

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. Ломоносова
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра гидрологии суши**



Отчет

**Зимний режим водных объектов в районе
проектирования Северной приливной электростанции**



**Начальник экспедиции – инженер А.А. Попрядухин
Научный руководитель – доцент, д.г.н. Н.Л. Фролова**

Териберка – Москва, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СЕВЕРНОЙ ПЭС И РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЙ	4
1.1 Проект создания Северной приливной электростанции в губе Долгой.....	4
1.2. Физико-географические особенности района исследований и факторы формирования химического состава водных объектов суши	5
ГЛАВА 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЛИВНЫХ ЭСТУАРИЕВ Р.ТЕРИБЕРКА И Р.ДОЛГАЯ.....	8
ГЛАВА 3. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНЕ ГУБЫ ДОЛГОЙ	13
ГЛАВА 4. ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕР – ВОЗМОЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕВЕРНОЙ ПЭС	17
4.1. Методика проведения гидролого-гидрохимической съемки и гидробиологических исследований!Ошибка! Закладка не определена.	
4.2. Озеро Секретарское.....	18
4.3. Озеро Большое Батарейское.....	20
4.4. Озеро Красное.....	24
4.5. Результаты гидробиологических исследований.....	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	Ошибка! Закладка не определена.
ЛИТЕРАТУРА	Ошибка! Закладка не определена.
ПРИЛОЖЕНИЯ	30
1. Ионный состав отдельных проб воды оз.Секретарское (29.01.2013).....	30
2. Ионный состав отдельных проб воды оз.Б.Батарейское (30.01.2013).....	30
3. Ионный состав отдельных проб воды оз.Красное (31.01.2013).....	30

ВВЕДЕНИЕ

Экспедиция НСО студентов кафедр гидрологии суши, метеорологии и климатологии и 1 курса географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова проходила в районе проектирования Северной приливной электростанции (ПЭС) (губа Долгая, Баренцево море) в пос. Териберка, Мурманской области с **26 января по 6 февраля 2013 г.** Опытнo-промышленная Северная ПЭС – нестандартный, инновационный объект, на котором будут проверены в натурных условиях новые технические решения, разработанные в нашей стране.

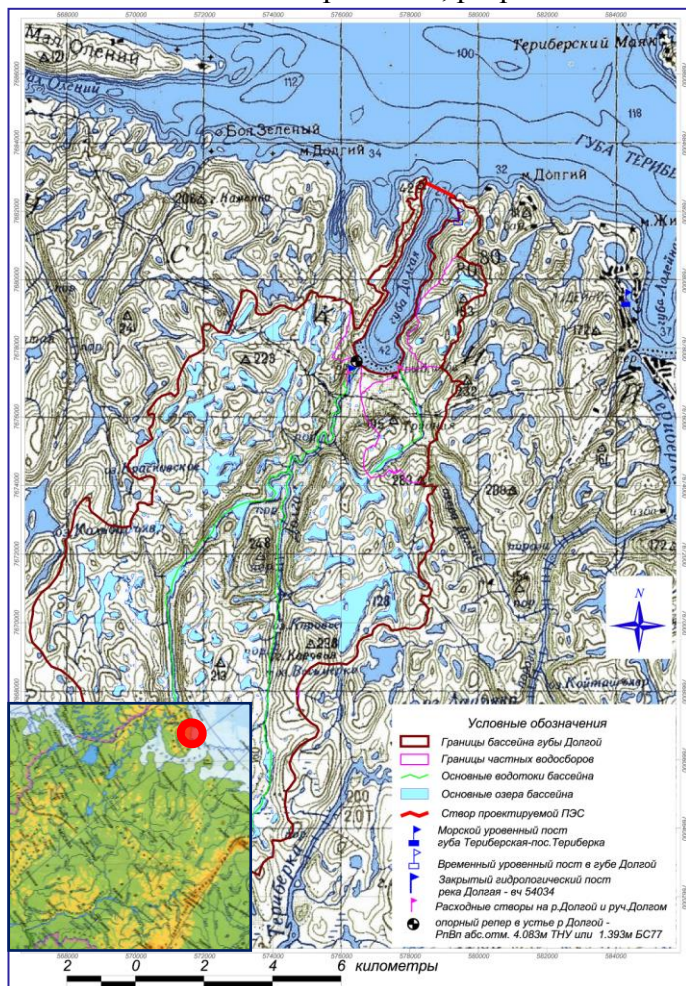


Рис. В1. Карта района проведения экспедиции НСО 2013 г. в бассейне губы Долгой и реки Долгой и местоположение проектируемого створа Северной ПЭС

Целью экспедиции были комплексные гидрометеорологические исследования в районе губы Долгой, с целью изучения режима водных объектов в зимний период года.

Актуальность и новизна исследований связана с тем, что в гидрометеорологическом отношении район губы Долгой Баренцева моря изучен слабо. Стационарная сеть гидрометеорологических наблюдений отсутствует, экспедиционные наблюдения проводились эпизодически, в зимний период года наблюдения ранее не проводились.

Задачи экспедиции:

1. Приобретение студентами навыков полевых гидрологических, метеорологических и гидрохимических работ на реках и озерах, морском побережье в зимний период.
2. Детальное исследование гидрологического режима водных объектов бассейна губы Долгой и р. Териберки.
3. Проведение гидролого-гидрохимических исследований озер Секретарского, Большого Батарейского,

Красного для оценки возможности их использования в качестве источников водоснабжения Северной ПЭС.

4. Проведение синхронных метеорологических наблюдений с помощью автоматических метеостанций, установленных на ГМС «Териберка» (высота 36 м над уровнем моря) и мысу Жилой (3 м над уровнем моря при полной воде) для определения метеорологических параметров в период экспедиции, вертикальной структуры изменения метеоэлементов и оценки репрезентативности сетевых метеорологических данных условиям створа проектирования Северной ПЭС.

5. Оценка пространственно-временной изменчивости характеристик снежного покрова в бассейне губы Долгой.

Экспедиция базировалась в районе пос. Лодейное в 8 км от створа Северной ПЭС. Работы проводились на оз. Секретарском (7 станций), Б. Батарейском (21 станция), Красном (4 станции), в приливных эстуариях р.Териберки и Долгой, на метеостанции «Териберка» и на побережье Баренцева моря.

Состав работ во время проведения экспедиции НСО:

1. Организация полевой гидрохимической лаборатории, работы полевых автоматических метеостанций (АМС).
2. Подробная гидролого-гидрохимическая съемка озер Секретарского, Большого Батарейского,

Красного (батиметрические съемки, изучение распределения температуры воды, электропроводности, содержания кислорода, отбор проб на химический анализ воды).

3. Гидрометрические наблюдения в приливных эстуариях, снегомерные съемки.

4. Гидробиологические исследования на водных объектах.

5. Камеральная обработка данных наблюдений (построение карт, предварительные расчеты, гидрохимический анализ проб воды) (рис. В2).



Рис. В2. Полевые и камеральные работы во время экспедиции 2013 г.



В состав экспедиции (рис. В3) входили студенты 1 курса географического факультета (7 человек), 2-5 курсов кафедры гидрологии суши и метеорологии и климатологии (13 человек).

Рис. В3. Состав Северной экспедиции НСО кафедры гидрологии суши в 2013 г.

Руководители экспедиции: инженер кафедры гидрологии суши А.А. Попрядухин, доцент,

д.г.н. Н.Л. Фролова, инж., к.г.н. П.Н. Терский, с.н.с. Государственного океанографического института Н.А. Демиденко.

Настоящий отчет составлен по результатам полевых работ в январе–феврале 2013 г. в районе губы Долгой и обработки данных измерений в гидрохимической лаборатории кафедры гидрологии суши.

ГЛАВА 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СЕВЕРНОЙ ПЭС И РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Проект создания Северной приливной электростанции в губе Долгой

В настоящее время в мире быстрыми темпами ведется разработка программ развития возобновляемых источников энергии, способных в ближайшем будущем составить конкуренцию традиционной энергетике, базирующейся на углеводородных ресурсах. В странах, расположенных на морских побережьях и обладающих необходимыми природными ресурсами, большой интерес вызывают исследования в области создания приливных электростанций (ПЭС). В России освоение приливной энергетики началось 75 лет назад с обследования арктического побережья страны и определения створов будущих ПЭС. Первая ПЭС в России – Кислогубская на Баренцевом море вошла в строй в 1968 г. Многолетний опыт эксплуатации первых в мире ПЭС – Ранс во Франции и Кислогубской в России доказали, что приливные электростанции не загрязняют водную среду и атмосферу, не образуют экологически опасных отходов, их сооружение не требует затопления земель, стоимость электроэнергии – самая дешевая в энергосистеме. Приливная электростанция в губе Кислой Баренцева моря стала основным в мире полигоном проведения комплексных исследований безопасности приливной энергетики. На ней были выполнены десятки разнообразных исследований, в том числе и по изучению негативных экологических последствий строительства и эксплуатации ПЭС. Одновременно разрабатывались проекты крупных промышленных ПЭС, изыскательские работы по определению их оптимального месторасположения,

оценки экологических последствий. Таким образом, в России накоплен уникальный опыт проектирования, строительства и экологической экспертизы приливных электростанций.

На современном этапе принято считать, что строительство приливных электростанций экономически целесообразно в районах, где колебания уровня моря составляют не менее 4 м. Кроме высоты приливов для оценки проекта ПЭС важна стабильность наблюдения высот приливов и объёмных расходов (мареоаграмма). Это важно для прогнозирования степени равномерности по времени выработки электроэнергии, проектируемой ПЭС.

Северная ПЭС — проектируемая приливная электростанция, будет располагаться в губе Долгая-Восточная на Кольском полуострове в Мурманской области (рис. В1). Опытнотомышленная Северная ПЭС – нестандартный, инновационный объект, на котором будут проверены в натурных условиях новые технические решения, разработанные в ОАО «НИИЭС» РусГидро. Использование новаций, проверенных на Северной ПЭС, позволит обосновать экономическую целесообразность и приступить к проектированию и строительству сверхмощной Мезенской ПЭС (8,0 ГВт) в Европейской части России и Тугурской на Охотском море (6,8 ГВт).

Данная электростанция будет обладать мощностью 12 МВт при годовой выработке энергии 23,8 млн кВт•ч. В отличие от Кислогубской ПЭС, эта станция является не опытной, а опытнотомышленной. Проект принадлежит РусГидро и находится на стадии практической реализации.

Створ Северной ПЭС длиной 900 м предполагается перекрыть плотиной, состоящей из девяти наплавных блоков: одного агрегатного и восьми «глухих». Крайние блоки сопрягаются с берегами путем устройства каменно-набросных примыканий, выполняемых по традиционной технологии (рис.1.1). Типовой размер блоков составляет: длина по фронту - 120 м, ширина - 30,5 м (для «глухих») и 45,5 м (для агрегатного), максимальная высота - 40 м. Срок строительства займёт 3-4 года при стоимости порядка 4 млрд руб. Реализация проекта строительства ПЭС позволит решить следующие задачи: развитие производства электроэнергии на основе экологически чистого возобновляемого источника энергии — энергии приливов; замещение органических энергоносителей, существенная экономия органического топлива, сохранение запасов углеводородов; создание условий для экономического развития регионов Севера Европейской части России; снижение дефицита мощности в ОЭС Европейской части России; экспорт электроэнергии в страны Скандинавии, Центральной Европы; разработка и внедрение передовых технологий в области гидроэнергетики.

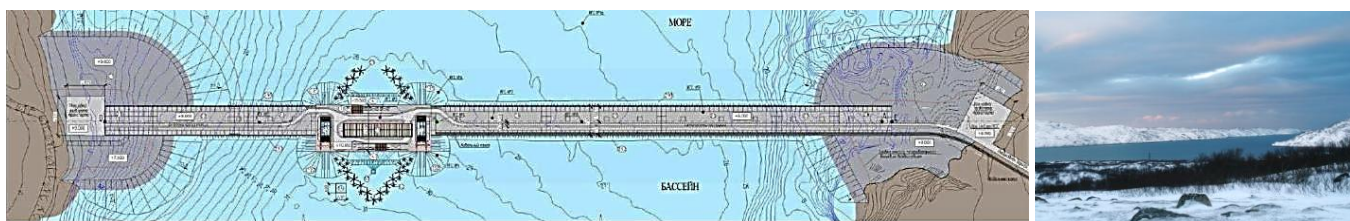


Рис. 1.1. Генеральный план основных сооружений Северной ПЭС (Шполянский и др., 2011; <http://www.sro-ess.ru/press>) (слева) и губа Долгая в районе створа ПЭС (справа) (фото 2013 г.)

Если ПЭС будет построена, то экономия топлива будет равна 7,7 тыс. т.у.т. Данная станция предотвратит выброс в атмосферу 12 тыс. тонн углекислого газа ежегодно. В настоящее время работы по созданию Северной ПЭС находятся на стадии экспертизы.

1.2 Физико-географические особенности района исследований и факторы формирования химического состава водных объектов суши

Губа Долгая, где проектируется строительство Северной ПЭС – один из заливов в восточной части Мурманского побережья на Кольском полуострове. «Район губы Долгой» включает как сам бассейн, площадью 113,5 км², впадающей в залив одноимённой реки, так и связанные с ним в ландшафтном и социально-экономическом отношении нижняя часть бассейна р. Териберки вплоть до губы Лодейной и расположенные к западу холмистые бассейны малые рек и ручьи, впадающие в Малый Олений залив. Условно его можно определить, как квадрат 22×26 км, расположенный между 69° и 69°12' с. ш. с осью по меридиану р. Долгой 34° 50' в. д. Река Долгая имеет длину 20,4 км (рис. В1), длина бассейна 25 км, максимальная ширина в средней части, в

створе оз. Коровье, около 9,5 км. Исследуемый район удалён от Мурманска на северо-восток на 90 км и находится в 4,5 км к востоку от пос. Териберка (Атлас..., 1971).

Геологическое строение и рельеф. Район исследований находится на территории Кольского полуострова, и принадлежит к восточной части Балтийского кристаллического щита. Балтийский щит образовался в процессе длительной эволюции земной коры, которая в начале палеозойской эры (около 550 млн. лет назад) оформилась в прочный кристаллический массив. Затем в результате тектонических процессов появились разломы и трещины, разбившие щит на крупные блоки. В настоящее время такое блоковое строение сохраняется. В кайнозойской эре Балтийский щит начинает испытывать вертикальные движения земной коры. Эти движения проявляются в следующих процессах: общее сводовое поднятие щита и разнонаправленные вертикальные перемещения отдельных блоков на фоне этого сводового поднятия. Такие перемещения происходили, в частности, на границе Кольского полуострова и Баренцева моря. Обрывистый берег в районе исследований как раз является границей глубинного разлома, по которому произошло опускание дна моря, в недалеком геологическом прошлом бывшего суши (Криволуцкий, 1971). К началу четвертичного периода сформировался современный рельеф территории. В дальнейшем он подвергался лишь некоторым видоизменениям, причиной которых являлись четвертичные оледенения. Толщина льда в районе исследований достигала 2 км, что способствовало усилению вертикальных колебаний земной коры при наступлении или стаивании ледника. Последний из ледников, начав отступать приблизительно 15 тыс. лет назад, оказал наиболее заметное влияние на формирование современного рельефа. Деятельностью ледника обусловлена и сглаженность, округлость положительных форм рельефа, которые приобрели вид бараньих лбов, курчавых скал. При отступлении, ледник, двигаясь с юго-востока на северо-запад, оставлял на поверхности большие массы, песка, валунов. С относительно недавним освобождением территории от ледникового покрова связана невыработанность гидрографической сети региона. Здесь сохранилось обилие озер, хотя и включенных в единую озерно-речную сеть, но еще не спущенных. Мало изменена и сама форма озерных котловин, оставшаяся в наследство от ледникового периода. Реки не успели выработать продольный профиль; они извилисты и порожины, с перекатами, часто встречаются водопады. Сейчас рельеф района исследований можно охарактеризовать как денудационно-тектонический. Он представляет собой холмистую равнину с абсолютными отметками от 50 до 280 м, которая круто обрывается к морскому побережью. Береговая линия сильно изрезана глубокими фьордообразными заливами. Цепочки холмов, изолированные более низкими седловинами и распадками, образуют несколько узких гребней меридионального простирания (1–4 км), разбитых сетью поперечных долин. Высота холмов в прибрежной зоне 50–80 м. Непосредственно в районе губы Долгая высота холмов достигает 90–150 м, максимальная – 201 м (г. Петро). Межхолмовые депрессии – это узкие (50–500 м) корытообразные троговые долины с крутыми, обрывистыми, реже покатыми склонами и плоским днищем, занятые озёрами, долинами рек и ручьёв и частично заболоченные. Максимальная амплитуда рельефа в районе губы Долгая около 300 м.

