

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Изменение степени антропогенного воздействия на экосистему
Ладожского озера и ее районирование в конце XX начале XXI века

Исполнитель Кондратенко Иван Александрович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Педченко Андрей Петрович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

С.И.И.
(подпись)

к.т.н. доцент

(ученая степень, ученое звание)

Королева Светлана Витальевна
(фамилия, имя, отчество)

«26» июль 2019г.

Санкт-Петербург
2019



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Изменение степени антропогенного воздействия на экосистему
Ладожского озера и ее районирование в конце XX начале XXI века

Исполнитель	Кондратенко Иван Александрович
	(фамилия, имя, отчество)
Руководитель	кандидат географических наук, доцент
	(ученая степень, ученое звание)
Педченко Андрей Петрович	
(фамилия, имя, отчество)	

«К защите допускаю» Заведующий кафедрой	
	(подпись)
	(ученая степень, ученое звание)
	(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 2019г.

Санкт–Петербург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1 Географическое положение и водосбор Ладожского озера.

1.1 Рельеф

1.2 Климатическая характеристика

1.3 Гидрологическая характеристика

1.4 Береговая зона Ладожского озера ее районирование и классификация

2 Гидрология и гидрохимия Ладожского озера

2.1 Водный баланс и динамика вод

2.2 Особенности термического режима

3 Современное состояние экосистемы Ладожского озера.

3.1 Экологическая характеристика

3.1.1 Современное состояние экологии вод

Абиотические (химические) показатели загрязненности

Микробиологическая загрязненность

3.1.2 Состояние биологического сообщества

Планктонные сообщества (фитопланктон, зоопланктон) и бентос .

3.2 Основные источники антропогенной нагрузки на водосбор Ладожского озера.

4 Оценка динамики антропогенного воздействия на экосистему Ладожского озера и возможные пути ее снижения.

4.1 Современное состояние и динамика антропогенной нагрузки на экосистему озера.

4.2 Анализ рекомендаций по решению экологических проблем с целью сохранения экосистемы Ладоги.

Заключение.

Введение

Природные ресурсы Ладожского озера и его бассейна широко используются в экономических и других аспектах и гарантируют эффективное функционирование общества в данном регионе. Интенсивность эксплуатации природных ресурсов здесь высока, что не может не оказывать разнонаправленного влияния (в том числе негативного) на экологическое состояние Ладожской водной системы.

В целом водосборный бассейн Ладожского озера характеризуется высоким уровнем экономического развития. Концентрация производственной активности здесь значительно выше, чем по всем российским показателям. Кроме того, в структуре отраслей преобладают ресурсы и отрасли, которые потребляют воду, что в силу особенностей технологии оказывает большее воздействие на окружающую среду из-за больших объемов сточных вод, сбрасываемых в окружающую среду. водные объекты, дым и пыль, которые попадают в этот район. Атмосфера, а также твердые отходы сосредоточены на полигонах. В ленинградской части Ладожского бассейна большую долю составляют топливно-энергетические, лесные, целлюлозно-бумажные, химические и нефтехимические предприятия, машиностроение, черная и цветная металлургия. В Карелии более развиты лесная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная промышленность, предприятия по разработке нерудных полезных ископаемых. В Новгородской области высока доля химической промышленности, в том числе производство минеральных удобрений. В Финляндии (бассейн озера Сайма) существует ряд крупных целлюлозно-бумажных компаний, которые «обогащают» окружающую среду выбросами сточных вод и дыма.

Актуальность работы состоит в том, что перечисленные выше компании входят в число основных отраслей, составляющих основу

промышленного потенциала России и соседней Финляндии. В этом смысле вопросы регулирования их деятельности по предотвращению нарушений экологического состояния окружающей среды в целом, в том числе экосистемы Ладожского озера, становятся особенно острыми.

Цель работы – оценить степень антропогенного загрязнения на экосистему ладожского озера и выделить наиболее рациональные пути и решения проблем.

Задачи:

1. Составить физико-географическую характеристику территории Ладожского озера;
2. Оценить степень загрязненности вод озера;
3. Дать экологическую характеристику экосистемы Ладожского озера;
4. Оценить динамику антропогенного воздействия и возможные пути решения проблем.

Для написания выпускной квалификационной работе использовались: опубликованные работы отечественных и зарубежных авторов в области экологической безопасности и экологических рисков, монография Ладоги.

1 Географическое положение и водосбор Ладожского озера.

Посмотрев на карту, можно увидеть, что берега озера Ладога принадлежат двум регионам России: Республике Карелия и Ленинградской области. Значит, оно находится в европейской части страны.

На северной стороне Ладоги высокие, скалистые берега, рельеф достаточно изрезан, поэтому тут присутствуют в большом количестве полуострова, заливы, небольшие острова. С южной стороны Ладоги озеро охватывают невысокие пологие, более ровные берега. В этом же месте находятся самые крупные заливы: Волховская, Свирская, Шлиссельбургская губы. Восточный берег также не отличается большой неровностью, тут встречаются песчаные пляжи. С западной стороны береговая линия практически ровная. Здесь произрастают смешанные леса, кусты, недалеко от воды множество камней, ими также покрыто дно под водой на довольно далекое расстояние. В Ладожское озеро впадает 35 рек, а вытекает всего одна. Самая большая приносящая воду река – Свирь. Вытекает из Ладожского озера река Нева. Некоторые реки впадают в Ладогу воду из других озер, например Онежское или Ильмень.

Около пятисот островов располагается на озере. Самые крупные вместе образуют собой Валаамский архипелаг. Самый большой одиночный остров – Риеккалансари.[3]

Водосборный бассейн Ладожского озера простирается от 64° до 56° с. ш. и от 26° до 38° в. д. Площадь этого бассейна превышает 282 тыс. км² (Науменко, Каретников, 2005). Географическая зональность предопределяется наибольшей протяженностью с севера на юг – она достигает 1100 км. Площадь водосбора в 14,6 раза превышает площадь

водного зеркала озера, поэтому процессы загрязнения и эвтрофирования Ладожского озера в значительной степени связаны с притоком химических веществ с водосборной площади. [1]

1.1 Рельеф

В структуре бассейна Ладожского озера выделяется ряд вторичных бассейнов. Это Сайма-Вуоксинский (I), Онежско-Свирский (II) и Ильмень-Волховский водосборы (III), а также собственный (частный) водосбор Ладожского озера (IV), представленные на рис 1.1.1.

Северная часть водосбора Ладожского озера расположена в пределах Балтийского кристаллического щита, южная — на Русской платформе. Граница между двумя этими частями проходит приблизительно по линии г. Выборг — г. Приозерск — устье реки Видлицы — исток реки Свири. Кристаллический щит сложен дислоцированными породами архейского и протерозойского возраста. Преобладают породы кислого состава — граниты, гнейсы, кварциты. Докембрийские породы выходят на дневную поверхность и лишь местами прикрыты четвертичными отложениями небольшой мощности, имеющими грубый механический состав, а по химическому составу мало отличающиеся от коренных пород. Для рельефа северной части водосбора, выработанного в коренных породах тектоническими и экзогенными процессами, характерно чередование скалистых сельговых гряд и межсельговых понижений, вытянутых с северо-запада на юго-восток. Сельги обычно короткие и узкие, моренные отложения на них размыты. К межсельговым понижениям приурочена современная молодая гидросеть. Западно-карельская возвышенность занимает значимую площадь на территории Балтийского щита. Её средняя высота от 200 до 400 м. [1]

Начиная с Западно-Карельской возвышенности средняя высота поверхности снижается до 90-100 м к Онежскому и Ладожскому озерам, начинает преобладать холмисто-равнинный рельеф с высотами 30–70 м. Южная часть территории бассейна Ладожского озера характеризуется

равнинным рельефом с преобладанием аккумулятивных форм, так же повсеместно распространены палеозойские отложения. Наибольшую площадь имеет Ловатъ-Ильмень-Волховская низина, приуроченная к понижению в рельефе коренных девонских пород. Кристаллический фундамент залегает на глубине 500–1000 м.

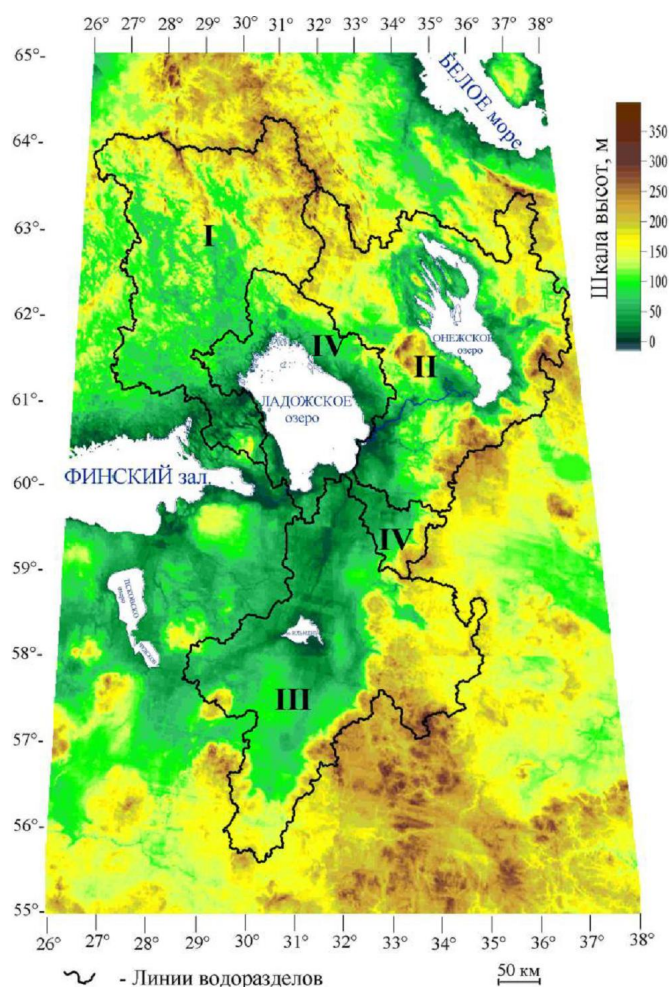


Рис. 1.1.1. Общий и вторичные водосборы Ладожского озера. [1]

Основной почвообразующей породой являются ленточные глины, образованные в позднеледниковое время. Ленточные глины подстилаются мореной или водно-ледниковыми песками. Часть водосбора Ладожского озера представляет довольно плоскую, слабо-террасированную равнину, залегающую на высотах 5-35 м., это обуславливается нивелированием

неровности коренного рельефа четвертичными отложениями. Вокруг Ловать - Ильмень-Волховской низины находятся возвышенности высотой до 300 м, на них преобладают холмистые ледниковые формы рельефа. С запада и юга это Лужская, Судомская, Бежаницкая и Вязовская возвышенности, с юго -востока — Валдайская возвышенность с абсолютными отметками от 150 до 300 м, с северо-востока — Вепсовская возвышенность и Тихвинская гряда.

