков больше летом. Суммарная солнечная радиация равна $65-70$ ккал/см². Безморозный период довольно короткий – до 70 дней, в среднем со середины июня до конца августа (Атлас Мурманской области, 1971). Число дней со снежным покровом достигает $200-210$, устойчивый снежный покров формируется к концу октября, окончательный сход его приходится на третью декаду мая (Атлас Мурманской области, 1971, Ресурсы поверхностных вод СССР, 1970).

1.7. Почвы

Расположение Кольского полуострова в пределах трех природных зон и расчлененного рельефа обуславливает разнообразие почв (Казакова, 1972). Почвы полуострова относят к подтипу иллювиально-гумусовых подзолов. Для профиля данных почв типично наличие лесной или моховой подстилки, слабогумифицированной, белесого подзолистого горизонта, охристых или темно-бурых иллювиальных горизонтов, которые содержат смытый гумус. Относительная контрастность рельефа создает пестроту почвенного покрова, характер которого зависит от различных условий. В условиях застойного режима увлажнения формируются торфянисто- и торфяно-подзолистые почвы, торфяно-глеевые и торфяно-болотные; на суглинках развиваются глееватые почвы; к горному рельефу приурочены щебнистые маломощные иллювиально-гумусовые почвы; долины рек занимают иллювиально-дерновые оподзоленные почвы и т.д. (Атлас Мурманской области, 1971).

В исследуемом районе оз. Цага-3 развиты иллювиально-малогумусовые (железистые) маломощные подзолы на песчаных и супесчаных отложениях. К востоку от оз. Ловозеро распространение имеет несколько другая разновидность почв – иллювиально-гумусовые (гумусово-железистые) подзолы. Довольно широко представлены торфяно-глеевые и торфяно-болотные почвы со сфагновым и травяным торфом, мощность которого обычно не превышает $1,5$ м (Атлас Мурманской области, 1971).

1.8. Современная растительность

Согласно геоботаническому районированию Нечерноземья Европейской части РСФСР территория Кольского полуострова принадлежит к нескольким широтным полосам: полосе южных тундр, полосе южной лесотундры и полосе северотаежных лесов

(Геоботаническое районирование..., 1989) (рис. 4А). Для сравнения также приведена схема природных зон из «Флоры Мурманской области» (1953) (рис. 4Б).

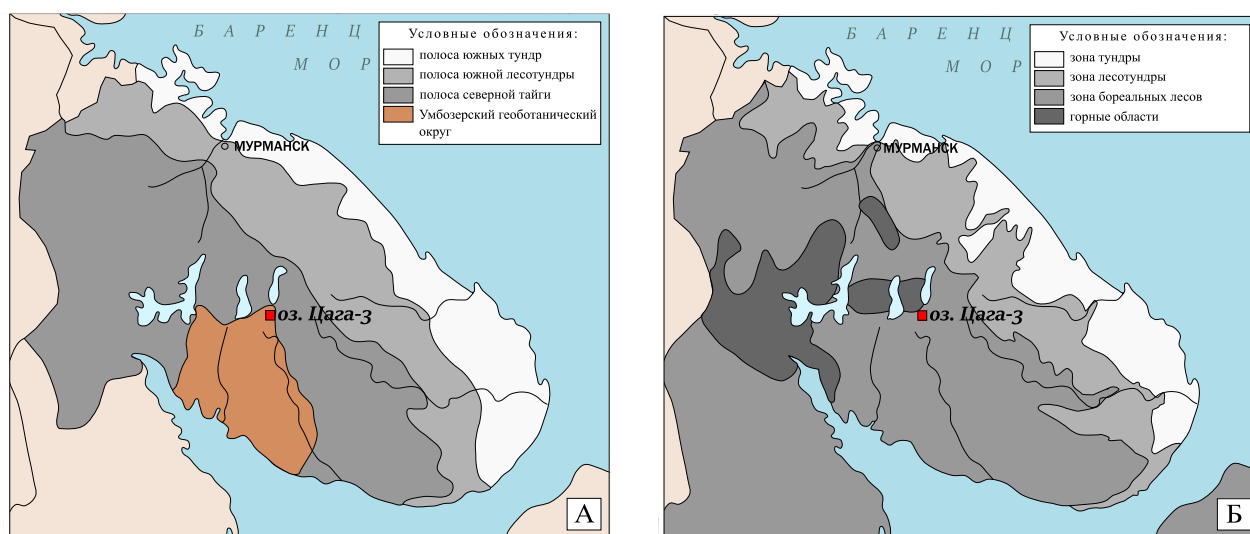


Рис. 4. Геоботаническое районирование Кольского полуострова (Геоботаническое районирование..., 1989) (А) и схема природных зон (Флора Мурманской области, 1953) (Б).

Тундровый регион расположен на севере в виде относительно узкой прибрежной полосы. Зональный тип растительности представлен ерниковыми (*Betula nana*) травяно-кустарничково-зеленомошными тундрами, однако их распространение невелико. Шире развиты ерниковые кустарничково-лишайниковые (*Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium vitis-idaea*) тундры. Преобладающими же являются кустарничковые и кустарничково-лишайниковые сообщества с господством *Empetrum hermaphroditum*. Такое господство вороничных кустарничковых сообществ является характерной чертой тундр Кольского полуострова. Другими особенностями являются насыщенность тундр атлантическими и амфиатлантическими видами (*Carex bigelowii*, *Salix herbacea*, *Calluna vulgaris*, *Chamaepericlymenum suecicum*), участие в тундровых сообществах бореальных видов, особенно черники и луговика (*Lerchenfeldia flexuosa*), почти полное отсутствие *Carex globularis*, типичного для восточноевропейских южных тундр (Геоботаническое районирование..., 1989).

В целом, лишайниковые и лишайниково-кустарничковые тундры характерны для сухих мест. В долинах и ложбинах, на пологих склонах растут ивняки, часто вместе с ерником, хорошо развит травяной покров, представленный осоками, злаками, разнотравьем (Казакова, 1972).

В полосе южной лесотундры широко представлены редколесья и криволесья из *Betula tortuosa*, часто с участием низкорослой ели и сосны, куртинным подлеском из *Betula nana* и мозаичным травяно-кустарничково-лишайниковым покровом (*Cladina stellaris*, *Cladonia rangiferina*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium vitis-idaea*) (Цинзерлинг, 1932, Раменская,

1972). Редколесья чередуются с менее развитыми по площади тундрами, в основном крупноерниковыми кустарничково (вороника, брусника)-лишайниковыми, но встречаются и крупноерниковые травяно-кустарничково-зеленомошные, крупноивняковые, вороничные тундры и т.д. Как и в предыдущем случае, особенностью данной широтной полосы является наличие атлантических видов (*Carex bigelowii*, *Calluna vulgaris*, *Chamaepericlymenum suecicum*) (Геоботаническое районирование..., 1989).

По понижениям и долинам рек березовое криволесье может проникать на север в зону тундры (Казакова, 1972). В понижениях полосы лесотундры широко развиты болота: крупнобугристые и аапа (Геоботаническое районирование..., 1989).

Большую часть Кольского полуострова занимает полоса северотаежных лесов. Наиболее характерны для данной зоны сосновые (*Pinus sylvestris*, реже *Pinus friesiana* (Казакова, 1972)) редкостойные лишайниковые и зеленомошно-лишайниковые (*Cladina stellaris*, *Cladonia rangiferina*, *Cladonia arbuscula*, *Cetraria islandica*, *Pleurozium schreberi*) кустарничковые (*Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium vitis-idaea*) леса, особенно для западной ее части. Встречаются также различные сочетания: еловые и елово-березовые из *Picea obovata*, *Picea Obovata* × *Picea abies*, *Betula pubescens*, *Betula tortuosa* кустарничковые зеленомошные (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*), елово-сосновые редкостойные зеленомошно-лишайниковые, сосновые редкостойные сфагновые, еловые редкостойные кустарничковые (черника, брусника, голубика, вороника, багульник), лишайниковые, моховые, лишайниково-моховые леса и др. (Цинзерлинг, 1932). Среди широко развитых здесь болот часто встречаются сосново-кустарничко-сфагновые мезоолиготрофные, аапа болота, реже мезоевтрофные осоковые и осоково-гипновые болота (Геоботаническое районирование..., 1989).

Растительность возвышенностей и горных массивов занимает особое место, отчетливо отвечая законам вертикальной поясности. В зависимости расположения возвышенности в той или иной полосе меняется количество и характер поясов. В зоне лесотундры березовое криволесье образует субальпийский пояс (Казакова, 1972). В зоне тайги вершины в зависимости от их высоты занимают березовые редколесья (*Betula tortuosa*), а также различные виды тундр: горные крупноерниковые (*Betula nana*), горные кустарничковые (*Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Arctous alpine*, *Dryas octopetala*), лишайниковые кустарничково-лишайниковые тундры (Геоботаническое районирование..., 1989).

Исследуемый район расположен в полосе северной тайги, в Умбском геоботаническом округе Кольско-Карельской подпровинции Североевропейской таежной провинции. Здесь широко распространены редкостойные сосновые и елово-сосновые

кустарничковые лишайниковые и зеленомошно-лишайниковые леса, а также еловые кустарничковые и лишайниково-моховые, сосновые сфагновые (Цинзерлинг, 1932, Паянская-Гвоздева, 1984). Характерно преобладание в сообществах бореальных видов при участии гипоарктических (Раменская, 1983). Среди видов болот развиты аапа болота, часто образующие лесо-болотные сочетания, верховые сфагновые болота (Геоботаническое районирование..., 1989).

Растительность вблизи оз. Цага-3 представлена сосново-березовыми лишайниково-зеленомошными и лишайниковыми лесами с примесью ели и окружена заболоченными участками. К востоку от оз. Ловозеро шире развиты елово-березовые моховые, лишайниковые и лишайниково-зеленомошные леса (Атлас Мурманской области, 1971).

Глава 2. Обзор палеогеографической изученности четвертичного периода Кольского полуострова

Первые сведения о четвертичной геологии Кольского полуострова относятся к середине XIX в., интенсивное же изучение района геологами и палеогеографами начинается на рубеже XIX–XX вв. (Лаврова, 1960), и, таким образом, длится уже более века. Однако палеогеографическую изученность региона нельзя оценить однозначно. С одной стороны, территория довольно детально исследована (рис. 5) – особенно отложения и формы поздненеоплейстоценового и голоценового возраста, – и продолжает активно изучаться. В то же время, накопленные знания о регионе не исчерпывающие и, в какой-то мере, обрывочные. Например, отложения некоторых морских изотопных стадий (МИС) изучены в регионе только в пределах одного разреза; материалов для их достоверного сопоставления нет, их трактовка неоднозначна. Это – следствие мозаичности распространения отложений разного возраста, что объясняется неравномерным рельефом коренного ложа, а также распространением ледниковых покровов непосредственно на территории полуострова. Также следует отметить, что восточная часть региона изучена особенно слабо вследствие ее труднодоступности (Греков, Субетто, 2015). В первом разделе данной главы приведены сведения об отложениях основных стратиграфических подразделений четвертичного периода, установленных на территории Кольского региона, основных местах, где они изучались, о том, кем были исследованы, и какие точки зрения существуют касательно их происхождения и возраста.

2.1. Стратиграфия четвертичных отложений Кольского региона

Наиболее древними четвертичными отложениями, представленными на Кольском полуострове, являются, вероятно, отложения МИС 7, относящиеся к среднему звену неоплейстоцена. Наиболее известным местом, где изучались отложения данного возраста, является разрез на правом берегу р. Варзуги, в нижнем ее течении (Евзеров, 2015). Наиболее полно разрез описан М.А. Лавровой (1960) и представлен горизонтами морских отложений, разделенными мореной. Подморенные отложения варзугского разреза долгое время относили к МИС 5 (Лаврова, 1960, Арманд, Лебедева, 1966), а также продолжают относить к микулинскому межледниковью и в более современных исследованиях (Корсакова и др., 2004, 2009). Спорные результаты были получены в ходе датирования межледниковой толщи: сначала возраст отложений определялся как средневалдайский (Гудина, Евзеров, 1973), позднее – как микулинский (Евзеров, Кошечкин, 1977), по самым новым данным датирования (Корсакова и др., 2011) слои стоит относить к МИС 9. Впрочем, В.Я. Евзеров (2015) все же определяет возраст отложений как МИС 7, что подтверждается палинологическими данными (Евзеров и др., 1981).

Оледенение МИС 6 было довольно крупным и покрывало всю территорию Кольского полуострова (рис. 6). Отложения данного возраста ледникового (или ледниково-морского) генезиса чаще обнаруживаются на востоке полуострова, однако некоторые разрезы описаны и на западе района (Никонов, 1964; Евзеров, Кошечкин, 1980).

Отложения микулинского межледниковья вполне подробно геологически и палеонтологически изучены на территории Кольского полуострова в нескольких разрезах, сосредоточенных, в основном, на восточном побережье полуострова. Они имеют название понойских слоев, и в разных разрезах отражают разные этапы трансгрессии (Евзеров, 2015).

Отложения МИС 5d в Кольском регионе не представлены, так как оледенение было необширным и концентрировалось на территории скандинавского полуострова (рис. 6). Образования МИС 5c в регионе предположительно установлены в изученном А.Д. Армандом (1967) в разрезе рудника «Железный» (Евзеров, 2015).

Оледенение МИС 5b было крупнее предыдущего и занимало западную часть Кольского полуострова (рис. 6). Распространение ледникового щита в акватории Белого моря остается спорным вопросом. Данные геофизических исследований (Глазнев и др., 2004) дают отрицательный ответ. Однако модель распространения ледника, полученная Х. Гирвасом (1991), показывает неизбежное проникновение оледенения в котловину Белого моря, захватывающее и юг Кольского полуострова. На юге региона и близ границы с Финляндией обнаружена морена, возраст формирования которой – предположительно МИС 5b – не достоверен.

Осадки МИС 5a имеют как континентальное, так и морское происхождение. Континентальные образования обнаружены В.Я. Евзеровым (2015) в карьере рудника «Железный» (близ г. Ковдора), где они залегают между двумя горизонтами флювиогляциальных отложений (МИС 5b и МИС 4). Морские отложения МИС 5a до 70-х годов было принято относить к понойским слоям, но новые исследования (Гудина, Евзеров, 1973) показали их более молодой возраст. Отложения получили название стрельнинских слоев по наиболее полному разрезу, представленному на правом берегу р. Стрельны. Слои залегают несогласно на понойских слоях или на морене московского оледенения (Евзеров, 2015).

Распространение оледенения в раннем валдае неоднократно реконструировано. Согласно одной модели (Svendsen, Alexanderson, Astakhov, 2004) ледник покрывал почти всю территорию Кольского полуострова. Однако, согласно другой модели (Kleman et al., 1997), распространение оледенения было менее обширным и центральную часть региона не занимало, что подтверждается наблюдениями В.Я. Евзерова (2015) и данными геофизических исследований (Глазнев и др., 2004) (рис. 6). Так, Скандинавский и Карско-

Баренцевоморский ледниковые покровы на территории Кольского полуострова не соединялись (Евзеров, 2015). Ледниковые отложения МИС 4 найдены в карьере рудника «Железный» в западной части Кольского полуострова (Евзеров, Кошечкин, 1980). В центральной и восточной частях региона ледниковые отложения между образованиями московского и поздневалдайского оледенений отсутствуют (Евзеров, 2015).

Межстадиальные отложения обнаружены в карьере рудника «Железный», где один из межморенных горизонтов, возможно, сопоставляется с МИС 3 (Евзеров, 2015).

Отложениями ледникового парагенетического ряда, соответствующими последнему оледенению и последующей дегляциации (МИС 2), покрыта практически вся территория Кольского полуострова. Эти образования представлены мореной, флювиогляциальными, озерно-ледниковыми, ледниково-морскими отложениями (Евзеров, 2015). На северо-востоке региона данные отложения не обнаружены. Так, некоторые исследователи считали, что ледник не покрывал эту часть полуострова (Никонов, 1965, Апухтин, 1978). Данные последних лет, а именно результаты исследования кернов некоторых котловин вблизи пос. Дальние Зеленцы (Snyder et al, 1997, 2000, Евзеров и др., 1997) показали, что и восточная часть Кольского региона также была покрыта ледником в позднем валдае.

Границу ледника в период его максимального распространения установить трудно. Скорее всего, ледниковый покров достигал полуострова Канин (рис. 6). Материалы исследований акватории Баренцева моря тоже не дают вполне достоверных сведений: материалы дистанционных методов исследования устанавливают грядовые формы на Кольском шельфе, но они, скорее всего, отвечают межстадиальному положению края ледника, а не его максимальному распространению, который мог наблюдаться только в стадиальный период (Евзеров, 1996). Найденные гряды удалены от современного побережья на расстояние от 50–75 км до 120 км. Однако петрографический анализ состава валунов и галек из донных проб показал, что горные породы Мурманского побережья встречаются на расстоянии 90–120 км от найденных крупных маргинальных гряд. Следовательно, граница щита в максимум его распространения проходила севернее, нежели устанавливается по маргинальным грядам на дне акватории (Евзеров, 2015).

Направления движения ледника устанавливаются по составу морены, ориентировке ледниковых шрамов, друмлинов, флют (рис. 5). Ледник двигался, в целом, на восток, и подразделялся на две лопасти: Кольскую и Беломорскую (глава 2.2.1.) (Евзеров, 2015).

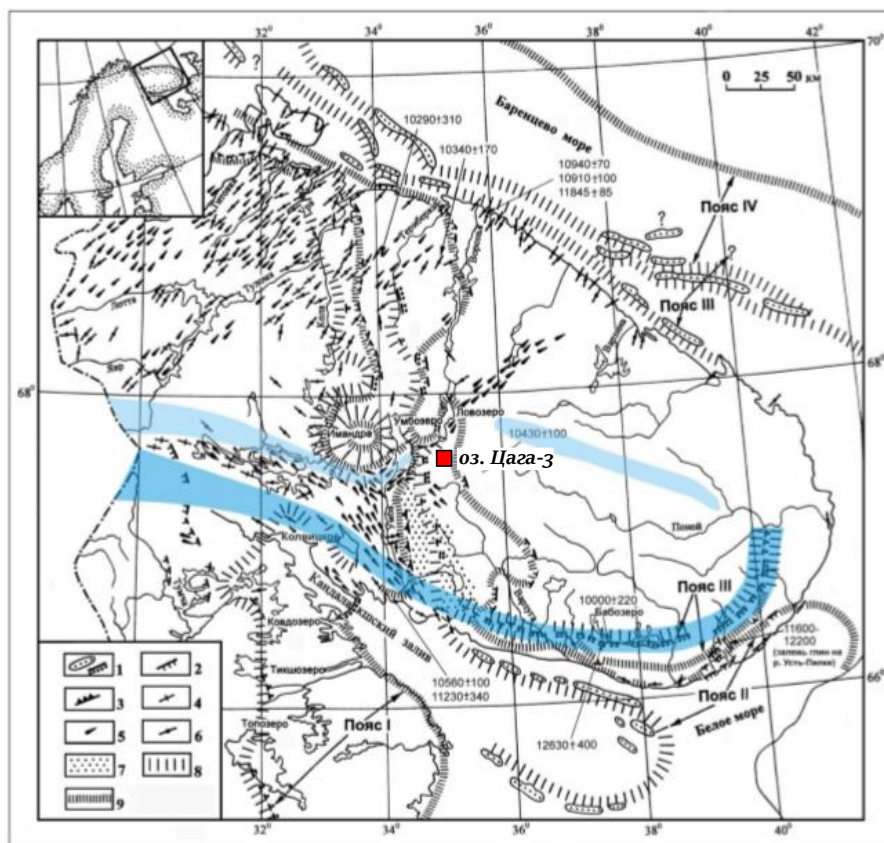


Рис. 5. Схема распространения ледниковых образований Кольского региона (Евзеров, 2015). 1 - гряда краевая и межлопастная напорно-насыпной морены; 2 – гряда напорной морены; 3 – маргинальный уступ; 4 – флюта; 5 – друмлины; 6 – ледниковый шрам; 7 – островная возвышенность; 8 – положение края ледника (или отдельной лопасти) при формировании насыпных конечно-моренных гряд внутренней полосы маргинального пояса в период межстадиального потепления; 9 – то же при образовании напорных конечно-моренных гряд внешней полосы маргинального пояса в период стадиального похолодания. Синим цветом маркирован ледораздел между Кольской и Беломорской ледниковыми лопастями, голубым - ледоразделы Кольской лопасти.