Метеорологические условия района губы Долгая определяются его местоположением на северном побережье Кольского полуострова. Характеристика некоторых климатических параметров, играющих важную роль в формировании термического и ледового режимов водных объектов, может быть сделана по материалам многолетних наблюдений на метеостанции Териберка с 1936 по 2012 гг., расположенной в 4,5 км к востоку от входа в губу Долгая. Характеризуя климат данного региона, с одной стороны, следует учитывать его высокоширотное положение, то есть отсутствие прихода солнечной радиации зимой во время полярной ночи и небольшую высоту солнца летом во время полярного дня. С другой стороны, следует иметь в виду, влияние ветви теплого Северо-Атлантического течения под названием Нордкапское, благодаря которому в Баренцево море поступают сравнительно теплые атлантические воды. Климат района полярный, морской. В северной части Баренцева моря господствуют массы арктического воздуха, на юге – воздух умеренных широт. На границе этих двух основных потоков часто образуются циклоны и антициклоны, с прохождением которых и связан характер погоды на Баренцевом море. Темпера-

турный режим района губы Долгая, как и всего Мурманского побережья носит черты морского климата высоких широт, однако для области характерна высокая изменчивость всех элементов температурного режима во времени. Так, на фоне относительной теплой зимы (средняя температура самого холодного месяца февраля составляет $-8,5^{\circ}\text{C}$), возможны кратковременные, но значительные похолодания до $-30 \div -34^{\circ}\text{C}$. На фоне короткого, прохладного лета возможны повышения температуры в июле до $+35^{\circ}\text{C}$. Средняя температура июля $-11,2^{\circ}\text{C}$, средний максимум $13,5^{\circ}\text{C}$. Средняя годовая температура воздуха составляет $+0,6^{\circ}\text{C}$ (рис. 1.2). Продолжительность безморозного периода превышает 118 дней, максимум – 156 дней, минимум – 78 дней. Устойчивый переход температуры воздуха через 0°C к отрицательным значениям обычно наблюдается в конце третьей декады октября, а к положительным значениям в конце третьей декады апреля. В среднем продолжительность периода со средней температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ составляет 59 дней. Годовое количество осадков для большей части территории бассейна р.Териберки составляет 550–600 мм. Средняя годовая сумма осадков в районе губы Долгой достигает 472 мм. В течение года осадки выпадают неравномерно. Большая часть их, примерно 60% годовой суммы, падает на теплый период года. Наименьшее количество осадков выпадает в марте, в горах – в апреле. За год выпадает примерно одинаковое количество твердых и жидких осадков, от 38 до 49%; смешанные осадки в виде дождя с мокрым снегом составляет 12–14% годового количества осадков. Устойчивый снежный покров образуется в первых числах ноября, в горных районах с увеличением высоты установление снежного покрова наблюдается раньше примерно на 3–4 дня на каждые 100 м подъема. Наиболее интенсивный рост снежного покрова происходит от декабря к февралю и достигает максимума в конце марта. Разрушение снежного покрова наблюдается в среднем в первой декаде мая. Наибольшие запасы воды в снежном покрове накапливаются к началу апреля. Высота снежного покрова составляет в среднем 60–80 см, максимальная плотность снега достигает 0,20–0,26, а запасы воды в снеге в долине р. Долгой составляет в среднем 120–180 мм, а на открытых тундровых участках 100–160 мм.

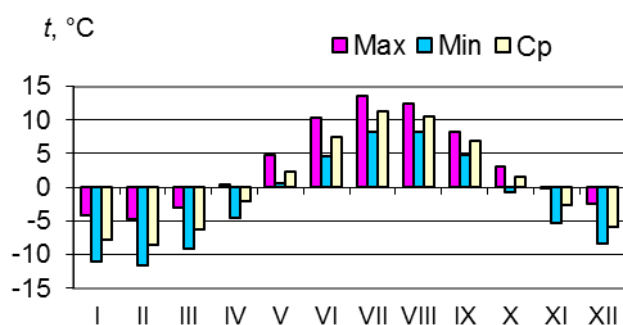


Рис. 1.2. Средние и экстремальные температуры воздуха района губы Долгой по ГМС Териберка (1951 - 2005 гг.).

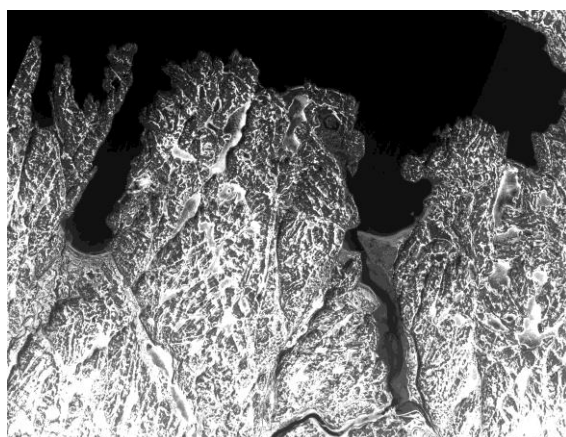


Рис. 1.3. Снимок со спутника IRS района губы Долгой в суровую зиму 7 мая 2006 г. (слева) - губа Долгая и Териберская свободны ото льда; озера покрыты льдом и фото губы Долгой в феврале 2013 г. (справа).

Ледовый режим Баренцева моря формируется под воздействием Атлантического и Северного Ледовитого океанов. Баренцево море относится к числу ледовитых, но это единственное из арктических морей, которое из-за притока в его юго-западную часть теплых атлантических вод никогда полностью не замерзает (рис. 1.3). В Баренцевом море наблюдаются льды местного про-

исхождения. Как правило, здесь отсутствуют ледяные поля, и преобладает битый лед. В весенне-летнее время однолетние льды быстро тают. Ледовый режим губ восточной части Мурманского побережья зависит не столько от их географического положения, сколько от их конфигурации и степени изолированности, положения их устья и общего направления по отношению к господствующим в зимний период ветрам, а также от наблюдаемых в губах суммарных течений. Губа Долгая расположена в наименее ледовитом районе побережья Кольского полуострова. На подходе к губе местный припайный лед не образуется и лишь изредка наблюдается плавучий лед, выносимый из губы Териберской и вершины губы Долгая. Обычно на акватории Баренцева моря, прилегающей к Мурманскому побережью Кольского полуострова (включая губу Долгую), местного льда не бывает (рис.1.3).

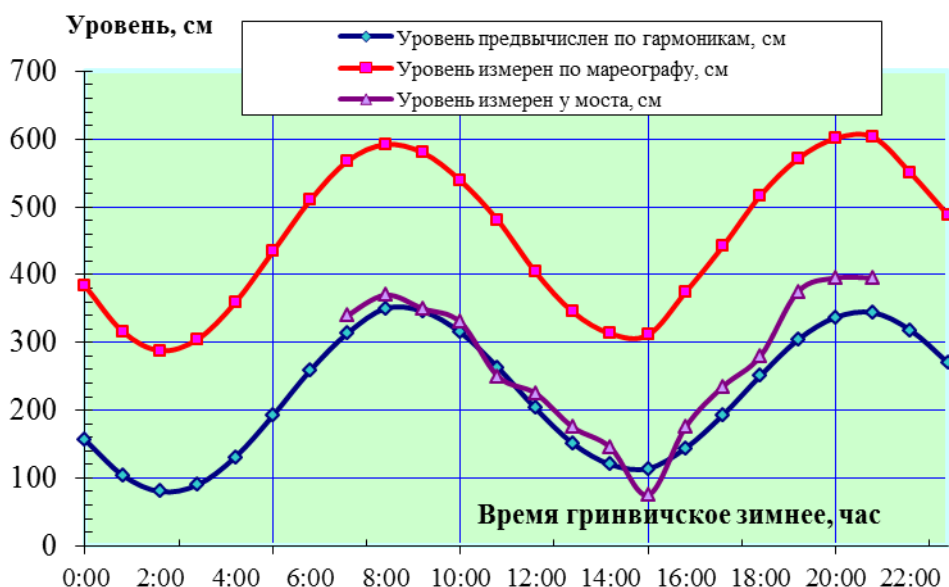
Почвы, растительность. Бассейн р. Долгой находится в зоне тундры, его общая лесистость составляет всего около 6%. Леса и криволесья концентрируются вдоль речных долин, по межхолмовым депрессиям и распадкам. Основным фактором дифференциации служит сложный рельеф денудационной равнины – чередование плоских вершин скальных холмов и блоковых структур, цирков, гребней, склонов различной крутизны и экспозиции, озёрных котловин и межхолмовых депрессий. Подобный расчленённый рельеф создаёт пятнистую и мозаичную структуру природных комплексов ранга урочища – фации, при сравнительно небольшом количестве их типов (не более 10). Отмечается чересполосица различных тундровых урочищ – мохово-лишайниковых, кустарничковых, кустарниковых, лишайниково-каменистых; субдоминантными и редкими являются урочища с березовым криволесьем и карликовыми березняками с ивой и рябиной по долинам рек и подножьям подветренных склонов.

ГЛАВА 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЛИВНЫХ ЭСТУАРИЕВ Р.ТЕРИБЕРКА И Р.ДОЛГАЯ

В районе губы Долгой средняя величина квадратурного прилива составляет 2,7–2,8 м, а сизигийного – 3,6–3,8 м. Одной из задач экспедиции было оценка стока в приливных устьях р.Долгой и Териберки.

Река Териберка – площадь водосбора 2226.6 км², длина 128.3 км, имеет 18 озерных участков, протяженностью 39.5 км. Линейная озерность реки 30.9%, общая озерность водосбора – 7.2% (Каталог..., 1962). Ширина реки до 100 м, порожистая, с быстрым течением (0,5 м/с), перепад высот между устьем и истоком составляет 270 м.

Организация и проведение работ. Работы в устье **р. Териберка** производились с 31 января по 2 февраля, с автомобильного моста, примерно в 2 км выше по течению от места впадения реки в Баренцево море. Так как опоры моста возвышались на 8–10 метров над поверхностью воды, а глубина потока изменялась примерно в тех же пределах, требовалось, чтобы вертушка была крепко привязана тросом к веревке. Из-за больших скоростей течения, доходивших до 1,4 м/с, к тросу, к которому крепилась вертушка, был привязан груз весом в 20 кг.



Место работ на мосту через р.Териберку (справа) и в устье р. Долгой (слева)

Рис. 2.1. Колебания уровней воды р.Териберки, вычисленных по данным <http://easytide.ukho.gov.uk/EASYTIDE>, по мареографу на ГМС «Териберка», по данным натурных измерений во время экспедиции 31.01-2.02.2013

На следующий день, 1 февраля, измерения начались в 10:30 и продолжались до 1:45 следующего дня (рис. 2.1). Каждые пятнадцать минут измерялось расстояние воды до моста, соленость, температура и электропроводность кондуктометром YSI10, в средней части потока до 12:30, а с 12:30 – на поверхности, середине и у дна. Измерения скоростей воды производились на глубинах: полметра от дна, 2, 4, 6, 8 метров от дна и около поверхности. Количество промерных глубин варьировалось в зависимости от уровня воды, т.е. от четырех до шести. Помимо этого, каждый час, а после 14:00 – каждые полчаса, производился отбор проб на мутность. Работы производились двумя бригадами одновременно. Пока одна бригада проводила измерение расхода (обычно на это уходило 10-15 минут), вторая измеряла уровень воды, затем отбирала пробу, проводила зондирование электропроводности и температуры по глубине. Так как общее время рейдовых измерений было более 15 часов, а погодные условия были неблагоприятными (t воздуха колебалась от -5 до -12 °С при сильном ветре), на смену людям, работавшим более 4 часов, приезжали новые.

Анализ изменения уровней воды, скоростей течения, солености и температуры воды.

Данные по глубинам, полученные во время рейда с 10:45 до 1:30 1 февраля, при измерениях с моста, были преобразованы в отметки дна, относительно самой глубокой его части. Далее, на основе тщательных промеров, проведенных 31 января, был построен профиль дна русла в створе моста (рис.2.2) и зависимость площади сечения от уровня воды (рис. 2.3) .

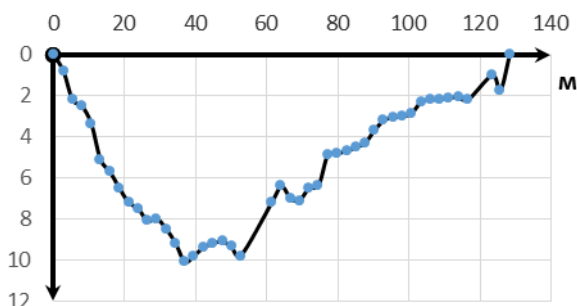


Рис.2.2. Поперечное сечение р. Териберки в створе автомобильного моста

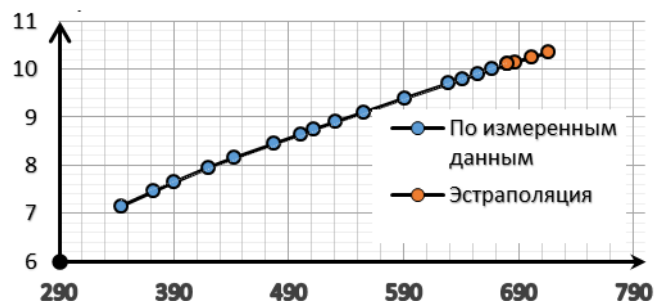


Рис. 2.3. Зависимость площади сечения от уровня воды

Распределение по глубине и по времени (стадии - отлив (А) и прилив (Б)) скоростей течения показано на рис. 2.4. Поверхностная и придонная скорости изменяются синхронно. Направление течений меняется одновременно по всей толщине потока. Это обычное явление для устьев малых

рек, впадающих в приливные моря. В период прямого течения (из реки в море) поверхностная скорость больше придонной. То же самое было и в период обратных течений. Значит, в потоке не было стратификации по солености (что будет показано далее). Стратификация могла появляться только в короткие периоды смены течений, что доказывается более высокими значениями скорости у поверхности, по сравнению с придонной.

На основе анализа графика скорости можно предположить, что из моря в реку зашло больше воды, чем до того вытекло из реки в море. Вывод был сделан на основе того, что «обратное» течение продолжалось дольше, чем «прямое», при этом «обратный максимум» был равен «прямому максимуму» скорости. Учитывая, что в период «обратных» течений площадь поперечного сечения больше, чем в период прямых течений, можно предположить, что объем воды в первом случае будет больше чем во втором. Если это так, тогда в данном случае мы имеем дело с последствиями ветрового нагона. Такую же картину может дать и явление приливной накачки – накопления воды в устьевой области в период растущих приливов. Но по графику предвычисленных приливов видно, что высота полных вод (максимума прилива) в день наблюдений скорости должна быть меньше, чем в предыдущий день. То есть по астрономическим причинам приливы должны были уменьшаться, следовательно приливной накачки быть не должно.