1.2 Климатическая характеристика

Климат Ладожского озера является производным от морского климата умеренных широт к континентальному и определяется сильными изменениями температуры воздуха в течение года, высокой влажностью, сильной облачностью и умеренным количеством осадков. Под воздействием морских атлантических воздушных масс умеренных широт осуществляется формирование климата. Арктические ветра, ведущие к уменьшению температуры воздуха, возникают только в виде ограниченных вторжений только зимой или в переходный период года. Довольно редко встречаются тропические воздушные массы, приводящие к повышению температуры воздуха. Зима умеренно холодная и довольно продолжительная. Период морозов и возникновения снежного покрова происходит с начала декабря и до конца марта. Первая часть зимы обуславливается ненастной ветреной погодой с частыми осадками, оттепелями, туманами и метелями. Вторая часть зимы более прохладная, с периодическими метелями и крепкими морозами. Весна, обычно довольно прохладная и продолжительная. Весной уменьшается количество дней с осадками, соответственно возрастает количество ясных дней, а ветровые потоки ослабевают. Лето довольно теплое. Оно берет начало в июне и доходит до начала сентября. В первой половине лета снижается количество дней с туманами, а так же количество пасмурных дней. Однако, во второй половине лета количество выпадающих осадков идет на увеличение. Осень довольно теплая и дождливая, начинается при начале заморозков в сентябре и заканчивается в конце ноября. [2]

Самыми холодными месяцами го и до -да являются январь и февраль. В это время средняя температура за месяц находится в диапазоне от -8 и до -10°C, при это на побережье температура ниже, чем нВ открытой части озера. Абсолютный зафиксированный минимум температуры -54°C. Месяцем с самой высокой температурой является июль: тут средняя температура за месяц составляет 16-17°C. Абсолютный максимум температуры 34°C. Годовые колебания средней месячной температуры воздуха составляют 24 – 26°C в открытой части озера и 25–27°C на побережье. Относительная влажность воздуха в зимний период составляет 85 -90%, а в летний 65-75% за месяц.

В течение года в большей части описываемого района преобладают ветры от S и SW, суммарная повторяемость которых достигает 50 %. Средняя месячная скорость ветра в открытой части озера и на большинстве островов с октября по январь – февраль 6–9 м/с, в остальные месяцы 4–7 м/с. На побережье средняя месячная скорость ветра изменяется от 3 до 5 м/с.[1]

1.3 Гидрологическая характеристика

Водосборный бассейн Ладожского озера включает в себя водосборы рек Свирь, Вуокса и Волхов, соединяющих Ладогу соответственно с озерами Онежское, Сайма и Ильмень, а также ряда малых рек, впадающих непосредственно в Ладожское озеро (рис. 1.3).

На территории бассейна Ладожского озера находится густая сеть водотоков, большое количество озер и болот большой протяженности. Самыми значимыми водотоками являются реки: Волхов, Свирь, Вуокса, Сясь, Оять, Паша и Мста. Почти всегда водотоки имеют пологие уклоны и спокойное течение. Только при пересечении кристаллических пород, моренных возвышенностей и гряд на перекатах и порогах скорость течения реки может резко увеличиться. Водоразделы рек обычно представлены нечетко. Часто бывает, что истоки располагаются довольно близко друг к

другу. Реки берут свое начало в разных местах: это могут быть крупные или мелкие озера, болотные массивы, ключи и др. На территории бассейна Ладожского озера преобладает снеговое питание с высоким половодьем. Данные черты режима рек иногда нарушаются в результате регулирующего влияния озер, наиболее характерно выражено это на крупных реках, имеющих проток, соединяющий эти озера.

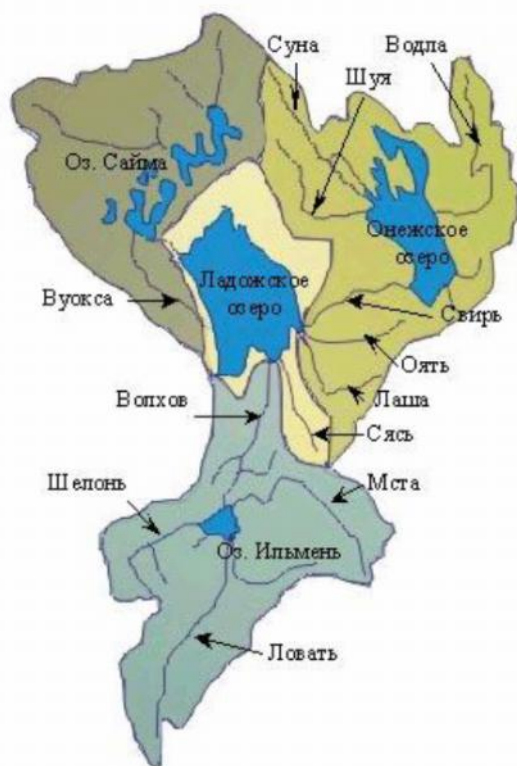


Рис. 1.3 Схема водосборов основных притоков Ладожского озера. [1]

На территории бассейна Ладожского озера находится густая сеть водотоков, большое количество озер и болот большой протяженности. Самыми значимыми водотоками являются реки: Волхов, Свирь, Вуокса, Сясь, Оять, Паша и Мста. Почти всегда водотоки имеют пологие уклоны и

спокойное течение. Только при пересечении кристаллических пород, моренных возвышенностей и гряд на перекатах и порогах скорость течения реки может резко увеличиться. Водоразделы рек обычно представлены нечетко. Часто бывает, что истоки располагаются довольно близко друг к другу. Реки берут свое начало в разных местах: это могут быть крупные или мелкие озера, болотные массивы, ключи и др. На территории бассейна Ладожского озера преобладает снеговое питание с высоким половодьем. Данные черты режима рек иногда нарушаются в результате регулирующего влияния озер, наиболее характерно выражено это на крупных реках, имеющих протоки, соединяющий эти озера. [5]

Озера занимают примерно 14% площади водосбора и играют довольно значительную роль в общем гидрографическом облике данной территории. [1]

1.4 Береговая зона Ладожского озера ее районирование и классификация

Трехмерное геолого-геоморфологическое пространство, охватывающее площади, примыкающие к береговой линии Ладожского озера на береговой суше и на прибрежном озерном дне, объединяются понятием «озерная береговая зона». Расчет площади береговой зоны Ладожского озера представляет собой достаточно сложную задачу, так как границы этой зоны от места к месту сильно меняются. Так, например, северная часть береговой зоны довольно часто укладывается в несколько метров, а южная часть может быть до нескольких километров.

Развитие береговой зоны Ладожского озера связано со сменой тектонических режимов на юго-восточном склоне Балтийского кристаллического щита. [7]

На сегодняшний день известно, что история береговой линии Ладожского озера началась около 10-9,7 тыс. лет назад, это связано с началом Ладожской трансгрессии, то есть Ладога уже существовала в виде пресноводного водоема с определенным контуром.

При довольно значимых размерах Ладожского озера в формировании его береговой линии осуществляют участие разнообразные факторы, что обуславливает огромное разнообразие типов берегов и береговых форм рельефа, которые объединяются в районы и участки по типологическому сходству с выделением отдельных типов и форм рельефа.

Принципиально важное значение для районирования и классификации берегов Ладожского озера имеет зональный подход. При данном подходе понятие озерный берег понимается как очень важная составная часть трехмерного природного пространства, образованного «геоблока» в виде береговой зоны. Береговая зона, в свою очередь определяется как переходная полоса надземного и подземного пространства от береговой полосы к прибрежному дну озера с особенной статистикой и динамикой рельефа поверхностных геологических образований, верхней части геологического разреза и соответствующих тектонических, инженерно-геологических, геохимических, гидрогеологических и ландшафтных обстановок, где связь и влияние друг на друга субаквальных и субэральных режимов развития имеют непосредственные и точные проявления.

Так как есть сезонность развития снегового и ледового покровов на береговой зоне имеют преимущественное развитие абразионно-аккумулятивные и эрозионные процессы, взаимосвязанные с волновым действием, течениями, водотоками и колебаниями уровня воды и льда в озере. Однако, определенная часть береговой линии Ладожского озера не имеет на себе следов значимого волнового воздействия. Активность

проявления волнового воздействия так же снижается за счет окаймленных растительностью берегов. [3]

Принимая во внимание общие представления об истории геологического развития берегов Ладожского озера, в нем выделяют несколько групп береговых образований. Они же принадлежат трем областям с определенным набором типизирующих признаков. Вполне определенные различия в общем перечне особенностей береговой зоны (берегов) связаны с их геологической структурой и, еще конкретнее, с составом пород, отложений и осадков, слагающих озерные берега. В северной части береговой зоны Ладожского озера развиты абсолютно невосприимчивые к разрушению гнейсы, сланцы, и так же граниты. В центральной части береговой зоны преобладают рыхлые, подверженные размыву ледниковые, водно-ледниковые и озерные четвертичные отложения. На юге берега, обычно сложены озерными неустойчивыми к переносу и переотложениям осадками.

Соответственно, по принципу широтной зональности в Ладожском озере выделяются северные, центральные и южные территории береговой зоны. Северную часть береговой зоны можно обозначить пространством от района г. Приозерска и до района Салми. Центральная часть берега с делением на восточную и западную части определяется районом Салми и устьем реки Свирь, и так же истоком реки Невы и устьем Вуоксы. Южная же область берега обозначается пространством от устья реки Свирь до истока реки Нева. [2]

Самый первый или обобщенный уровень районирования и классификации берега Ладожского озера с выделением областей показывает на ее тесную связь и зависимость от поздненеоплейстоценовой и голоценовой истории геологического развития, геологического строения,

современной тектоники, экзогенных геологических процессов, а также морфо-, лито- и гидродинамики озерного побережья и берегов. Поэтому основа подразделения рассматриваемой береговой зоны в качестве одного из наиболее оптимальных вариантов принимается структурно-геоморфологическое районирование (Молчанов, 1945; Атлас..., 2002). По данной схеме довольно обособленная в площадном отношении, но вполне характерная береговая зона на севере и северо-западе озера относится к так называемой условно северной береговой области Ладожского озера (рис. 1.4.1).

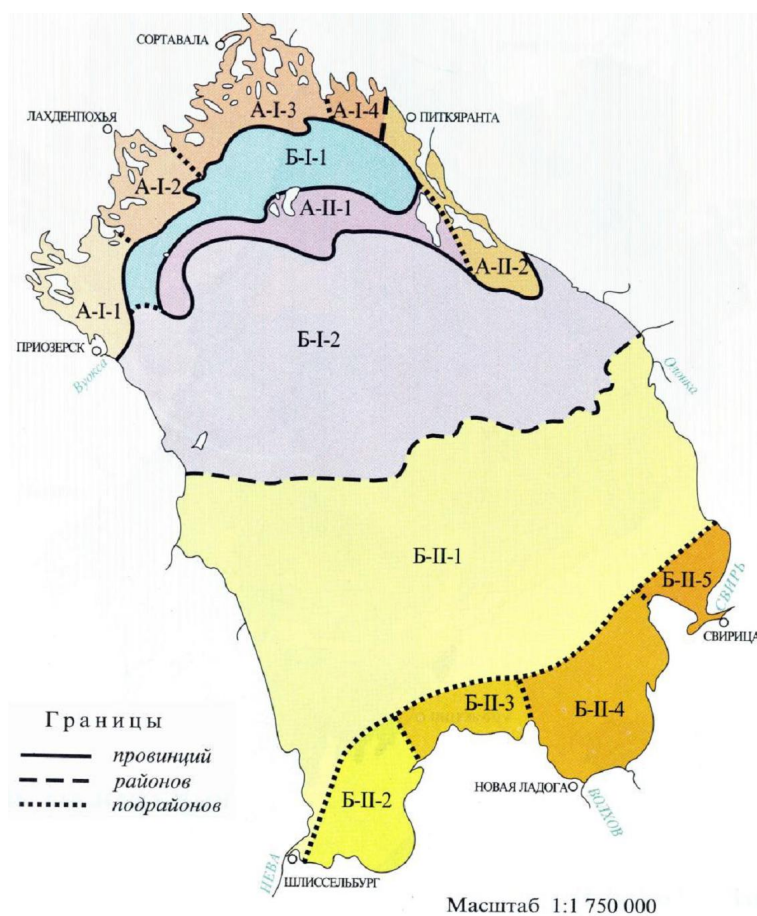


Рис. 1.4.1 Схема структурно-геоморфологического районирования котловины Ладожского озера (Атлас..., 2002). Подрайоны с индивидуальными чертами геологического строения и подтипами рельефа: А-И-1 — Куркийокский; А-И-2 — Ланденпохский; А-И-3 — Сортавальский;

А-I-4 —Импилахтинский; А-II-1 — Валаамский; А-II-2 — Питкяранский; Б-I-1 — Северовалаамский;Б-I-2 — Южновалаамский; Б-II-1 — Невско-Свирский; Б-II-2 — Шлиссельбургский; Б-II-3 —Волкосарский; Б-II-4 — Волховский; Б-II-5 — Стороженский. [1]

Таким образом, северная часть береговой линии Ладожского озера по принятой системе районирования распространяется с запада на восток, при этом, охватывая северный озерные берега. В состав северной береговой области входят береговые районы Валаамского и Западного архипелагов. А в материковой части северной береговой линии естественно обособляются, хотя и тесно связаны между собой, четыре района. [5]

Первый представляет собой фиардовой тип берегов. На нем берега образованы субэральными, в частности ледниковыми и тектоническими процессами почти без каких-либо изменений за счет озерной гидродинамики. Фиардовые берега представляют собой многочисленные заливы различных размеров и очертаний с общим вытянутым контуром по своей длинной оси на километры и даже десятки километров (рис. 1.4.2).