Дегляциация подчинялась следующей закономерности: быстрое недлительное потепление сменялось затем постепенным похолоданием, и так цикл за циклом. Поэтапно формировались пояса маргинальных образований – от более древних к более молодым, приближаясь к центру оледенения в Скандинавии. Причем, один пояс состоит обычно из двух полос: внутренней, которая сформировалась в так называемый небольшой «межстадиал» и представлена флювиогляциальными и озерно-ледниковыми осадками, и внешней, которая отвечает «стадиальной» фазе – вновь продвинувшемуся краю ледника, образующему преимущественно гряды напорных морен. На Кольском полуострове таких поясов насчитывается три (рис. 5). Древнейший пояс маргинальных образований, более или менее прослеженный на территории Кольского региона, расположен в южной и юго-

восточной частях полуострова, субпараллельно побережью. Более молодой пояс тянется от юга полуострова Рыбачьего до устья р. Териберки, далее, огибая с запада Ловозерские тундры, субмеридионально через весь полуостров, лишь у побережья Белого моря протягиваясь вдоль береговой линии. Формирование его внутренней полосы сопоставляется с потеплением бёллинг, а внешней – с похолоданием среднего дриаса. Наиболее молодой пояс расположен в западной части региона и прослеживается в субмеридиональном направлении: сближаясь, его внутренняя и внешняя полосы огибают Хибинский массив с запада, на юге же полосы сильно удалены друг от друга. Скорее всего, время формирования данного пояса отвечает событиям аллерёд – поздний дриас (Евзеров, 2015).

Важно отметить наличие прибрежно-морских отложений, указывающих на распространение морских трансгрессий. Хотя, в целом, с поднедриасового времени гляциоизостатическое поднятие суши Кольского полуострова опережало эвстатический подъем уровня океана (Греков, Субетто, 2015), в регионе насчитывается три трансгрессии, каждая из которых не была повсеместной (Евзеров, 2015). Известны морские отложения аллерёда на северном побережье полуострова (в Дальнезеленецкой губе (Кошечкин и др., 1971), в устье р. Туломы (Лаврова, 1960)). Позднедриасовая трансгрессия тяготеет к территории распространения ледника в данный холодный период, описаны флювиогляциальные дельты, ледниково-морские глины (в долинах р. Туломы, р. Колы (Лаврова, 1960)). Голоценовая трансгрессия тапес фиксируется только на участках побережья, в результате гляциоизостаии поднимавшихся с небольшой скоростью. Она также устанавливается в районе пос. Дальние Зеленцы (Snyder et al., 1996, Snyder et al., 1997) и юго-восточнее; на севере Кольского региона она не установлена.

Другие голоценовые отложения представлены несколькими типами: отложениями горных ледников, элювием, болотными и озерными отложениями (глава 1.3).

2.1.1. Палеогеографические события неоплейстоцена

На Кольском полуострове межледниковая эпоха МИС 7, к которой предположительно относятся отложения в долине р. Варзуги (глава 2.1), имела более теплые климатические условия, чем современные. Такой вывод сделан вследствие анализа малакофауны, в которой встречаются бореальные виды, не обитающие сегодня в Белом море. Отложения варзугского разреза накапливались на фоне регрессии морского бассейна (Лаврова, 1960; Евзеров, 2015).

В последующую ледниковую эпоху (МИС 6) оледенение было достаточно крупным (рис. 6) и покрывало территорию всего полуострова.

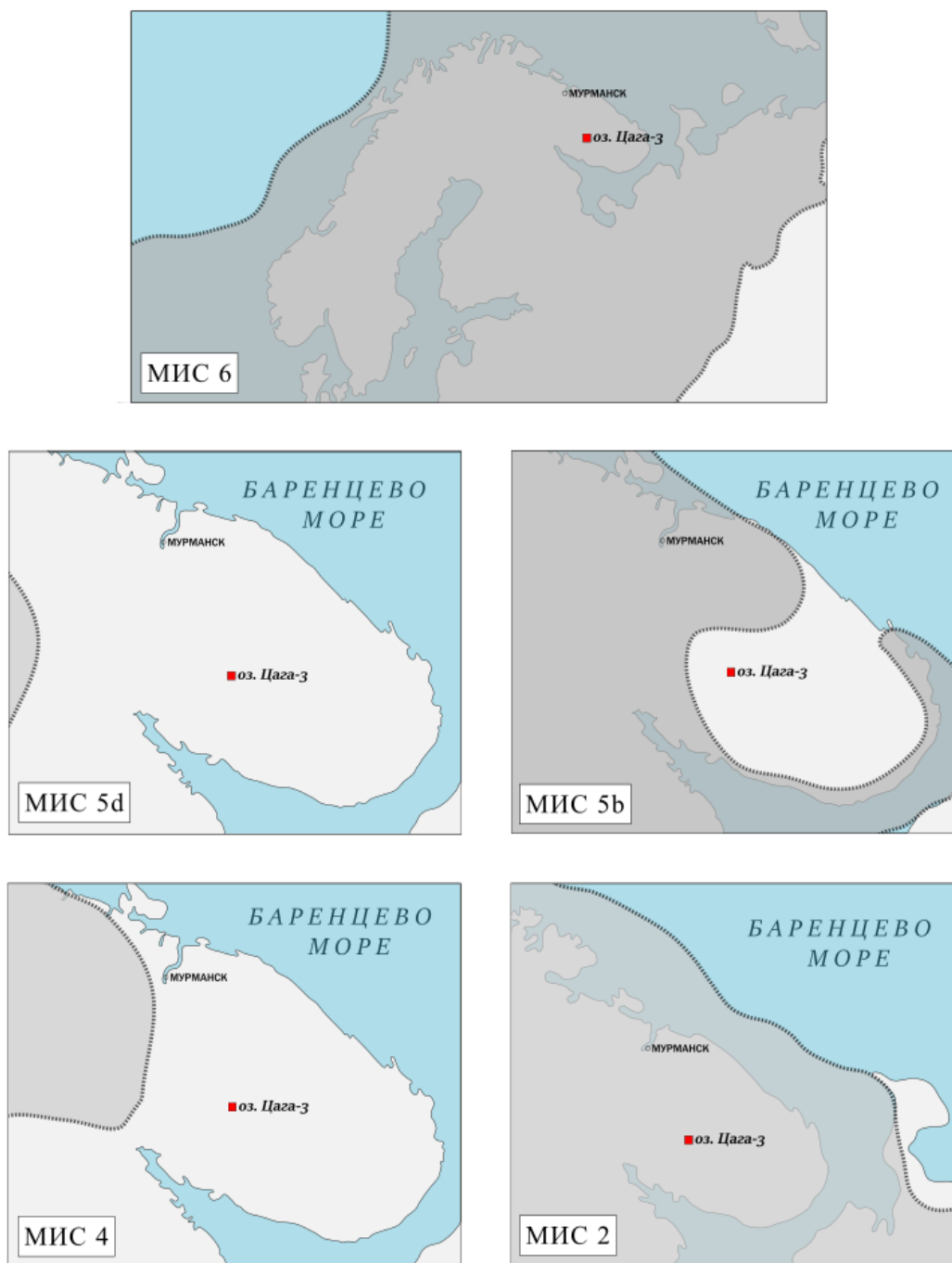


Рис. 6. Схемы максимального распространения ледникового покрова в разные ледниковые эпохи. МИС 6 – по Svendsen, Alexanderson, Astakhov et al. (2004); МИС 5d – по Mangerud (1991); МИС 5b – по Евзерову (2015); МИС 4 – по Евзерову, Николаевой (2011); МИС 2 – по Евзерову (2015).

Начало трансгрессии моря во время МИС 5е происходило в условиях еще довольно неблагоприятного климата. Максимум трансгрессии, по-видимому, превышал отметку в 150 м выше уровня моря. Значительная часть территории полуострова была покрыта водой, Баренцево и Белое моря соединялись многочисленными проливами. Климатический оптимум запаздывал, и пришелся уже на начальное время морской регрессии. В целом,

климат микулинского межледниковья определяется как более теплый, нежели современный, средние температуры морской воды в июле на востоке полуострова были выше приблизительно на 10°C (Евзеров, 2015). Благоприятные гидробиологические условия сохранялись на протяжении всей регрессивной фазы, испытав ухудшение только к завершению регрессии (Гудина, Евзеров, 1973).

В период стадиала хернинг (МИС 5d) климат Кольского полуострова был суровее современного. Развивалось горное оледенение. Для межстадиала брёруп (МИС 5c) характерен уровень моря ниже современного (-20 м) (Евзеров, 2015).

Границы оледенения в стадиал редесталл (МИС 5b) достоверно не установлены (глава 2.1), но с большой вероятностью занимали запад полуострова (рис. 6) (Евзеров, 2015). По данным Х. Гирваса (1991), ледник окаймлял южное и восточное побережья Кольского полуострова, так что восточная часть суши оставалась свободной ото льда.

Так, стрельнинская трансгрессия, очевидно, начиналась в условиях довольно неблагоприятного климата, однако в разрезах существенно холодноводные осадки не встречены, что может объясняться отступанием ледника именно в морскую котловину, а не на сушу. Максимальная отметка уровня моря во время этой трансгрессии составляла 70 м (Евзеров, 2015). Сам климат межстадиала Ковдора раннего (МИС 5a) традиционно считается близким к современному, или даже более теплым (Граве и др., 1969). Такой вывод сделан по данным палинологии. Однако, так как стрельнинские слои залегают на понойских с размывом, то пыльца отложений МИС 5a может являться переотложенной, а климат, в действительности, более суровым, чем современный. Это подтверждается данными микрофаунистического анализа, по результатам которого фауна понойских слоев беднее по разнообразию и числу теплолюбивых видов (Гудина, Евзеров, 1973).

Ранневалдайское оледенение (МИС 4), скорее всего, не занимало центральную и восточную части Кольского полуострова (рис. 6) (глава 2.1). Надвигавшийся с запада Скандинавский покровный ледник занимал лишь западную часть полуострова и с Карско-Баренцевоморским покровом на территории региона не соединялся.

Климат Ковдора позднего (МИС 3) был суровее современного, так как по результатам спорово-пыльцевого анализа отложений из карьера рудника «Железный» для этой эпохи характерен спектр тундровой растительности (Евзеров, Кошечкин, 1980), хотя сейчас данный разрез находится в северотаежной зоне.

В позднем валдае (МИС 2) ледник покрывал всю территорию Кольского полуострова. В целом, движение ледника происходило в восточном направлении, он имел две лопасти: Беломорскую и Кольскую, последняя из которых, в свою очередь, подразделялась еще на две части. В пределах Беломорской лопасти лед двигался главным образом на юго-восток и

вдоль побережья полуострова. Движение льда севера Кольской лопасти происходило в северо-восточном направлении, в южной части лопасти лед двигался на юго-восток.

Максимум распространения ледника пришелся на около 16-17 тыс. л.н., когда ледниковый покров достигал полуострова Канин (рис. 6). Ледник удалялся от современного Мурманского побережья более чем на 100 км, причем достигая акватории, его профиль, скорее всего, выполаживался, так как увеличивались скорости растекания ледника. Примерно в это же время уровень мирового океана был на 120 м ниже современного (Евзеров, 2015).

2.1.2. Палеогеографические события позднего неоплейстоцена и голоцена. Эволюция растительности полуострова

Дегляциация происходила ступенчато – в ходе климатических циклов от 500 до 2 тыс. л., с формированием нескольких маргинальных поясов (рис. 5). Сначала наблюдалось потепление, в ходе которого ледниковый покров терял подвижность, у края ледника формировались флювиогляциальные осадки; затем обычно происходили ухудшение климатических условий и последующая реактивация ледника (Евзеров, 2015).

Освобождение шельфа Баренцева моря ото льда произошло 13 тыс. л.н. (Polyak et al., 1995, Polyak, Mikhailov, 1996). В бёллинге на севере полуострова, вероятно, происходила небольшая трансгрессия, но вглубь материка морские воды не заходили. Море могло проникать на континент по мере дегляциации, однако с аллерёда на севере полуострова фиксируется регрессия. Также в бёллинге южное побережье полуострова освободилось от мертвого льда (Евзеров, 2015).

Восточная часть региона окончательно освободилась от активного ледника в конце аллерёда: в это время в этой части полуострова присутствовали только массивы мертвого льда (рис. 7) (Евзеров, 2015; Величко и др., 2017). В перигляциальных частях, занимающих западную часть Кольского региона, формировались арктические тундры, но на полуострове в оптимум аллерёда были развиты более теплолюбивые сообщества – берёзовые, сосново-берёзовые, елово-берёзовые редколесья в сочетании с травянистыми и кустарничково-моховыми тундрами (Величко и др., 2017). Во время повторного наступления ледника в позднем дриасе развивалась трансгрессия, которая проявилась только на территории вблизи ледникового покрова, что, скорее всего, объясняется возросшей нагрузкой вновь реактивировавшегося ледника на фоне малых скоростей поднятия уровня мирового океана. В западной части полуострова в позднем дриасе лед еще сохранялся и был расчленен морскими заливами (Евзеров, 2015; Величко и др., 2017). Территорию полуострова заняли открытые пространства травянистых и кустарничковых тундр (Величко и др., 2017), вытеснив существовавшие в аллерёде древесные группировки (Лебедева, 1984).

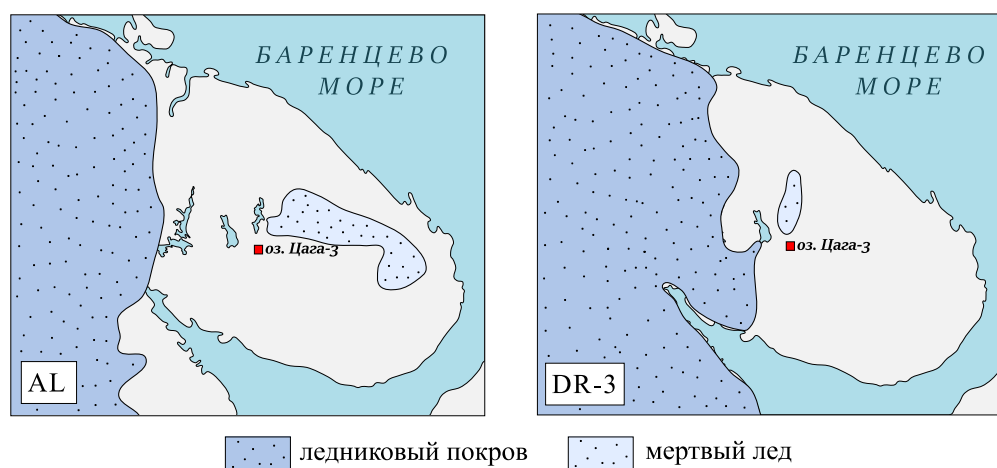


Рис. 7. Распространение ледникового покрова и массивов мертвого льда в позднем неоплейстоцене по Величко и др. (2017).

Облик региона в пребореальное время специфичен. Суша была расчленена заливами, проникавшими вглубь материка и ускорявшими дегляциацию. Где-то ледниковые массивы еще сохранялись, а где-то уже начинали формироваться перигляциальные ландшафты, представленные кустарничковыми фитокомплексами (Греков, Субетто, 2015). Но, в противоположность этой азональной картине, именно в пребореале начинают проявляться черты природной зональности в распространении растительности – южная граница тундры и лесотундры протягивается вдоль северного побережья Кольского полуострова (Лебедева, 1984). Березы и сосны также заселяют освобожденные ото льда территории (Греков, Субетто, 2015), господствует береза извилистая (Лебедева, 1984).

Окончательное стаивание покрова на западе происходит, судя по всему, только 9 тыс. л.н. – в пребореале – бореале (Vakhmutov et al., 1994), но массивы мертвого льда еще сохраняются в понижениях рельефа – впоследствии, в более теплые периоды они будут вытаивать и формировать озера (Николаева и др., 2015).

В бореальное время отмечается потепление климата в условиях небольшой влажности. На протяжении этого периода климат становится все более теплым. Согласно палинологическим реконструкциям, в первой половине периода фиксируется господство березы, сосна участвует в формировании лесного древостоя лишь в качестве небольшой примеси – и только в западной и центральной частях полуострова (Лебедева, 1984). К концу бореального времени березовые редколесья уступают место сосново-березовым северотаежным лесам (Николаева и др., 2015).

По данным многочисленных исследований (табл. 1 и др.) в атлантическое время установились наиболее благоприятные климатические условия. Практически исчезла зона тундры, а лесотундровая растительность продвинулась на север – к самому побережью Баренцева моря (Греков, Субетто, 2015). На полуострове появляются леса среднетаежного

типа – сосновые и березово-сосновые сообщества с богатым набором разнотравных видов (Николаева и др., 2015; Лебедева, 1984). Значительные площади занимают ольшаники (Лебедева, 1984).

Примерно в этот же период развивалась трансгрессия тапес (Лебедева, 1984), а именно, она приходилась на время от 8 до 6 тыс. л.н. (Corner et al., 2001), имела небольшую амплитуду и наблюдалась только на участках, испытывающих медленное поднятие (Евзеров, 2015).

Таблица 1. Наиболее теплый период голоцена по данным различных исследований. Календарный возраст указанных периодов рассчитан с использованием программы OxCal 4.3.

Наиболее теплый период		Методы	Ссылка
Некалиброванный возраст, л.н.	Калиброванный возраст, кал. л.н.		
7000 – 3500	7800 – 3800	Радиоуглеродное датирование древесины и анализ стабильных изотопов	Boettger et al., 2003
8000 – 4000	8900 – 4600	Спорово-пыльцевой анализ	Snyder et al., 2000
	7000 – 4000	Микрофаунистический анализ	Pyashuk et al., 2005
7500 – 5000/4500	8300 – 5700/5200	Спорово-пыльцевой анализ	Kremenetski et al., 1997
7000 – 4500	7800 – 5200	База палеогеографических данных «Q-KOLA»	Греков, Субетто, 2015
8000 – 4000	8900 – 4600	Спорово-пыльцевой анализ	Kremenetski et al., 1999
	9000 – 5400/5000	Спорово-пыльцевой, диатомовый и геохимический анализы	Solovieva, Jones, 2002
8000 – 6000	8900 – 6800	Изотопный анализ	Wolfe et al., 2003
	8000 – 5000	Микрофаунистический анализ	Voronina et al., 2001
8000 – 4600	8900 – 5300	Спорово-пыльцевой анализ	Николаева и др., 2015
7000 – 3800	7800 – 4200	Спорово-пыльцевой анализ	Елина и др., 2002
7000 – 6000	7800 – 6800	Спорово-пыльцевой анализ	Matishov et al., 2005

Климат суббореального периода характеризуется как прохладный и влажный с последующим потеплением. Северная граница леса вновь продвигается на юг и принимает практически современное свое положение (Лебедева, 1984). В это время на полуострове распространяется ель на фоне господства сосны. Леса становятся скорее северотаежными (Николаева и др., 2015).

Новое похолодание наблюдается на рубеже суббореального и субатлантического периодов – хотя растительность существенно не меняется (Лебедева, 1984). Господствуют елово-сосновые и березово-сосновые леса (Николаева и др., 2015). Зональность типов растительности приобретает современный вид (глава 1.8).