Что же касается зависимости расхода от уровня (рис. 2.5), то она также подтверждает, что имел место ветровой нагон, так как количество пришедшей во время прилива воды очевидно больше количества воды, ушедшей во время отлива. Во время измерений расходов воды также проводились измерения солености и температуры воды. Измерения проводились с моста через реку Териберка и начались в 10:45.

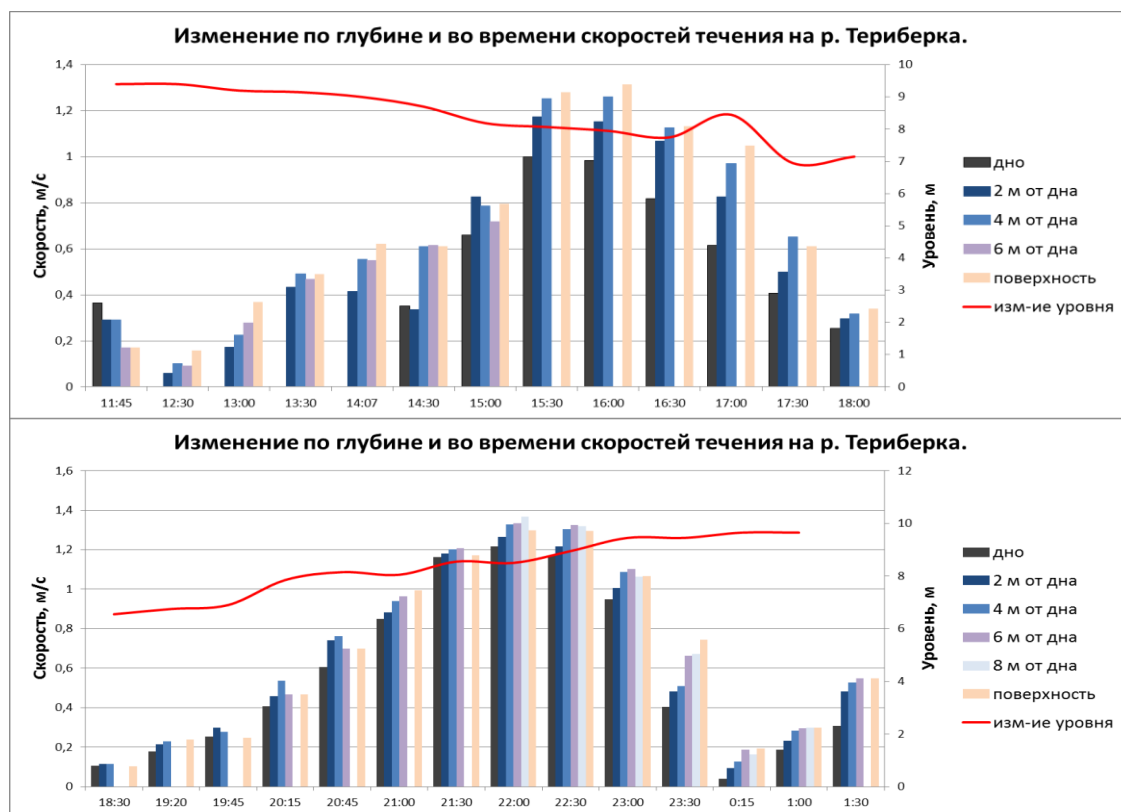


Рис. 2.4. Изменение скоростей течения во время отлива (А) и прилива (Б) в устье р.Териберка

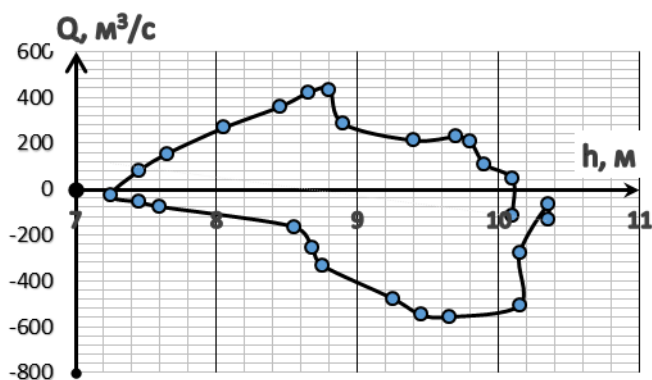


Рис. 2.5. Зависимость расхода от уровня воды



Рис. 2.6. Изменение уровней и солёности воды р. Териберка 1.02 – 2.02 2013г.

Солёность измеряли в ppt через каждые 15 минут с помощью кондуктометра YSI10. Солёность измерялась на поверхности, у дна и в середине потока. Из графика видно, что изменение солёности полностью соответствует изменениям уровня (рис. 2.6). Когда уровень был высоким, наблюдалось сильное воздействие морских вод, и солёность была достаточно высокой (максимальное значение 34,7 ppt в середине потока), а разность между солёностью на поверхности и у дна составляла всего 0,3 ppt.

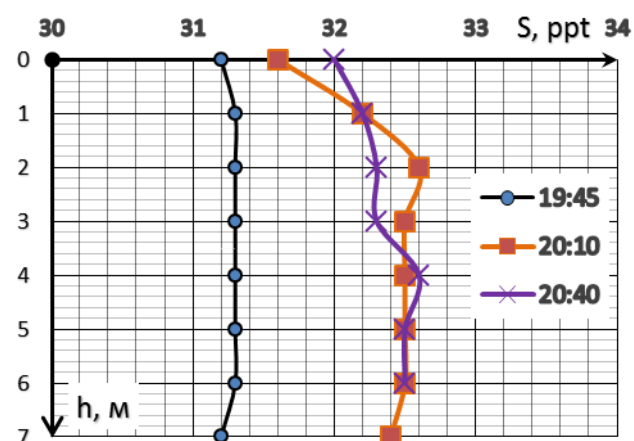


Рис. 2.7. Изменение солёности воды по глубине потока

По мере падения уровня возрастало влияние реки, солёность падала. Минимум солёности наблюдался в 19:45, на 1 час позже наступления минимального уровня. В дальнейшем солёность вновь начала увеличиваться и достигла максимума в 22:00 (34,5 ppt). В период с 19:45 до 20:40, т.е. с момента начала подъема уровня, солёность измерялась по глубине через каждый метр (рис. 2.7). На графике отчетливо видно, что в 19:45 солёность воды практически не меняется с глубиной, т.к. вода хорошо перемешана. В 20:10 наблюдается растекание более пресных речных вод по поверхности более плотных морских. В 20:45 видно, что влияние речных вод ослабло, эпюра практически выпрямилась, разность солёностей у дна и поверхности составляет всего 0,5 ppt.

Измерения температуры проводились с моста через реку Териберка и начались в 10:45 в точке № 9. Температуру воды измеряли через каждые 15 минут с помощью кондуктометра YSI10 (рис. 2.8). Измерения проводились как на поверхности и у дна реки, так и в середине потока. Из графика видно, что температура в целом соответствует изменениям уровня, однако с 18:00 до 21:30 наблюдается сильный подъем температуры (на 2,5°C). Это можно объяснить тем, что с началом прилива в реку начала поступать более теплая морская вода. С 21:30 наблюдается резкий спад температуры (с 3,5 до 2,5), возможно, это связано с сильным выхолаживанием водной поверхности.



Рис. 2.8. Изменение уровня и температуры воды
р.Териберка 1.02 – 2.02 2013г.

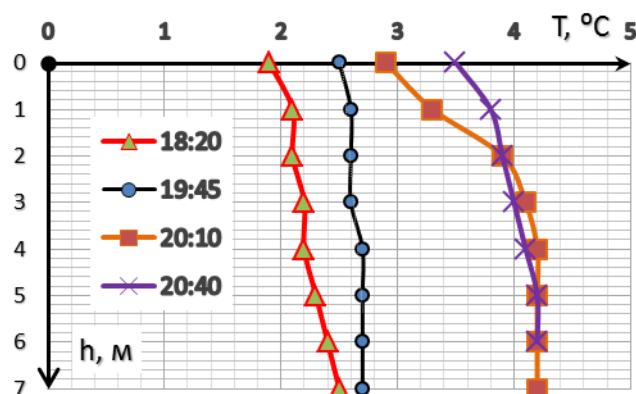


Рис. 2.9. Изменение температуры воды по глубине потока

В период с 18:20 до 20:40, т.е. с момента начала подъема уровня, температура измерялась по глубине через каждый метр (рис. 2.9). На графике отчетливо видно, что в 18:20 и 19:45 температура воды распределена равномерно. В 20:10 и 20:40 наблюдается сильное выхолаживание поверхностного слоя в связи с усилившимся влиянием ветра.

Кроме измерений температуры и солености были отобраны пробы на мутность. Анализ наблюдений показывал зависимость уровней от мутности (чем больше уровень, тем меньше мутность). С понижением уровня воды происходит повышение мутности (рис. 2.10). Максимум мутности ($6,46 \text{ г/м}^3$) совпадает по времени с минимальным уровнем во время отлива. Так как отлив здесь продолжается на 30-50 минут дольше прилива, скорости прилива несколько выше скоростей отлива. Вследствие этого часть взвешенных наносов откладывается при отливе и заиляет русло. Действительно, наибольшая мутность, достигающая $6,46 \text{ г/м}^3$, отмечается во время отливных течений.

В ходе полевых работ были проведены рекогносцировочные исследования **р. Долгой** при впадении ее в губу **Долгая**, а также определение скоростей течения и расходов воды на участке открытого русла.

Река Долгая – площадь водосбора 92.8 км^2 , длина 17.9 км, имеет 6 озерных участков, протяженностью 2.5 км. Ширина реки в районе губы Долгая 15-18 м, порожистая, с быстрым течением (0.3-0.7 м/с), перепад высот между устьем и истоком составляет 130 м. Линейная озерность реки 14%, общая озерность водосбора – 8.2%. Рекогносцировочные исследования были осложнены зимними условиями – в большей степени мощным снежным покровом, из-за которого с большой точностью установить ширину водотока не удалось.

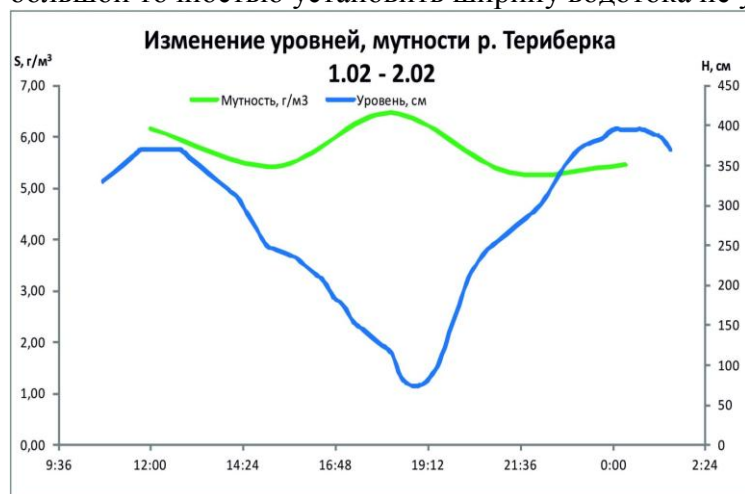


Рис. 2.10. Изменение уровней и мутности воды р. Териберка
1.02 – 2.02 2013г.

Дно русла сложено крупнозернистыми песчаными отложениями с галечными включениями.

Ориентировочно ширина реки составляет порядка 25–30 м. В месте работ, при впадении в губу Долгая водоток, по всей видимости, разветвляется на рукава, водность которых распределена неравномерно.

Был обследован рукав, обладающий большей водностью. Его ширина составляет около 25 метров. У левого берега был обнаружен участок открытого русла (полынья) шириной 3,9 м, в котором и были измерены расходы воды. Глубины на данном участке небольшие – в диапазоне от 35 до 45 см (табл.2.1).

Табл. 2.1. Основные морфометрические параметры открытого участка р. Долгая

Глубина, см	Расстояние от постоянного начала, см
35	390 (ПрБ)
44	350
45	210
39	190
45	150
42	120
43	90
43	60
40	0 (ЛБ)

Табл. 2.2. Измеренные скорости течения на открытом участке русла р. Долгая

Расстояние от постоянного начала, см	Скорость, м/с
80	0,7
90	0,786
140	0,9
160	0,813
190	0,792
200	0,997
260	0,823

На рис. 2.11 представлено распределение глубин по ширине открытого участка. Расход воды определялся при помощи гидрометрической вертушки ИСП-1 одноточечным способом, на глубине $0,5h$. Несмотря на то, что измерения проводились в зимний меженьный период, величины скоростей течения довольно велики – от 0,7 до 0,99 м/с. В первую очередь это связано с фактором рельефа – водоток протекает по горным и полугорным территориям, что определяет высокие значения уклона дна долины. Установлено, что река Долгая имеет на своем протяжении большое количество порогов. В табл. 2.2 приведены величины измеренных скоростей течения воды. По имеющимся данным была вычислена величина расхода воды для участка открытого русла р. Долгая, равная $1,36 \text{ м}^3/\text{с}$. Мутность р. Долгая в ее устьевой области равняется $3,73 \text{ г/м}^3$, а ручья Долгий – $1,41 \text{ г/м}^3$.

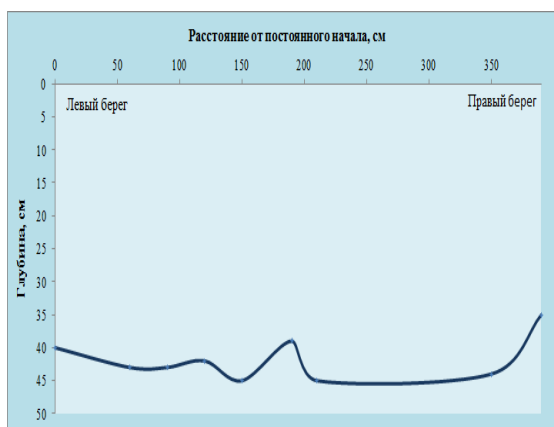


Рис.2.11. Распределение глубин на участке открытого русла р. Долгая (слева). Во время промерных работ (в центре), приливное устье р.Долгой (справа) – фото 2013 г.

ГЛАВА 3. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНЕ ГУБЫ ДОЛГОЙ

Основной целью метеорологических исследований была оценка репрезентативности данных метеостанции «Териберка» условиям створа Северной ПЭС.

Отличительная особенность климата этого района в целом обусловлена влиянием Баренцева моря. На данной территории преобладают воздушные массы, связанные с интенсивной циклонической деятельностью, которая развита над Норвежским и Баренцевым морями. В зимний период циклоническая деятельность проявляется сильнее, обеспечивая, таким образом, относительно высокие зимние температуры по сравнению с континентальными районами. Частая смена воздушных масс, связанная с интенсивным перемещением циклонов и фронтов, проявляется в характерной неустойчивости и резкой изменчивости погоды.

«Териберка» является самой первой метеостанцией на побережье Баренцева моря (1889 г. координаты - $69^{\circ}20' \text{с.ш.}$ и $35^{\circ}10'$ (http://meteocenter.net/_world_weather_stations.htm).

В ходе экспедиции метеорологической группой были выполнены следующие работы:

- С 28.01 по 03.02 была произведена установка двух АМС Davis Vantage Pro 2 на м. Жилой. АМС осуществляли запись основных метеорологических параметров с дискретностью 5 минут для изучения микроклиматической обстановки.

- По сети Интернет каждый день осуществлялся приём и анализ прогностических синоптических карт из различных источников, вследствие чего составлялся прогноз погоды для всего района экспедиции. Эти прогнозы имели огромное значение, так как большинство полевых работ гидрологической части экспедиции зависели от погодных условий.