Рис. 1.4.2 Фиардовый берег внешней части залива Лехмалахти Ладожского озера.

Второй район северной береговой области представлен в виде шхер. Шхеры в виде множества островов различных по размеру и очертаниям окаймляют фиардовые берега, и это усиливает расчлененность северной береговой зоны. Шхерные берега и вся береговая зона носят уступовый характер, в нем крутизна склонов доходит почти до отвесных стен.

Третий район северной части береговой линии Ладожского озера охватывает большую группу островов архипелагов в северной части озера. Одним из крупнейших является остров Валаам и остров Хейнясенмаа. В данном случае берега островов напоминают береговую зону шхер.

С геологической точки зрения вся северная область береговой зоны Ладожского озера представляет собой древнюю пенепленизированную поверхность южного склона Балтийского кристаллического щита.

Юго-восточнее фиардового района Салми может быть проведена восточная граница между так называемой северной и центральной областями береговой зоны Ладожского озера. От этой границы и далее к югу (в юго-восточном направлении) характер береговой зоны и берегов принципиально меняется (в первую очередь по очертаниям). По большинству показателей здесь имеет место выровненный отмелый абразионно-аккумулятивный берег с чередованием активных и отмерших абразионных уступов, имеющих относительное превышение не более 10–15 м и уклон от 15 до 20°. Довольно часто к уступам прилегают пляжи полного выпуклого профиля шириною до 100 метров. (рис. 1.4.3)



Рис. 1.4.3 Песчаный пляж севернее устья реки Видлица; валунный бенч (восточный берег).

Южнее до устья ручья Обжанка, уже в другом береговом районе, развит пологовыгнутый контур аккумулятивного выровненного берега с серией (более 10–12) четко выраженных береговых валов дугообразной формы с перевеенным гребнем при относительной высоте более 8–10 м.

Северо-восточная часть побережья Свирской губы представляет собой обширное мелководье с развитыми зарослями прибрежно-водной растительности.

Самая южная часть береговой зоны Волховской губы характеризуется выровненным

аккумулятивным типом берегов с исключительно пологим подводным береговым склоном.

К западу от устья реки Волхов при северо-западной экспозиции береговой линии выделяется другой район береговой зоны с наличием аккумулятивных песчано-илистых фитогенных берегов с исключительно выровненным профилем динамического равновесия и с весьма своеобразным биогенно-эрозионным метлым расчленением. Этот тип берега своим возникновением обязан мощному развитию торфяно-болотного субстрата и не менее мощному распространению прибрежно-водной растительности в приурезовой части озера. [1]

2 Гидрология и гидрохимия Ладожского озера

2.1 Водный баланс и динамика вод

В крупных озерах течения возникают в основном, на основании трех причин – ветра, речных притоков и горизонтального градиента давления в водной толще. Поглощение солнечного тепла на всей акватории озера происходит неравномерно, что помогает формированию плотностного течения и конвективного перемешивания. Вертикальная неоднородность распределения температуры воды приводит к возникновению стратификации. При условии, что присутствует перепад уровня, определенного притоком или оттоком речных вод, может быть образована угасающая по пути движения и меандрирующая по горизонтали струя или транзитный поток с примыкающими к нему водоворотными зонами (Судольский, 1991).

Крупномасштабная система течений Ладожского озера, как и всех крупных озер умеренной климатической зоны, подвержена сезонным изменениям. Например, в период ледостава течения в основном определяются режимом притоков и стока рек. В весенний период под действием ветра и формирующейся термической стратификации система течений имеет сложный характер с тенденцией к формированию генеральной циклонической циркуляции. Летом динамические процессы определяются плотностной стратификацией, ветровым воздействием и рельефом дна. В осенний период наступает сезон увеличения до максимального значения скорости ветра, и именно в это время важное значение приобретают апвеллинги. Это явление подъема глубинных вод к поверхности в результате вдольберегового ветра — одна из важных особенностей динамики прибрежной зоны в период открытой воды. [3]

Распространение и разбавление сточных вод различных предприятий в водоемах в значительной мере определяются характером динамических явлений, возникающих под действием гидрологических и метеорологических факторов, и в первую очередь течений и турбулентности. Благодаря измерениям течений в озерах и морях можно утверждать, что вектор течения воды подвержен всевозможным внешним и внутриводным силам. Без учета изменчивости течений в крупных озерах крайне трудно определить места забора чистой воды, определить условия гидротехнического строительства, заниматься промышленным рыболовством.

Под действием ветра на поверхности Ладожского озера проявляются непериодические вынужденные колебания, они получили название нагонов и сгонов. Сгонно-нагонные денивияции уровня воды носят различный характер в северной глубоководной части озера и южной мелководной. Показатель денивияции на севере озера составляет 5-10 см, а в южной части оно в два раза больше. [2]

Горизонтальные масштабы синоптических вихрей составляют десятки километров, время жизни — несколько суток. Вихревые образования, сходные с синоптическими — топографические вихри. Причина их образования — взаимодействие течений с нерегулярностями подводного рельефа, чаще всего с одиночными подводными возвышенностями.

Инерционные движения — один из наиболее мощных видов мезомасштабной изменчивости течений крупных озер (Филатов, 1983). Инерционные колебания в озере возникают почти одновременно по всей акватории озера. Вектор течений вращается по часовой стрелке с периодом 13,7 ч в Ладожском озере, такое вращение характерно для инерционных движений Северного полушария. Вертикальные масштабы инерционных движений имеют порядок около 10 км, горизонтальные — 1–3 км. Инерционные движения генерируются импульсным источником (резкими

изменениями ветра, штормами) в результате нелинейной передачи энергии по спектру от низкочастотных флуктуаций. Инерционные колебания генерируются примерно через 3 ч после каждого резкого изменения скорости ветра.

В глубоководной зоне доминируют инерционные колебания, наряду с которыми существуют синоптические колебания с характерными временными масштабами от 4 до 14 суток. В прибрежной зоне озера вклад инерционных колебаний не превосходит 24%, а в глубоководной зоне озера (в поверхностном слое) этот вклад в среднем составляет 42%. В период развитой стратификации наибольшую энергию инерционные колебания имеют в слое скачка, а их энергия пропорциональна частоте Вьяйся-Брента. В глубоководной зоне инерционные движения существуют в течение нескольких инерционных периодов, а амплитуда их, как правило, больше, чем на мелководье, где они существуют обычно в течение одного инерционного периода. В глубоководной зоне форма инерционных орбит меняется во времени. Они могут быть как идеально круглыми, так и сильно вытянутыми, деформированными, петлеобразными (рис. 2.1.1) [1]

Режим волнения Ладожского озера определяется преобладающим направлением и скоростью ветра над его акваторией в течение безледоставного периода. Довольно часто ветер над Ладожским озером бывает неустойчивым. Режим волнения Ладожского озера определяется преобладающим направлением и скоростью ветра над его акваторией в течение безледоставного периода. За годовой период преобладают юго-западные, южные и юго-восточные ветра, и довольно редко наблюдаются восточные ветры. Южные и юго-западные ветры, которые имеют наибольшую повторяемость, различаются и большими параметрами среднемесячных скоростей ветра. Минимальные скорости ветра

зафиксированы в июле-августе. К началу зимы скорость ветра увеличивается, набирая максимальные значения в ноябре и постепенно снижаясь до апреля.

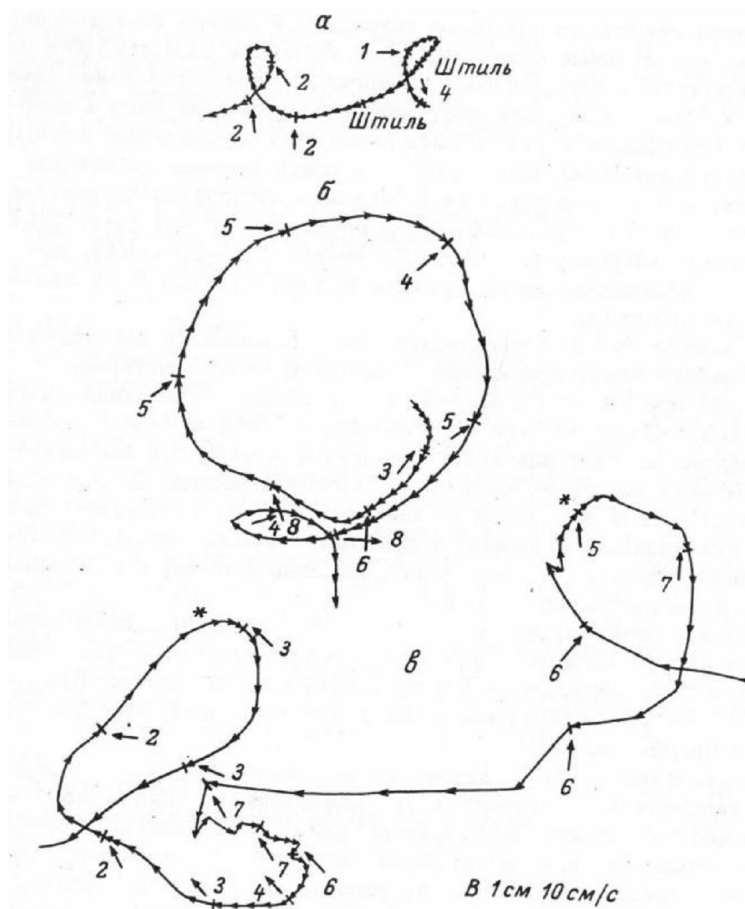


Рис. 2.1.1 Прогрессивно-векторные диаграммы инерционных течений в Ладожском озере. У стрелок цифрами указана скорость ветра [1]

На просторах Ладоги волнения значимо отличаются от морских. Их вид на озере зависит от размера водного пространства, его глубины, а так же от силы и продолжительности ветра. Для севера и юга Ладожского озера параметры волнения различны. В довольно глубоких северной и центральной области озера волны величина волн ограничивается только протяженностью водного пространства, тогда как в южной части озера над глубинами менее 18–20 м волнение не достигает полного развития, испытывая влияние дна.