2.2. Периодизация и биостратиграфия позднего неоплейстоцена и голоцена

В предыдущих главах (главы 2.1, 2.1.1 и 2.1.2) для временной привязки событий использовалась схема Блитта-Сернандера, подразделяющая позднеледниковье и послеледниковье на несколько хронозон. Первоначально схема, разработанная А. Блиттом (1876), базировалась на палеоклиматической интерпретации спорово-пыльцевых спектров торфяников Норвегии и не имела точных возрастных рубежей. Аналогичные

палинологические комплексы позднее получил Р. Сернандер (1894), изучая торфяники Швеции (Шарапова, 2005).

Схема Блитта подразделялась на 6 периодов: арктический и субарктический – для позднего неоплейстоцена, и бореальный, атлантический, суббореальный, субатлантический – для голоцена. Последующие исследования совершенствовали схему, которая на данный момент имеет следующие подразделения: нижний дриас (DR-1), бёллинг (BØ), средний дриас (DR-2), аллерёд (AL), верхний дриас (DR-3), пребореал (PB), бореал (BO), атлантик (AT), суббореал (SB), субатлантик (SA). На основе спорово-пыльцевого анализа и результатов радиоуглеродного датирования Т. Нильссон (1964) установил временные рамки климатических периодов и, опираясь на схему Блитта-Сернандера, создал схему периодизации для Южной Швеции. Я. Мангерудом и коллегами (1974) в результате обобщения данных палинологического анализа и радиоуглеродного датирования отложений Южной Скандинавии также была разработана подобная схема. Для Северной Евразии СССР (севернее параллели 50° с.ш.) хронология климатических периодов была разработана Н.А. Хотинским (1987) (Шарапова, 2005).

Таблица 2. Границы климатических периодов позднего неоплейстоцена и голоцена по данным исследований разных авторов. Календарный возраст рассчитан с использованием программы OxCal 4.3.

Границы периодов	Схема Т. Нильссона для Южной Швеции (1964)		Схема Я. Мангеруда и др. для Южной Скандинавии (1974)		Схема Н.А. Хотинского для Северной Евразии (1987)	
	Некалиброванный возраст, л.н.	Календарный возраст, кал. л.н.	Некалиброванный возраст, л.н.	Календарный возраст, кал. л.н.	Некалиброванный возраст, л.н.	Календарный возраст, кал. л.н.
DR-1/BØ			13000	15600		
BØ/DR-2			12000	13800		
DR-2/AL			11800	13600		
AL/DR-3			11000	12800	11000	12800
DR-3/PB			10000	11500	10300	12100
PB/BO	9700	11200	9000	10200	9300	10500
BO/AT	8000	8900	8000	8900	8000	8900
AT/SB	5000	5700	5000	5700	4900/4600	5700/5300
SB/SA	2200	2200	2500	2600	2500	2600

Данные схемы являются, наиболее известными и широко распространены. Однако они не в полной мере отражают особенности Кольского региона. Попытки корреляции биостратиграфических зон разрезов территории Кольского полуострова предпринимались А.А. Никоновым (1968), Е.С. Малясовой (1973) – однако эти исследователи не располагали данными радиоуглеродного датирования. Р.М. Лебедева (1981), используя материалы ¹⁴C-датирования (Арсланов и др., 1972; Кошечкин и др., 1971, 1973; Гурина и др., 1974; Киселев и др., 1974), а также общеизвестные особенности выделения подразделений голоцена, такие как: 1) максимум пыльцы ели в субатлантике; 2) появление пыльцы ели в суббореале; 3) верхний суббореальный максимум пыльцы широколиственных пород; 4) нижний

атлантический максимум пыльцы широколиственных; 5) рациональная граница кривой содержания пыльцы ольхи в начале атлантического периода; 6) пересечение или сближение кривых содержания пыльцы сосны и березы на границе атлантического периода; 7) добореальный максимум пыльцы березы, – предложила биостратиграфическую схему для Кольского полуострова с абсолютно датированными границами периодов (табл. 3).

А.Ю. Шарапова (2005), обобщая материалы исследований разрезов Кольского полуострова и Норвегии (Vorren, Alm, 2002; Snyder et al., 2000; Gervais et al., 2002), также предложила датированную биостратиграфическую схему для Северной Фенноскандии (табл. 3), используя следующие палинологические признаки: 1) господство пыльцы *Oxyria sp.* и *Artemisia sp.* в позднедриасовых спектрах; 2) преобладание пыльцы *Betula spp.* и *Ericales* в пребореальный период; 3) преобладание пыльцы *Betula spp.* и спор *Lycopodium* – в бореальный; 3) господство *Pinus sylvestris* и максимум ольхи в атлантическое время; 4) *Pinus sylvestris* и *Betula spp.* – в суббореальное; 5) максимумы пыльцы *Picea obovata* и спор *Sphagnum* в субатлантической зоне.

Таблица 3. Границы климатических периодов позднего неоплейстоцена и голоцена для Кольского полуострова и Северной Фенноскандии. Календарный возраст рассчитан с использованием программы OxCal 4.3. СЗ – северо-запад, Ю – юг.

Границы периодов	Схема Р.М. Лебедевой для Кольского полуострова (1981)		Схема А.Ю. Шараповой для Северной Фенноскандии (2005)	
	Некалиброванный возраст, л.н.	Календарный возраст, кал. л.н.	Некалиброванный возраст, л.н.	Календарный возраст, кал. л.н.
DR-3/PB			10000	11500
PB/BO	СЗ: 9500/9090 Ю: 8800/8670	СЗ: 10800/10240 Ю: 9800/9600	9000	10200
BO/AT	7880/7740	8650/8510	8200	9200
AT/SB	4660/3090	5400/3300	5200	6000
SB/SA	2700/1960	2800/1880	2300	2300

Признаки выделения климатостратиграфических зон в разрезах Кольского полуострова по данным разных авторов приведены в таблице 4. Основные черты расчленения часто совпадают для одних и тех же периодов и, в целом, хорошо согласуются с вышеперечисленными особенностями. Наиболее типично признаки выражены в разрезах оз. Цага-3, оз. КЗ-33, оз. Имандра.

Таблица 4. Особенности выделения климатостратиграфических зон разрезов голоценовых озерных отложений Кольского полуострова. Местоположение разрезов представлено на рис. 8А, ссылки на источники – в таблице 5.

№	Название разреза	Основные особенности				
		PВ	ВО	АТ	SB	SA
3	Канентъявр	Максимум <i>Betula</i> , максимум <i>Ericales</i> , максимум <i>Lycopodium</i>	Максимум Роасеае,	Доля <i>Pinus</i> превышает долю <i>Betula</i> , появление <i>Alnus</i> , <i>Polypodiaceae</i>	Снижение <i>Pinus</i> , максимум	Максимум <i>Picea</i>
4	КР-33	Максимумы <i>Salix</i> , <i>Ericales</i> , <i>Cyperaceae</i> , <i>Роасеае</i> , <i>Artemisia</i> , <i>Chenopodiaceae</i> , <i>Polypodiaceae</i>	Максимум <i>Betula</i>	Доля <i>Pinus</i> превышает долю <i>Betula</i> , появление <i>Alnus</i>	Снижение <i>Pinus</i> , появление <i>Picea</i>	Максимум <i>Picea</i> , снижение <i>Betula</i> , максимум <i>Sphagnum</i>
6	Сейдозеро	Максимумы <i>Betula</i> , максимум <i>Artemisia</i>	Максимум <i>Betula</i> , максимумы <i>Cyperaceae</i> и <i>Роасеае</i>	Доля <i>Pinus</i> превышает долю <i>Betula</i> , максимум <i>Alnus</i>		Повышение <i>Picea</i> , максимум <i>Picea</i>
7	Имандра	Максимум <i>Betula</i> , максимумы <i>Polypodiaceae</i> и <i>Lycopodium</i>	Доля <i>Pinus</i> превышает долю <i>Betula</i> , максимум <i>Pinus</i>	Появление <i>Alnus</i>	Появление <i>Picea</i> , максимум <i>Picea</i>	
8	Цага-3	Максимумы <i>Betula nana</i> , <i>Salix</i> , <i>Ericales</i> , <i>Artemisia</i> , <i>Chenopodiaceae</i>	Максимум <i>Betula</i> , максимумы <i>Polypodiaceae</i> и <i>Equisetum</i>	Доля <i>Pinus</i> превышает долю <i>Betula</i> , появление <i>Alnus</i> , верхний максимум широколиственных	Снижение <i>Pinus</i>	Повышение <i>Betula nana</i> , максимум <i>Picea</i>
9	Бабинская Имандра, озеро 5		Максимумы <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> и <i>Betula nana</i> , нижние максимумы <i>Cyperaceae</i> и <i>Роасеае</i> , максимум <i>Ericales</i> , максимум <i>Polypodiaceae</i>	Появление <i>Alnus</i> , максимум широколиственных	Повышение <i>Picea</i> , снижение <i>Alnus</i>	Максимум <i>Picea</i>
10	Каменистое	Максимумы <i>Salix</i> , <i>Artemisia</i> , <i>Chenopodiaceae</i>	Максимум <i>Betula</i> , максимумы <i>Polypodiaceae</i> и <i>Lycopodium</i>	Доля <i>Pinus</i> превышает долю <i>Betula</i>	Максимум <i>Picea</i>	
11	Чурозеро	Максимумы <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> , <i>Salix</i> , <i>Ericales</i> , <i>Artemisia</i>	Доля <i>Pinus</i> превышает долю <i>Betula</i> , максимум <i>Chenopodiaceae</i>	Максимум <i>Pinus</i> , повышение <i>Alnus</i>	Снижение <i>Pinus</i> , максимум <i>Picea</i> , максимум <i>Alnus</i>	
13	Пасмлабина	Максимум <i>Betula</i> , максимум <i>Cyperaceae</i> , максимум <i>Lycopodium</i>		Появление <i>Alnus</i> , максимум <i>Pinus</i>		Максимум <i>Picea</i> , максимум <i>Ericales</i>

В данной работе при сборе данных палинологической изученности Кольского региона (глава 2.3) в сводную таблицу (табл. 5) была сделана попытка для каждого разреза показать хронологию отдельных этапов развития растительности – без привязки границ этапов к

подразделениям схемы Блитта-Сернандера – но материалы исследований озерных разрезов, на которых и концентрируется данная работа, немногочисленны. Кроме того, не хватает современных детальных микропалеонтологических исследований, обеспеченных данными радиоуглеродного датирования. Это затрудняет привязку границ смены растительных сообществ к абсолютному возрасту. Поэтому, в большинстве случаев, опубликованные результаты спорово-пыльцевого анализа и реконструкции на их основе привязаны к схеме Блитта-Сернандера.

Стоит отметить, что в последних работах, например, в статье, посвященной изучению оз. Имандра (Lenz et al., 2021), авторы отошли от схемы Блитта-Сернандера и рассматривают события голоцена с позиции глобальных подразделений (Walker et al., 2019). Работы, использующие микрофаунистический метод в качестве инструмента исследования, шкалу Блитта-Сернандера вообще традиционно не применяют (Pyashuk et al., 2005, 2013; Grönlund et al., 2002; Толстоброва и др., 2016 и т.д.).

Однако, как уже упоминалось, абсолютное большинство работ, связанных с палинологическим анализом, не отходят от климатостратиграфической шкалы, часто увязывая ее с биостратиграфическим расчленением разрезов, и используют ее в реконструкциях растительности и в ходе корреляции разрезов. По нашему мнению, схема Блитта-Сернандера удобна для дальних корреляций отложений голоцена, но для региональных реконструкций она недостаточна, и есть необходимость создания детальных региональных биостратиграфических схем.

2.3. Биостратиграфия и литология озерных отложений Кольского полуострова

Кольский регион достаточно детально изучен палинологически. В данной работе рассматриваются результаты спорово-пыльцевого анализа только озерных отложений. Это связано со спецификой формирования спорово-пыльцевых спектров в озерах и болотах. Автором обобщены материалы по 13 разрезам озерных отложений (рис. 8), охватывающим поздний неоплейстоцен и голоцен.

На рисунке 8А представлено расположение изученных разрезов озерных осадков, для удобства даны границы современных природных зон. Рисунок 8Б отражает литологические особенности колонок.

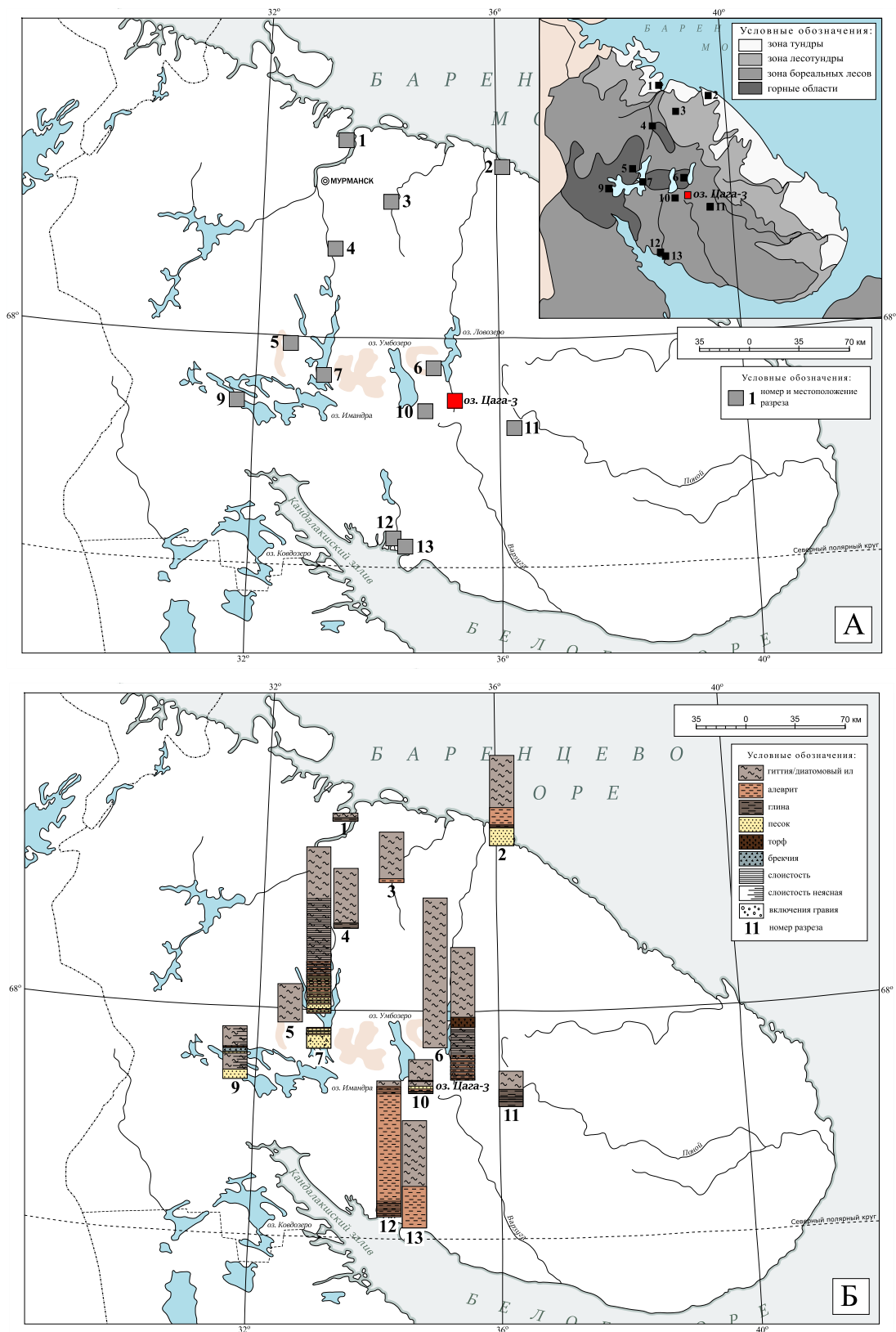


Рис. 8. Схема палинологической изученности и современной геоботанической зональности Кольского региона (Флора Мурманской области, 1953) (А) и литология исследованных разрезов (Б). Названия разрезов указаны в табл. 5.

С целью сопоставления биостратиграфических зон и этапов развития растительности западной части Кольского полуострова была составлена таблица, которая объединяет

разрезы, характеризующие отложения позднеплейстоценового и голоценового возраста (табл. 5). Данные о господствующем в тот или иной период типе растительности взяты непосредственно из статей. В таблице нет четкой привязки к схеме периодизации Блитта-Сернандера, а указаны только временные границы опубликованных в статьях этапов развития растительности, поэтому цветом показано их сопоставление с климатическими периодами схемы – в случае, если сами авторы посчитали нужным сопоставить этап с периодом схемы. Недатированные границы (отмеченные пунктиром) приведены в соответствии со схемой Н.А. Хотинского (1987) для Северной Евразии.

Наиболее древние и мощные (более 8 м) отложения охарактеризованы в осадках оз. Имандра. Нижняя часть колонки, которая в литологическом отношении представляет собой крупнозернистые пески с гравием, сопоставляется с хронозоной бёллинг – аллерёд. Следующим зафиксированным событием является похолодание позднего дриаса, которому в литологической колонке соответствует переслаивание глин и мелкозернистых песков. В колонке оз. Чурозеро, гораздо более скромной в отношении мощности (около 1,5 м), также выделяются хронозоны среднего дриаса, аллерёда и позднего дриаса, которым в керне соответствуют плотные массивные глины, а далее вверх по колонке и ленточные глины. В озерах Ярнышное-3, Канентъявр и Пасмламбина также наблюдаются осадки, сформированные в позднедриасовое время, но только в одном разрезе – озера Ярнышное-3 – отложения, соответствующие данной хронозоне, – слоистые.

Пребореальное – бореальное время охватывают уже практически все разрезы. В разрезе оз. Ярнышное-3 в пребореальном периоде накапливаются бедные органикой алевриты, в бореале – гиттии; в оз. КР-33 – глина и гиттии соответственно в данные периоды; оз. Канентъявр в течение двух периодов формируются диатомовые илы, в оз. Пасмламбина – глинистые илы, в оз. Сейдозеро – диатомовые илы. Оз. Имандра, оз. 4 близ пос. Умба и оз. Цага-3 – водоемы, где в это время накапливаются слоистые осадки (глины или алевриты).

В атлантическое время почти во всех озерах накапливаются неслоистые, богатые органикой отложения, исключение составляют только несколько водоемов. В озере 4 близ пос. Умба формируются алевриты. Отложения озера Имандра – слоистые глинистые илы. В оз. Цага-3 накапливаются слоистые гиттии, а затем торф. Наконец, в суббореальное – субатлантическое время почти во всех озерах формируются богатые органикой неслоистые илы и гиттии.

Помимо озера Имандра и Цага-3, которые имеют довольно нетипичные схемы осадконакопления, интерес представляет также и озеро 5 в районе озера Имандра. Здесь основную часть колонки составляет неясно слоистая гиттия, но есть и прослой торфа, а

также уникальный брекчированный горизонт, формирование которого связывается с сейсмическим событием в регионе (Николаева и др., 2015).

Осадки оз. Имандра, оз. Сейдозеро, оз. 4 близ пос. Умба и оз. Цага-3 характеризуются повышенными мощностями. В каждом из водоемов мощность голоценовых отложений превышает 5 м. Осадки оз. Сейдозеро (6,2 м) и оз. Цага-3 (5,5 м) охватывают практически весь голоцен. Мощность голоценовых отложений оз. Имандра составляет 5,16 м.

Так, колонки почти всегда начинаются с более крупнозернистых отложений. В пребореальное – бореальное время часто накапливаются слоистые отложения, но могут накапливаться и осадки массивной текстуры. Слоистость в атлантическое время проявляется только в двух разрезах – оз. Цага-3 и оз. Имандра. Вверх по разрезу бедные органикой пески, глины, алевролиты обычно сменяют более органические гиттии, диатомовые илы.