Методика проведения метеорологических наблюдений. В период проведения зимней экспедиции НСО 2013 на побережье Баренцева моря нами был проведен ряд метеорологических наблюдений в двух точках: на территории действующей Гидрометеостанции «Териберка» и непосредственно на берегу моря, приблизительно в 7 метрах от уреза. АМС были установлены на высоте 2 м над поверхностью и были закреплены на металлических трубах, так как в период наблюдений регистрировались порывы ветра до 25 м/с, и менее прочная конструкция могла не выдержать подобной нагрузки. Сами трубы были прикреплены растяжками к массивным прибрежным гранитовым глыбам. Фиксация веревочных растяжек осуществлялась за счёт вбивания в эрозионные трещины монолита титановых закладок, на которые, собственно, с помощью крюков, крепились веревки.

Пользуясь стандартным набором датчиков Davis, были измерены с дискретностью в 5 минут такие характеристики, как температура воздуха, относительная влажность воздуха, давление, приведённое к уровню моря, скорость и направление ветра с помощью чашечного анеморумбометра. Так как используемая АМС имеет не сенсорный измеритель осадков, а накопительный, мы не имели возможности измерять количество твёрдых осадков, а именно они выпадали в районе проводимых полевых работ, мы не располагаем собственными данными по количеству осадков. Но недостатком этих данных можно пренебречь ввиду того, что в период проведения экспедиции осадки выпадали довольно редко и в небольших количествах. Однако, сдуваемый сильным прибрежным ветром снег с гор иногда создавал иллюзию сильного снегопада. Данный вывод сделан из следующих соображений: метель наблюдалась при полном отсутствии дождевой облачности, а ливневые осадки, как известно, выпадают только из Кучево-дождевых облаков. Основные измерения проводились с помощью двух автоматических метеорологических станций (АМС) зарубежного производства (Davis, США).

Для корректной работы прибора необходимо установить его на устойчивой основе, подключить все датчики кабелями к панели на корпусе АМС. Затем, убедившись, что крышка панели зафиксирована и герметична, а любой контакт с водой может пагубно сказаться на работе прибора, осуществить подключение панели АМС к консоли с помощью кабеля. Консоль представляет собой электронное программноуправляемое устройство с даталоггером (устройством для приёма данных от АМС) и дисплеем. Опыт прошлых экспедиций показал, что при низких температурах возможны сбои в работе консоли, соответственно, есть риск потери данных. Поэтому консоли были размещены в термоизолированных контейнерах, обогреваемых изнутри с помощью сосудов с горячей водой, которая регулярно обновлялась. Консоль и АМС могут работать автономно от энергии солевых батареек, как и происходило в этой экспедиции.

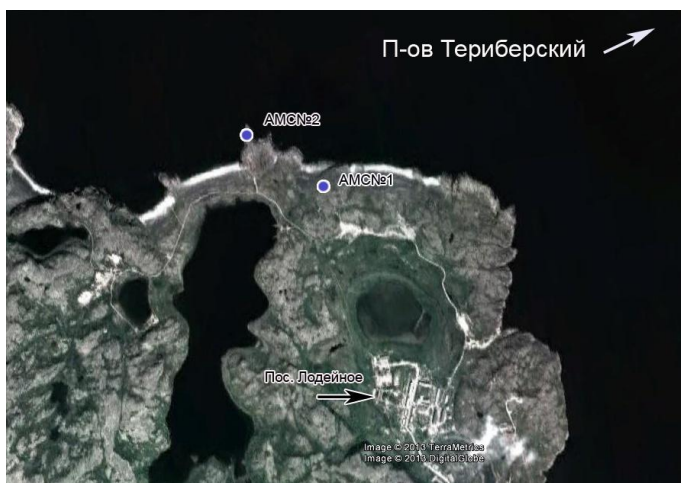


Рис. 3.1. Расположение автоматических метеостанций (АМС)



Рис.3.2. Автоматическая метеорологическая станция (АМС №1)

Раз в сутки, как правило, с рассветом, две бригады по два человека выходили в маршрут к станциям для сбора данных. Этот процесс происходил путём подключения консоли к портативному компьютеру, на котором имелось программное обеспечение для прибора Davis. Загрузка данных на компьютер занимала, как правило, около пяти минут. За это время вода в сосудах для обогрева обновлялась, к сожалению, не автоматически, а вручную. После загрузки данных, данные измерений проверялись на наличие ошибок записи (как сбой даты или времени). После этих операций корпус АМС и контейнер с консолью проверялись на наличие повреждений и разгерметизации. На этом цель маршрута считалась достигнутой, и бригады направлялись в «Штаб» для выполнения камеральных работ (обработка данных, построение графиков суточного хода температуры, влажности, давления, а также для анализа прогностических синоптических карт).

Анализ синоптической ситуации на побережье Баренцева моря за период с 28.01.13 по 03.02.13. Для анализа синоптической ситуации на побережье Баренцева моря был использован ряд синоптических карт: карты приземного анализа (подготовленные Мурманским УГМС и Немецкой службой погоды, Оффенбах); карты вертикальных движений и абсолютной топографии поверхности 500 и 700 гПа; прогностические карты и диаграммы мезомасштабной модели COSMO, американской атмосферной модели GFS, модели ПЛ-АВ Гидрометцентра РФ, NCEP. Также был проведен анализ временного хода основных метеорологических величин, полученных с помощью автоматической метеорологической станции (АМС), установленной участниками экспедиции на м. Жилой (рис. 3.1-3.3).



Рис. 3.3. Ход давления и температуры в период экспедиции (по данным АМС на м.Жилой).

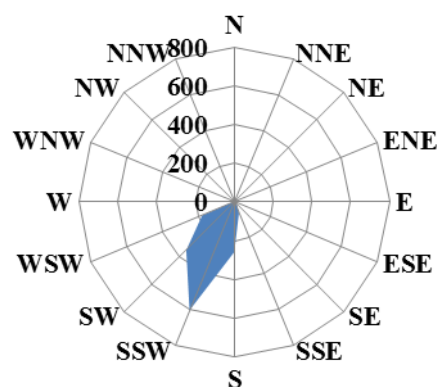


Рис 3.4. Роза ветров в период экспедиции (по данным АМС на м.Жилой).

На основе изучения синоптических процессов в сочетании с анализом данных наблюдений можно выделить один синоптический период, который характеризовался довольно стабильными погодными условиями в исследуемом районе. На протяжении этого периода погоду на исследуе-

мой территории определяла глубокая барическая депрессия, которая располагалась к югу от Исландии (рис.3.5-3.6). Постепенно передвигаясь к востоку, центр этой крупной барической системы достиг Кольского полуострова (в период 31.01 – 01.02) и стационарировал над ним.

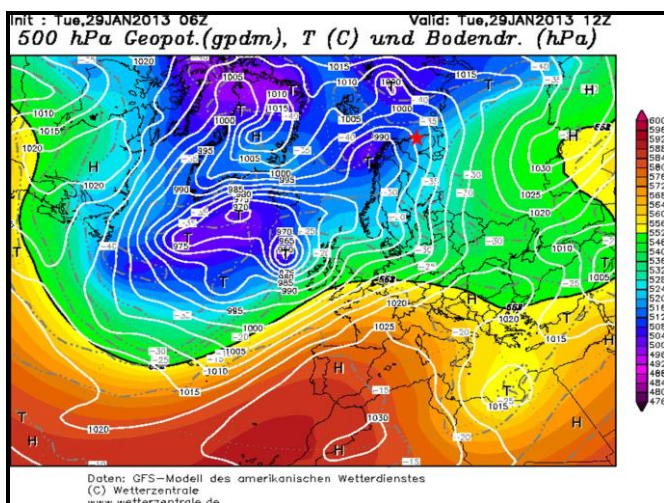


Рис.3.5. Синоптическая карта на 02.02.13 на 16.00 мск, Мурманское УГМС

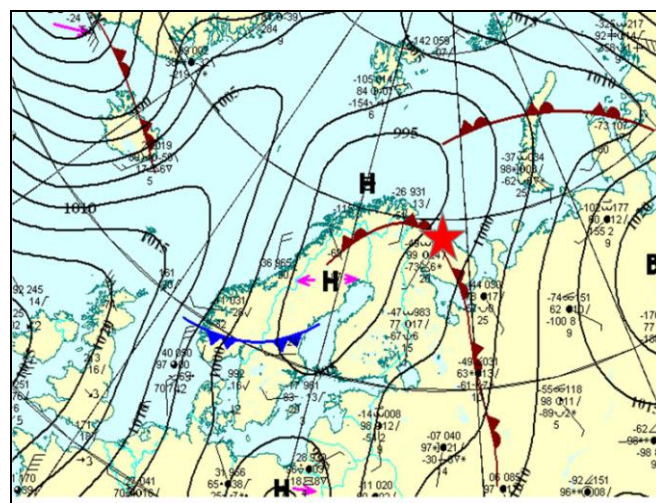


Рис.3.6. Карта AT₅₀₀ за 29.01.2013 16:00 мск

По мере продвижения Северо-Атлантического циклона на восток, с 29 по 30 января отмечался резкий рост температуры воздуха (от -9°C 29 января до 1°C 30 января), вызванный адвекцией тепла по восточной периферии циклона. Также происходило падение давления (на 12 гПа 48 часов). В этот период была зафиксирована максимальная температура за все время экспедиции: в 12:20-12:50 30 января ($+1,1^{\circ}\text{C}$). В период всей экспедиции наблюдалась десятибалльная облачность, связанная с образующимися по мере заполнения циклона фронтами окклюзии. 31 января в конце дня наблюдался мокрый снег и метель, что связано со стационарированием циклона над Кольским полуостровом. Со 2 февраля заполнившийся циклон начал постепенно разрушаться и отступать на север, и территория Кольского полуострова попала в юго-восточные потоки по западной периферии Сибирского антициклона. Вследствие этого можно было наблюдать постепенный рост давления и падение температуры. Также следует отметить, что направление ветра имеет на исследуемой территории отчетливую зависимость от сезонов года. В зимний период преобладают ветры южного и юго-западного направления, что подтверждают данные полученные с АМС (рис. 3.4). Наиболее сильные ветры наблюдаются вдоль морского побережья. Максимальная зафиксированная скорость ветра 31 января 18,8 м/с.

Подводя итог, в целом можно сказать, что на протяжении всей экспедиции была относительно стабильная погода, сопровождающаяся относительно высокими значениями температуры, низким давлением, десятибалльной облачностью, значительных осадков не наблюдалось. Таким образом, можно выделить один синоптический период, находящимся под влиянием Северо-Атлантического циклона (Зверев, 1977).

Микроклиматические различия между точками наблюдений. Микроклиматические наблюдения, осуществлявшиеся с помощью автоматических метеостанций (АМС), проводились в двух точках, условно называемых «Мыс» и «Станция», согласно их расположению на местности (первая – на мысе, вторая – рядом с ГМС «Териберка»). Измерения метеорологических величин осуществлялись с дискретностью в 5 минут.

Выявить микрометеорологические различия между местами наблюдений можно путём сравнения основных метеорологических величин. Проанализировав графики изменения этих величин, можно сделать вывод об отсутствии каких-либо значимых различий в микроклиматических условиях данных точек. Это можно объяснить сходным расположением точек, в которых проводились наблюдения. И «Мыс», и «Станция» расположены на субгоризонтальной поверхности в верхней («Станция») и средней («Мыс») части склона северной экспозиции, обращённого в сторону моря. В непосредственной близости от точек отсутствуют какие-либо объекты, способные оказать влияние на перераспределение радиации, как коротковолновой, так и длинноволно-

вой. Также данные точки располагались примерно в одном диапазоне высот, что выразилось в отсутствии больших различий температуры и давления, величин, изменяющихся с высотой. В целом динамика изменения величин как для суточного хода, так и для всего периода наблюдений совпадает, нет запозданий колебаний величин в этих двух точках относительно друг друга (см. рис. 3.7). На основе этого можно сделать заключение, что у этих двух точек сходный микроклимат.

Станция	Метеопараметр			
	Temp	Hum	Wind speed	Pressure
Мыс	-4,77	76,6	4,403	999,1
Станция	-5,04	77,32	4,562	998,4

Табл. 3.1. Сравнение средних значений основных метеорологических величин на «Мысе» и «Станции» за период экспедиции

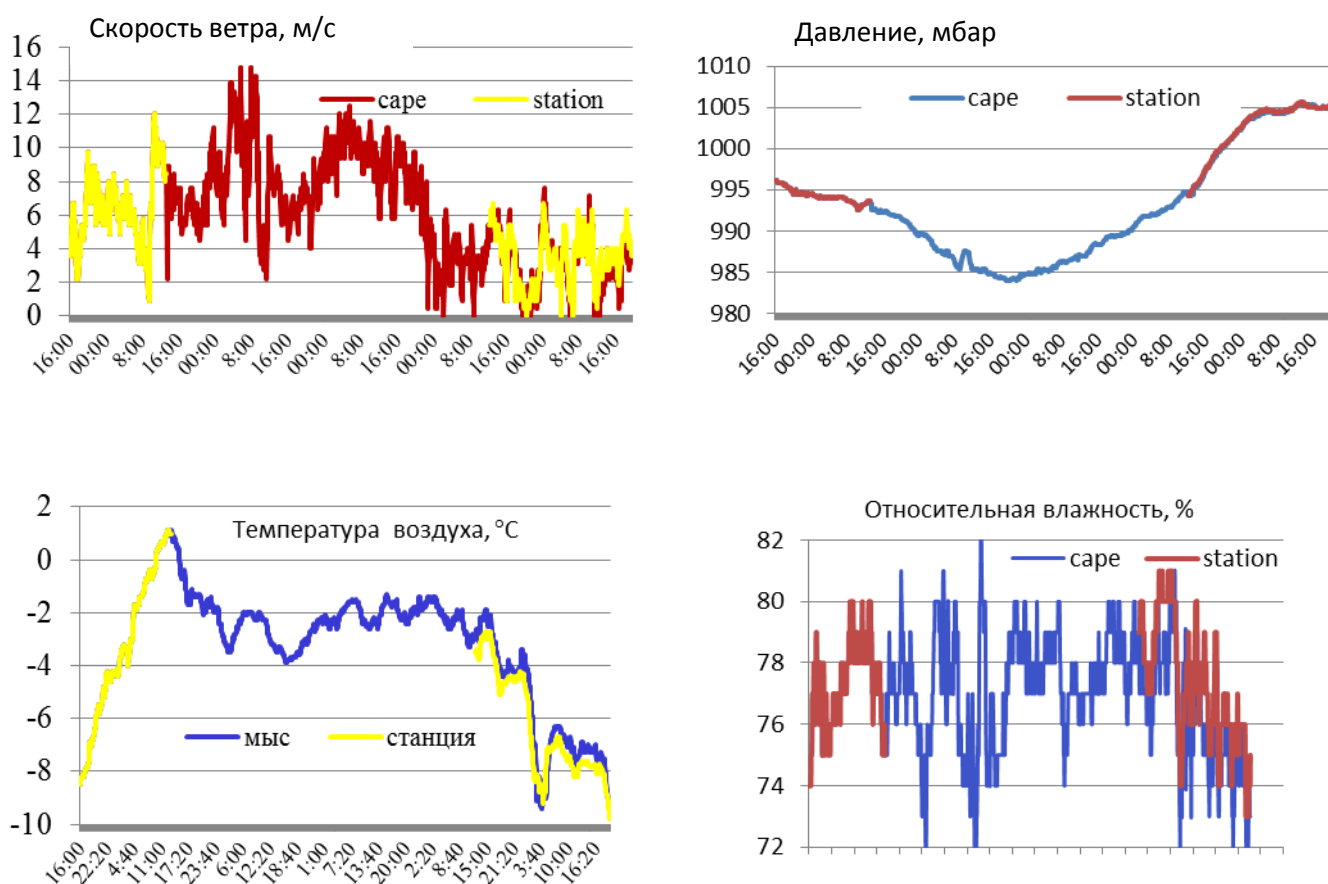


Рис. 3.7. Распределение скорости ветра, атмосферного давления, температуры воздуха и относительной влажности на «Мысу» и «Станции» (по данным АМС)

Таким образом, можно отметить, что 1) заметных изменений синоптической ситуации за период экспедиции не происходило. Был выделен один синоптический период, характеризующийся влиянием Северо-Атлантической депрессии, и проявляющийся относительно стабильными погодными условиями; 2) были откалиброваны электронные таблицы с данными измерений, по которым были составлены графики хода основных метеорологических показателей, в том числе и роза ветров, характерная для Мурманского побережья Баренцева моря в январе и феврале. Сравнение этих микроклиматических параметров на разных точках установки двух АМС (непосредственно вблизи моря и рядом с метеостанцией «Териберка») показало, что видимых различий нет. Данные гидрометеорологической станции «Териберка» можно использовать по побережью Баренцева моря в районе Северной ПЭС.