При одинаковой скорости ветра продолжительность развития ветрового течения будет больше, чем время нарастания волнения, особенно эта разница значима для глубоководных районов Ладожского озера. Лишь спустя некоторое время после начала воздействия ветра появляются крупномасштабные ветровые течения. Ниже приведена схема полных потоков при южных и западных ветрах (рис. 2.1.2)..

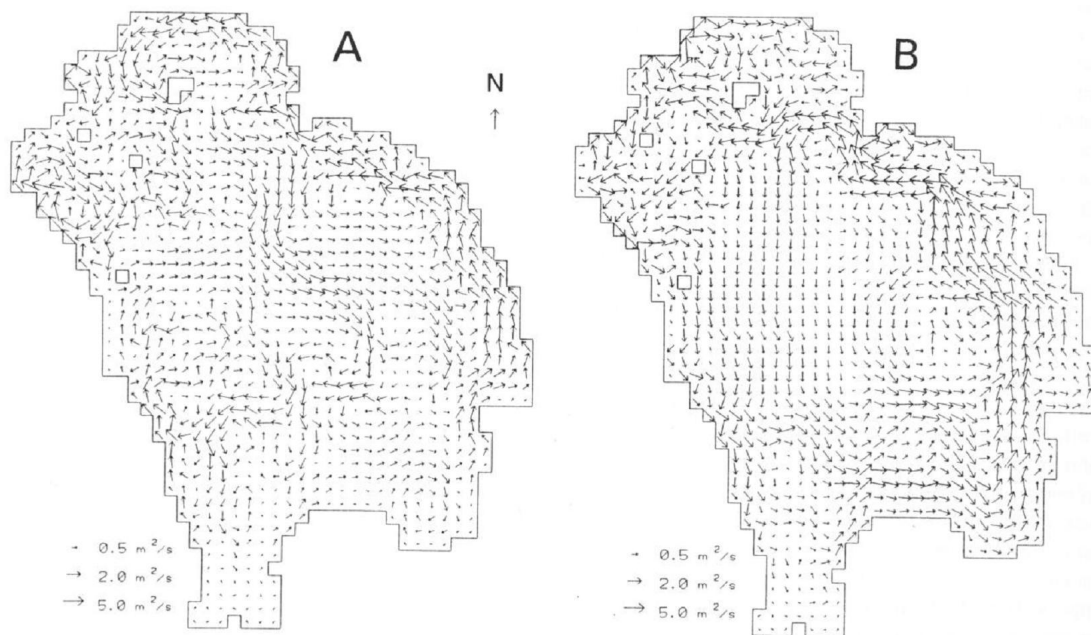


Рис. 2.1.2 Схема полных потоков в Ладожском озере при южном (А) и западном (В) ветрах — модельные расчеты Белецкого (Beletsky, 1996). [1]

2.2 Особенности термического и гидрохимического режима

При описании термического режима крупных озер обычно оперируют среднегодовым ходом температуры воды (Bennet, 1978; Тихомиров, 1982; Бояринов, Петров, 1991). Ход температуры поверхности воды и водной массы позволяют определить средние характеристики периодов нагревания и охлаждения озер, соотношение температур для этих периодов. Отклонения от среднего годового хода характеризуют термические особенности того или

инного года в многолетнем цикле. Начальными данными для выявления этих характеристик используются значения температуры воды и метеорологические параметры, которые находятся в базе данных Ладожского озера. Больше 300 тысяч данных по температуре воды и прочих характеристик за период с 1897 по 2010 гг. составляет объем этой базы. Информационная плотность базы данных Ладожского озера превысила 250 измерений на кубический километр водной массы (рис.2.2.1).

Скользящее вычисление декадных статистических характеристик, таких, как среднее, дисперсия, мода, медиана и т. п., позволили построить изменение по времени и глубинам средней температуры воды и ее дисперсии для выделенных лимнических районов, проанализировать временной ход основных статистических характеристик на 12 горизонтах (0, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 80, 150 и 180 м) с середины мая по середину ноября (Ладожское ..., 2002).

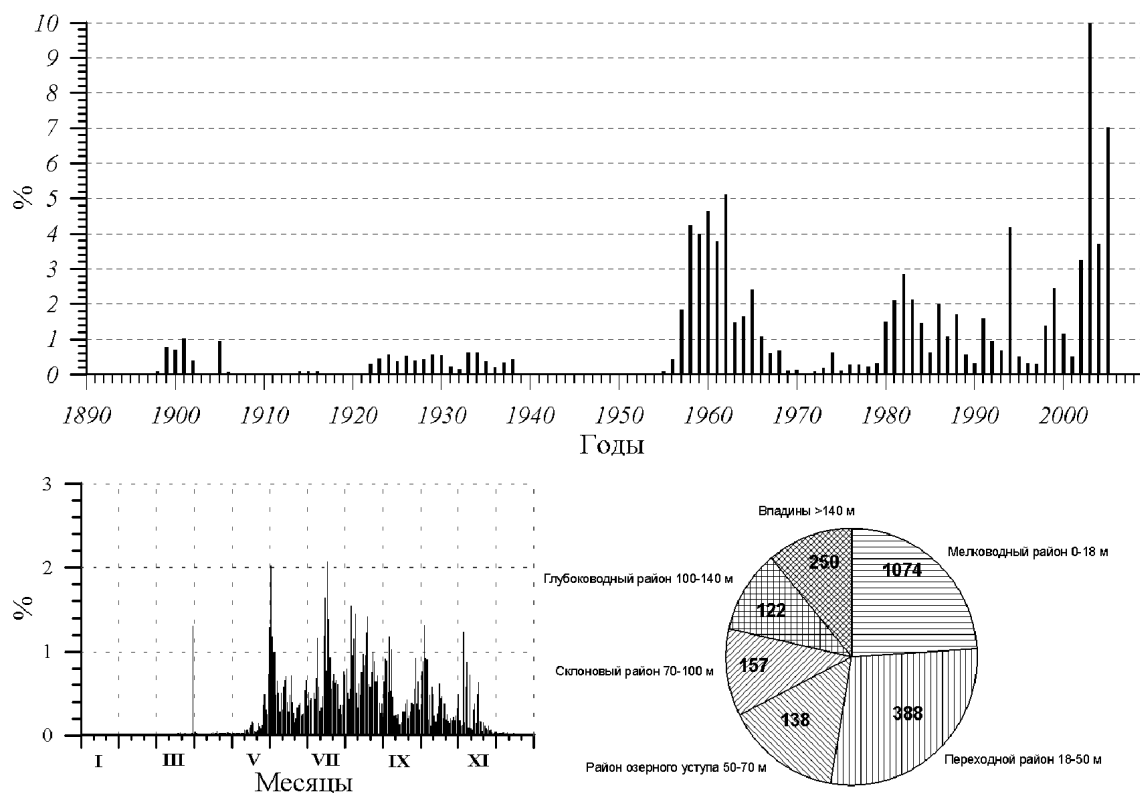


Рис. 2.2.1 Характеристика исходных данных, представленных в БД Ладожского озера [1]

Димиктическое Ладожское озеро после вскрытия ото льда (апрель-май) начинают интенсивно нагреваться. Прогрев начинается еще подо льдом, однако основной рост температуры воды происходит в безледный период в связи с увеличивающимся суммарным потоком тепла через поверхность (Тихомиров, 1982). На рис. 2.2.2 показаны кривые хода среднемесячной температуры речных притоков T_i (1) (Веселова, 1968), среднедекадных температуры воздуха T_a (2), температуры поверхности T_s (3), а также всей водной массы Ладожского озера T_m (4).

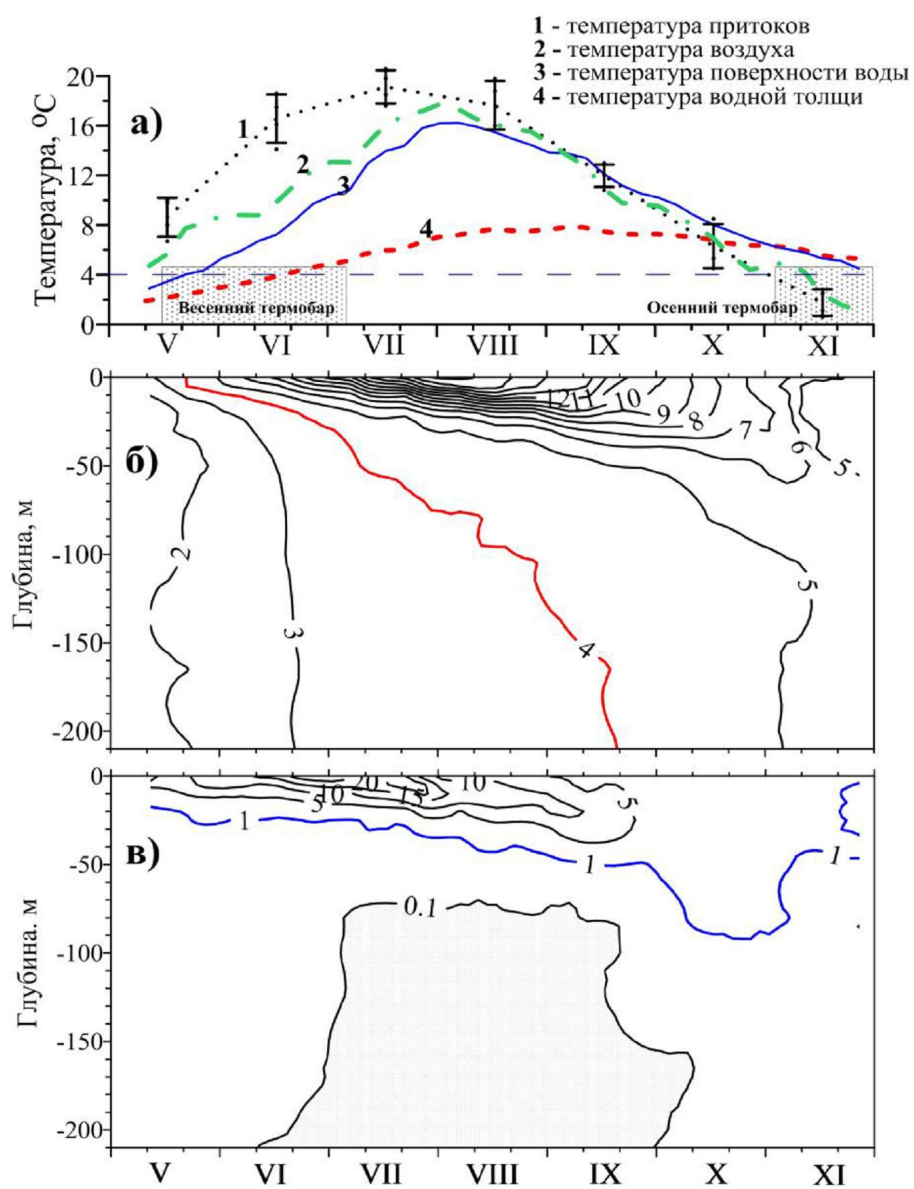


Рис. 2.2.2 Среднее декадное распределение температуры поверхности воды, речных притоков, воздуха и водной толщи (а), дисперсии температуры воды (б), теплосодержания водной массы (в) Ладожского озера для периода открытой воды. [1]

Теплосодержание водной массы озера является важнейшей характеристикой взаимодействия поверхности озера с атмосферой, определяет способность озера накапливать тепло, представляется необходимым показателем при исследовании климатических изменений

(Науменко, Гузиватый, 2010). Годовой ход теплосодержания Ладожского озера непосредственно связан с взаимодействием различных климатических и гидрологических факторов в период нагревания и охлаждения озера. На рисунке 2.2.3 показан годовой ход теплосодержания водной массы Ладожского озера для среднегодовых условий.