Таблица 5 дает общие представления о смене типов растительности Кольского региона во времени и пространстве. В аллерёде строго тундровая растительность среднего дриаса кое-где сменяется ерниковыми и березовыми лесотундрами и редколесьями – впрочем, мы располагаем данными лишь для центральной части территории (оз. Чурозеро). В позднем дриасе господствуют тундры, причем в районе оз. Чурозеро и оз. Пасмламбина наблюдаются островки распространения древесных форм – березовых тундр и криволесья, тогда как на севере (оз. Ярнышное-3) присутствуют, в основном, кустарниковые формы. Однако, несколько южнее оз. Ярнышное-3, в районе оз. Канентъявр, в позднем дриасе наблюдается лесотундровая растительность.

Пребореал отмечен уже почти повсеместным появлением лесотундровых сообществ. Однако, какой-либо зональной закономерности, судя по материалам реконструкций из таблицы 4, не наблюдается. В большинстве районов действительно отмечается господство березовых лесотундр, лишь в районах оз. КР-33, оз. Каменистое и оз. 4 близ пос. Умба реконструирована тундровая растительность.

Бореальный период выражен неоднозначно в разных районах Кольского полуострова. На севере (оз. Ярнышное-3) реконструирована строго тундровая растительность. Выделяется район оз. Канентъявр: в бореальное время для него были характерны березовые лесотундры и редкостойные леса (впрочем, для данной территории и в позднедриасовое – пребореальное время реконструирована более лесистая растительность, чем в близлежащих разрезах). На остальной территории господствовали березовые леса (оз. КР-33, оз. Сейдозеро, оз. Каменистое, оз. Пасмламбина, оз. Цага-3), березовые леса с примесью сосны или сосново-березовые леса (оз. 5, оз. Каменистое, оз. Чурозеро, оз. 4), реже березовые лесотундры (оз. 5, оз. Сейдозеро, оз. Чурозеро, оз. Пасмламбина). Отдельно стоит лишь район оз. Чуна,

тундровая растительность которого в бореальном периоде объясняется, вероятно, высотной поясностью.

В атлантическое время почти повсеместно появляется сосна. Сосново-березовые и березово-сосновые леса реконструированы для всех разрезов, кроме разреза оз. Канентъявр, где в это время господствуют редкостойные березовые леса, и оз. Чуна, в районе которого произрастают горные березовые лесотундры.

В суббореальный период распространяется ель: чаще в сосново-березовых и березово-сосновых лесах появляется ее примесь, кое-где эта порода формирует елово-сосновые и еловые леса. В северных разрезах (оз. Ярнышное-3, оз. Канентъявр, оз. КР-33, оз. Сейдозеро) появление ели в суббореальное время не отмечено. Не фиксируется и ее появление в самом южном разрезе озера Пасмлабина.

Субатлантическое время не отмечено существенными изменениями в растительности, и в некоторых разрезах суббореальный и субатлантический периоды даже не расчленены (оз. Имандра, оз. Каменистое). На севере распространены тундры (озеро на о. Большой Олений) и лесотундры (оз. Ярнышное-3, оз. Канентъявр). В некоторых районах, где в суббореальный период не было зафиксировано распространение ели в лесах, эта порода появляется (оз. КР-33, оз. Сейдозеро, оз. Пасмлабина).

Эволюция растительности и биостратиграфия озерных отложений Кольского полуострова, представленная в данной главе на примере конкретных разрезов, в целом, согласуется с данными литературных источников (глава 2.1.2). Зональное расположение природных зон и их, как, казалось бы, закономерное продвижение в более южные или северные районы по материалам представленной таблицы фиксируется не слишком успешно, но, с другой стороны, отсутствие четкой и строгой закономерности иллюстрирует вывод о мозаичности и комплексности растительного покрова Кольского полуострова в прошлом и в современное время (Лебедева, 1984).

Таблица 5. Сопоставление типов растительности в позднем неоплейстоцене – голоцене по данным спорово-пыльцевого анализа донных отложений озер Кольского полуострова.

№	Название озера	Местоположение высота над у.м.	Хронология													Ссылка		
			14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2		1	0
<i>По схеме Хотинского для Северной Евразии (1987)</i>			AL	DR-3	PВ		ВО			АТ			SB			SA	кал. тыс. л. н.	
1	О. Большой Олений	69°13' с.ш., 33°29' в.д.; 7 м														Лш-Кч и Ер- Кч Т	Лш Т	Сапелко и др., 2016***
2	Ярнышное-3	69°04' с.ш., 36°04' в.д.; 54 м			Кч-Тр Т		Ер Т и Б Лг		С Л				Т и Р Б Лг					Snyder et al., 2000****
3	Канентъявр	68°52' с.ш., 34°07' в.д.; 205			Б Лг	Б Лг	Р Б Л		Р Б Л				Р Б Л			Б Лг		Малясова и др., 1974***
4	КР-33	68°34' с.ш., 33°12' в.д.; ≈150 м*					Б, И, В Т	Б Л		Б-С Л			Б-С Л			Б-С Л с Е		Matishov et al., 2004****
5	Чуна	67°57' с.ш., 32°29' в.д.; 475 м							Г Т	Г Б Лг			Г Б Лг			Г Т		Solovieva, Jones, 2002
6	Сейдозеро	67°49'10" с. ш. 34°51'10" в. д.; 189 м*			Б Лг		Б Лг		С-Б Л				С-Б Л			С-Е Л с Б		Малясова и др., 1974***
7	Имандра	67°42'56" с.ш., 33°05'6" в.д.; 127 м	Е-Б Р Л	Ер, И, В Т	Р Б Л с С		С Л с Б		Б-С Л с О				Е-С Л с Б					Костромина, 2019*****
8	Цага-3	67°33'58" с.ш., 35°07'38" в.д.; 172 м			Ер, И, В Т и Б Лг		Р Б Л		С-Б Л		С-Б Л с О		С-Б и Е-Б с О			С-Б и Е-Б Л		
9	Бабинская Имандра, озеро 5	67°32' с. ш., 31°45' в.д.; 133,4					Р С-Б Л		С-Б Л				С-Б Л с Е			Е-С и Б-С Л		Николаева и др., 2015****
10	Каменистое	67°30' с. ш., 34°38' в. д.; 205,5 м				Т	Ер, И и Тр Т	Б Л с С		Б-С Л с Лщ			Е Л с С и Б					Крикунова, 2019*****
11	Чурозеро	67°25' с.ш., 36°10' в.д.; ≈178 м**	Тр и Зл Т, Ер Лг	Тр Зл Т, Ер и Б Лг	Тр-Кч Т, Ер и В Т и Лг		Б Лг и Р Б и Б-С Л		Б и С-Б Л				С-Б Л с О и Е					Павлова и др., 2011***
12	Пос. Умба, озеро 4	66°43' с.ш., 34°13' в. д.; 31,9 м			Кч-Ер Т		С Л с Б и О, Е											Сапелко и др., 2015***
13	Пасмлабина	66°42' с.ш., 35°27' в. д.; 140 м*			Б Лг	Б Лг		Р Б Л		С-Б Л и Б Л			С-Б Л и Б Л			С-Б Л с Е		Малясова и др., 1974***

В тексте работы автор статьи отнес тот или иной период к:	Т	Тундра	Кч	Кустарничковый
Аллерёд	Лт	Лесотундра	В	Вересковый
Поздний дриас	Л	Лес	Ер	Ерниковый
Пребореальный период	Г	Горный [ая, ое, о- (далее без уточнения)]	Б	Березовый
Бореальный период	Р	Редкостойный	И	Ивовый [Ива]
Атлантический период	Лш	Лишайниковый	С	Сосновый [Сосна]
Суббореальный период	Тр	Травяной	Е	Еловый [Ель]
Субатлантический период	Зл	Зеленомошный	О	Ольха

* В статье не была указана высота поверхности озера над уровнем моря. Материалы в таблице приведены в соответствии с данными программы Google Earth.

** В статье не были указаны точные координаты местоположения и высота над уровнем моря. Материалы в таблице приведены в соответствии с данными программы Google Earth.

*** В статье не были получены точные границы периодов, выраженные числовыми значениями, а использована условная схема периодизации. В таблице границы расставлены в соответствии со схемой Н.А. Хотинского (1987).

**** Радиоуглеродные датировки, указанные в статье, не были калиброваны. В таблице границы выделенных периодов указаны уже в соответствии с калиброванным возрастом. Возраст указанных периодов рассчитан с использованием программы OxCal 4.3.

***** Не опубликовано.

Глава 3. Материалы и методы обработки

Полевой этап исследований проходил в ходе экспедиционных работ, проводимых Геологическим институтом Кольского научного центра РАН (г. Апатиты) под руководством В.В. Кольки летом 2019 года, и включал бурение и отбор проб донных отложений оз. Цага-3. В полевых работах автор участия не принимал. Камеральные исследования, за исключением геохимического опробования, проводились в научной лаборатории «Геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана» Института наук о Земле СПбГУ. Данный этап включал спорово-пыльцевой анализ 81 пробы, радиоуглеродное датирование 3 образцов из средней части разреза, анализ потери массы при прокаливании, выполненный для 73 проб. Результаты геохимических исследований были предоставлены автору также коллективом Геологического института Кольского научного центра РАН.

Спорово-пыльцевой анализ включал предварительную химическую обработку 81 пробы, выполненную под руководством Л.А. Савельевой, микроскопирование образцов (совместно с Л.А. Савельевой, автором выполнен анализ 18 проб), статистическую обработку результатов. Данные спорово-пыльцевого анализа также использовались в качестве основы для метода биомизации.

3.1. Бурение и отбор проб донных отложений оз. Цага-3

Работы в районе оз. Цага-3 проводились с 30.06 по 05.07.2019 и были частью более длительной экспедиции, проводимой Кольским научным центром с 17.06 по 05.07.2019. Бурение оз. Цага-3 и отбор проб заняли два дня с 03.07 по 04.07.2019.

Оз. Цага-3 представляет собой небольшой водоем, берега которого заболочены. Вопрос о сточности водоема остается нерешенным: согласно топографической карте (Лист Q-36-22 А,Б, гора Каменник) с севера озеро соединяется с р. Цагой безымянным ручьем, однако данные полевых наблюдений говорят об обратном. Можно предположить, что ручей либо пересыхает в летнее время, либо находится в процессе зарастания, как и берега самого озера. Схема типов растительности района работ (рис. 9) построена автором по данным дешифрирования на основе программы Google Earth и сайта Earth Explorer, а также с использованием соответствующей литературы (Мальшева, 2014). Основные характеристики озера приведены в табл. 6.

Таблица 6. Основные характеристики оз. Цага-3 и сведения о точке бурения.

Характеристики оз. Цага-3	
Урез воды	172 м
Максимальная глубина (по данным эхолотирования)	3,2 м
Площадь поверхности	7000 м ²
Форма в плане	овал
Длина большой оси	180 м
Азимут простираения большой оси	160°±5°
Сведения о бурении	
Широта	67°33'58.2" с.ш.
Долгота	35°07'38.4" в.д.
Глубина в точке бурения	3,0 м

Предварительно, перед началом буровых работ, проводились батиметрические исследования. Глубины измерялись портативным сонаром, в результате чего была составлена соответствующая карта (рис. 9).



Рис. 9. Местоположение и карта промера глубин оз. Цага-3 и схема типов растительности. 1 – место бурения скважины; 2 – очертания водных объектов; 3 – бесымянный ручей, обозначенный на топографической карте, но не обнаруженный в ходе полевых работ; 4 – изобаты, проведены через 1 м; 5 – растительность, характерная для низинных болот (начальных этапов зарастания водоема); 6 – разреженный еловый лес; 7 –

елово-березовый лес; 8 – березово-сосновый лес с примесью ели; 9 – луговая растительность.

Бурение производилось в точке с координатами 67°33'58.2" с.ш., 35°07'38.4" в.д., в южной части озера. Платформа для бурения была установлена на катамаране, который фиксировали на воде грузами. Бурение осуществлялось торфяным буром с пробоотборником, длиной 1 м и диаметром 7 см. Общая длина керна составила 5,5 м. Фактическая глубина в точке бурения составила 3 м.

Из керна было отобрано более 300 проб. Нижний метр, с 8,50 до 7,50 м (97 проб), отобран особенно детально – через каждый сантиметр, – с целью зафиксировать кратковременные изменения климата и растительности. Остальные образцы отбирались через каждые 2 см (224 пробы).

Сверху вниз в разрезе вскрыты следующие типы отложений:

3,00–6,25 м – гиттия коричневая с растительными остатками. В интервале 4,10–4,20 отмечается небольшое изменение оттенка на более светлый. В интервале 4,00–4,10 м – оливковый оттенок. Интервал 4,58–4,73 м неявно слоистый. Интервал 4,73–4,90 м более пористый, чем выше- и нижележащие осадки.

6,25–6,60 м – торф коричневого цвета. Верхняя и нижняя границы резкие.

6,60–7,50 м – гиттия слоистая, слои от светло-коричневого до черного цвета. Черные слои отмечаются в интервале 7,20–7,50 м. В интервале наблюдаются растительные остатки (листья, стебли болотницы).

7,50–7,54 м – постепенный переход в вышележащий интервал. Появляется коричневый оттенок. Интервал слоистый.

7,54–8,45 м – слоистый интервал черного, темно-серого цвета, представленный алевритом с органикой. На глубине 7,87 м отмечается серый слой мощностью 5 мм. В интервале присутствует большое количество растительных остатков. В интервале 7,90–7,95 обнаружены единичные зерна гравия размером от 2 до 4 мм.

8,45–8,50 м – алеврит слоистый с песком и единичными зернами гравия.

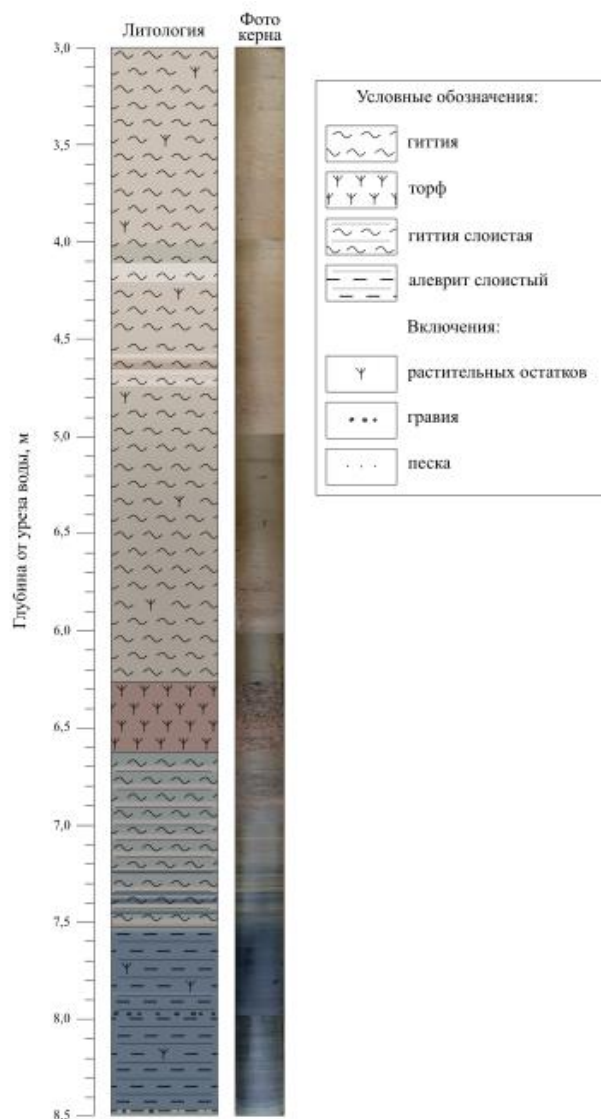


Рис. 10. Литологическая колонка разреза оз. Цага-3 (фото Толстоброва Д.С.).

3.2. Радиоуглеродное датирование образцов

Определение абсолютного возраста отложений методом радиоуглеродного датирования выполнялось для 3 образцов из средней части разреза. Исследования проводились в научной лаборатории «Геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана» Института наук о Земле СПбГУ по стандартной методике (Арсланов Х.А. и др., 1987). Результаты геохронологических исследований, интервал отбора образцов и тип датируемых осадков приведены в таблице 7. Календарный возраст рассчитан с использованием калибровочной программы «OxCal 4.4.2» (калибровочная кривая «IntCal 20»).

Таблица 7. Результаты радиоуглеродного датирования образцов из кернa оз. Цага-3.

Лабораторный номер образца	Тип осадков	Интервал (глубина от уреза воды) отбора, м	Радиоуглеродный возраст, лет	Калиброванный (календарный) возраст, кал. лет
ЛУ-9792	гиттия	4,44-4,50	4320 ± 230	4920 ± 320
ЛУ-9793	гиттия	5,96-6,02	4680 ± 210	5350 ± 270
ЛУ-9794	гиттия слоистая	6,94-7,00	6040 ± 220	6900 ± 250

3.3. Анализ потери массы при прокаливании

Метод потери массы при прокаливании широко используется в лабораторных исследованиях донных отложений для определения органической или карбонатной составляющей минерального осадка. Метод довольно подробно описывается в работах, ему посвященных (Dean, 1974; Bengtsson & Enell, 1986; Heiri et al., 2001; Santisteban, 2004), и, несмотря на стремление к стандартизации процесса анализа, может различаться от лаборатории к лаборатории.

Анализ 73 проб, выполненный автором в ходе данного исследования, проводился в научной лаборатории «Геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана» Института наук о Земле СПбГУ под руководством старшего научного сотрудника лаборатории Ф.Е. Максимова и младшего научного сотрудника С.Б. Левченко. Методика описывается следующим образом:

1. Пустые чистые тигли прокаливают в муфельной печи при температуре в 600°C, после чего остужают до комнатной температуры и взвешивают. В тигель помещается навеска образка массой 1,5 г, после чего образец вновь взвешивают. Стоит отметить, что обычно навеска составляет около 5 г, однако специфика анализируемых образцов позволяла брать только меньшие навески. Тигли помещают в сушильный шкаф при температуре в 105°C на 3 часа, затем остужают в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивают. Процедура может повторяться многократно – тигли помещаются в сушильный шкаф на 1–1,5 часа до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний не будут совпадать.
2. После этого тигли помещаются в холодную муфельную печь, которая впоследствии нагревается до 600 °C, на 3 часа. Затем тигли вынимают из муфельной печи тигельными щипцами, остужают в эксикаторе и взвешивают. Далее процедуру прокалывания в печи в течение 1,5–2 часов необходимо повторять до тех пор, пока результаты соседних взвешиваний не будут одинаковыми.

Расчет производился по формуле, предложенной в работе О. Хейри (2001):

$$LOI = \frac{DW_{105} - DW_{600}}{DW_{105}} \cdot 100\%,$$

где LOI – потери массы при прокаливании в процентах, DW_{105} – масса сухого образца, DW_{600} – масса навески образца после прокаливании.

Результаты данного анализа представлены на рис. 11. Как можно наблюдать, наибольшие значения характерны для образцов из торфяного прослоя (73–75%), наименьшие – для нижней части колонки (5–10%), но, в среднем, для большей части керна они колеблются от 20 до 30%.

3.4. Геохимические исследования

Геохимический анализ проведен сотрудниками лаборатории геологии и минерагении новейших отложений Геологического института Кольского научного центра РАН. Автору предоставлены результаты геохимических исследований в виде концентраций оксидов основных элементов. Проведено исследование 51 образца.