ГЛАВА 4. ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕР – ВОЗМОЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕВЕРНОЙ ПЭС

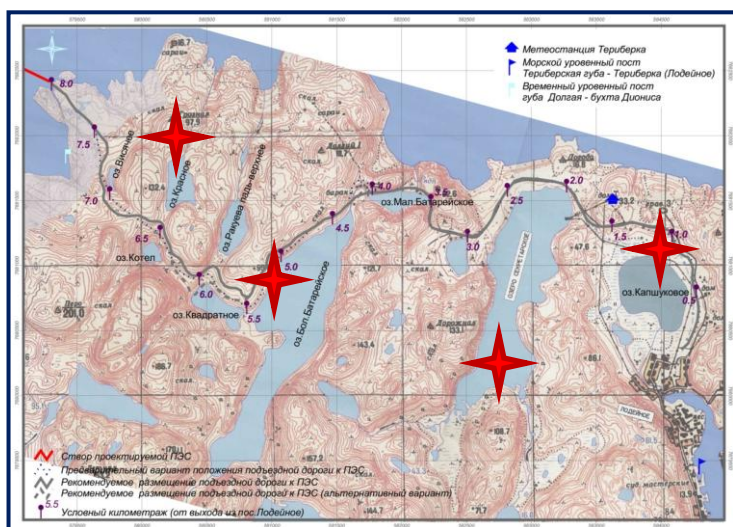


Рис. 4.1. Схема района исследований

В ходе экспедиции были исследованы несколько озер (Секретарское, Большое Батарейское, Красное) (рис. 4.1), которые могут быть источниками водоснабжения Северной ПЭС с учетом требуемого количества и качества воды. Одновременно производился выбор перспективных участков для организации водозабора и оптимального варианта размещения водозабора и его сооружений; оценивались возможные негативные последствия забора воды на водную экосистему. Для анализа результатов дополнительно привлекались данные летней экспедиции 2009 г. (Научно-технический отчет..., 2009).

4.1 Методика проведения гидролого-гидрохимической съемки и гидробиологических исследований

В ходе проведения гидролого-гидрохимических съемок были измерены температура, электропроводность и pH озерных и речных вод. Значения pH определялись при помощи портативного pH-метра фирмы АКВИЛОН, снабженного электродом с датчиком термокомпенсации. Точность определения 0,01 ед. pH. Температура и электропроводность воды на разных глубинах измерялась с помощью полевых кондуктометров MAPK-603 и YSI-85.

При помощи батометра Рутнера отбирались пробы для последующего анализа содержания в воде главных ионов. Отобранные пробы воды были отфильтрованы через мембранный фильтр (0,45 мкм) и законсервированы. Помимо этих характеристик в организованной на месте работ гидрохимической лаборатории методом Винклера определялась концентрация растворенного в воде кислорода и ацидиметрическим методом общая щелочность воды. Точность метода составила $\pm 0,01$ ммоль/л. Отбор проб воды на кислород производился из батометра через резиновую трубку в тарированную кислородную склянку. Одновременно в журнал фиксировалась температура воды. Для фиксации растворенного кислорода в склянку последовательно добавляли по 1 мл $MnCl_2$ и $NaOH+KI$. После добавления реактивов склянку плотно закрывали во избежание попадания пузырьков воздуха и встряхивали до полного перемешивания. Затем проба отстаивалась до полного оседания образовавшегося осадка.

Лабораторный анализ содержания главных ионов выполнен в лаборатории кафедры гидрологии суши МГУ имени М.В. Ломоносова. Содержание хлоридов и сульфатов измерялось методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель». Точность метода для определения концентраций хлоридов в диапазоне от 0,5 до 5 мг/л составляет 24%, для определения сульфатов в диапазоне 0,5–5 мг/л – 20%, а в диапазоне 5–200 мг/л – 10%. Концентрация ионов кальция и магния (общая жесткость) определялась объемным трилонометрическим методом, чувствительность которого составляет 0,2 мг-экв/л, точность 0,2 мг-экв/л при общей жесткости до 10 мг-экв/л (Руководство по методам химического анализа, 1977). Содержание ионов натрия и калия измерялось методом пламенной фотометрии. Чувствительность фотометрического определения ионов щелочных металлов составляет около 0,1 мг/л для натрия и 0,2 мг/л для калия.

Работы по измерению электропроводности и температуры воды проводились при помощи кондуктометра. Кондуктометр состоит из основного ручного системного блока с монитором, на который выводятся требуемые данные, 25 метрового провода с электродом, позволяющий определять электропроводность и температуру воды на глубинах до 25 метров. Нами определялась электропроводность воды на глубинах 0, 0,5, 1, 2, 3.... метрах. Груз, прикрепленный к проводу

кондуктометра, позволял вовремя определять приближение электрода кондуктометра ко дну, и не допустить попадание грунта на сам электрод.

Перед началом работы с кондуктометром, была произведена тарировка прибора. Она состояла из проведения параллельных наблюдений по нашему прибору и принятому за эталонный кондуктометр. Затем по результатам этих наблюдений была получена прямая связь значений электропроводности по нашим приборам, которая позволяет пересчитывать измеренные значения электропроводности и представляет возможность корректного сравнения результатов наблюдений полученных разными приборами. Полученные данные по электропроводности были приведены к 18°C. Для этого использовалась формула: $(\kappa_{18} = \kappa / (1 + 0.023 / (t - 18)))$, где κ - полученные значения электропроводности, мкСм, κ_{18} – электропроводность приведенная к 18 градусам, а t – температура, °C.

Оптическая мутность определялась при помощи мутномера «НАСН 2100Р», который позволяет определить оптическую мутность воды, путём измерения степени рассеивания света взвешенными частицами в пробе. Для этого необходимо от пробы отлить 10 мл в специальную кювету и поместить ее в прибор, который выдаст результаты через некоторое время. Поскольку мутность воды очень низкая (< 1 NTU), практически в каждом водном объекте, а при значениях оптической мутности < 10 NTU ошибки прибора увеличиваются, измерения проводились от 3 до 5 раз, и бралось среднее значение. Процесс фильтрования проб осуществлялся при помощи прибора фильтрующей системы «Millipore» в лаборатории МГУ. Он заключался в следующем: пробы, привезенные с собой из экспедиции, объемом примерно 2л каждая, поочередно пропускались через мембранные фильтры «Millipore», диаметром 47 мм и размером мембраны 0,45мкм. Затем фильтры со взвешами нагревались и сушились, после чего была измерена их масса. Поскольку перед началом фильтрования фильтры были предварительно взвешены, то мутность воды в пробе определялась по следующей формуле: $S = \frac{\Delta m}{V} \cdot 1000$, где Δm – это разница массы фильтра до и после фильтрования, г; V – объем профильтрованной пробы, л.

Отбор проб фитопланктона производится при помощи батометра Рутнера с разных горизонтов, обычно общих с горизонтами отбора проб на кислородный анализ. Далее, в камеральных условиях, пробы предварительно фильтруются для сгущения через мембранный фильтр, после чего можно производить подсчет особей. Он осуществляется при помощи бинокулярного микроскопа, концентрированный объем воды помещается в камеру Нажотта.

Пробы зоопланктона отбираются планктонной сетью Джеди с разных слоев, либо интегрировано со всей толщи воды. Данная сеть представляет собой два скрепленных конуса, верхний из плотной ткани, с отверстием, и нижний фильтрующий из мельничного газа №67, с металлическим краником для слива пробы. Конструкция сети Джеди такова, что за один метр глубины через нее фильтруется 34л воды, благодаря конусообразному строению потери воды через входное отверстие минимальны. Когда производятся отборы проб по горизонтам, нужно иметь в виду, что в конструкции предусмотрено кольцо, в месте соединения верхнего и нижнего конусов, к которому привязывается дополнительный фал, предназначенный для переворачивания верхнего конуса с целью изоляции пробы воды от вышележащих горизонтов. После переливания пробы и промывки сети, пробы консервируются формалином. Для обработки полученной пробы воды, часть отобранной воды (2мл) пипеткой выливается в счетную камеру Богорова. Затем осуществляется пересчет и измерения длины зоопланктонных организмов под микроскопом.

4.2 Озеро Секретарское

Озеро Секретарское (F зеркала = 644000 м², длина – 1,9 км, средняя ширина – 340 м) не имеет поверхностного стока, и отделено от моря скальной перемычкой с россыпями окатанного валунника (ракуями). Длина перемычки около 700 м, шириной около 200 м, высотой над уровнем моря 10–12 м. Сразу ниже спуска на озерную террасу (1,75 км) в 30 м слева от дороги расположен водозабор с насосной станцией, снабжающий питьевой и технической водой из озера Секретарское пос. Лодейное. В центре понижения, на отметке 22,0 м БС расположено безымянное озеро размером 250 x 150 м, сток из которого идет в оз. Секретарское.

На озере были проведены измерения температуры воды, электропроводности и толщины льда. На озере наблюдалась обратная температурная стратификация, характерная для зимнего периода. Максимальные температуры зафиксированы в придонных областях, и составляют 1,5–1,8 градусов Цельсия. Удельная электропроводность нарастает к северной части, это объясняется приближением к морю, ветер дующий с моря способен переносить мелкие брызги от разбивающихся о берег волн, эти, сильноминерализованные капли могут попадать в озеро в течении продолжительного периода, в связи с чем, минерализация разных частей озера различна между собой. Толщина льда озера 55-65 см (рис. .

Воды озера – слабокислые и близкие к нейтральным ($\text{pH} = 5,99\text{--}6,63$), пресные (средняя минерализация озера 59,72 мг/л. По величине pH воды озера выходят за пределы нормативных значений для водоемов рыбохозяйственного и хозяйственно-питьевого назначения только в точке **тер 07** на глубине 8 м.

В солевом составе преобладают хлориды и ионы натрия (31,6-35,4 % экв и 24,3-26,7% экв соответственно) (приложение 1). По классификации О.А. Алекина воды озера, относятся к хлоридному классу, группе натрия.

Соотношение между ионами отлично от озер Б. Батарейское и Красное: $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$, $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$ (рис.4.1), в оз. Секретарском наибольшие концентрации гидрокарбонатов, которые в процентном соотношении перевешивают сульфат-ионы, что свидетельствует о преобладающей доли притока влаги с водосбора в питании водоема по сравнению с долей атмосферного питания. Абсолютное содержание гидрокарбонатных ионов в водах оз. Секретарское изменяется в диапазоне 9,95-13,18 мг/л. Содержание главных ионов в воде (приложение 1) не превышает нормативных величин концентрации для водоемов рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения (СанПиН 2.1.4.1174-01, СанПиН 2.1.4.1175-02, СанПиН 2.1.5.980-00).

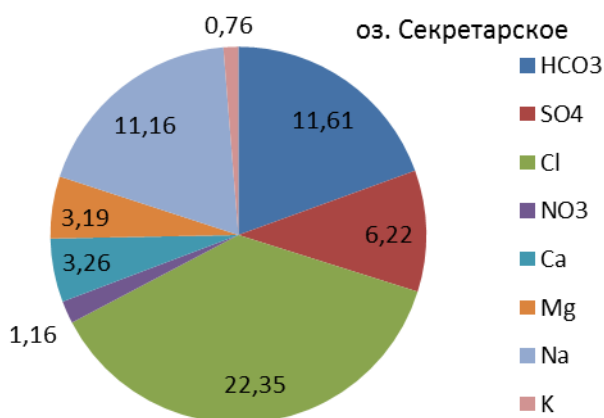


Рис. 4.2. Диаграмма относительного солевого состава воды оз. Секретарское (29 января 2013 г.).

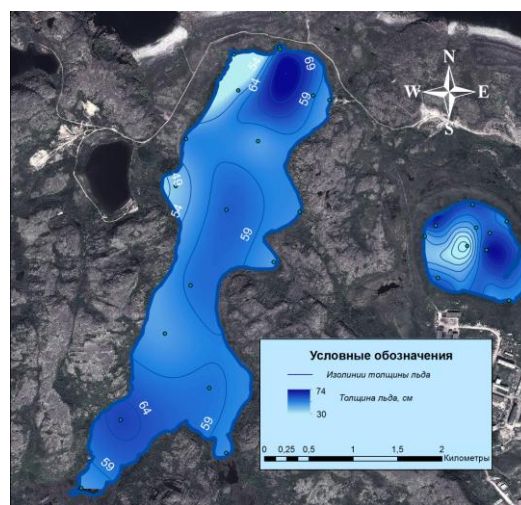


Рис. 4.3. Результаты ледомерной съемки оз. Секретарского в январе 2013 г.

Для определения содержания растворенного кислорода в озере Секретарского было пробурено 3 лунки. Пробы отбирались в поверхностном и придонном слоях. Максимум содержания кислорода на всех точках наблюдался в поверхностном слое, и он изменялся в диапазоне 13,25-14,11 мг/л. Поверхностные воды озера хорошо аэрированы, насыщение их кислородом составляло около 95%. В придонных слоях концентрация кислорода изменялась в диапазоне 11,66-12,96 мг/л, до 92% насыщения. Содержание растворенного кислорода в водах озера Секретарского определяется такими факторами, как продуцирование его фитопланктоном, потребление на окисление органического вещества. Озеро относится к олиготрофным, съемка проводилась зимой, толщина ледяного покрова составляла до 55 см, поэтому в это время года фитопланктона и органического вещества в озере крайне мало. Этим и можно объяснить столь незначительное уменьшение концентрации кислорода с глубиной.

4.3 Озеро Большое Батарейское

Озеро Большое Батарейское (рис. 4.4), расположено в 2,5 км к юго-востоку от правого мыса входного створа в губу Долгую на абсолютной высоте 37 м БС.