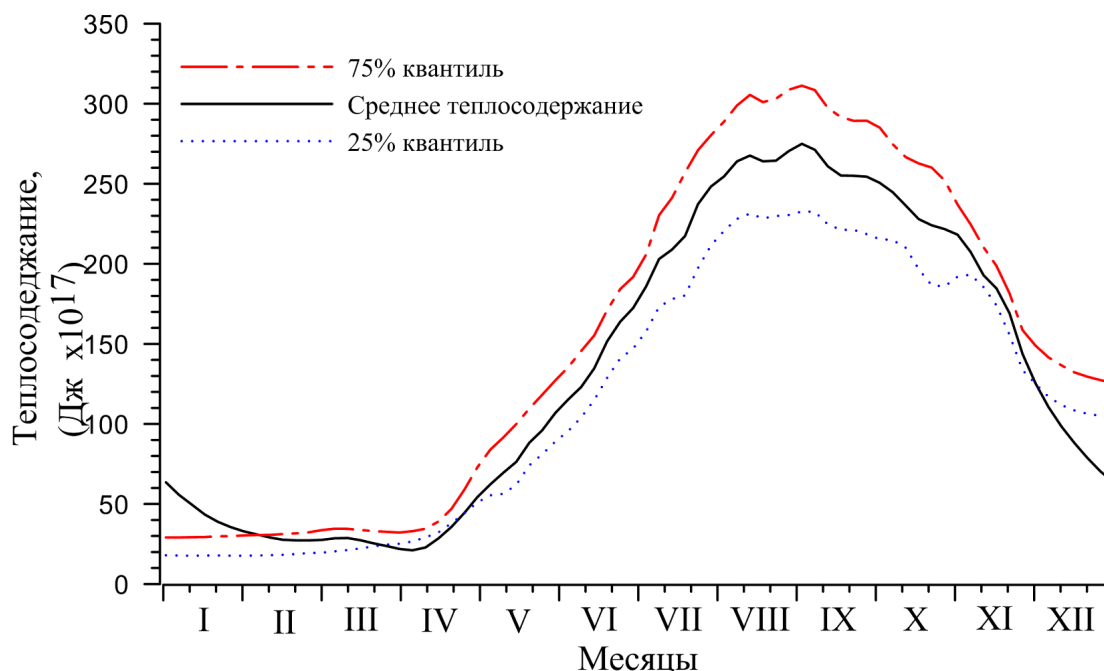


Рис. 4.4.3. Годовой ход теплосодержания для всего Ладожского озера. [1]

Примерно 200 из 365 дней усредненная температура всей воды Ладожского озера составляет меньше 4°C, а 165 дней температура доходит до 7,8°C. Минимальную температуру (+0,6 °C), так же как и наименьшее теплосодержание (21*10¹⁷ Дж), водная масса озера имеет в первую декаду апреля. Разность между самым меньшим и высоким теплосодержанием за год составляет примерно 255*10¹⁷ Дж. Продолжительность существования фронтальной зоны весной и осенью примерно одинакова и составляет около двух месяцев. Эти периоды тонированы на рис. 4.4.2, а. Пик температуры поверхности воды Ладожского озера обычно приходится на август. После

этого происходит постепенное охлаждение озера. Из-за увеличения влияния волно-ветровой деятельности в процессе охлаждения поверхность воды всецело охвачена конвенцией.

На различных уровнях глубины средняя температуры воды Ладожского озера закономерно меняется ежемесячно (рис. 4.4.4, 4.4.5). Величины дисперсии температуры воды и периоды их наибольших значений указывают на возможное климатическое (межгодовое) влияние изменения прихода тепла на поверхность озера и его проникновение вглубь водной массы, различие в датах достижения той или иной температуры. Таким образом, для глубоководных димиктических озер существуют периоды времени, в течение которых не проявляется межгодовая изменчивость в полях температуры, а лишь временные интервалы этих периодов могут варьировать. Эти периоды связаны с периодами, когда проникновение тепла на глубины более 50 м ограничено сверху значительным вертикальным градиентом температуры (слоем скачка). [4]

Сезонная термическая структура лимнических районов Ладожского озера свидетельствует о значительной пространственной неоднородности вод озера. На рис. 4.4.4 показан годовой ход температуры воды Ладожского озера для шести лимнических районов с различными глубинами. Вертикальные градиенты температуры и плотности воды имеют максимальные значения у поверхности после окончания режима свободной конвекции (достижения температуры 4 °C). Со временем с июля по ноябрь они заглубляются и уменьшаются по величине.

В период нагревания возрастает влияние пространственной неоднородности подстилающей озерной поверхности на атмосферные процессы в приводном слое. Для периода стратификации существует временное запаздывание между максимальными значениями температуры поверхности лимнических районов, причем максимумы отличаются своими

значениями. Лимнические районы отличаются друг от друга сезонными амплитудами придонных температур: они наибольшие в прибрежной зоне и уменьшаются с увеличением глубины зоны, становясь постоянными, начиная с зоны озерного уступа.

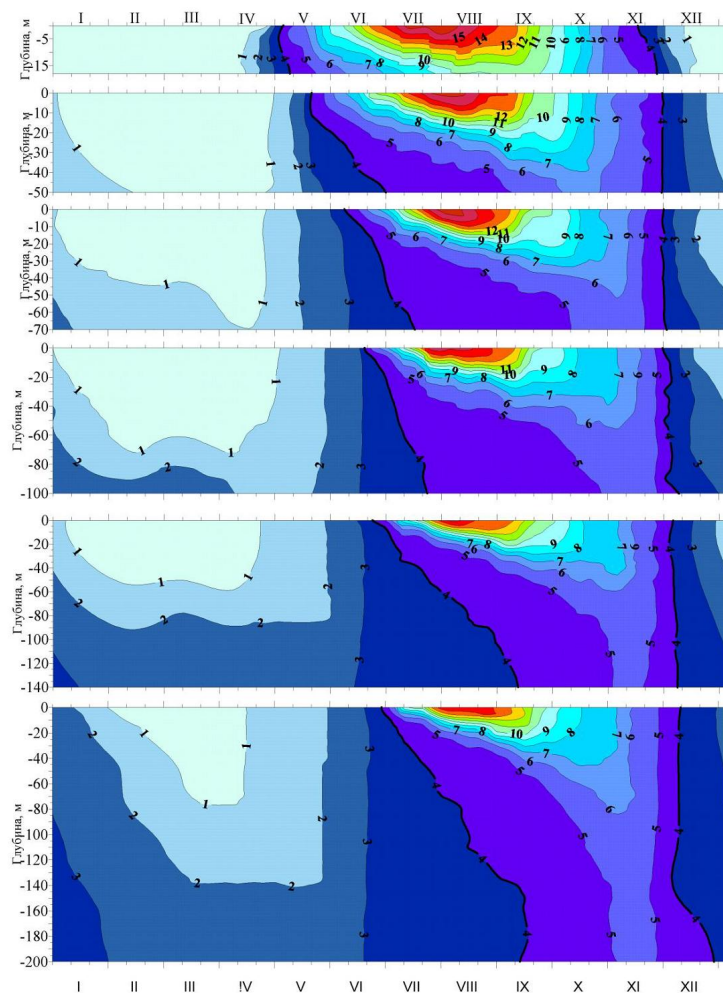


Рис. 4.4.4. Годовой цикл температуры воды для шести лимнических районов Ладожского озера. [1]

Присутствует пространственно-временная неоднородность полей температуры на различных глубинах во время открытой воды. Это обуславливается тем, что дисперсии воды и воздуха меняются по глубине и

от месяца к месяцу. Когда наступает устойчивая стратификация во всех районах озера сезонная изменчивость дисперсий температуры воды соответствует эволюции слоя температурного скачка и описывает уровень интенсивности волн. На рис. 445 представлены статистики характеристик на начало середину всех месяцев влажности воздуха, температуры воздуха и поверхностной температуры воды, на глубине 20 и 50 метров по всему озеру. Размах изменения температуры воздуха по поверхности озера равен 7-10°C и уменьшается к осени до 4-6°C. (Науменко, Каретников, 2002). Волховская губа самой первой достигает максимума температуры поверхности воды примерно 20°C. В южном не глубоком районе после 15х чисел июля начинает снижаться температура, при этом северный район с большей глубиной нагревается до 10х чисел августа, но не доходя до максимума температуры южной части озера. [7]

В начале осени становятся практически одинаковыми температуры поверхности воды и воздуха по всей поверхности озера. Это обуславливает возникающую нейтральную стратификацию приповерхностного слоя воздуха. С сентября по ноябрь начинается время максимального теплосодержания всего озера, при этом, поверхность продолжает охлаждаться.

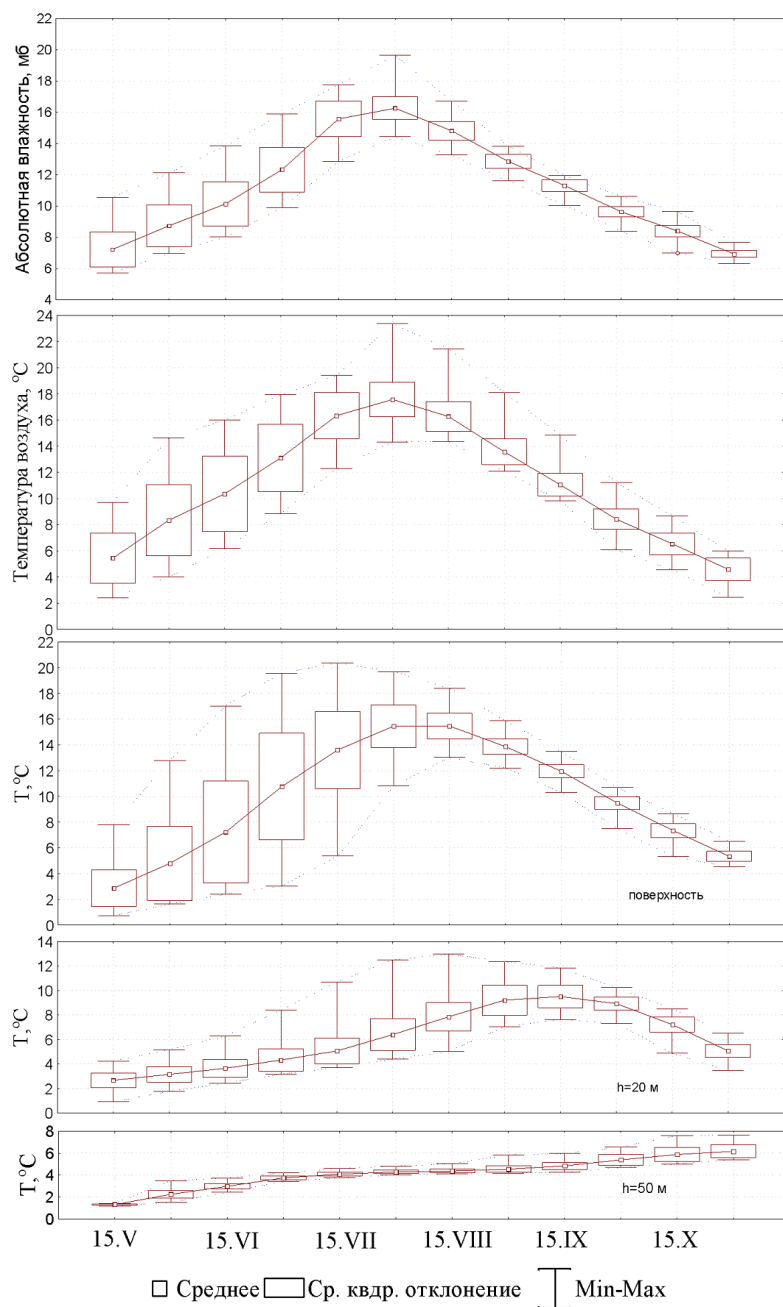


Рис. 4.4.5. Статистические характеристики пространственного распределения влажности и температуры воздуха, температуры воды на 0, 20 и 50 м в Ладожском озере. [1]

3 Современное состояние экосистемы Ладожского озера.