Некоторые результаты анализа концентрации элементов, а также отношения некоторых элементов отображены на рис. 11. Такой набор элементов и их отношений является часто применяемым при изучении четвертичных осадков полярных регионов в последние годы (Lenz et al., 2021; Solovieva, Jones, 2002; Baumer et al., 2021; Gjerde et al., 2018), и данное исследование не стало исключением. Для удобства показаны разделение на палинозоны и названия климатостратиграфических зон (глава 3.5.4).

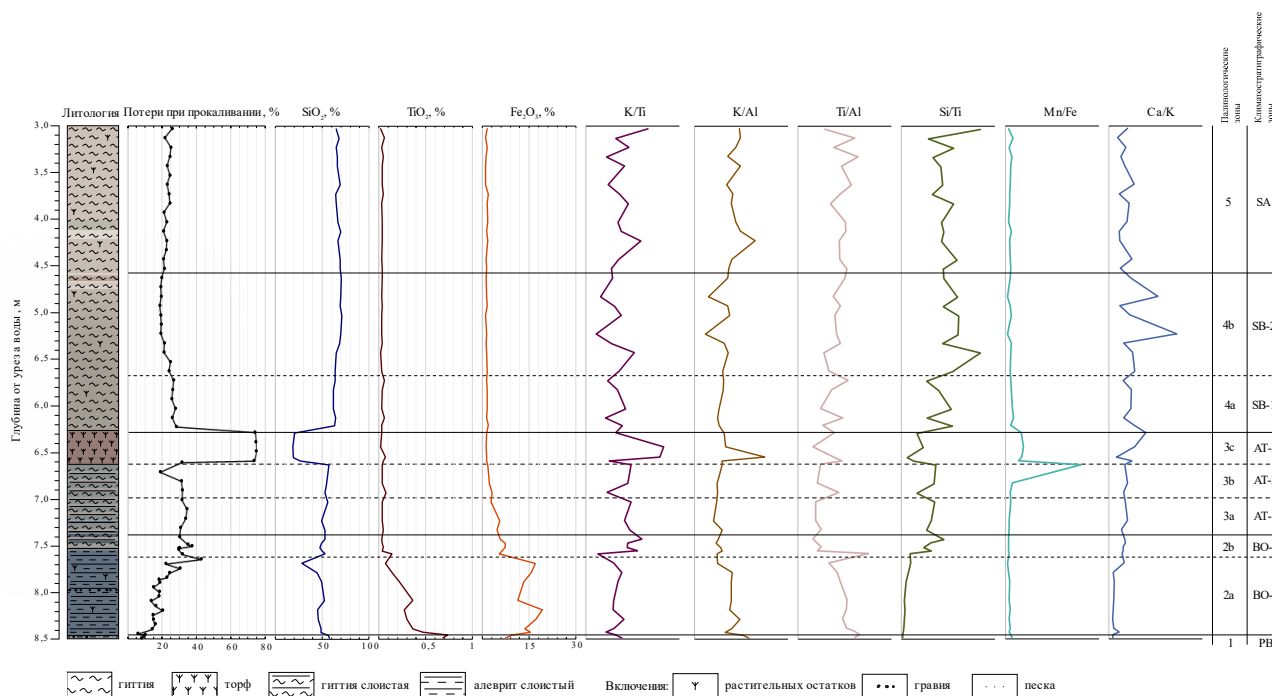


Рис. 11. Результаты анализа потери массы при прокаливании и геохимических исследований и литологическая колонка разреза оз. Цага-З.

Отношение K/Ti обычно говорит об интенсивности эрозии и, как следствие, густоте растительного покрова, «стабильности» и зрелости ландшафта и почвы (Baumer et al., 2021; Francke et al. 2016). Чем выше этот показатель, тем больше эрозия, и разреженнее растительный покров.

Отношения K/Al и Ti/Al используются для оценки привноса терригенного материала (Lenz et al., 2021; Kylander et al. 2011). Возрастание этих относительных величин вдоль по разрезу может свидетельствовать о повышенном сносе материала в водоем в тот или иной период времени. Такие элементы как K , Ti , и Ca часто являются привнесенными, и поэтому используются как индикаторы интенсивности эрозии в пределах территории водосбора (Solovieva, Jones, 2002; Mackereth, 1966). Соотношение Ca/K обычно используется как показатель выщелачивания – чем оно выше, тем интенсивнее выщелачивание, в сравнении с эрозией (Solovieva, Jones, 2002; Kauppila, Salonen, 1997).

Показатель Si/Ti часто может служить индикатором биопродуктивности водоема (Gjerde et al., 2017; Melles et al., 2012). Его повышение вдоль по разрезу на фоне стабильной концентрации SiO_2 говорит о накоплении именно биогенного кремния, а не привнесенного (в таком случае концентрация кремния в отношении Si/Ti была бы скомпенсирована концентрацией титана) (Brown et al. 2007; Melles et al., 2012). Содержание биогенного кремния повышается за счет всплеска деятельности диатомовых водорослей, что, в свою очередь, говорит о повышении продуктивности водоема (Cohen, 2003).

Наконец, отношение Mn/Fe говорит об окислительно-восстановительных обстановках осадконакопления (Интерпретация геохимических данных, 2001), что позволяет реконструировать динамические условия в водоемах (Baumer et al., 2021; Boyle, 2002; Davies et al., 2015). Понижение этого показателя служит индикатором наступления восстановительных условий, что объясняется часто плохой циркуляцией придонных вод.

Наибольшие показатели отношения K/Ti приходятся на горизонт торфа (6,60–6,25 м), что может отражать увеличение эрозии и, следовательно, влажности в данный период. Повышенный снос в это время фиксируется и показателем K/Al , а вот отношение Ti/Al , которое обычно явно коррелирует с K/Al , не обнаруживает пика привноса именно в этом горизонте. Показатели K/Al и Ti/Al оба имеют высокие значения в горизонте 8,50–8,45, затем эти отношения снижаются вверх по разрезу, но вновь повышаются ближе к современному времени. Наибольшая биопродуктивность обнаруживается в верхних горизонтах (6,25–3,00 м, ПЗ 4 и 5). Окислительно-восстановительные условия стабильны – отношение Mn/Fe держится на низком уровне, что говорит о преобладании восстановительных условий и плохой глубинной циркуляции, однако, оно повышается перед началом торфонакопления

(образец с глубины 6,62 м) – и это может служить признаком падения уровня воды в озере. Показатель выщелачивания Са/К повышен на глубине 6,30–4,80 м.

Забегая вперед, можно сказать, что геохимические исследования являются важным дополнением к спорово-пыльцевому методу, но не всегда отражают палеогеографическую картину ожидаемым нами в теории образом. Очевидно, что результаты геохимических исследований, в целом, хорошо согласуются с результатами спорово-пыльцевого анализа (показанным на рисунке разделением). Однако, не следует рассматривать геохимические отношения и их теоретически предполагаемые интерпретации как однозначно верные, тем более оценивая некоторые показатели отдельно друг от друга. Наиболее вероятную картину можно составить только используя комплексный подход. Так, более подробная и комплексная интерпретация полученных данных приведена в главе 4.

3.5. Спорowo-пыльцевой анализ

Спорово-пыльцевой анализ – палеоботанический метод, широко применяемый в ходе палеогеографических реконструкций. Прослеженные последовательно по разрезу результаты определения состава и статистической обработки ископаемых пыльцы и спор позволяют судить об изменениях палеофлоры региона во времени, а, следовательно, и о климатических условиях прошлых эпох.

3.5.1. Предварительная химическая обработка проб

В ходе исследования была выполнена предварительная химическая обработка 81 пробы. Образцы из верхней части керна имеют разреженный интервал отбора – 10 см, для проб из нижней части выбран интервал 4–6 см, который уменьшается вплоть до 1–2 см близ литологических границ.

Для пробоподготовки использовался модернизированный (упрощенный, с некоторыми пропущенными этапами обработки) метод Фаегри-Иверсена, разработанный специально для озерных и болотных отложений (Faegri, Iversen, 1989).

1. В сухую чистую пластиковую пробирку помещается от 1 до 2 г образца (оптимальное количество для озерных отложений, богатых микрофоссилиями (Рудая, 2010)), после чего к нему добавляется одна (или более, если необходимо) растворимая в соляной кислоте (HCl) таблетка с содержащимся в ней известным и постоянным количеством подкрашенных спор плауна (*Lycopodium*).
2. Для растворения добавленной таблетки и содержащихся в пробе карбонатов к образцу добавляется небольшое количество 10%-ной соляной кислоты (HCl). Рекомендованное соотношение объемов пробы и кислоты – 1:1. Содержимое пробирки тщательно перемешивается палочкой до полного растворения таблетки

- и карбонатов. Для полного растворения карбонатов пробы дополнительно подогреваются на водяной бане около 30 минут при температуре воды около 90°C.
3. Далее многократным центрифугированием (время центрифугирования и количество повторений процесса могут быть индивидуальны для каждой пробы) необходимо отмыть образец от кислоты до нейтральной среды.
 4. Для растворения гумуса и удаления гуминовых кислот к полученному осадку добавляется 10%-ный раствор щелочи (NaOH или KOH) в соотношении 1:1. Пробирки с образцами ставят на водяную баню на 2–3 часа при температуре воды 90°C.
 5. С помощью многократного центрифугирования с водой образец отмывается до нейтральной среды.
 6. Образцы с минеральной составляющей обрабатываются концентрированной плавиковой кислотой (HF), которая растворяет силикаты. Осадок заливается кислотой (по возможности соблюдается уже указанное соотношение объемов), тщательно перемешивается пластиковой палочкой. Реакция идет с выделением тепла, и пробирка может нагреться (в зависимости от количества кремнистых соединений). После остывания пробирок до комнатной температуры, их ставят на водяную баню при температуре 90°C на 2–3 или более часов до полного растворения силикатов.
 7. Многократным центрифугированием проба отмывается до нейтральной среды.
 8. Осадки переносят в стеклянные пробирки центрифугированием, далее заливают глицерином.

При отсутствии или незначительной доле минеральной части в пробе шаги 6 и 7 следует пропустить. Готовые пробы можно использовать для микроскопирования.

3.5.2. Микроскопирование образцов и подсчет микрофоссилий

Для анализа препаратов использовался световой микроскоп российского производства Лабомед-3 вариант 2 при увеличении 400 раз.

Для каждого из образцов проводилось определение и статистический подсчет пыльцы и спор. Для целей палеогеографических реконструкций достаточным является определение таксономической принадлежности палиноморф до рода. Необходимо выполнить насчет не менее 150 пыльцевых зерен, рекомендуемым же количеством для проб со средней или высокой концентрацией пыльцы считается 300–500 зерен (Рудая, 2010).

В ходе данного исследования было выполнено определение 16 древесных и 27 травянистых таксонов, 10 родов и видов спор, также выполнялся насчет непльцевых

палиноморф (рис. 12) – некоторых родов водорослей (5) и нескольких таксонов микрофауны (3). Определение выполнялось под руководством Л.А. Савельевой; непосредственно автором были проведены насчеты для 18 образцов.

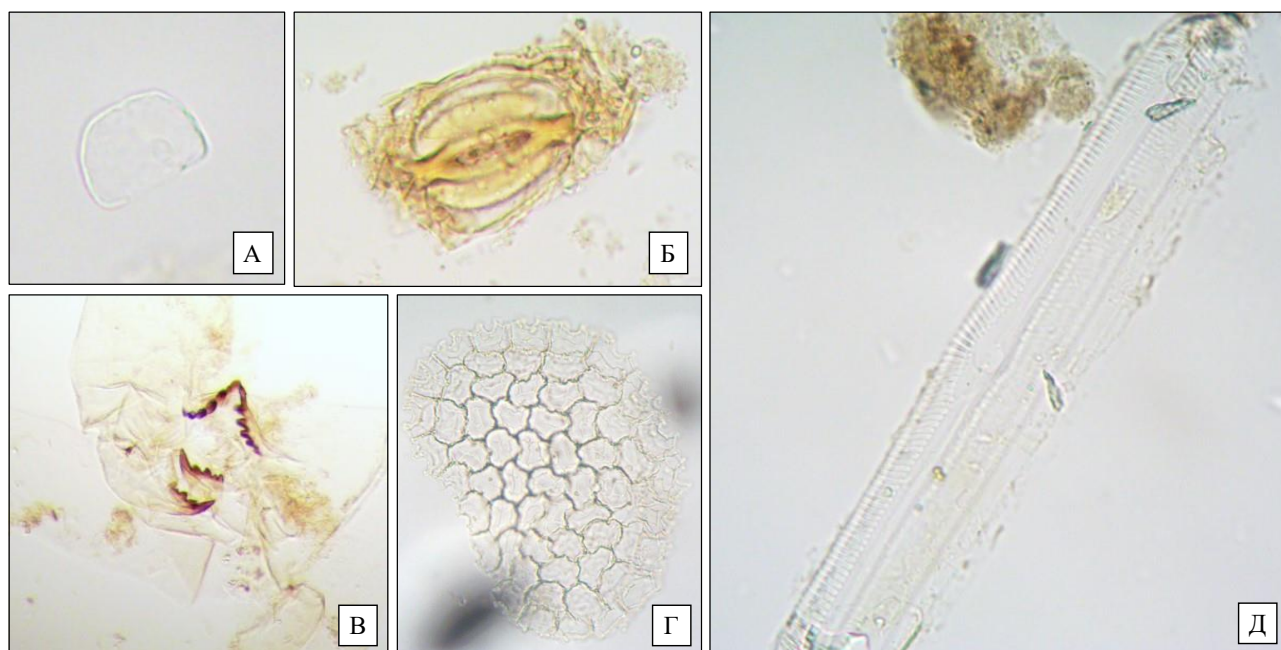


Рис. 12. Некоторые непыльцевые палиноморфы: А – водоросль *Desmidiaceae*, Б – устье *Pinus*, В – части головных капсул *Chironomidae*; Г – колония пресноводных зеленых водорослей *Pediastrum angulosum*; Д – створка диатомовой водоросли *Pinnularia* sp.

Результаты подсчетов по каждому образцу заносились в электронную таблицу (в программе Microsoft Excel), где помимо абсолютных значений для каждого таксона должны быть указаны количество спор индикатора в образце, количество спор индикатора в таблетке и количество добавленных таблеток, масса образца.

3.5.3. Построение спорово-пыльцевой диаграммы в программе Tilia и работа с CONISS

Tilia – компьютерная программа для обработки и визуализации палеонтологических данных, которая разработана в США в университете штата Иллинойс (Grimm, 2019). Она широко используется для обработки результатов не только спорово-пыльцевого и диатомового, но и других микропалеонтологических анализов.

Построение спорово-пыльцевой диаграммы может осуществляться целиком и полностью в программе Tilia, где есть все необходимые инструменты и возможности: формирование сводной электронной таблицы, подсчет концентраций, сумм пыльцы и спор, расчет процентных долей зерен, создание диаграммы и редактирование ее внешнего вида, добавление литологических данных и результатов радиоуглеродного датирования.

Подсчет процентов осуществляется от суммы пыльцы древесных видов, трав и палиноморф каждого последующего таксона. Так, при расчете долей древесных таксонов за 100% берется сумма деревьев и трав, при расчете долей трав за 100% также принимаются все древесные и травянистые виды, при подсчете спор – пыльца древесных, травянистых и споры, для водорослей – пыльца деревьев, трав и насчет водорослей и т.д.

Возможности программы Tilia позволяют провести кластерный анализ образцов в стратиграфической последовательности с использованием встроенной программы CONISS. Несмотря на полученные в результате анализа наиболее вероятные границы палинозон, исследователь сам должен проверить достоверность предложенного деления и выявить наиболее значимые уровни.

3.5.4. Результаты спорово-пыльцевого анализа донных отложений оз. Цага-3

На основе изменения состава спорово-пыльцевых спектров на диаграмме (рис. 13) было выделено 5 пыльцевых зон (ПЗ). Приведено описание зон снизу вверх.

ПЗ 1 (8,50–8,45 м). Количество древесной пыльцы едва превышает 60% – отмечается минимальное ее содержание для всего разреза. Доминирует пыльца *Betula sect. Albae* (~40%), *Betula nana* (~15%), Сугерасеае (10–15%), Роасеае (~5%). В этой палинологической зоне наблюдается максимумы содержания пыльцы *Ericales* (12%) и *Salix* (7%) для всего разреза. В значительном количестве также присутствует пыльца *Artemisia* (~4%), *Chenopodiaceae* (~2%) – их невыразительные пики, наблюдающиеся также вверх по разрезу, приходятся в том числе и на эту палинозону. Среди спор наиболее широко представлены *Equisetum* (2–3%), *Polypodiaceae* (1–2%). Уникальным для зоны является наличие спор *Huperzia selago*. Установлена концентрация пыльцы от 25000 до 50000 зерен в 1 г осадка. Фиксируется высокое содержание пресноводных зеленых водорослей *Pediastrum* (~15%), и *Desmidiiales* (максимум 15–20%).

ПЗ 2а (8,45–7,62 м). Количество пыльцы древесных и кустарниковых растений колеблется в пределах от 65 до 80% – ее содержание, в целом, высоко, но непостоянно – с несколькими резкими минимальными и максимальными пиками, – что является особенностью данной палинозоны. В число доминантов входят *Betula sect. Albae* (40–70%), *Betula nana* (5–20%), Сугерасеае (5–15%) – все они достигают пика содержания в данной зоне. Наблюдается стабильно значительная доля пыльцы Роасеае (3–10%), *Salix* (1–3%), доля содержания *Ericales* относительно высока, но падает (с 7 до 1%) к верхней части палинозоны. Интересно, что в пределах палинозоны отмечены единичные зерна различных широколиственных пород (*Fraxinus*, *Carpinus*, *Ulmus*, *Tilia*), и здесь формирует максимум суммарное содержание пыльцы термофильных древесных видов (до 2,5%). Зона

характеризуется высоким процентным содержанием спор *Equisetum* (~5%); в ее верхней части также отмечены максимумы *Lycopodium clavatum* (~5%) и Polypodiaceae (~7%). Суммарная концентрация пыльцы повышается, достигая к концу зоны значения 160000 зерен в 1 г осадка (в сравнении с 30000 зерен на 1 г для начала зоны). Отмечается высокое содержание водорослей, отчетливый и резкий максимум *Pediastrum* (~35%) и *Desmidiiales* (~20%).

ПЗ 2b (7,62–7,39 м). Содержание пыльцы древесных и кустарниковых видов продолжает повышаться (с 80 до 85%). По-прежнему доминирует древесная форма березы *Betula sect. Albae* (до 70%), количество карликовой березки *Betula nana* снижается до 5%, но резко возрастает доля пыльцы *Pinus* (~20%), формируя здесь локальный максимум. Важно отметить появление и постоянное присутствие пыльцы *Alnus* (0–1%). Беспорядочна картина появления в образцах пыльцы широколиственных видов, но суммарное количество их пыльцевых зерен в этой зоне всегда больше 0% (~1%). Также в число доминантов входит Rosaceae – в этой зоне количество пыльцы этого травянистого вида образует пик для всего разреза (до 13%); доля Сурегасеae также высока (5–10%). В этом периоде максимума достигает содержание пыльцы Rosaceae (~3%). Высоко содержание спор Polypodiaceae (~5%), *Lycopodium clavatum* формирует в данной зоне максимум (до 8%). Отмечаются одни из самых высоких концентрация для всего разреза: значения располагаются в диапазоне от 100000 до 200000 зерен на 1 г осадка. Содержание *Pediastrum* и *Desmidiiales* постепенно снижается.