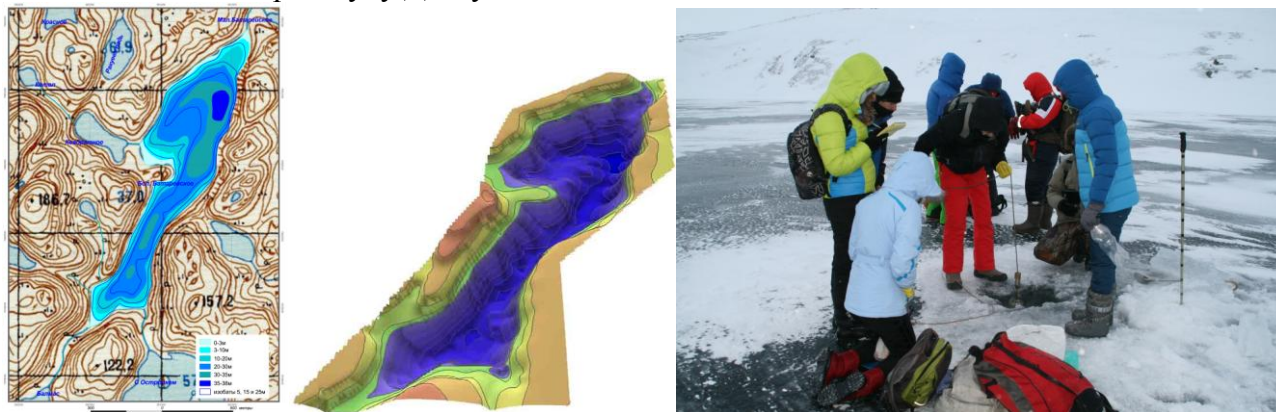


Рис. 4.4. Батиметрическая схема озера Бол. Батарейское (слева) и проекция 3-D озера Большое Батарейское (в центре), гидрологические исследования зимой 2013 г. (справа)

Водоем является предпоследним – седьмым из 8 проточных озер по наиболее длинной цепочке озер в бассейне губы Долгой. Вытянутая озерно-речная система заканчивается ручьем с водопадом, впадающем в Баренцево море в 2,3 км к северо-западу от поселка Лодейное, примерно посередине между Долгой и Териберской губами. Бассейн оз. Б.Батарейского ориентирован с юго-запада на северо-восток, длина бассейна до замыкающего створа в истоке ручья Бол.Батарейский, вытекающего из оз. Бол.Батарейского, составляет 6,5 км. Площадь водосбора, включая зеркало оз. Бол.Батарейское, составляет 12,2 км². Средняя ширина бассейна равна 1,9 км, максимальная его ширина в верхней, расширенной части водосбора – до 3 км, ниже, у оз. Бол.Батарейского ширина бассейна уменьшается до 1 - 1,2 км. Показатель удельного водосбора или отношение площади бассейна к площади водоема, для оз. Бол.Батарейского равен 16,73. Отсюда следует, что в водном питании доля осадков, выпадающих на зеркало озера существенно меньше притока с водосбора. Заметное количество проточных озер обусловило довольно высокую заозеренность бассейна (озерность – 18,5%, средневзвешенная озерность – 7,2%), что способствует естественному внутригодовому регулированию стока.

Оз. Бол.Батарейское занимает унаследованное разломное понижение простирающимся юго-запад – северо-восток, т.е. по типу происхождения озерной котловины оно является тектоническим. Чаша озера вытянутая, длина ее более чем в 8 раз превышает среднюю ширину (рис. 4.4). Заметно отличаются южная и северная части озера, граница между которыми проходит примерно по центру водоема, на участке пересечения вмещающей котловины поперечным разломом ориентацией юго-восток-северо-запад. Северо-восточная оконечность озера, откуда вытекает ручей Бол.Батарейский, образует постепенно суживающийся, вытянутый на 280 м мелководный залив. У основания треугольника в пологом заливе с запада в оз. Бол.Батарейское впадает ручей из оз. Квадратное, расположенного за низкой скальной перемычкой шириной около 60 м, заболоченной вдоль русла перетока. Перепад уровней между озерами составляет около 1,8 м. В районе устья ручья из оз.Квадратное Бол.Батарейское озеро резко расширяется (вдвое по сравнению с южным плесом), здесь расстояние между западным и восточным берегами максимальное и достигает 580 м. Протяженность береговой линии оз. Бол.Батарейского составляет 5,6 км.

Главные морфометрические характеристики озера по данным измерений приведены в табл. 4.1, на рис. 4.5 приведены кривые зависимости площади и объема воды от глубины. Гидрологический режим озера не изучен и выводы о его гидрологических характеристиках можно делать лишь предварительные, на основе общих региональных закономерностей, данных о морфометрии бассейна и водоема и единичных полевых обследований и измерений.

Согласно (Ресурсы..., 1970) в рассматриваемом районе среднее годовое количество выпадающих осадков составляет 700 мм, средний модуль стока 21 л/с*км², или, в переводе в слой стока – 662 мм, т.е. коэффициент стока равен 0.95. Величина удельного водосбора (отношение пло-

щади бассейна к площади водоема) равна 16,73. При данных характеристиках, согласно классификации Б.Б.Богословского(1960) по водному балансу, оз. Большое Батарейское стоково-приточное с долей притока 90%, осадками на зеркало водоема около 10%, испарением менее 5% и стоком более 95%.

Табл. 4.1. Главные морфометрические характеристики озера Большое Батарейское

Показатель	Значение
Высотная отметка уреза, м абс. БС с карты М 1:50000	37.0
Высотная отметка уреза, м абс. БС	37.95
Площадь водосбора (F_6) в истоке ручья из озера (без площади озера), тыс. м ² , с карты М 1:50000	11519.8
Площадь зеркала оз. Бол.Батарейского (F_{03}), тыс. м ²	688.7
Удельный водосбор F_6/F_{03}	16.73
Длина озера, м	2370
Средняя ширина, м	291
Максимальная ширина, м	580
Длина береговой линии, м	5560
Объем воды, тыс. м ³	14008.8
Средняя глубина, м	20.3
Максимальная измеренная глубина, м	37.2
Глубина инерционного центра (центра тяжести водных масс), м	12.5
Показатель формы чаши	1.63
Средний уклон дна, безразмерный/средний угол наклона дна, градусы	0.236/13.3

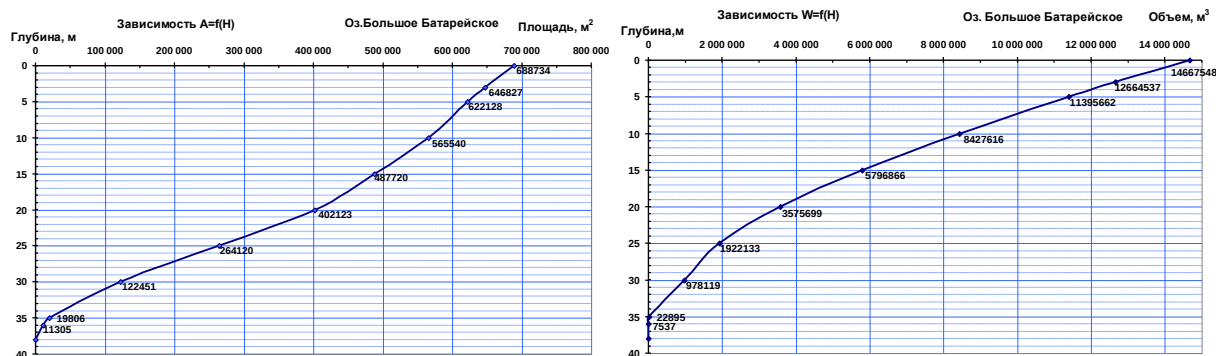


Рис. 4.5. Озеро Б.Батарейское. Зависимость площади зеркала от глубины $A=f(H)$ и объема воды от глубины $W=f(H)$.

Многолетние колебания уровня озера незначительные. Этот вывод можно сделать исходя из достаточно низкого коэффициента вариации годового стока в рассматриваемом районе $C_v=0,2$, т.е. слабой межгодовой изменчивости стока (Ресурсы..., 1970). Межсезонная амплитуда колебания уровней предположительно может достигать 1–1,5 м. Заметное падение уровня может наблюдаться зимой, вследствие сокращения притока в озеро и перехода части воды в лед. Наиболее высокое стояние уровней наблюдается весной в период снеготаяния.

На основе сопоставления объема воды в озере (14009 тыс.м³) со средним объемом годового стока оз. Бол.Батарейское можно считать аккумулятивно-транзитным, по классификации Б.Б.Богословского (1960) по коэффициенту водообмена, с коэффициентом водообмена 0,577 и средним временем пребывания воды в водоеме около 2 лет.

Наибольший приток и сток наблюдаются в мае-июне, в период снеготаяния. Наименьший сток из озера наблюдается во второй половине зимнего периода, особенно в малоснежные холодные зимы, когда поверхностный сток из озера, вследствие падения уровня воды и перемерзания водотока полностью исчезает.

Исходя из имеющихся данных, можно достаточно уверенно принимать по данным РПВ минимальные 30-дневные зимние модули стока 90% обеспеченности (2,0 л/с*км²) и рассчитанные на их основе характеристики минимального стока другой обеспеченности (табл. 4.2).

Принимая во внимание хорошее соответствие измеренных и региональных значений минимального стока, в расчетные величины не вводился коэффициент, учитывающий влияние заозе-

ренности и несколько увеличивающий минимальный зимний сток. Подобное представляется вполне оправданным на стадии предварительных расчетов, при этом в оценку лимитирующих значений стока вводится определенная «гарантийная поправка».

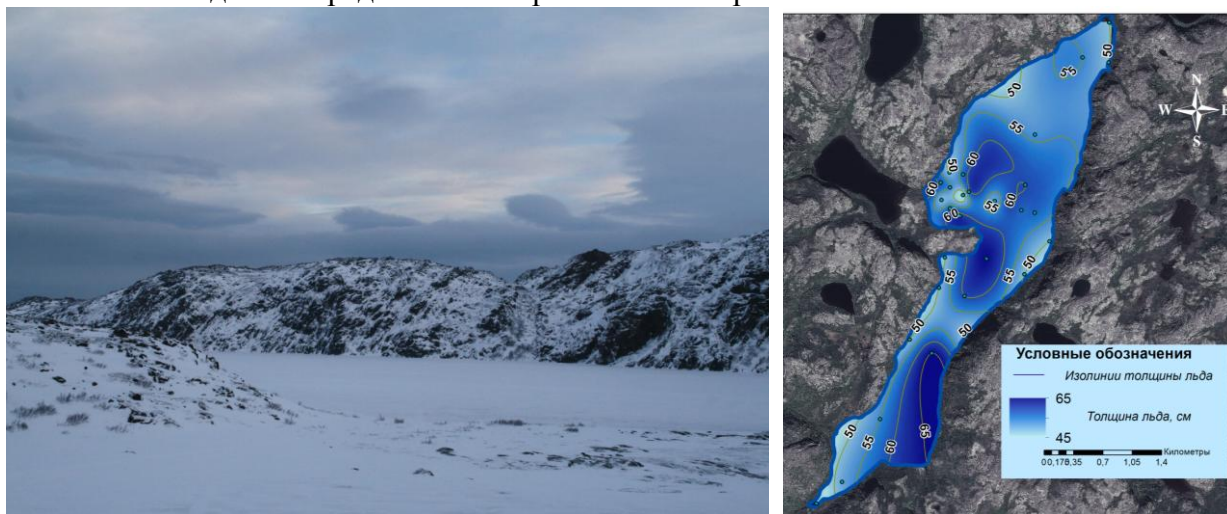


Рис. 4.6. Залив в оз. Б.Батарейское, где планируется водозабор для водоснабжения Северной ПЭС – фото 2013 г. (слева) и результаты ледемерной съемки зимой 2013 г. (справа)

Минимальный сток в летний период, согласно РПВ, т.1, в 2,5- раза выше зимнего и, следовательно не является лимитирующим для нужд водоснабжения.

Табл. 4.2. Расчетный минимальный зимний сток различной обеспеченности для замыкающего створа ручей Бол.Батарейский - исток из оз. Бол.Батарейское

Параметр		за 30-дневный период		суточный	
Обеспеченность, Р, %	Модульный коэффициент	модуль стока, л/с* км ²	расход, л/с	модуль стока, л/с* км ²	расход, л/с
80 %	1.19	2.38	29.06	2.14	26.15
95 %	0.85	1.70	20.75	1.53	18.68
99 %	0.60	1.20	14.65	1.08	13.19

Вследствие географического положения озеро большую часть года (с ноября по май) полностью или частично находится подо льдом. К концу зимы толщина льда может достигать 1 м. В период экспедиции в январе 2013 г. толщина льда в оз.Б.Батарейское и у центральной части, в районе планируемого водозабора составляла 55-65 см (рис. 4.6). Развитию мощного ледового покрова способствует сдувание господствующими зимой северо-западными ветрами снега со значительной части замерзшей акватории. В конце зимы при падении уровней отмечается оседание льда на грунт в мелководных заливах озера. Очищается озеро ото льда к середине мая - началу июня. Приток воды в озеро зимой осуществляется только за счет грунтовых и, возможно, трещинных подземных вод. На наличие выходов последних в озере может указывать регулярное образование зимой полыньи под скалами восточного берега в районе наибольших глубин в водоеме. Также в конце зимы, при падении уровней и обсыхании водотока на перемычке весь сток воды из озера идет в виде подповерхностного (просачивание под и между камней).

Содержание взвешенных наносов в озере крайне низкое и составляет первые миллиграммы мг/л. Связано это как с бедностью органикой, так и с отсутствием внешних (низкая мутность воды в притоках, безруслотный рассредоточенный сток идет по скальным и моховым грунтам или по промерзшей поверхности, нет эолового переноса пыли) и внутренних (неразрываемые скальные и глыбово-валунные берега) источников поступления мелкозема. Вследствие этого прозрачность воды высокая, до 10 и более метров. Наиболее низкое содержание взвеси зимой (в апреле подо льдом 1,11–1,73 г/м³), когда под ледовым покровом отсутствует ветровое перемешивание и взмучивание. Оптическая мутность в озерных пробах зимой 2013 г. в среднем составляет 1,48 NTU. Наиболее высокая оптическая мутность (3,23 NTU) была зафиксирована в точке батар-01 с координатами 69,19534 N 35,03873 E, располагающейся примерно в 100 м от западного берега озера Батарейского. Проба была отобрана с максимальной глубины 5,3 м. В целом, с увеличением глу-

бины прослеживается уменьшение мутности. Так, например, в точке batar-08, что находится в 200 м от западного берега, оптическая мутность составляет 2,5 NTU.

Несмотря на достаточно частые в период открытой воды сильные северо-западные ветры с моря, регулярно достигающие штормовой силы (до 25 м/с), расположение озера в частично закрытой котловине и ориентация его под углом к преобладающим ветрам не способствует развитию значительного волнения.

Воды озера Б.Батарейское – слабокислые ($\text{pH} = 6,59\text{--}6,95$) и ультрапресные (средняя минерализация озера 38,81 мг/л). Здесь зарегистрированы самые высокие значения водородного показателя из всех исследуемых озера, величины pH в озерах Секретарское и Красное не превышают 6,63. По величине pH воды озера Б.Батарейского не выходят за пределы нормативных значений для водоемов рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Диапазоны значений минерализации и pH очень близки к данным исследований 2009 года. (Научно-технический отчет..., 2009). В ионном составе воды преобладают хлориды и ионы натрия (23,8–32,84,2 % экв и 24,5–31,7% экв соответственно) (приложение 3). По классификации О.А. Алекина воды озера, относятся к хлоридному классу, группе натрия.

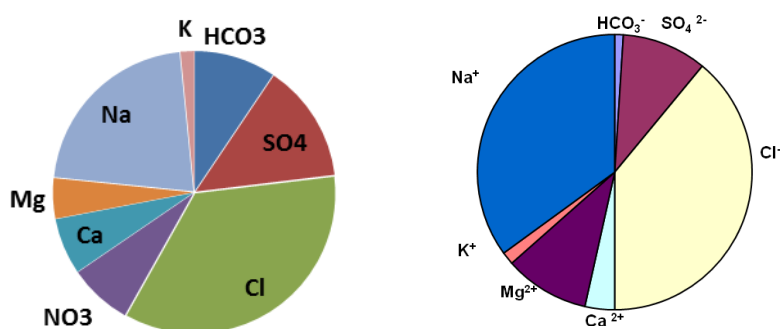


Рис. 4.7. Диаграммы относительного солевого состава воды озера Б. Батарейское зимой 2013 г. (слева) и летом 2009 г. (справа)

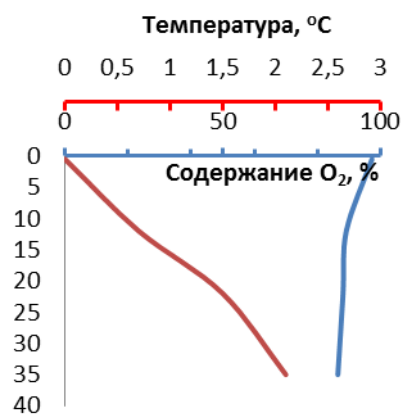


Рис.4.8. Содержание растворенного кислорода в водах оз. Большое Батарейское (зима 2013 г.)