3.1 Экологическая характеристика

3.1.1 Современное состояние экологии вод

Анализ пространственной и временной изменчивости гидрохимических показателей позволяет оценить потенциал природных ресурсов озера, его трофическое состояние, выявить районы высокого экологического риска. Имеющиеся данные показывают, что еще в начале 60-х годов XX века антропогенное воздействие не ставило под угрозу функционирование Ладожского озера. Следовательно, в качестве «экологической нормы», состояния, близкого к природе, в качестве отправной точки можно принять его экологическое состояние, характерное для того периода существования экосистемы, и соответствующие значения гидрохимических показателей.

Воды Ладожского озера имеют низкую минерализацию. Природные факторы вносят основную массу ионов. Воды рек, которые имеют сложное строение, и водосборы которых образованы кристаллическими породами Балтийского щита, перекрытые четвертичными отложениями, имеют небольшую минерализацию: река Свирь, река Бурная и ее северное русло, р. Вуокса, а также реки северного, северо-восточного и восточного побережья: Янис, Уксун, Тулема, Видлица, Тулокса, Олонка. Увеличение минерализации характерно для рек, бассейны которых состоят из осадочных пород (Волхов, Паша, Оять, Сясь, Авлога), которые являются реками юго-восточного и южного побережья. Антропогенный фактор способствует минерализации южных рек, поскольку этот район более развит в социально-экономическом отношении. Можно выделить относительно небольшую реку Аволгу, где увеличение минерализации наблюдалось в 1,5-2,0 раза в 2005 году по сравнению с 1960 годом. В ней увеличилось содержание ионов SO_4^{4-} (в 2 раза) и Cl (в 6 раз). Причина объясняется сбросом в реку хозяйственно-бытовых

сточных вод в больших количествах. Сравнение минерализации и ионного состава воды реки в 1959–1961 гг. и в 2005-2006 гг. указывает на повышение концентрации сульфатных и хлоридных ионов, а также ионов натрия, что связано с поступлением сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий (повышение содержания SO_4^{2-}) и хозяйственно-бытовых сточных вод (рост содержания Cl^- и Na^+).

Речной сток является первостепенным фактором формирования химического состава воды. Нынешняя минерализация Ладожского озера (63-68 мг/л) довольно близка к усредненной минерализации воды трех главных притоков озера — рек Свирь, Бурная и Волхов. Увеличенная степень хозяйственной деятельности на территории водосбора привел к увеличению процентного содержания ионов Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} и Cl^- , относительно 1960 г.

Водородный показатель вод большинства притоков озера, в основном, находится в интервале значений, характерных для нейтральных вод (6,5–7,5), что связано прежде всего с природными особенностями речных водосборов. Усиление фотосинтетической активности фитопланктона происходит вследствие повышения концентрации биогенных веществ в притоках из-за хозяйственной деятельности, что является причиной роста значений pH. Это довольно характерно для всех притоков Ладожского озера.

Из-за высокой антропогенной нагрузки на водосборы, в конце XX начале XXI вв, сильно изменились амплитуды колебаний pH в водах рек восточного и северо-восточного побережий (реки Тулемайоки, Тулокса, Олонка, Оять, Паша), а также рек юго-восточного и юго-западного побережий (Лава, Назия, Морье и Авлога). [1]

Содержание биогенных элементов, главнейшими из которых являются фосфор и азот, определяет биологическую продуктивность водоема. Уровень хозяйственного развития региона оказывает значительное влияние на режим биогенных элементов в озере, поскольку избыточное поступление их в

водоем ведет к эвтрофированию и связанно му с этим ухудшению качества воды. Волы ладожского озера бедны соединениями фосфора по той причине, что слагающие водосбор породы содержат малое их количество. Но хозяйственная деятельность привела к увеличению содержания фосфора в реках. Антропогенное воздействие привело к увеличению уровня фосфора в Ладожском озере к концу 70-х гг. в 2,5 раза по сравнению с началом 1960-х гг. Это явилось катализатором перехода озера из олиготрофного состояния в мезотрофное и развитию процесса антропогенного эвтрофирования.

Так же последствием антропогенного эвтрофирования может быть снижение концентрации минерального растворенного кремния в воде озера. Его содержание в водах не зависит от хозяйственного влияния на территории, а зависит от ландшафтных условий водосбора. Вынос растворенного кремния в озеро остался на уровне с 1960-х гг., при этом его концентрация в озере снизилась практически вдвое. Активность минерализации органического вещества в озере возросла благодаря массовому развитию водных грибов, способных к более глубокой трансформации наиболее консервативных его компонентов. Прижизненные выделения водорослей и других гидробионтов создавали значительный объединенный резерв органического вещества, не только легко минерализуемого, но и обладающего набором ферментов, способных воздействовать на биохимические процессы в озере. Эти факторы определили значимые межгодовые изменения содержания общего органического вещества в воде озера. [5]

Общее содержание металлов, формы их существования в водной системе и особенно оценка доли свободных и связанных форм металлов позволяют оценить их реакционную способность, доступность и токсичность для водных организмов. Основным источником металлов в воде озера являются притоки, при этом наибольшую роль в поступлении металлов в

озеро играют главные реки бассейна (Волхов, Свирь, Вуокса), которые поставляют Fe — 75%, Al — 86%, Mn — 83%, Cu — 82%, Pb — 86 % от общего речного поступления. Разные доли металлов в озере определяются ландшафтными особенностями их миграции, разной водностью лет, и различным антропогенным воздействием на водосборный бассейн.

Водосборы Волхова и Сяси подвержены интенсивной хозяйственной деятельности и поэтому в воде этих двух рек самые высокие среднегодовые концентрации Al и Cu. Среди рек выделяются повышенным содержанием Fe и Mn Паша и Оять. В химическом составе воды Ладожского озера преобладающим в количественном отношении среди металлов является железо (до 182 мкг л⁻¹), в меньших концентрациях присутствуют алюминий (до 84 мкг л⁻¹) и марганец (20,1 мкг л⁻¹) (по данным 2008 г). Наличие этих элементов обширно варьируется по акватории озера. Часто в прибрежной зоне присутствует повышенный уровень содержания металлов, это обуславливается поступлением южных притоков и, в частности, Волхова. Поэтому участки, примыкающие к устью Волхова, имеют концентрации металлов, зачастую превышающих нормативы. Фенолы и нефтепродукты значатся приоритетными загрязняющими веществами. Большая часть фенолов в Ладожском озере имеет вторичное происхождение. Фенольные соединения образуются в процессе жизнедеятельности гидробионтов, а также при микробиологической деструкции органического вещества. В верхних слоях некоторых участков озера повышенное содержание фенолов может быть обусловлено как антропогенным воздействием, так и в результате изменения органического вещества различного происхождения.

Высокая скорость размножения и эффективность роста водных микроорганизмов предполагают, что продуцирование бактериальной биомассы представляет собой важное связующее звено между детритом,

растворенным органическим веществом и более высокими трофическими уровнями в экосистеме водоемов (Pomeroy, 1974; Cole et al., 1988). [1]

Бактериопланктон играет основную роль в минерализации органического вещества в пелагических системах (Кузнецов, 1970; Wetzel, 1982; Cole et al., 1988). Некоторые микробиологические показатели (например, количество сапрофитных бактерий, процентное отношение количества сапрофитных бактерий к общему количеству бактерий, численность бактерий различных физиологических групп) могут также быть эффективны для оценки загрязнения водоемов как органическим веществом в целом (муниципальные стоки, сельскохозяйственные стоки), так и его отдельными группами (фенолы, нефть, целлюлоза и т. д.). В основном, для оценивания качества воды берется процентное соотношение количества бактерий, растущих на рыбопептонном агаре (РПА) и общее количество бактерий (N). В большей массе изученных водоемов соотношение количества сапрофитов и общее количество бактерий варьируется от 0,003 до 3. И в зависимости от значения этого числа можно разместить их в несколько групп: «особо чистые», «чистые», «грязные», «особо грязные».

Считается, что:

- 1) в особо чистых водах это соотношение составляет 0,003 и менее;
- 2) в чистых водах — 0,003–0,3;
- 3) в грязных водах — 0,3–3;
- 4) в особо грязных — 3 и более (Романенко, 1979; Копылов, Косолапов, 2007). [3]

3.1.2 Состояние биологического сообщества

Планктонные сообщества (фитопланктон, зоопланктон) и бентос.

Фитопланктон

Изучение фитопланктона Ладожского озера впервые было проведено в начале 20-го века. Е.Н. Балахонцев (1911) в связи с проблемой переноса водозаборной станции для питьевой воды Санкт-Петербурга от Невы к заливу Петрокрепости. Большую заинтересованность имеют наблюдения за годовой динамикой фитопланктона залива. Его общий тип с «пиком» диатомовых водорослей (*Aulacoseira islandica*) сохранился до наших дней. Для основной площади озера тип сезонной динамики фитопланктона изменился. Вместо летней депрессии в своем развитии наблюдается ее годовой максимум (Летанская, 2002).

Количественные показатели развития водорослей невозможно оценить из-за разницы в используемых методах. Основываясь на анализе фитопланктонного состояния озера и других крупных европейских водоемов, Е.Н. Балахонцев пришел к выводу, что Ладожское озеро в то время было самым чистым водоемом, и его вода отвечала всем санитарным требованиям того времени. Такая ситуация сохранялась до 70-х годов. В прошлом веке к тому времени антропогенная нагрузка в водохранилище и, следовательно, концентрация соединений фосфора в воде (антропогенная эвтрофикация ..., 1982, современное состояние ..., 1987; Ладожское озеро: государственные критерии ..., 1992), что привело к изменению массового видового комплекса (особенно летнего фитопланктона) и уровня их функциональных параметров. В то же время количество найденных видов водорослей (214 таксонов с более низким рангом, чем у рода) практически не изменилось (Петрова, 1990), а основная доля численности видов в основных систематических разрезах (*Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Cyanophyta*) в настоящее время стабильна (таблица 6.3.1). Увеличение плотности видовых популяций этих участков водорослей (особенно сине-зеленых летом) и уровня первичной продукции (Петрова, 1987, Петрова и др., 1992) свидетельствуют о переходе предыдущего олиготрофного состояния в экосистему

мезотрофный. Последний этап исследований фитопланктона с 1992 по 2009 год относится к периоду снижения антропогенной нагрузки в водоеме и, как следствие, к снижению концентраций соединений фосфора в воде (Raspletin, Sousareva, 2002). За период с 1992 по 2009 год было обнаружено 257 таксонов водорослей с рангом ниже рода в планктоне. [1]