ПЗ 3a (7,39–6,99 м). Количество пыльцы древесных видов повышается от 85 до 90%. Доминантом становится *Pinus* – содержание ее пыльцы резко возрастает с 20 до 45%. Содержание пыльцы *Betula sect. Albae* падает (55–40%). Доля *Betula nana* (~5%) снижается по сравнению с предыдущей зоной. Содержание пыльцы широколиственных пород не превышает 1%. Единично встречаются зерна *Picea*. Среди травянистых доминирует Сурегасеae (2–6%) и Rosaceae (1–7%). Общее содержание спор падает, но вновь можно выделить такие таксоны, как Polypodiaceae (1–2%), *Equisetum* (~1%), *Lycopodium clavatum* (~1%). Общие концентрации пыльцы высокие – в диапазоне от 80000 до 140000 пыльцевых зерен на 1 г осадка. Количество водорослей стабильно невысоко.

ПЗ 3b (6,99–6,60 м). Количество древесной пыльцы слегка падает. Также уменьшается содержание *Pinus* (~40%), зато фиксируется повышение доли *Betula sect. Albae* (до 45%). Доля пыльцы *Alnus* достигает максимальных для всего разреза 6%, пока количество пыльцевых зерен *Betula nana* остается невысоким для данного таксона (~5%). Плавно и стабильно нарастает доля *Picea*, хотя содержание пыльцы этого рода и меньше 1%. Доля

пыльцы широколиственных достигает 2%. Среди трав однозначно доминирует Сурегасеае (2–6%), содержание Роасеае рекордно низко и не превышает 1,5%. Количество спор продолжается снижаться, доминируют Polypodiaceae (1–2%), *Equisetum* (~1%), *Sphagnum* (1–2%). Для образцов зоны характерны высокие общие концентрации (до 160000 пыльцевых зерен на 1 г осадка). Содержание *Pediastrum* и *Desmidiiales* на прежнем уровне.

ПЗ 3с (6,60–6,26 м). Содержание пыльцы древесных видов в среднем составляет около 85%. *Pinus* образует в данной зоне пик, достигая 60%; для березы же наоборот характерны рекордно низкие значения (25-30%). Снова падает содержание пыльцы *Alnus* (1–3%) и широколиственных пород (менее 1%). Доля Сурегасеае остается на прежнем уровне, зато отмечается локальный пик Роасеае (до 8%). Фиксируется минимум содержания спор: доли нескольких отмеченных таксонов по отдельности (*Lycopodium*, *Equisetum*, *Sphagnum*) не превышают 1%. Снижаются концентрации (90000–140000 пыльцевых зерен на 1 г осадка). Совсем пропадают из спектров пресноводные зеленые водоросли *Pediastrum*, единично встречаются *Desmidiiales*.

ПЗ 4а (6,26–5,68 м). Содержание пыльцы древесных видов составляет 80–85%. Начало зоны отмечено резким падением доли *Pinus* (до 40%) и *Picea* (до 1%), и затем содержание пыльцы этих таксонов только слегка повышается. Доля пыльцы *Betula sect. Albae* достигает 40%. Процент содержания зерен *Alnus* и *Betula nana* остается на прежнем уровне; то же можно сказать и о травянистых таксонах Сурегасеае и Роасеае. Интересно, что в этом периоде отмечается повышенное содержание пыльцы водных растений (*Sparganium*, *Myriophyllum*, *Nuphar*). Среди спор доминируют палиноморфы *Equisetum* (~1%), *Sphagnum* (1–4%). Концентрации снижаются со 120000 до почти 40000 зерен на 1 г осадка. Резко повышается содержание *Pediastrum* (~15%).

ПЗ 4b (5,68–4,58 м). Доля пыльцы древесных видов остается на прежнем уровне (80–85%). Содержание пыльцы *Pinus* колеблется в пределах от 35 до 50%, *Betula sect. Albae* – от 30 до 40%. Доля пыльцы *Picea* возрастает (2–7%). Среди древесных таксонов можно также отметить *Alnus* и *Betula nana*, содержание пыльцы которых составляет 1–3% и 1–5% соответственно. Содержание широколиственных пород снижается – их пыльца может вовсе не отмечаться в спектрах. Доля пыльцы Сурегасеае достигает 5–8%, Роасеае – около 3%, в среднем. Почти непрерывно присутствие в спектрах спор *Equisetum* (0–1%) и *Sphagnum* (1–3%). Суммарная концентрация пыльцы низкая, колеблется в диапазоне от 40000 до 70000 зерен на 1 г осадка. Содержание *Pediastrum* остается на прежнем уровне.

ПЗ 5 (4,58–3,00 м). Количество пыльцы древесных и кустарниковых пород колеблется от 80 и до 85%. Доли пыльцы сосны и древесной березы формируют несколько локальных

минимумов и максимумов, но, в целом, значения содержаний колеблются от 35 до 55% и от 45 до 25% соответственно. *Picea* формирует в данной зоне свой максимум (11%), но наблюдается также и несколько локальных минимумов. Слегка повышается содержание пыльцевых зерен *Betula nana* (до 8%) и остается относительно стабильным на протяжении всей зоны. Содержание пыльцы *Alnus* – до 3%. Доминантов среди трав является Сурегасеае (5–10%). Пыльца Роасеае достигает в зоне минимальных значений (не выше 3%). Количество спор снижается, небольшие доли приходятся на *Equisetum* (1–2%), *Lycopodium clavatum* (1–2%), *Sphagnum* (1–2%). Значения суммарной концентрации падают до рекордно низких – от 40000 до 20000 зерен в 1 г осадка. Высока доля *Pediastrum* (5–20%), к концу зоны слегка возрастает содержание *Desmidiaceae* (0–5%).

3.6. Метод биомизации.

Метод биомизации был разработан И. Прентисом (Prentice et al., 1996). Метод основывается на количественных результатах спорово-пыльцевого анализа или данных анализов растительных макроостатков и позволяет реконструировать палеобиомы территории. Для части территории Евразии метод биомизации был адаптирован П.Е. Тарасовым (1998).

Биом – крупная и наивысшая единица классификации растительности, совокупность сообществ, где господствует одна жизненная форма (Одум, 1986; Миркин, Наумова, 1998; Жилич, 2019). Но в рамках метода биомов большое значение имеет понятие о более дробных единицах внутри биома – функциональных типах растительности (ФТР) (Prentice et al., 1992, 1996). Внутри каждого такого типа – растения со сходной морфологией, фенологией, экологией, климатическими предпочтениями. То есть – отдельные таксоны относятся к какому-либо ФТР, причем один и тот же таксон может входить в разные ФТР, а функциональные типы растительности, в свою очередь, входят в разные биомы, и так же – один ФТР может быть отнесен к нескольким биомам. В итоге, мы получаем набор таксонов, присущих определенному функциональному типу растительности, и набор ФТР, характерных для отдельного биома.

Прентис (1996) определяет эти наборы. При проведении анализа необходимо составить несколько матриц (таблиц): 1) матрицу «таксон × ФТР» (присутствие таксона в ФТР – 1, отсутствие – 0); 2) матрицу «ФТР × биом»; 3) итоговую биомную матрицу «таксон × биом». Результат этой матрицы затем применяют к палинологическому образцу, используя формулу:

$$A_{ik} = \sum_j \delta_{ij} \sqrt{\{\max [0, (p_{jk} - \theta_j)]\}},$$

где A_{ik} – сродство (близость) палинологического образца k к биому i ; \sum_j – сумма всех таксонов образца; δ_{ij} – значение из итоговой биомной матрицы для таксона j и биома i ; p_{jk} – процент насчета таксона j в данном образце k от суммарного насчета пыльцы в образце; θ_j – пороговое процентное содержание пыльцы таксона j . Значение θ_j всегда равно 0,5%, оно выбрано эмпирическим путем считается универсальным для каждого таксона (Prentice et al., 1996). Так, значения δ_{ij} и θ_j определяют «вхождение» таксона в итоговую сумму \sum_j , ведь если таксон не входит в биом, то δ_{ij} принимает нулевое значение, а если таксон входит в биом, но его насчет слишком мал, то нулевое значение принимает подкоренное выражение.

Таким образом, считается сродство каждого образца с определенной глубины к тому или иному биому. Образцу приписывается биом, имеющий наибольшее значение сродства.

Если биомы имеют одинаковое значение, то доминирующим считается тот, в который входит меньшее количество ФТР (Prentice et al., 1996; Тарасов, 2000).

При выполнении биомизации в данном исследовании автор опирался на работу П.Е. Тарасова (1998), где определены таксоны и функциональные типы растительности для биомов северной и центральной частей Евразии. Дается также сопоставление биомов более привычным нам природным зонам. Стоит сказать, что представленный в данной работе набор биомов (природных зон) автор счел наиболее иллюстративным для данного конкретного разреза: так, отдельно выделяется биом южной подтайги, тогда как смешанные леса здесь в действительности объединяют три биома: холодный смешанный лес (cold mixed forest), прохладный смешанный лес (cool mixed forest) и умеренный листопадный лес (temperate deciduous forest). Результаты исследования представлены на рис. 14.

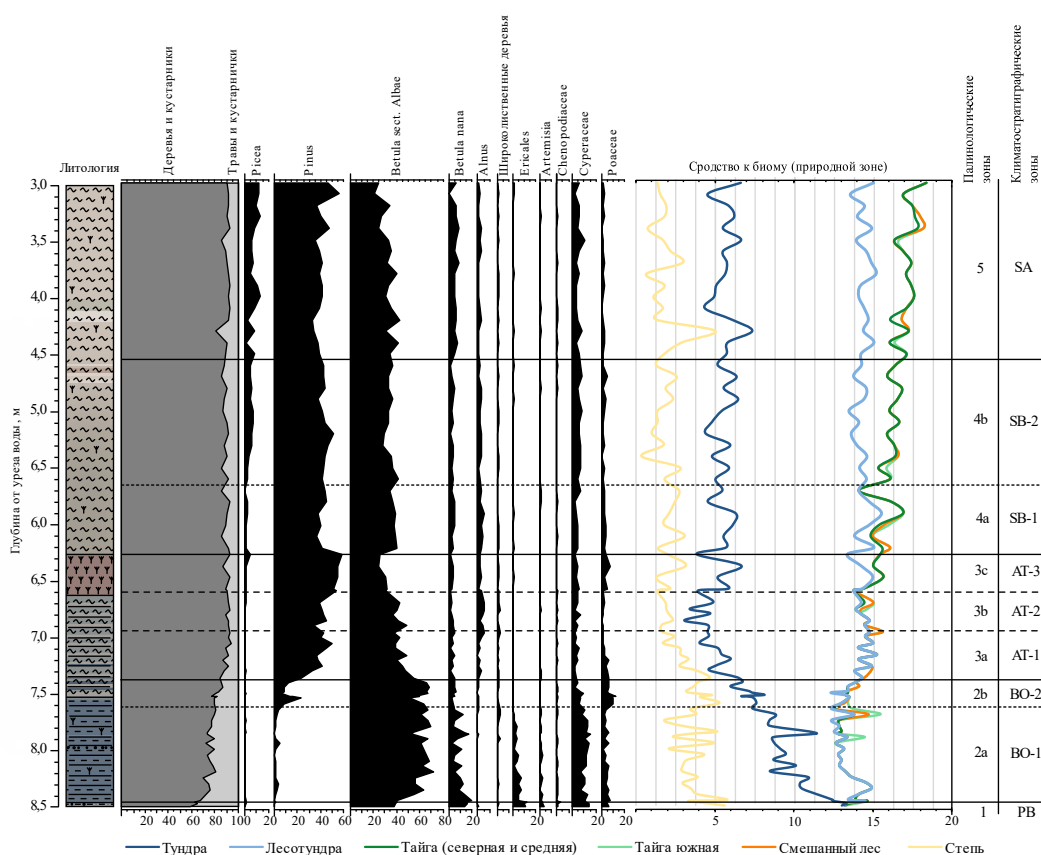


Рис. 14. Биомы разреза оз. Цага-3, литологическая колонка и некоторые результаты спорово-пыльцевого анализа.

Данные метода биомизации несколько неоднозначны. С одной стороны, общая закономерность смены биомов кажется правдоподобной. Но кратковременные смены типов растительности, которые, кроме того, обычно направлены в сторону более теплолюбивых сообществ, вызывают сомнения. Более подробная оценка результатов метода будет дана в главе 4.

Глава 4. Биостратиграфия отложений оз. Цага-3 и реконструкция динамики растительности в голоцене

В данной главе приводятся биостратиграфические зоны и реконструкция палеоэкологических обстановок в районе оз. Цага-3 с опорой на результаты комплексных исследований (глава 3), проведенных автором, и опубликованных данных (глава 2). Результаты спорово-пыльцевого анализа сопоставлены с климатостратиграфической схемой Блитта-Сернандера, которая была адаптирована для Севера Евразии (Хотинский, 1987).

Биостратиграфическая зона *Betula sect. Albae – Betula nana – Salix – Cyperaceae*.

Эта зона сопоставляется с палинозоной 1, которая в свою очередь отвечает пребореальному периоду голоцена (PB) и характеризуется наиболее холодолюбивыми спектрами за все время формирования изученных отложений. Пониженная процентная доля древесной растительности, а также наличие в этой зоне максимумов *Betula nana*, *Salix*, *Ericales*, *Cyperaceae* – типичных обитателей тундр и лесотундр (Геоботаническое районирование..., 1989), и *Chenopodiaceae* и *Artemisia* – растений-индикаторов открытых пространств (Малясова, 1974) указывают на развитие тундровой или лесотундровой растительности. В свою очередь, результаты биомизации показывают развитие лесотундровых сообществ. Однако, характерные для западной части Кольского полуострова, в целом, более суровые современные климатические условия (Атлас Мурманской области, 1971) и наличие на этой территории остатков массивов мертвого льда, по крайней мере, в позднедриасовое время (Величко и др., 2017) позволяют реконструировать развитие именно тундр. Таким образом, эти спектры можно отнести к пребореальному времени (Шарапова, 2005).

В литологическом отношении осадки представляют собой слоистые алевриты с гравием, что, видимо, говорит о недавней дегляциации территории, однако, освобождение могло происходить от массива уже только мертвого льда, согласно реконструкциям других авторов (Величко и др., 2017; Евзеров, 2015). Геохимические индикаторы обнаруживают чуть ли не максимальные значения привноса аллогенного материала в условиях восстановительной среды и практически нулевой биопродуктивности.

Итак, в преборельное время в районе оз. Цага-3 были развиты ерниковые, ивняковые, вересковые, разнотравные и полынные тундры. В районе озера располагалась массивы погребенного льда. Климат был суровее современного.

Биостратиграфические зоны *Betula sect. Albae* – *Betula nana* – *Salix* – *Cyperaceae*
и *Betula sect. Albae* – *Pinus* – *Poaceae*.

Этим зонам соответствуют пыльцевые зоны 2a и 2b, спектры которых относятся к бореальному периоду (BO). Постепенное повышение доли древесных и максимальные содержания пыльцы *Betula sect. Albae* говорят о стабильном улучшении климата и распространении сообществ, в которых господствующим видом становится береза. При этом, относительно высокие доли *Salix*, *Ericales*, *Artemisia* и *Chenopodiaceae* позволяют говорить о присутствии все еще довольно холодных сообществ – вероятно, лесотундровых. Наличие именно лесотундровых формаций подтверждает и метод биомов. В начале накопления зоны 2b, однако, метод биомизации выявляет развитие южной подтайги. Скорее всего, такой «перекосяк» в сторону более теплолюбивых сообществ метод дает за счет пиков содержания пыльцы термофильных древесных пород (*Fraxinus*, *Carpinus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Quercus*). Но это – не более чем свидетельство нарастающего потепления, в формировании древостоя широколиственные породы не участвовали (Малясова, 1974). В пределах же пыльцевой зоны 2, переход от ПЗ 2a к ПЗ 2b фиксируется по понижению доли *Betula nana*, *Salix* и *Cyperaceae*, а также постепенному повышению содержания пыльцы *Pinus* – все это также говорит об увеличении облесенности территории и общем потеплении; сосна, судя по ее доле в спектрах, начинала появляться в лесах.

Накапливаются слоистые алевриты – уже без примеси песка и гравия. Геохимические индикаторы привноса материала показывают стабильное снижение его количества – это может происходить за счет развития более густого растительного покрова (что, в общем, подтверждается снижением показателя K/Ti). Слоистость алеврита, видимо, объясняется выраженной сезонностью климата и отсутствием биотурбации, что также согласуется с низкими показателями биопродуктивности водоема. К концу периода накопления палинозоны 2 слоистые алевриты сменяются слоистой гиттией – начинается накопление органического материала, наблюдается небольшой скачок биопродуктивности.

Так, реконструкция растительности выглядит следующим образом: в бореальном периоде в районе оз. Цага-3 широкое распространение получают березовые лесотундровые заросли с наземным покровом, представленным разнотравьем, папоротниками, хвощами, плаунами. К концу бореального времени начинает распространяться сосна. Заметна тенденция к постепенному и стабильному потеплению при наличии выраженной сезонности климата.

Биостратиграфические зоны *Pinus – Betula sect. Albae – Cyperaceae*,

Pinus – Betula sect. Albae – Alnus – Cyperaceae

и *Pinus – Betula sect. Albae – Picea – Cyperaceae*.

Данные зоны сопоставляются с пыльцевой зоной 3. Доминирующую роль в спектрах занимает сосна, что позволяет относить образцы из данных палинозон к атлантическому периоду (АТ) (Лебедева, 1981), и полученная радиоуглеродная датировка (6900 ± 250 л.н.) подтверждает этот вывод. Несмотря на примерно равное процентное содержание пыльцы *Pinus* и *Betula sect. Albae*, данные Л.В. Филимоновой (2005, 2007) и Г.А. Елиной (2007) о поправочных коэффициентах, используемых для расчета реального участия пород в древостое в сравнении со спектрами, предполагают большее распространение сосны, нежели березы, в этот период. Содержание пыльцы ольхи и пыльцы широколиственных пород максимально в зоне 3b, что может говорить о наиболее благоприятном климате в этот период, соответствующий зоне (АТ-2); и хоть присутствие широколиственных пород маловероятно, примесь ольхи в лесах однозначно появляется. В зоне 3с фиксируется значительная доля пыльцы ели. Так, для атлантического периода в целом можно реконструировать сосново-березовые леса, причем в середине периода в лесах появляется примесь ольхи, в конце периода – примесь ели. Судя по набору пыльцы трав и спор, леса, скорее, имели северотаежный или среднетаежный облик. Методом биомов, однако, устанавливается преобладание лесотундровых сообществ в первые две трети периода, и таежных лесов – в конце атлантического времени. Это – либо реально указывает на существование лесотундр в районе оз. Цага-3 в атлантическом периоде, либо объясняется спецификой метода: биом тайги и биом лесотундры имеют одинаковый вес в начале атлантического периода, но так как предпочтение отдается биому, включающему меньшее количество таксонов, здесь биомизацией, возможно, ошибочно реконструируются лесотундровые сообщества.

В литологической колонке зонам соответствует накопление слоистой гиттии и затем (в зоне 3с) торфа. Восстановительные условия резко сменяются на окислительные перед началом торфонакопления, что может говорить о насыщении глубинных вод кислородом – то есть о снижении уровня воды в водоеме. Биопродуктивность остается на стабильно невысоком уровне. Накопление слоистых осадков, скорее всего, говорит о глубине водоема большей, чем в современный период, а также об отсутствии биотурбации.

Растительность атлантического периода представляла собой северотаежные (среднетаежные) сосново-березовые леса. Для лесов середины периода была характерна примесь ольхи. К концу атлантического времени начинает распространяться ель. Озеро

Цага-3 постепенно мелеет, и концу периода переходит в стадию зарастания. Климат, скорее всего, был благоприятнее современного.