Соотношение между ионами близко к морскому: $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$, $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$ (рис. 4.7). за исключением двух проб: batar 01 и batar 13, здесь $\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$, что скорее всего следствие ошибки анализа. Такой солевой состав складывается в результате преимущественно атмосферного питания осадками морского происхождения. Абсолютное содержание гидрокарбонатных ионов в воде озера Б.Батарейское на 30 января 6,22 мг/л в поверхностных горизонтах. По содержанию гидрокарбонатов озеро Б.Батарейское занимает промежуточное положение между оз. Секретарским и оз. Красным, это можно объяснить перевесом доли притока с водосбора в водном питании озера. Содержание сульфатов изменяется в диапазоне – 5,02–5,60 мг/л, хлоридов – 12,59–13,86 мг/л. Концентрация ионов кальция 1,51–2,41 мг/л, магния 5,42–1,72 мг/л, натрия 7,03–9,1 мг/л, калия 0,48–0,69 мг/л (приложение 2).

Содержание главных ионов в воде оз. Б.Батарейское не превышает нормативные величины концентрации для водоемов рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения (СанПиН 2.1.4.1174-01, СанПиН 2.1.4.1175-02, СанПиН 2.1.5.980-00). По данным съемки содержание растворенного кислорода так же несильно уменьшалось с глубиной. В поверхностном слое озера оно изменялось в диапазоне 13,25–14,26 мг/л. Поверхностные воды озера хорошо аэрированы, насыщение их кислородом составляло от 90 до 97%. В придонных слоях содержание кислорода изменялось в диапазоне 11,95–13,25 мг/л, и насыщение кислородом составляло от 88 до 90%. Столько незначительно уменьшение содержания кислорода с глубиной, объясняется теми же причинами, что и в случае оз. Секретарское.

По данным летней съемки 2009 г. содержание кислорода в поверхностном слое озера в июне-августе составляло до 13,55 мг/л. Поверхностные воды озера хорошо аэрированы, насыщение их кислородом составляло около 100%. Таким образом можно сделать вывод, что содержание фито-

планктона и органического вещества в озере Большое Батарейское со сменой сезонов года почти не изменяется.

Температура озера зимой изменяется от 0,2 до 2,3 градусов, увеличиваясь с глубиной. Распределение температуры воды и электропроводности по продольнику, соединяющему южный и северный берег озера приведены на рис. 4.9.

Из всех исследуемых озер озеро Б. Батарейское самое теплое и маломинерализованное. Диапазон изменения значений электропроводности: 38 – 50,5 мкСм/см. Максимальные значения зарегистрированы у дна на глубоких вертикалях.

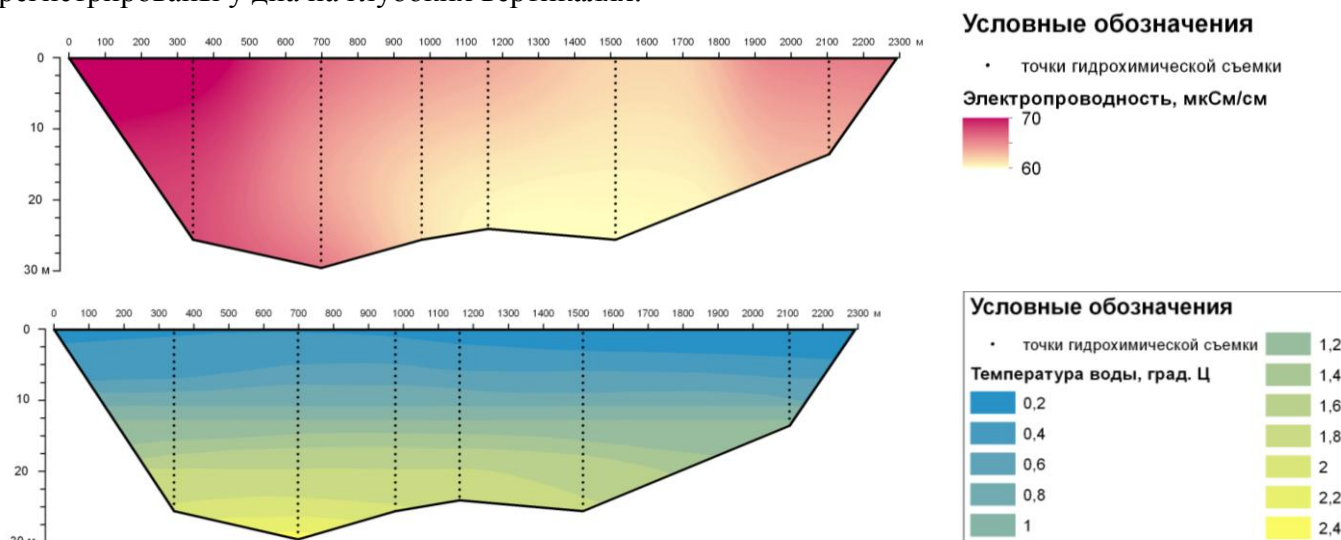


Рис. 4.9. Продольный разрез озера Б.Батарейское. Распределение электропроводности воды (вверху) и температуры воды (внизу) (по данным 30.01.2013) (разрез с юга на север)

4.4 Озеро Красное

Озеро Красное (координаты северного берега - 69° 12' 22,1" с.ш., 35° 01' 25,3" в.д.; южного берега - 69° 12' 08,7" с.ш., 35° 01' 13,8" в.д.) расположено в 1,2 км к восток-юго-востоку от правого мыса входного створа в губу Долгую на абсолютной высоте 86 м БС (рис. 4.10).



Рис. 4.10. Зимние работы на озере Красном 31.01.2013 г.

Высота водораздельной линии колеблется от 90 м в понижениях тектонических долин к югу и юго-востоку от озера и до 130 м на возвышениях на западном и восточном берегу озера. Водосбор ограничен склонами прилегающих к озеру пологих скальных сопков, сложенных гранитами. Длина бассейна (до замыкающего створа озера) – 560 м, наибольшая ширина – 610 м. Площадь водосбора всего в 2,5 раза больше площади самого озера, что предопределяет значительную роль в водном питании водоема осадками, выпадающими непосредственно на акваторию озера. В озеро не впадает ни одного водотока и весь приток воды идет в виде рассредоточенного безруслового (в основном, талого) и подземного (грунтового). По типу происхождения озерной котловины водоем относится к тектоническим. Озеро занимает унаследованное тектони-

ческое понижение подвергшееся ледниковой экзарации, на пересечении двух разломов простираемым юго-юго-запад – северо-северо-восток и юго-восток – северо-запад. Первая разломная линия лучше выражена в рельефе, по ней заложен ручей, вытекающий из озера в его северной оконечности. Главные морфометрические характеристики озера приведены в табл. 4.4.

Табл. 4.4. Главные морфометрические характеристики озера Красное

Характеристика	Значение
Высотная отметка уреза, м абс. БС с карты М 1:50000	86,0
Площадь водосбора (F_6) в истоке ручья Грозного из озера (без площади озера), тыс.м ² , с карты М 1:50000	163,6
Удельный водосбор $F_6/F_{оз}$	2,49
Длина озера, м	440
Средняя ширина, м	149
Максимальная ширина, м	220
Длина береговой линии, м	1201
Площадь зеркала ($F_{оз}$), м ²	65 600
Объем воды, м ³	807 300
Средняя глубина, м	12,3
Максимальная измеренная глубина, м	32,4
Глубина инерционного центра (центра тяжести водных масс), м	9,67
Показатель формы чаши	1,27
Средний уклон дна, безразмерный/ средний угол наклона дна, градусы	0,34 / 19°

Гидрологический режим озера не изучен и выводы о его гидрологических характеристиках можно делать лишь предварительные, на основе общих региональных закономерностей, данных о морфометрии бассейна и водоема и единичных полевых обследований и измерений.

Согласно (Ресурсы..., 1970) в рассматриваемом районе среднее годовое количество выпадающих осадков составляет 700 мм, средний модуль стока 21 л/с*км², или, в переводе в слой стока – 662 мм, т.е. коэффициент стока равен 0,95. Величина удельного водосбора (отношение площади бассейна к площади водоема) равна 2,49. При данных характеристиках, согласно классификации Б.Б.Богословского (1960) по водному балансу, оз. Красное стоково-приточное с долей притока 55%, осадками на зеркало водоема около 45 %. Испарение с зеркала озера составляет менее 25 % и сток более 75%.

Многолетние колебания уровня озера, как уже было отмечено ранее, незначительные и вряд ли превышают 0,5 м. Этот вывод можно сделать исходя из достаточно низкого коэффициента вариации годового стока в рассматриваемом районе $C_v = 0.2$, т.е. слабой межгодовой изменчивости стока. В течении года амплитуда колебания уровней может быть более значительной вследствие значительного сокращения притока в озеро в зимний период. Наиболее высокое стояние уровней наблюдается весной в период снеготаяния. В целом, согласно классификации водоемов по характеру колебания уровней К.Д. Литинской (1976), озеро является водоемом с устойчивым режимом уровней. Характеристики годового стока различной обеспеченности были определены исходя из следующих принятых, согласно РПВ, т.1 (Ресурсы..., 1970) значений параметров: средний модуль стока $M = 21$ л/с*км², коэффициента вариации годового стока $C_v = 0.2$, $C_s / C_v = 2$. Расчет выполнен для замыкающего створа истока из оз. Красного у ручья Грозного, т.е. величина площади водосбора, включает площадь озера.

Исходя из среднего объема годового стока оз. Красное является аккумулятивно-транзитным с коэффициентом водообмена 0,188 (в соответствии классификации Б.Б.Богословского (1960) по коэффициенту водообмена) и средним временем пребывания воды в водоеме 6 лет.

Наименьший сток из озера в зимний период, когда поверхностный водоток, вследствие падения уровня и перемерзания может полностью исчезать. Как приток в озеро, так и отток из него зимой минимальны и существуют только за счет грунтовых и, возможно, трещинных подземных вод. Вследствие географического положения оз.Красное большую часть года (с ноября по май) полностью или частично находится подо льдом. К концу зимы толщина льда может достигать 1,0

м. В период экспедиции зимой 2013 г. толщина льда составляла 0,65-0,7 м (рис. 4.11). Развитию мощного ледового покрова способствует сдувание господствующими зимой северо-западными ветрами снега с большей части замерзшей акватории. Очищается озеро ото льда к середине мая - началу июня.

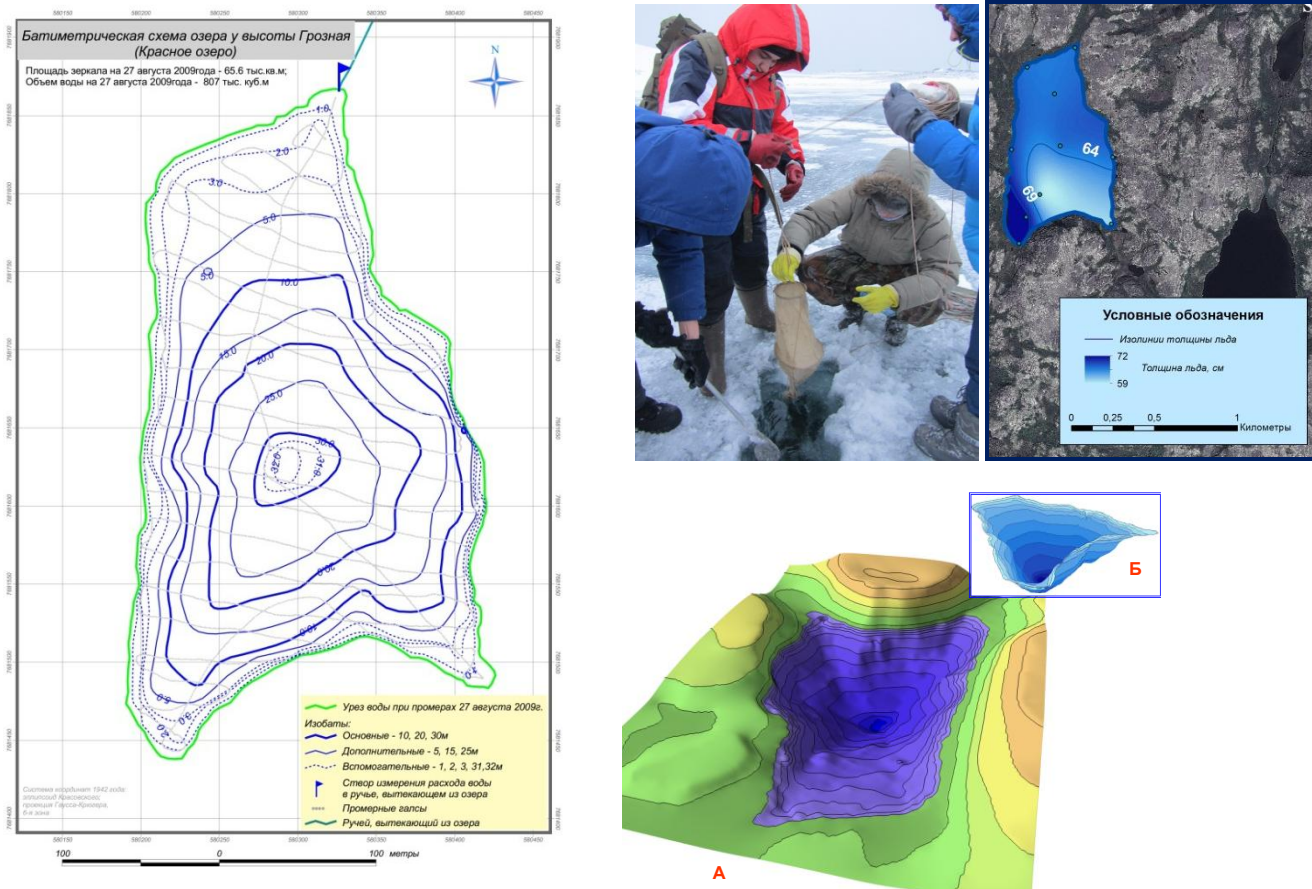


Рис. 4.11. Батиметрическая схема озера Красное (слева), гидробиологические и ледовые исследования зимой 2013 г. (справа сверху), проекция 3-D котловины оз.Красное. Вид с северо-запада (А) и юго-запада (Б), альтернативных вариантов строительства водозабора для проектируемой Северной ПЭС

Воды озера Красное – слабокислые, $pH = 5,9$ и ультрапресные - минерализация воды озера 46-52 мг/л. Ввиду отсутствия притоков химический состав вод озера формируется под влиянием атмосферных осадков морского происхождения, поступающих как на поверхность самого озера, так и стекающих с его водосбора. В солевом составе воды преобладают хлориды и ионы натрия (40,94-45,16 % экв и 29,03-34,91% экв соответственно) – это наибольшая доля ионов морского происхождения по сравнению с озерами Секретарское и Б. Батарейское (таблица 4.7). Соотношение между ионами типично морское: $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$, $Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+$ (рисунок 4,9). Очень мала концентрация гидрокарбонатов (1,22-2,01 мг/л), что также свидетельствует о преимущественном питании озера атмосферными осадками (приложение 3).