Как и прежде, наиболее разнообразными являются зеленый, диатомовые и зеленовато-голубой (таблица 6.3.1). Анализ существующих списков водорослей в Ладожском озере показал, что 90% всех видов редки и случайны. Наличие или отсутствие их в данный период исследований не является показателем изменения окружающей среды. Основное ядро фитопланктона, в состав которого входит около 50 видов, не менялось в течение всего периода исследования состава видов фитопланктона. Основной приоритет в изменяющейся среде водохранилища принадлежит массовым видам, которые являются доминирующими (и составляют от 20 до 100% от общей биомассы) и субдоминантами (от 5 до 20%, соответственно). Согласно результатам мониторинга фитопланктона с 1992 по 2009 год, в сообществе произошли драматические изменения летом. В дополнение к массовому развитию сине-зеленых криптофиты становятся их доминантными, что, по сути, является одной из ведущих групп в современном фитопланктоне с середины июня до середины сентября. Обилие криптоноад резко возросло в середине 1980-х годов (Ежегодник ... 1987, 1988). Присутствие представителей рода *Cryptomonas* в фитопланктоне озера также было отмечено Е.Н. Балахонцев (1909), но повышение роли этих водорослей в сообществе, вероятно, было постепенным. Столь сильный рост популяции этих организмов за последние 20 лет свидетельствует об изменениях условий окружающей среды. В течение этих лет, помимо снижения концентрации фосфора в воде, наблюдается более глубокая трансформация растворенного органического вещества водного гуминового комплекса. По своему составу

биогенные элементы и органические соединения с низкой молекулярной массой (Коркишко и др., 2000) выделяются в форме, доступной для поглощения некоторыми водорослями, в частности криптомонадой. Согласно наблюдениям на озере Меларен (Willen, 1987), количество криптомонад увеличивается в процессе истощения резервуара. Процветание этих организмов способствует их пониманию минеральных форм биоогенных элементов и способности получать вещества и энергию благодаря миксотрофному типу питания и мобильности (Klaveness, 1991). Основные природные факторы, сформировавшие экосистему Ладожского озера, можно разделить на две группы. Первая группа из них очень устойчива на протяжении всего исследования водохранилища. Это, прежде всего, высокая широтная позиция пласта (следовательно, довольно суровый температурный режим), обширная территория. Комплексная морфометрия озерного бассейна. Выраженный градиент глубин между северными частями глубинных и южных вод водохранилища и более медленный водообмен определяют характеристики гидрофизического режима озера и характер пространственно-временного распределения фитопланктона. Вторая группа факторов нестабильна. Это связано с межгодовыми колебаниями климатических факторов, особенно с колебаниями стока из бассейна. Последнее обстоятельство очень важно, поскольку оно определяет поток питательных веществ в озеро и, следовательно, состояние всей его экосистемы. Концентрации химических ингредиентов и особенно фосфора в озерной воде изменились в ходе наблюдений за состоянием их экосистемы. До 2000 года наблюдалось четкое снижение концентрации фосфора в озерной воде, что было связано со снижением антропогенной нагрузки в водоеме (Лозовик, Расплетина, 1999) и в начале водной фазы. Низкий уровень воды общего увлажнения территории (Догановский, 1997). В последнее десятилетие фазы низкого уровня воды, максимум которой

наступил в 2005-2006 гг., Наблюдается дополнительное снижение концентрации фосфора в озерной воде. Однако адекватного ответа фитопланктона пока не наблюдалось. Анализ результатов проведен в 2001-2009 гг. Изучение фитопланктона в основные периоды вегетации (весна, лето, осень) позволяет оценить современное состояние этого сообщества. Время начала основных фаз вегетационного периода в акватории озера неодинаково, так как оно связано с различными скоростями потепления и охлаждения водоемов мелкой и глубокой части юга и отдельных частей центральная и северная часть озера. , Для сравнения видовой структуры биомассы фитопланктона в основные периоды вегетации мы проанализировали результаты станций продольного разреза водохранилища, которые адекватно отражают состояние фитопланктона в основных районах озера Весна. Пространственная неоднородность распределения водорослей Ладожского озера особенно выражена весной, когда озеро разделено термобаром в области за его пределами (с более высокими температурами воды) и перед ним (с температурами). нижняя вода). Существование термального бара длится с мая до середины июля, с небольшими изменениями в одну или другую сторону в зависимости от климатических условий года, и является наиболее важным фактором окружающей среды для всей биоты озера. На рис. 3.1.2.1. представлены результаты наблюдений за фитопланктоном в начале и конце мая. [7]

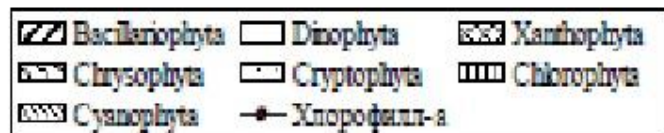
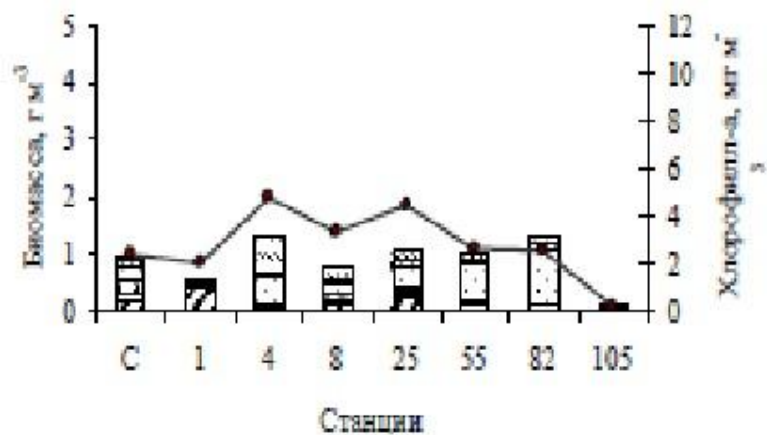
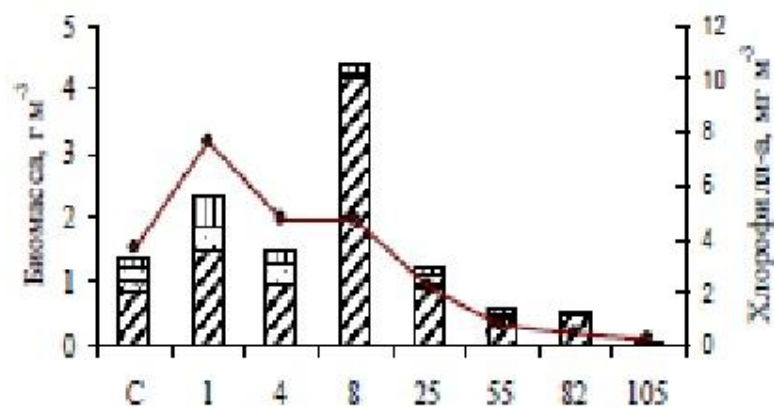
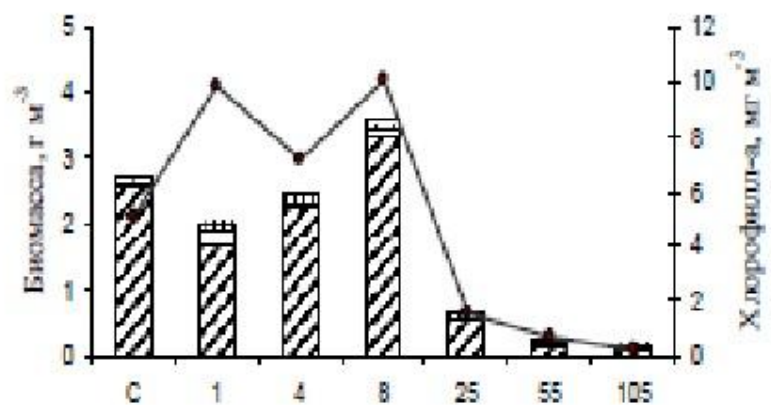


Рис. 3.1.2.1. Биомасса фитопланктона, концентрация хлорофилла в разные фазы весеннего периода. а — 3–6 мая 2007 г., б — 28–31 мая 2008 г., в — 25–9 июня 2009 г. [1]

В начале месяца активная растительность водорослей наблюдается только на мелководье, где температура воды колебалась между 5 и 8 ° С. В диапазоне этих температур и активной турбулентности воды в сообществе диатомовые водоросли с Основными видами *Aulacoseira islandica* (O. Mull.) Sim являются абсолютными доминантами. При дальнейшем нагревании водной массы озера граница термобара перемещается в область больших глубин, и в сообществе вместе с диатомовыми водорослями увеличивается вклад в биомассу криптофитических водорослей (*Cryptomonas*). *Erosa* Ehr., Cr. Sp. ; *Rhodomonas lacustris* Pasch. Et Ruttn.). В течение мая в глубоководной части озера фитопланктон крайне беден и представлен отдельными диатомовыми клетками (*Aulacoseira islandica*, *A. distans* (Ehr.) Sim., *A. italica* (Ehr.) Sim., *A. subarctica* (O. Mull.) Haworth). Значения биомассы и концентрации хлорофилла между областями, разделенными термическим стержнем, отличаются на порядок. Максимальные значения биомассы достигают 2,4-4,8 г м⁻³ и 7,6-18,6 мг м⁻³ для хлорофилла в мелководной зоне и соответствуют слабым эвтрофным условиям. На участках средней и большой глубины до термобара количественные показатели фитопланктона не превышают 0,2 г м⁻³ для биомассы и 1,5 мг м⁻³ для хлорофилла, что характерно для вод этой зоны как олиготрофный. [4]

Зоопланктон

Зоопланктонные исследования притоков Ладожского озера начались только в 2012 году. На сегодняшний день объем собранной информации не позволяет серьезно ее обобщить. Первые исследования самого зоопланктона Ладожского озера относятся к началу 20-го века. (Скориков, 1911). Характеристика зоопланктона в южной части озера в 1920-х годах была

передана Соколовой (1930). Этот же автор впоследствии представил свою первую количественную оценку (Соколова, 1956). Подробный список видового состава сообщества был опубликован в конце 1960-х годов. (Денгина, Соколова, 1968). Серия работ по зоопланктону Ладожского озера была проведена Смирновой (1982, 1982а, 1986, 1986а), ГосНИОРХ (Сергеева, 1988, Огородникова, 1995, Лаврентьева и др., 1997), опубликовала серию материалов. В 1990-х годах исследователи из Института озерных наук проводили исследования зоопланктона, некоторые из них вместе с финскими коллегами (Андроникова, 1993, Андроникова, 1996, Андроникова, Авинский, 1994, Авинский и др., 2000; Karjalainen et al., 1996, 1999; Rahkola et al., 1998, 1999; Rasporov et al., 1996). Статус зоопланктона в последнее десятилетие прошлого века, сравнение уровней развития сообщества в определенных частях водохранилища и долгосрочной динамики зоопланктона предлагает Авинский (Avinsky, 2002, 2006). Ладожское озеро является крупнейшим в Европе, а один из крупнейших водоемов в мире - самый северный. Последнее определяет характеристики его радиационного и теплового режима. Сложная морфометрия озера вызывает образование областей, контрастирующих с температурой, что, в свою очередь, определяет пространственную и временную неоднородность процессов лимна (Драбкова, 2002). В этом разделе при анализе изменчивости характеристик зоопланктона пространственное разделение Ладожского озера использовалось в областях с равномерными нижними уклонами, предполагая, что для каждой из этих областей скорости нагрева и охлаждения, степень смещения толща воды и темпы развития биологических сообществ имеют только присущие им значения (Науменко, 1995). Это мелкая территория (диапазон глубины от 0 до 18 м), переходная зона (диапазон глубины от 18 до 50 м), зона откоса озера (диапазон глубины от 50 до 70 м), площадь склона (диапазон глубины от 70 до 100 м), глубоководная зона (диапазон глубины от 100 до 140 м) и