Стоит сказать, что на протяжении пребореального, бореального и атлантического времени, озеро было настолько глубоким и холодным, что его осадки не подвергались биотурбации, но в конце атлантического периода уровень воды снизился так, что началось зарастание водоема. Возможно, до этого периода водная система, состоящая из озер и р. Цага была слегка подпружена с севера массивом погребенного льда, но после его стаивания уровень озера упал. Это версия согласуется с материалами А.А. Величко и др. (2017), согласно которым по крайней мере в позднем дриасе в районе оз. Ловозеро был развит большой массив мертвого льда, но, вероятно, он мог разделиться на более мелкие и просуществовать вплоть до атлантического времени (Николаева и др., 2015), а также с картой четвертичных отложений полуострова (Лист ГГК-1000 Q-(35),36), где к северу от озера действительно расположено поле ледниково-озерных отложений (однако, согласно карте, доголоценового возраста).

Биостратиграфические зоны *Pinus – Betula sect. Albae – Alnus – Cyperaceae*
и *Pinus – Betula sect. Albae – Picea – Cyperaceae*.

Данные биостратиграфические зоны соответствует пыльцевым зонам 4а и 4б. В спектрах преобладает пыльца сосны – хотя ее доля и снижается, по сравнению с предыдущей палинозоной; начиная с зоны 4б доля пыльцы ели становится значительной. Эти признаки позволяют относить спектры зоны 4 к суббореальному времени (SB) (Лебедева, 1981). Однако, радиоуглеродная датировка возрастом 5350 ± 270 л. н. позволяет отнести ПЗ 4а как к атлантическому периоду, так и к суббореальному – согласно данным разных авторов (глава 2.2). Все же, более логичным нам кажется провести деление именно таким образом, ведь на рубеже атлантического – суббореального периодов должно происходить снижение доли пыльцы сосны, что и фиксируется в разрезе. Итак, в районе озера произрастают сосново-березовые и елово-березовые леса; для лесов первой половины суббореального периода, судя по пыльцевым спектрам зоны 4а, характерна примесь ольхи. Набор пыльцы трав и спор становится еще беднее, по сравнению с предыдущим периодом – видимо, данные леса относятся к подтипу северной тайги. Метод биомизации также реконструирует северотаежный (или среднетаежный) тип лесов. Стоит заметить, что несколько проб из низов зоны относятся к биому смешанных лесов, но такая реконструкция видится маловероятной.

Идет накопление массивной гиттии. Судя по отношению Si/Ti, резко повышается биопродуктивность водоема, однако придонные части озера, по-видимому, вновь находятся в условиях плохой циркуляции.

Так, растительность суббореального периода представлена сосново-березовыми и елово-березовыми лесами. Леса начала периода имеют небольшую примесь ольхи. Растительность второй половины суббореального времени, в целом, довольно сильно напоминает современную. Климат, после атлантического оптимума, становится более суровым.

Биостратиграфическая зона *Pinus – Picea – Betula* sect. *Albae – Betula nana – Cyperaceae*.

Зона соотносится с пыльцевой зоной 5 и климатостратиграфической зоной, соответствующей субатлантическому периоду (SA). Спектры существенно не меняются. Слегка возрастает доля пыльцы *Betula nana*, *Salix*, *Ericales*, что может говорить о росте заболоченности и является общей чертой субатлантической растительности Кольского полуострова (Лебедева, 1984). Однако, радиоуглеродная датировка (4920 ± 320 л.н.), полученная прямо на границе зон SB – SA плохо согласуется с общепринятыми датированными границами схемы Блитта-Сернандера (глава 2.2). Тем не менее, выделение зоны фиксируется по нескольким таксонам, поэтому кажется довольно убедительным.

Накапливаются гиттии. Геохимические показатели существенно не меняются.

Таким образом, на окружающей озеро территории произрастали сосново-березовые и елово-березовые леса с островками заболоченных пространств, на которых широко были распространены карликовая березка и ива. Такой состав растительности хорошо согласуется с доминантами и субдоминантами древесно-кустарниковой группы современного растительного покрова территории оз. Цага-3.

Таблица 8. Биостратиграфические зоны, литология и реконструкция растительности по данным изучения оз.Цага-3.

Глубина, м	ПЗ	КСЗ	Название зоны	Литология	Реконструкция
8,50-8,45	1	PB	<i>Betula</i> sect. <i>Albae – Betula nana – Salix – Cyperaceae</i>	Алеврит слоистый с песком и гравием	Ерниковые, ивняковые, вересковые, полынные тундры
8,45-7,62	2a	BO-1	<i>Betula</i> sect. <i>Albae – Betula nana – Salix – Cyperaceae</i>	Алеврит слоистый	Березовые лесотундры
7,62-7,39	2b	BO-2	<i>Betula</i> sect. <i>Albae – Pinus – Poaceae</i>	Алеврит слоистый, гиттия слоистая	
7,39-6,99	3a	AT-1	<i>Pinus – Betula</i> sect. <i>Albae – Cyperaceae</i>	Гиттия слоистая	Сосново-березовые леса
6,99-6,60	3b	AT-2	<i>Pinus – Betula</i> sect. <i>Albae – Alnus – Cyperaceae</i>	Гиттия слоистая	Сосново-березовые леса с ольхой
6,60-6,26	3c	AT-3	<i>Pinus – Betula</i> sect. <i>Albae – Picea – Cyperaceae</i>	Торф	Сосново-березовые леса с елью
6,26-5,68	4a	SB-1	<i>Pinus – Betula</i> sect. <i>Albae – Alnus – Cyperaceae</i>	Гиттия	Сосново-березовые и елово-березовые леса с ольхой
5,68-4,58	4b	SB-2	<i>Pinus – Betula</i> sect. <i>Albae – Picea – Cyperaceae</i>	Гиттия	Сосново-березовые и елово-березовые леса
4,58-3,00	5	SA	<i>Pinus – Picea – Betula</i> sect. <i>Albae – Betula nana – Cyperaceae</i>	Гиттия	Сосново-березовые и елово-березовые леса, ерниковые и ивняковые болота

В таблице 8 кратко приведены основные результаты реконструкции, описанной в главе. Текст главы также иллюстрирует рис. 15.

Реконструированные этапы развития растительности голоцена хорошо согласуются с данными других авторов. Результаты спорово-пыльцевого анализа разреза оз. Цага-3 прекрасно коррелируют с таковыми из разрезов оз. Каменистое (Крикунова, 2019, не опубликовано) и оз. КР-33 (Matishov et al., 2016). Закономерности развития растительности района оз. Цага-3 совпадают с реконструкциями для Кольского полуострова (Лебедева, 1984; Величко и др., 2017).

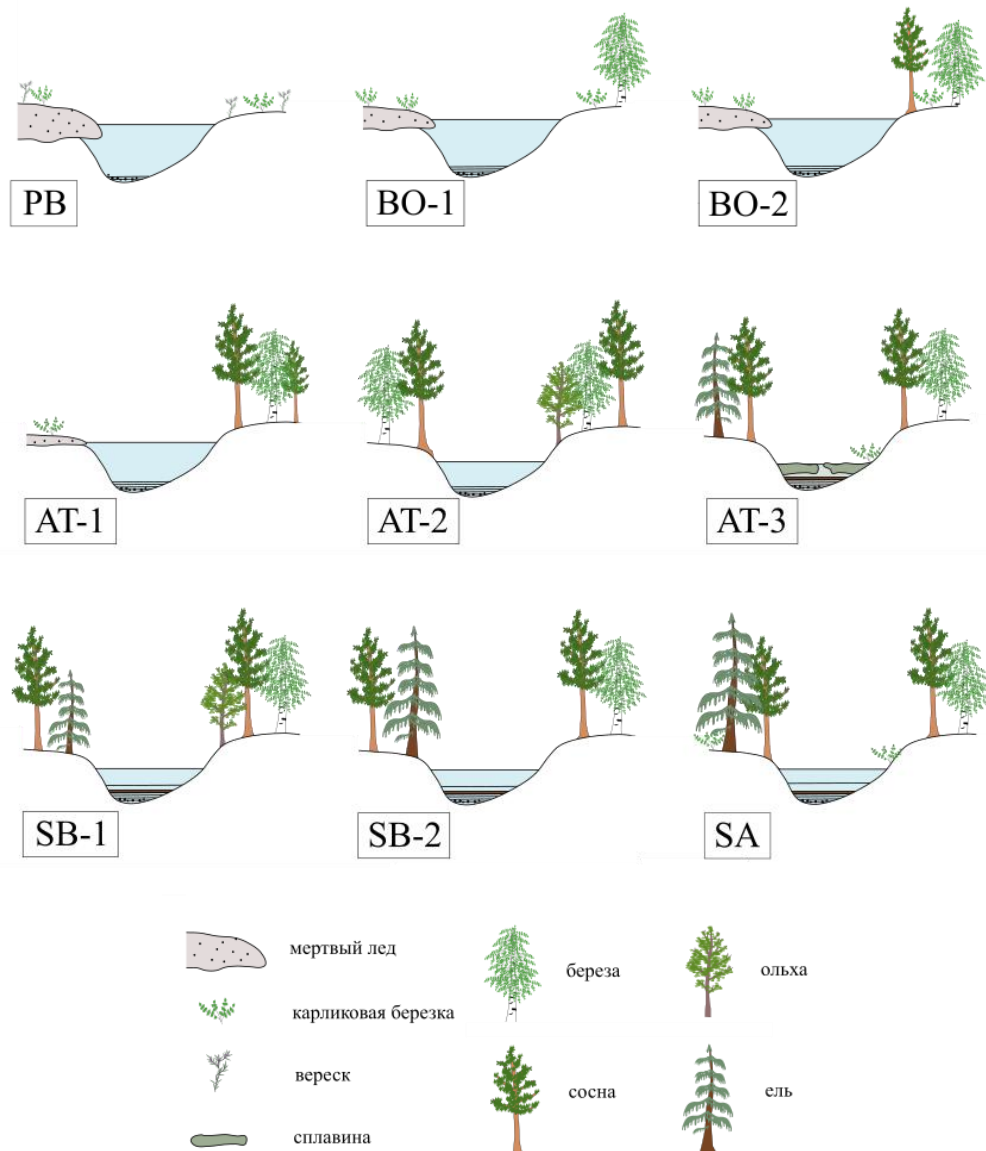


Рис. 15. Реконструкция изменения растительности голоцена района оз. Цага-3.

Заключение

Основу для спорово-пыльцевого анализа и работ по реконструкции растительности Кольского полуострова составила колонка донных отложений оз. Цага-3, отобранная в рамках экспедиции, проводимой Геологическим институтом Кольского научного центра РАН (г. Апатиты) под руководством В.В. Кольки летом 2019 года. Все материалы были любезно предоставлены автору для исследования.

Камеральные работы проводились в 2019–2021 годах в научной лаборатории «Геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана» Института Наук о Земле СПбГУ; результаты геохимических исследований также были предоставлены автору коллективом ГИ КНЦ РАН. В ходе данного практического этапа работ автором под руководством Л.А. Савельевой была выполнена предварительная химическая обработка 81 пробы для спорово-пыльцевого анализа и собственно палинологический анализ (автором выполнено микроскопирование 18 образцов), проведен анализ потери массы при прокаливании 73 образцов под руководством старшего научного сотрудника Ф.Е. Максимова и младшего научного сотрудника С.Б. Левченко. Для характеристики условий осадконакопления в оз. Цага-3 дополнительно были привлечены результаты геохимических исследований. Автором самостоятельно была проведена интерпретация результатов геохимического анализа, а также биомизация результатов спорово-пыльцевого анализа. В процессе данного исследования было собрано и обобщено большое количество материалов по палеогеографии Кольского полуострова; 13 разрезов донных отложений, в том числе и разрез оз. Цага-3, были детально рассмотрены с точки зрения особенностей литологии, биостратиграфического и климатостратиграфического расчленения, растительных реконструкций.

Основные выводы:

1. Для разреза озера Цага-3 было выделено 9 биостратиграфических зон, которые отражают этапы изменения растительности в течение голоцена на окружающей территории.
2. Биостратиграфические зоны сопоставлены с периодами схемы Блитта-Сернандера, для которых реконструированы следующие этапы развития растительности: в пребореальное время в районе оз. Цага-3 были развиты ерниковые, ивняковые, вересковые и полярные тундры. В бореальный период распространение получили березовые лесотундры. Атлантическое время характеризуется повсеместным распространением сосново-березовых лесов с примесью ольхи, а к концу периода – и ели. Растительность суббореального периода – это сосново-березовые и елово-

березовые леса – также с подлеском из ольхи. В субатлантическое время растительный покров района изучения существенно не меняется – на фоне господства все тех же сосново-березовых и елово-березовых лесных формаций растет заболоченность территории. Растительность приобретает современный вид.

3. Привлечение данных литологии и результатов геохимических исследований позволило провести реконструкцию палеогеографических обстановок района оз. Цага-3. В пребореальное, бореальное время и в начале атлантического периода водоем был частью озерно-речной системы, подпруженной на севере массивом мертвого льда. Начиная с пребореального периода, и до конца атлантического времени уровень водоема постоянно снижался. В конце атлантического периода озеро находилось в стадии зарастания. В начале суббореального периода уровень водоема снова повысился, и до современного времени существенно не менялся.

Для надежной привязки границ биостратиграфических зон, границ этапов развития растительности и эволюции водоема необходимо построение возрастной модели с привлечением дополнительных геохронологических исследований.

Автор благодарит всех участников экспедиции, организованной Кольским Научным центром (сотрудников ГИ КНЦ РАН: Вашкова А.А., Кольку В.В., Носову О.Ю., Толстоброва Д.С.; студентов МАГУ и СПбГУ) за предоставленные материалы, студентов 1-го курса магистратуры ИНоЗ СПбГУ (Коваленко А., Овсякова Е.), участвовавших в бурении и отборе проб, – за помощь в составлении главы, содержащей описание полевого этапа. Хотелось бы поблагодарить весь коллектив научной лаборатории «Геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана» СПбГУ за возможность обучаться спорово-пыльцевому анализу и доброжелательную атмосферу, а также студентов, работающих в лаборатории, – за дружелюбие и постоянную готовность помочь.

Автору хочется выразить глубокую благодарность Ларисе Анатольевне Савельевой за чуткое руководство в ходе камеральных работ, неизменную внимательность к деталям и ценные советы в процессе написания работы.

Список литературы:

1. Алисов Б.П. Климат России. М.: Изд. Моск. ун-та, 1956. 125 с.
2. Апухтин Н.И. Новые данные по стратиграфии четвертичных отложений юго-восточной части Кольского полуострова // Четвертичная геология и геоморфология. Л.: Госгеолтехиздат, 1978. С. 53–65.
3. Арманд А.Д. Рельеф и стратиграфия антропогенных отложений юго-западной части Кольского полуострова // Фонды Кольского филиала АН СССР. Апатиты, 1967. 162 с.
4. Арманд А.Д., Лебедева Р.М. Спорово-пыльцевая характеристика опорного разреза межледниковых отложений на южном берегу Кольского полуострова // Формирование рельефа и четвертичных отложений Кольского полуострова. Л.: Наука, 1966. С. 77–86.
5. Арсланов Х. А. Радиоуглерод. Геохимия и геохронология. Л.: Изд. Ленинградского университета, 1987. 300 с.
6. Арсланов Х.А., Каган Л.Я., Кошечкин Б.И., Лебедева Р.М. Новые данные по зронуологии раннеголоценовых отложений на юго-западе Кольского полуострова // Тез. докл. Совещания: Вопросы геоморфологии и геологии антропогена Севера европейской части СССР (Петрозаводск, ноябрь, 1972 г.). Апатиты: Изд. Северного филиала ГО СССР, 1972. С. 18–19.
7. Астафьев Б.Ю., Богданов Ю.Б., Воинова О.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Балтийская. Лист Q-(35), 36 – Апатиты. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 436 с.
8. Атлас Мурманской области. М.: ГУГК НИГЭИ ЛГУ, 1971. 33 с.
9. Большая советская энциклопедия: [в 30 т.]. Под ред. А. М. Прохорова. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1969 – 1978.
10. Величко А.А., Фаустова М.А., Писарева В.В., Карпухина Н.В. История Скандинавского ледникового покрова и окружающих ландшафтов в валдайскую ледниковую эпоху и начале голоцена. Лёд и Снег, 2017. №57(3). С. 391–416.
11. Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР. Под ред. В.Д. Александровой, Т.К. Юрковской. Л.: Наука, 1989.
12. Геологическая карта СССР. Масштаба 1:200000. Серия Кольская. Лист Q-36-V. Объяснительная записка. Сост. Н.А. Островская, Р.Г. Колесникова, ред. Л.Я. Харитонов. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 122 с.

13. Геологическая карта СССР. Масштаба 1:200000. Серия Кольская. Лист Q-36-VI. Объяснительная записка. Сост. Х.М. Шмыгалева, В.И. Шмыгалев, М.А. Корсакова, ред. Н.А. Вологовская. М.: Недра, 1964. 84 с.
14. Глазнев В.Н., Кукконен И.Т., Раевский А.Б. Ёркинен Я. Новые данные о тепловом потоке в центральной части Кольского п-ова // Доклады РАН. 2004. Т.396. №1. С. 102–104.
15. Граве М.К., Гунова В.С., Девятова Э.И., Лаврова М.А., Лебедева Р.М., Самсонова Л.Я., Черемисинова Е.А. Микулинское межледниковье на юго-востоке Кольского полуострова // Основные проблемы геоморфологии и стратиграфии антропогена Кольского полуострова. Л.: Наука, 1969. С.25–56.
16. Греков М.И., Субетто Д.А. Применение Базы палеогеографических данных Кольского полуострова «Q-KOLA» в палеолимнологических исследованиях // Труды Карельского научного центра РАН. 2015. № 5. С. 48–52.
17. Гудина В.И., Евзеров В.Я. Стратиграфия и фораминиферы верхнего плейстоцена Кольского полуострова. Новосибирск: Наука, 1973. 146 с.
18. Гурина Н.Н., Кошечкин Б.И., Стрелков С.А. Первобытные культуры и эволюция экологической обстановки в верхнем плейстоцене и голоцене на побережьях Европейской Арктики // Первобытный человек и природная среда. М.: 1974. С. 231–235.
19. Евзеров В.Я. Специфика формирования маргинальных гряд поздневалдайского ледникового покрова в условиях арктического климата // Геоморфология. 1996. № 2. С. 64–71.
20. Евзеров В. Я. Геология четвертичных отложений Кольского региона. Апатиты: К & М, 2015. 196 с.
21. Евзеров В.Я., Еловичева Я.К., Лебедева Р.М., Раямяэ Р.А. Стратиграфия плейстоценовых отложений южной части Кольского полуострова // Геология плейстоцена северо-запада СССР. Апатиты: Издательство КФАН СССР, 1981. С. 97–107.
22. Евзеров В.Я., Кошечкин Б.И. Палеогеография плейстоцена западной части Кольского полуострова. Л.: Наука, 1980. 105 с.
23. Евзеров В.Я., Николаева С.Б. Ледниковый покров на территории Кольского региона в морскую изотопную стадию (МИС) 4 // Доклады РАН. 2011. Т. 441. №3. С.391–394.
24. Евзеров В.Я., Хомутова В.И., Мёллер Я.Ё. Развитие последнего покровного оледенения в восточной части Кольского полуострова (по результатам изучения

- отложений озерных котловин) // История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины. СПб.: Наука, 1997. С.60–69.
25. Елина Г.А., Филимонова Л.В. Палеорастительность позднеледниковья-голоцена Восточной Фенноскандии и проблемы картографирования // Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская школа-конференция. Лекции. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 117–143.
26. Елина Г. А., Филимонова Л. В., Лаврова Н. Б. Палинологические исследования тундровой зоны Кольского полуострова: новые методические подходы // Ботанический журнал. 2002. Т. 87. № 1. С. 3–27.
27. Жилич С.В. Растительность и климат среднего и позднего голоцена на юго-востоке Западной Сибири по палинологическим данным: автореф... дис. кан. геол.-минерал. наук. Новосибирск: 2019. 23 с.
28. Казакова О. Н. Ландшафтное районирование Мурманской области // Северо-Запад Европейской части СССР. Л.: Изд-во ЛГУ, 1972. № 8. С. 134–157.
29. Киселев И.И., Кошечкин Б.И. Васильева Н.С., Кудлаева А.Л. Береговые образования поздне- и послеледниковых бассейнов и движения земной коры на северо-западе Кольского полуострова // Географические аспекты проблемы осадкообразования в бассейнах Баренцева и Белого морей. Л.: Географическое общество СССР, 1974. С. 24–45.
30. Корсакова О.П., Молодьков А.Н, Колька В.В. Геолого-стратиграфическая позиция верхнеплейстоценовых морских образований на юге Кольского полуострова (по геохронологическим и геологическим данным) // Доклады РАН. 2004. Т. 398. № 2. С. 218–222.
31. Корсакова О.П., Семенова Л.Р., Колька В.В. Средне- и верхнеоплейстоценовые осадки в разрезе обнажения Варзуга (юг Кольского полуострова) // Региональная геология и металлогения. 2011. № 48. С. 19–24.
32. Корсакова О.П., Колька В.В. Плейстоценовая история осадконакопления в береговой зоне Кольского полуострова // Известия Русского географического общества. 2009. Т. 141. № 4. С. 35–47.
33. Кошечкин Б.И., Кудлаева А.Л., Первунинская Н.А., Самсонова Л.Я. Древнебереговые образования северного и северо-восточного побережья Кольского полуострова // Вопросы формирования рельефа и рыхлого покрова Кольского полуострова. Л.: Наука, 1971. С. 17–85.