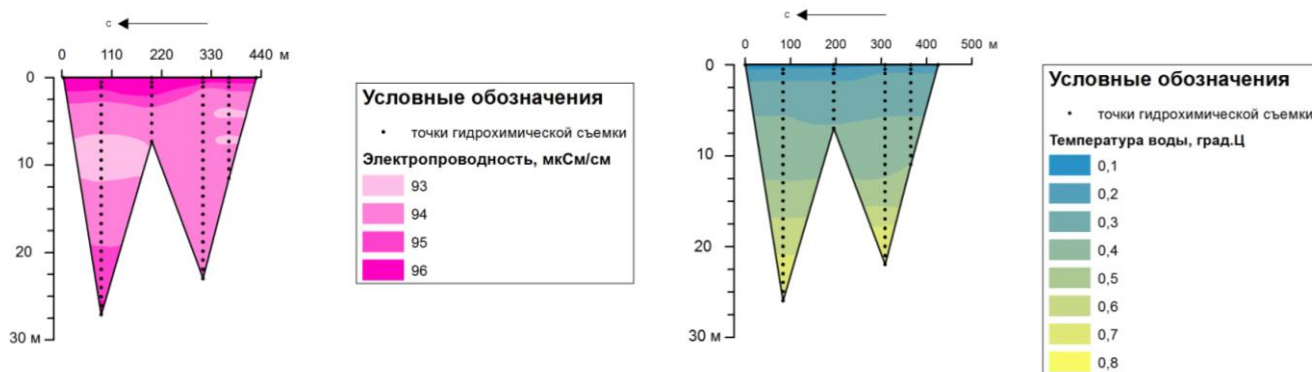


Рис. 4.12. Продольный разрез озера Б.Батарейское. Распределение электропроводности воды (вверху) и температуры воды (внизу) (по данным 30.01.2013) (разрез с севера на юг)

Максимальное содержание кислорода наблюдалось в поверхностном слое и оно изменялось в диапазоне 13,54-15,26 мг/л. В придонных слоях наблюдалось в диапазоне 12,96-14,83 мг/л растворенного кислорода. Ввиду олиготрофии озера и малого содержания в его водах фитопланктона пересыщение поверхностных вод кислородом, скорее всего, обусловлено инвазией O_2 из атмосферы вследствие активного ветрового воздействия.

Данные летней съемки 2009 г. – схожи с зимними 2013 г.: содержание растворенного кислорода незначительно изменялось, как в поверхностном слое воды озера, так и по глубине в его центральной части (11,31-11,59 мг/л). Пересыщение поверхностных вод кислородом составило 104-107 %. Это, как и в случае оз. Батарейского, может свидетельствовать о незначительных колебаниях концентраций фитопланктона и органического вещества в течение года.

По температурному зондированию озеро Красное – самое холодное, 0,1-0,8 °С. По профилю и с глубиной температуры меняется не значительно (рис. 4.12). Электропроводность меняется в диапазоне 52-62 мкСм/см, причем значения ярче уменьшаются не с глубиной, а при перемещении в северную часть разреза.

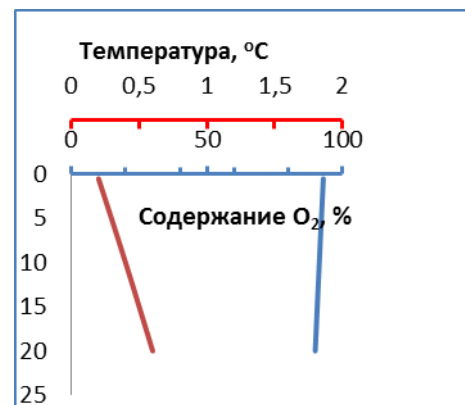
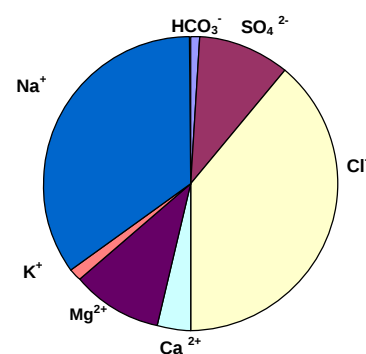
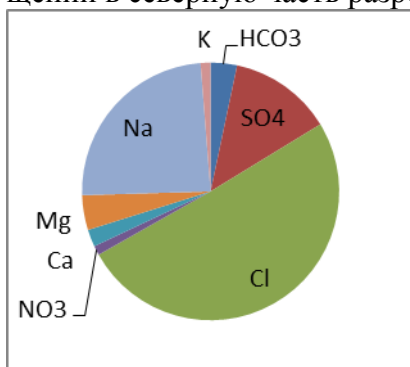


Рис. 4.13. Диаграмма относительного солевого состава воды оз. Красное (31 января 2013 г.) (слева) и летом 2009 г. (справа)

Рис.4.14. Содержание растворенного кислорода в водах оз. Красное (зима 2013 г.)

4.5 Результаты гидробиологических исследований

В ходе экспедиции НСО-2013 кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ в пос. Териберка был проведен ряд гидробиологических работ по изучению фитопланктона и зоопланктона в озерах Батарейское, Красное и Секретарское. Целью этих исследований было выявление особенностей распределения водных организмов, населяющих водные объекты, в связи с особенностями физико-химических параметров внешней среды.

Таким образом, на основе собранной информации и проведенных исследований можно решить следующие задачи:

- определить состав и количественные характеристики фитопланктона и зоопланктона в исследуемых озерах;
- установить зависимость между количеством видов зоопланктона, являющихся фильтраторами и количеством взвешенных частиц в воде;
- попытаться установить зависимость видового состава планктона от различных характеристик воды и оценка ее качества;
- получить опыт и практические навыки в этой области гидрологии;
- определить по полученным данным тип озер.

Главной трудностью и особенностью экспедиции НСО в поселке Териберка было ее осуществление в суровых зимних условиях, однако это делает полученные данные более ценными.

Объектами гидробиологического исследования в 2013 г. послужили озера Батарейское, Красное и Секретарское. Зоопланктон облавливали сетью Джели по всей толще воды, пробы фитопланктона брали с помощью батометра в трех точках (у поверхности, у дна и в середине вертикали). Каждая проба была законсервирована 40%-ым раствором формалина и исследована позднее в лабораторных условиях. Результаты обработки проб зоопланктона (по одной из каждого озера) представлены в табл. 4.5. и на рис. 4.15. Видно, что во всех озерах преобладают веслоногие рачки

диаптомусы (рис. 4.16), которые являются фильтраторами и освещают воду. Вместе с тем, рассматриваемые озёра сильно различаются по количеству зоопланктона: больше всего диаптомусов в оз.Красном (25 мг/м^3), в оз.Секретарском их около 5 мг/м^3 , а в оз.Батарейском – $0,5 \text{ мг/м}^3$. В целом количественное развитие зоопланктона озёр очень мало, что характерно для большинства водоёмов в зимнее время.

Табл. 4.5. Результаты обработки проб зоопланктона (по данным 2013 г.)

№ пробы	Озеро	Глубина, м	Группа	Организм	Численность, экз/м ³	Биомасса, мг/м ³
1	Секретарское	0-15	Веслоногие ракообразные	Диаптомус	146	5,38
1	Секретарское	0-15	Веслоногие ракообразные	Циклоп	4	0,04
1	Секретарское	0-15	Веслоногие ракообразные	Науплиус	8	0,06
1	Секретарское	0-15	Веслоногие ракообразные	Яйца диаптомуса	118	0,04
1	Секретарское	0-15	Ветвистоусые ракообразные	Хидорус	4	0,03
1	Секретарское	0-15	Ветвистоусые ракообразные	Дафнии	4	0,07
1	Секретарское	0-15	Коловратки	Келликотия	4	0,01
311	Батарейское	0-29	Веслоногие ракообразные	Науплиус	51	0,12
311	Батарейское	0-29	Веслоногие ракообразные	Диаптомус	10	0,38
415	Красное	0,5-26	Веслоногие ракообразные	Диаптомус	937	25,81
415	Красное	0,5-26	Веслоногие ракообразные	Циклоп	500	5,63
415	Красное	0,5-26	Веслоногие ракообразные	Науплиус	1062	0,14

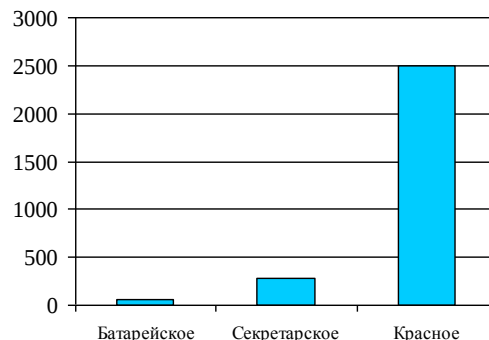
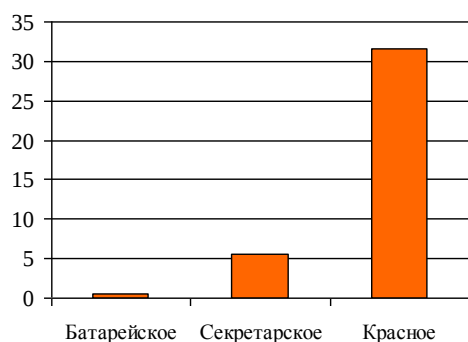
В, мг/м³N, экз/м³

Рис. 4.15. Биомасса и численность зоопланктона (зима 2013 г.)

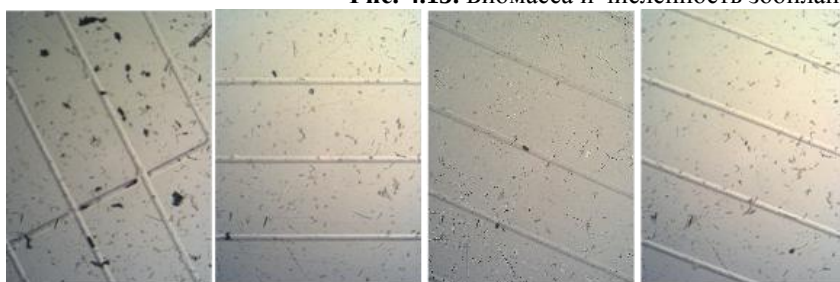
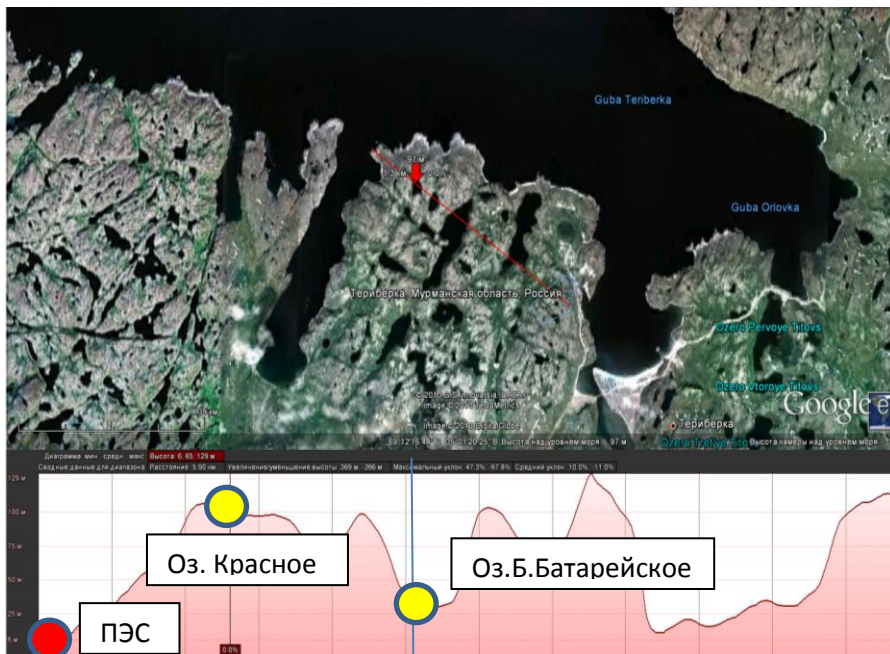
оз.Секретарское,
проба №5, h=7,5моз.Батарейское,
проба №310,
h=0,5моз.Батарейское,
проба №301,
h=10моз.Красное,
проба №310,
h=0,5м

Рис. 4.16. Фотографии сконцентрированных (в 100 раз) проб воды под микроскопом. Расстояние между полосами составляет 250 микрон (слева) и веслоногий рачок диаптомус (справа)

В результате исследования проб фитопланктона было просмотрено по одной пробе из каждого озера (№5, 310, 403). Фитопланктона в озёрах практически нет, это объясняется длительным отсутствием света и низкой температурой воды. Только в пробах из оз.Батарейского удалось обнаружить несколько клеток диатомовых водорослей, биомасса которых составляет чрезвычайно малую величину – $0,003 \text{ мг/л}$. Можно обратить внимание на то, что под микроскопом (при исследовании)

довании фитопланктона) в оз.Секретарском обнаружались крупные взвешенные частицы; в оз.Батарейском и оз.Красном их значительно меньше (рис.2). Можно предположить, что это связано с тем, что в оз.Секретарском биомасса зоопланктона (а в частности рачков диаптомусов) значительно меньше, чем в озере Красном. Однако в оз.Батарейском их еще меньше, т.е. однозначных выводов сделать нельзя. Таким образом, исходя из полученных данных можно предположить, что исследуемые озера относятся к типу олиготрофных.

Заключение



1. Впервые проведено зимнее исследование приливных эстуариев Териберки и Долгой. Оценено влияние приливов и отливов на различные гидрологические характеристики устьев рек.

2. С помощью двух АМС Davis Vantage Pro 2 проведены синхронные наблюдения с дискретностью в 5 минут за температурой воздуха, относительной влажностью, давлением, скоростью и направлением ветра на ГМС «Териберка» и на мысу «Жилой» в условиях, сходных створу Северной ПЭС. Анализ

данных показывает репрезентативность сетевых наблюдений для расчета экстремальных гидрометеорологических характеристик для побережья Баренцева моря.

3. Впервые проведенные в зимнее время комплексные гидролого-гидрохимические и гидробиологические исследования качества воды, результаты ледемерных съемок, проведенные в камеральных условиях измерения морфометрических характеристик озер и гидрологические расчеты показывают возможность использования озер Б.Батарейского и Красного в качестве источников питьевого водоснабжения Северной ПЭС. Предпочтение может быть отдано оз. Красному, находящемуся на более высокой отметке, откуда вода может подаваться на станцию практически самотеком (см. рисунок).

Участники экспедиции благодарны начальнику ГМС «Териберка» Бородкиной Людмиле Алексеевне за помощь в проводимых работах, всем жителям пос. Териберка за теплое отношение и всяческую поддержку.

Список литературы

1. Атлас Мурманской области. М.: ГУГК. 1971.
2. Богословский Б.Б. Озероведение. Изд-во МГУ, 1960, 335с.
3. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 700 с.
4. Каталог рек Мурманской области. Под ред. Быдина Ф.И., М.-Л., АН СССР, 1962. 211с.
5. Кривошук А.Е. Жизнь земной поверхности. М.: Мысль, 1971. 407 с.
6. Литинская К.Д. Режим уровней воды озер и водохранилищ Карелии. Л., 1976. 146 с.
7. Научно-технический отчет «Специальные виды инженерно-гидрологических изысканий для строительства Северной ПЭС в губе Долгая-Восточная Баренцева моря». 2009. ООО «Гидроэкология-КГС». 2009. 242 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 1. Кольский полуостров. /Под ред. Ю.А.Елшина, В.В.Куприянова –Л., Гидрометеиздат, 1970.
9. Шполянский Ю.Б., Усачев И.Н., Историк Б.Л., Золотов А.Л. и др. Северная приливная электростанция / Малая энергетика. 2011. № 1-2.
10. <http://www.sro-ess.ru/press>
11. <http://easytide.ukho.gov.uk/EASYTIDE>
12. http://meteocenter.net/_world_weather_stations.htm