34. Кошечкин Б.И., Каган Л.Я., Кудлаева А.Л., Малясова Е.С, Первунинская Н.А. Береговые образования поздне- и послеледниковых морских бассейнов на юге кольского полуострова // Палеогеография и морфоструктуры Кольского полуострова. Л.: Наука, 1973. С. 87–134.
35. Лаврова М.А. Четвертичная геология Кольского полуострова. М.: Издательство АН СССР, 1960. 234 с.
36. Лебедева Р.М. Палинологические уровни в голоценовых отложениях Кольского полуострова и их абсолютная хронология // Статиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1977. С. 34–39.
37. Лебедева Р.М. История развития растительности северо-востока Балтийского щита в антропогене // Природа и хозяйство Севера. Мурманск: Кн. изд-во, 1984. № 12. С. 25–29.
38. Малышева Н. В. Дешифрирование древесной растительности на сверхдетальных изображениях: методическое пособие для подготовки специалистов высшего профессионального образования. М., 2014. 40 с.
39. Малясова Е. С., Ельчанинова Е. М., Вишневская Е. М. Пыльца и споры из донных осадков озер центральной части Кольского полуострова и некоторые вопросы палеогеографии голоцена этой территории // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л.: Наука, 1974. С. 244–263.
40. Малясова Е.С., Моносзон М.Х., Калугина Л.В. О находках пыльцы семейства маревых (*Chenopodiaceae*) в голоценовых осадках Кольского полуострова // Вестник ЛГУ, 1973. № 12. С. 15–167.
41. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Наука о растительности (история и современное состояние основных концепций). Уфа: Гилем, 1998. 220 с.
42. Николаева С.Б., Лаврова Н.Б., Толстобров Д.С., Денисов Д.Б. Реконструкция палеогеографических обстановок голоцена в районе озера Имандра (Кольский регион): результаты палеолимнологических исследований // Труды Карельского научного центра РАН, 2015. № 5. С. 34–47.
43. Никонов А.А. Развитие рельефа и палеогеография антропогена на западе Кольского полуострова. Л.: Наука, 1964. 182 с.
44. Никонов А.А. Краевые образования северной Фенноскандии и их соотношение с краевыми образованиями остальной Фенноскандии // Краевые образования материкового оледенения. Вильнюс: Минтис, 1965. С. 33–44.

45. Никонов А.А. Некоторые вопросы развития лесов и торфяников на западе Кольского полуострова в голоцене // Известия Всесоюзного географического общества, 1968. № 1. С. 8–14.
46. Интерпретация геохимических данных / Бараш И.Г., Буланов В.А., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Иванов А.В., Летникова Е.Ф., Миронов А.Г., Сизых А.И., Скляров Е.В. Под ред. Е. В. Склярова. М: Интернет Инжиниринг, 2001. 288 с.: ил.
47. Павлова Е. Ю., Дорожкина М. В., Девятова Э. И. Природная среда и климат Верхнепонойской депрессии (Кольский п-ов) в позднем неоплейстоцене – голоцене (по данным палинологического анализа донных отложений оз. Чурозеро) // Тезисы докладов VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода: Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. 2011. Т. 2. С. 128-131.
48. Паянская-Гвоздева И.И. Изучение неоднородности растительного покрова Кольского полуострова в связи с крупномасштабным картографированием // Геоботаническое картографирование. 1984. Л., 1984. С. 33–45.
49. Пожиленко В.И., Гавриленко Б.В., Жиров Д.В., Жабин С.В. Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты: Издательство Кольского научного центра РАН, 2002. 359 с.
50. Раменская М.Л. Растительность Печенгских тундр // Флора и растительность Мурманской области. Л.: Наука, 1972. С. 32–53.
51. Раменская М.Л. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. Л.: Наука, 1983. 216 с.
52. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 1. Кольский полуостров. Под ред. Ю.А. Елшиной, В.В. Куприяновой. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1970. 314 с.
53. Рудая Н.А. Палинологический анализ: Учебно-методическое пособие. Новосибирский государственный университет, Институт археологии и этнографии, СО РАН. Новосибирск, 2010. 48 с.
54. Сапелко Т. В., Анисимов М. А., Носевич Е. С. Палинологические реконструкции разрезов среднего и позднего голоцена побережья Баренцева моря // Проблемы Арктики и Антарктики. 2016. №. 1. С. 96–110.
55. Сапелко Т.В., Колька В.В., Евзеров В.Я. Динамика природной среды и развития озер в позднем плейстоцене и голоцене на южном берегу Кольского полуострова (район пос. Умба) // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2015. № 5. С. 60–69.

56. Сидоренко А. В. Доледниковая кора выветривания Кольского полуострова. М.-Л.: Издательство АН СССР, 1958. 107 с.
57. Тарасов П.Е. Реконструкции климата и растительности Северной Евразии позднего плейстоцена по палинологическим данным // Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. М.: МГУ, 2000. С. 70–96.
58. Толстоброва А.Н., Толстобров Д.С., Колька В.В., Корсакова О.П. История развития озера Осинное (Кольский регион) в поздне-последниковое время по материалам диатомового анализа донных отложений // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. №5. С.106–116.
59. Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. Т.1. 328 с.
60. Филимонова Л.В. Динамика растительности среднетаежной подзоны Карелии в позднеледниковье и голоцене (палеоэкологические аспекты) / Автореф. дис... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2005. 24 с.
61. Флора Мурманской области. М.-Л.: Издательство АН СССР, Наука, 1953. Т. 1. 315 с.
62. Хотинский Н.А. Радиоуглеродная хронология и корреляция природных и антропогенных рубежей голоцена // Новые данные по геохронологии четвертичного периода. М.: Наука, 1987. С. 39–45.
63. Цинзерлинг Ю. Д. География растительного покрова северо-запада европейской части СССР // Труды Геоморфологического Института. Л: Издательство АН СССР, 1932. №4. 337 с.
64. Шарапова А.Ю. Зональная стратиграфическая схема верхнеплейстоцен – голоценовых отложений Северной Европы // Вестник СПбГУ. 2005. Серия 7. № 1. С. 105–107.
65. Bakhmutov V.G., Yevzerov V.Ya., Kolka V.V. Geomagnetic secular variations of highlatitude glaciomarine sediments: data from the Kola Peninsula, northwestern Russia // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 1994. № 85. Pp. 143–153.
66. Baumer M.M., Wagner B., Meyer H., Leicher N., Lenz M., Fedorov G., Pestryakova L.A., Melles M. Climatic and environmental changes in the Yana Highlands of north-eastern Siberia over the last c. 57 000 years, derived from a sediment core from Lake Emanda // Boreas. 2021. № 50. Pp. 114–133.
67. Bengtsson L., Enell M. Chemical analysis // Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1986. Pp. 423–451.

68. Boettger T., Hiller A., Kremenetski K. Mid-Holocene warming in the northwest Kola Peninsula, Russia: northern pine limit movement and stable isotope evidence // *The Holocene*. 2003. № 13. Pp. 403–410.
69. Boyle J. F. Inorganic geochemical methods in palaeolimnology // *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Physical and Geochemical Methods*. Dordrecht: Springer, 2002. Pp. 83–141.
70. Blytt A. Die Theorie der wechselnden kontinentalen und insulaten Klimate // *Bot. Jb.*, 1882. N. 2.
71. Brown E.T., Johnson T.C., Scholz C.A., Cohen A.S., King J.W. Abrupt change in tropical African climate linked to the bipolar seesaw over the past 55,000 years // *Geophysical Research Letters*. 2007. № 34.
72. Cohen, A. S. *Paleolimnology: the History and Evolution of Lake Systems*. New York: Oxford University Press, 2003. 528 pp.
73. Corner G.D., Kolka V.V., Yevzerov V.Ya., Moller J.J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia // *Global and Planetary Change*. 2001. V. 31(1–4). Pp. 153–175.
74. Davies S. J., Lamb H. F., Roberts S. J. Micro-XRF core scanning in palaeolimnology: recent developments // *Micro-XRF Studies of Sediment Cores*. Dordrecht: Springer, 2015. Pp. 189–226.
75. Dean W.E.Jr. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods // *Journal of Sedimentary Petrology*. 1974. № 44. Pp. 242–248.
76. Faegri K. S., Iversen J. *Textbook of Pollen Analysis*. Chichester: John Wiley, 1989. 328 pp.
77. Francke A., Wagner B., Just J., Leicher N., Gromig R., Baumgarten H., Vogel H., Lacey J.H., Sadori L., Wonik T., Leng M. J., Zanchetta G., Sulpizio R., Giaccio B. Sedimentological processes and environmental variability at Lake Ohrid (Macedonia, Albania) between 637 ka and the present // *Biogeosciences*. 2016. № 13. Pp. 1179– 1196.
78. Gervais B.R., MacDonald G.M., Snyder J.A., Kremenetski C.V. *Pinus sylvestris* treeline development and movement on the Kola Peninsula of Russia: pollen and stomate evidence // *Journal of Ecology*. 2002. № 90.
79. Gjerde M., Bakke J., D'Andrea W.J., Balascio N.L., Bradley R.S., Vasskog K., Ólafsdóttir S., Røthe T.O., Perren B.B., Hormes A. Holocene multi-proxy environmental reconstruction from lake Hakluytvatnet, Amsterdamøya Island, Svalbard (79.5°N) // *Quaternary Science Reviews*. 2018. V. 183. Pp. 164–176.

80. Grönlund T., Kauppila T. Holocene history of Lake Soldatskoje (Kola Peninsula, Russia) inferred from sedimentary diatom assemblages // *Boreas*. 2002. V. 31. Pp. 273–284.
81. Heiri O., Lotter A.F., Lemcke G. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results // *Journal of Paleolimnology*. 2001. №25. Pp. 101–110.
82. Hirvas, H. Pleistocene stratigraphy of Finnish Lapland. Geological Survey of Finland, Bulletin 354, 1991. 123 pp.
83. Ilyashuk E.A., Ilyashuk B.P., Hammarlund D., Larocque I. Holocene climatic and environmental changes inferred from midge records (Diptera: Chironomidae, Chaoboridae, Ceratopogonidae) at Lake Berkut, southern Kola Peninsula, Russia // *The Holocene*. 2005. № 15, 6. Pp. 887–914.
84. Ilyashuk E.A., Ilyashuk B.P., Kolka V.V., Hammarlund D. Holocene climate variability on the Kola Peninsula, Russian Subarctic, based on aquatic invertebrate records from lake sediments // *Quaternary Research*. 2013. № 79 (3). Pp. 350–361.
85. Kauppila T., Salonen V.-P. The effect of Holocene treeline fluctuations on the sediment chemistry of Lake Kilpisjärvi, Finland // *Journal of Paleolimnology*. 1997. № 18. Pp. 145–163.
86. Kleman J., Hätttestrand C., Borgström I., Stroeve A. Fennoscandian palaeoglaciology reconstructed using a glacialgeological inversion model// *Journal of Glaciology*. 1997. V. 43. № 144. Pp. 283–299.
87. Kremenetski C., Vaschalova T., Goriachkin S., Cherkinsky A., Sulerzhitsky L. Holocene pollen Stratigraphy and bog development in the western part of the Kola Peninsula, Russia // *Boreas*. 1997. V. 26. Pp. 91–102.
88. Kylander M. E., Ampel L., Wohlfarth B., Veres D. High-resolution X-ray fluorescence core scanning analysis of Les Echets (France) sedimentary sequence: new insights from chemical proxies // *Journal of Quaternary Science*. 2011. № 26. Pp. 109–117.
89. Lenz M., Savelieva L., Frolova L., Cherezova A., Moros M., Baumer M. M., Gromig R., Kostromina N., Nigmatullin N., Kolka V., Wagner B., Fedorov G., Melles M. Lateglacial and Holocene environmental history of the central Kola region, northwestern Russia revealed by a sediment succession from Lake Imandra // *Boreas*. 2021. Vol. 50. Pp. 76–100.
90. Mackereth F.J.H. 1966. Some chemical observations on post-glacial sediments // *Philosophical Transactions of Royal Society London*. 1966. Series B 250. Pp. 165–213.
91. Mangerud J. The last ice age in Scandinavia// *Late Quaternary Stratigraphy in the Nordic Countries 150,000–15,000 B.P.* 1991. *Striae*, 34. Pp. 15–30.

92. Mangerud J., Andersen S., Berglund B. E., Dorner J. J. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification // *Boreas*. 1974. V. 3, 3. Pp. 109–126.
93. Matishov G.G., Sharapova A.Y., Tarasov G.A., Snyder J.A., MacDonald G.M., Kremenetski K.V. Khasankaev V.B. Postglacial vegetation and climate in the central Kola Peninsula // *Doklady Earth Sciences. Interperiodica Publishing*, 2004. V. 402. №. 4. Pp. 646–648.
94. Melles M., Brigham-Grette J., Minyuk P.S., Nowaczyk N.R., Wennrich V., Deconto R.M., Anderson P.M., Andreev A.A., Coletti A., Cook T.L., Haltia-Hovi E., Kukkonen M., Lozhkin A.V., Rosén P., Tarasov P., Vogel H., Wagner B. 2.8 Million Years of Arctic Climate Change from Lake El'gygytgyn, NE Russia // *Science*. 2012. № 337. Pp. 315–320.
95. Nilsson T. Standard-pollendiagramme und ¹⁴C Datierungen aus dem Ageröds Mosse in Mittleren Schonen // *Lunds Universitets Årsskrift*, 1964.
96. Polyak L., Lehman S.J., Gataullin V., Timothy Jull A.J. Two-step deglaciation of the southeastern Barents Sea // *Geology*. 1995. V. 23. №6. Pp. 567–572.
97. Polyak L., Mikhailov V. Post-glacial environments of the southeastern Barents Sea: foraminiferal evidence // *Late Quaternary Palaeoceanography of the North Atlantic Margins*. 1996. № 111: Geological Society Special Publication. Pp. 323–337.
98. Prentice C., Guiot J., Huntley B., Jolly D., Cheddadi R. Reconstructing biomes from palaeoecological data: a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka // *Climate Dynamics*. 1996. № 12. Pp. 185–194.
99. Prentice I.C., Cramer W., Harrison S.P., Leemans R., Monserud R.A., Solomon A.M. Special paper: a global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate // *Journal of Biogeography*. 1992. Pp. 117–134.
100. Santisteban J.I., Mediavilla R., López-Pamo E., Dabrio C.J., Ruiz Zapata M.B., Gil García M.J., Castaño S., Martínez-Alfaro P.E. Loss on ignition: a qualitative or quantitative method for organic matter and carbonate mineral content in sediments? // *Journal of Paleolimnology*. 2004. № 32. Pp. 287–299.
101. Sernander R. Studier Ofver den Gotländska vegetationens utvecklingshistoria. Uppsala, 1894.
102. Snyder J.A., Korsun S.A., Forman S.L. Postglacial emergence and the Tapes transgression, northcentral Kola Peninsula, Russia // *Boreas*. 1996. V. 25. Pp. 47–56.
103. Snyder J.A., Forman S.A., Mode W.N. & Tarasov G.A. Postglacial relative sea-level history, sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia // *Boreas*. 1997. V. 26. Pp. 329–346.

104. Snyder J.A., MacDonald G.M., Forman S.L. et al. Postglacial climate and vegetation history, north-central Kola Peninsula, Russia: pollen and diatom records from Lake Yarnyshnoe-3 // *Boreas*. 2000. V. 29. Pp. 261–271.
105. Solovieva N., Jones V. J. A multiproxy record of Holocene environmental changes in the central Kola Peninsula, northwest Russia // *Journal of Quaternary Science*. 2002. Vol. 17 (4). P. 303–318.
106. Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // *Quaternary Science Reviews*. 2004. №23. Pp. 1229–1271.
107. Tarasov P.E., Webb T., Andreev A.A., Afanas'eva, N.B., Berezina N.A., Bezusko L.G., Blyakharchuk T.A., Bolikhovskaya N.S., Cheddadi R., Chernavskaya M.M., Chernova G.M., Dorofeyuk N.I., Dirksen V.G., Elina G.A., Filimonova L.V., Glebov F.G., Guiot J., Gunova V.S., Harrison S.P., Jolly D., Khomutova V.I., Kvavadze E.V., Osipova I.M., Panova N.K., Prentice I.C., Saarse L., Sevastyanov D.V., Volkova V.S., Zernitskaya V.P. Present-day and mid-Holocene biomes reconstructed from pollen and plant macrofossil data from the former Soviet Union and Mongolia // *Journal of Biogeography*. 1998. № 25. Pp. 1029-1053.
108. Voronina A., Polyak L., de Vernal A., Peyron O. Holocene variations of sea-surface conditions in the southeastern Barents Sea, reconstructed from dinoflagellate cyst assemblages // *Journal of Quaternary Science*. 2001. V. 16 (7). Pp. 717–726.
109. Vorren K.-D., Alm T. Late Weichselian and Holocene environments of lake Endletvatn, Andøya, northern Norway: as evidenced primarily by chemostratigraphical data // *Boreas*. 1999. № 28.
110. Walker M.; Gibbard P.; Head M.J.; Berkelhammer M.; Björck S.; Cheng H.; Cwynar L.C.; Fisher, D.; Gkinis V.; Long A.; Lowe J.; Newnham R.; Rasmussen S.O., Weiss H. Formal Subdivision of the Holocene Series/Epoch: A Summary // *Journal of the Geological Society of India*. 2019. № 93(2). p.135-141
111. Wolfe B.B., Edwards T.W.D., Jiang H., MacDonald G.M., Gervais B.R., Snyder J.A. Effect of varying oceanicity on early- to mid-Holocene palaeohydrology, Kola Peninsula, Russia: isotopic evidence from treeline lakes // *The Holocene*. 2003. № 13, 2. Pp. 153–160.

Список электронных ресурсов:

1. c14.arch.ox.ac.uk – калибровочная программы OxCal 4.3 (дата обращения: 10.05.2021).
2. earthexplorer.usgs.gov – сайт Earth Explorer (дата обращения: 03.05.2021).
3. textual.ru/gvt/ – государственный водный реестр (дата обращения: 03.04.2021).

4. www.google.com/intl/ru/earth/ – программа Google Earth (дата обращения: 03.05.2021).
5. www.tiliait.com – программа Tilia (дата обращения: 01.05.2021).