впадины, которые отделены друг от друга и, занимая минимальные площади, концентрируют в себе вдвое больше воды чем в области мелкой воды. В составе весеннего зоопланктона обнаружено 66 видов, из которых: Rotifera - 27, Cladocera - 25, Calanoida - 5, Cyclopoida - 8. Наименьшее количество видов (35) зарегистрировано в начале мая, в конце мая и начале июля количество найденных видов практически одинаково (46 и 48 соответственно). Ранней весной в зоопланктоне Ладожского озера преобладают науплии циклопиды и кальяниды, *Notholca acuminata*, *N. audata*, *N. cinetura*, *Limnocalanus macrurus*, *Cyclops strenuus*. В начале мая основание зоопланктона по численности и биомассе состоит из веслоногих моллюсков, структура которых до 96% определяется науплиями (рис.6.5.1). И только в Волховской губе и на юго-западе от мелководной зоны коловратки составляют от 17 до 40% от общего количества зоопланктона. Ранней весной низкие температуры воды и слабо развитый фито- и бактериопланктон определяют слабое развитие зоопланктона. Количество зоопланктона варьируется от 1000 экземпляров. более 5,8 тыс. экземпляров. м³ и биомассы от 9,3 мг м³ до 89,5 мг м³. Максимальный нагрев воды и наибольшая биомасса зоопланктона зафиксированы в бухте Волхов. Горизонтальное распределение зоопланктона неравномерно и не зависит от теплового режима (рис. 6.5.2). С этого момента на рисунках используются следующие обозначения: I — мелководный район; II — переходный район; III — район озерного уступа; IV — глубоководный район; V — впадины.

Можно сделать вывод, что в формировании качественного состава и в количественном развитии весеннего зоопланктона основная роль принадлежит копеподам и коловраткам. В начале мая распределение зоопланктона в озере неоднородно, а продуктивность его низкая. В конце мая в мелководной и переходной зонах основным фактором, определяющим структурную перестройку и повышение продуктивности зоопланктона,

является температура. Неоднородность в горизонтальном распределении зоопланктона, вероятно, связана с влиянием нагона, ветра и течения. В эпилимнионе области откоса озера, глубоководной области и впадин до конца июня продуктивность зоопланктона остается низкой. Согласно выводам И.И. Николаев, изучавший зоопланктон Онежского озера (Николаев, 1972), и В.А. Авинский (Avinsky, 2002). Вертикальное распределение зоопланктона в крупных озерах соответствует термической стратификации толщи воды. Распределение Ладожского зоопланктона подтверждает это. В Ладоге температура поверхностного слоя колеблется от 14,2 до 22,5 ° С, термоклин находится на глубинах от 10 до 17,5 м, за исключением очень жаркого августа 2010 года, когда слой 0-5 м нагревался до 22 °. С, а температура водяного столба ниже 5 м была равна 8 ° С. Вертикальное распределение зоопланктона показано на рис. 6.5.7.

Эпилимнионный слой (0-10 м) характеризуется максимальной производительностью. Обильно преобладают коловратки, как правило, *Kellicottia longispina*, *Conochilus hippocrepis*, *Polyarthra dolichoptera*, *Notholca caudata*, коловратки рода *Synchaeta*. В биомассе основная роль принадлежит *Eubosmina longispina*, мелким циклопам, термоциклам, оитоноидам или крупным хищникам: *Bythotrephes longimanus*, *Leptodora kindti*. Распространенность в эпилимнии в последнее десятилетие великого коловратка *Asplanchna priodonta* в последние годы была не столь выраженной. Только в августе 2009 г. их вклад в биомассу составил 64%. В 2007-2009 гг. Диапазон количественных показателей был незначительным и составил 22,5-34,1 тыс. Экз. м³³ в изобилии и 217,5-338,2 мг м³³ по биомассе. В 2010 году из-за сильного нагрева воды здесь были зарегистрированы максимальные значения численности (121,1 тыс. Проб м³) и биомассы (701,9 мг м³). Слой металимния (10-25 м) характеризуется значительно более низкими значениями численности (1,6-3,4 тыс. Экз. М³) и биомассы (17,6-

201,9 мг м³) зоопланктона. Исключение составил 2009 год, когда биомасса в слое эпилимния (217 мг м³) и металимнионе (201,9 мг м³) практически совпадала. Здесь часто преобладают коловратки (до 75%), *E. longispina* (до 52%). В формировании биомассы главную роль играет *E. longispina* (до 61%), которая, как отмечалось выше, Avinsky(2002), характеристика этого слоя. В слое гипolimниона зоопланктон представлен исключительно копеподами *Cyclops lacustris* и *Limnocalanus macrurus*, биомасса которых благодаря с воим крупным размерам значительна.

Бентос

Первые данные о фауне дна Ладожского озера относятся к 1819 году, когда Ламарк (Lamarck, 1819) опубликовал описание *Anodonta sulcata* Lam. Из этого резервуара. В работах Герда (1946), Иоффе (1948) и Стальмакова (1968) подробно описана история изучения бентоса до середины 20-го века. Многолетние исследования макробентоса, проводимые в Институте озерных наук, охватывают 5 десятилетий. Большое количество статей посвящено изучению донной популяции озера, список которой фигурирует в работах Барбашова и Слепухина (2002). Для характеристики макробентоса использовались результаты мониторинговых наблюдений 1994-2008 гг. Для его обобщения и анализа использовано озонирование территорий по морфометрическим характеристикам в 6 районах лимона (Науменко, 1995).

Подробный список видов зообентоса опубликован в работах предыдущих исследователей. Gerd (1946) перечисляет 403 вида и формы донных беспозвоночных. Стальмаков (1968) насчитывает 385 видов донных организмов, причем 85% от общего числа видов обитает в прибрежной зоне озера. По данным Института наук о озерах, в период исследований с 1994 по 2008 год в макробентосе открытых участков озера на глубинах от 4 до 230 м было обнаружено 118 таксонов бентических беспозвоночных. Наиболее разнообразный видовой состав - Chironomidae (45 видов), Oligochaeta (37) и

Mollusca (15 видов Bivalvia и 2 - Gastropoda). Есть также 4 вида Amphipoda, 3 - Hirudinea, 2 вида Isopoda и Trichoptera, по одному - Hydridae, Mysidacea, Ephemeroptera, Coleoptera и Heleidae. Turbellaria, Mermithidae и Hydracari на не были идентифицированы у вида: эти группы были зарегистрированы индивидуально, и их количественное развитие незначительно. Почечные черви - самая распространенная группа животных. Они населяют озеро на все глубины и типы почв. Появление олигохета составило 99%, хирономида - 87%, амфипод - 79%, моллюсков - 35%. Сравнивая наши материалы с базой данных за период 1976-1984 гг. (Menshutkin et al., 1987) видно, что заболеваемость основных групп и массовых макробентосных видов в целом не изменилась.

Среди олигохет распространены *Lamprodrilus isoporus* Svetlov, *Stylodrilus heringianus* Clap. и *Spirosperma Ferox* Eisen. Хирономиды редко наблюдались на глубинах более 50 м. Наиболее типичными представителями хирономид в центре озера являются *Trissocladius parataticus* (Tchern.) И *Paracladopelma camptolabis* (Kieffer). Наличие реликтовых ракообразных делает Фаунское озеро Ладожским уникальным: *Monoporeia affinis* (Lindstrom), *Pallasiola quadrispinosa* (Sars), *Relictocanthus lacustris* (Sars), *Mysis oculata* var. *relicta* Loven и *Saduria entomon* (L.) (рис. 3.1.2.2.). В прибрежной зоне озера инвазивный байкальский *Gmelinoides flaviatus* Stebb представляет собой массивный вид амфипод, которая проникла в озеро в конце 80-х годов прошлого века (Панов, 1996). [4]

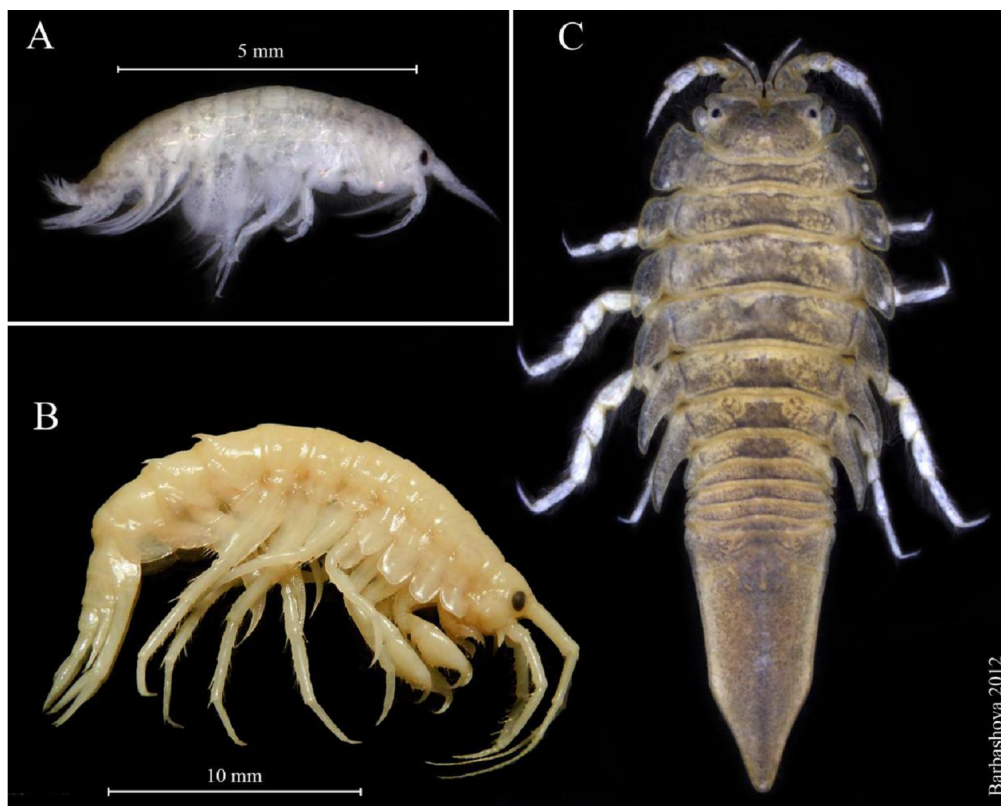


Рис. 3.1.2.2.. Реликтовые ракообразные Ладожского озера (А — *Monoporeia affinis*; В — *Pallasiolaquadrispinosa*; С — *Saduria entomon*). [1]

3.2 Основные источники антропогенной нагрузки на водосбор Ладожского озера.

Основными источниками загрязнения Ладожского озера и водоемов в его бассейне являются промышленные, коммунальные и сельскохозяйственные сточные воды. Очевидно, что для оценки загрузки точечных источников в крупных бассейнах необходим значительный объем исходной информации о производимой продукции, технологических особенностях производства, потреблении воды, технологии очистки сточных вод и т. д. В то же время объем, состав и динамика сброса загрязненных сточных вод определяются технологическими, социально-экономическими и другими факторами, которые не всегда имеют научное объяснение. Трудности возникают при сборе исходных данных и проведении

последующих оценок. В то же время объем, состав и динамика сброса загрязненных сточных вод определяются технологическими, социально-экономическими и другими факторами, которые не всегда имеют научное объяснение. Трудности возникают при сборе исходных данных и проведении последующих оценок. Поэтому при расчете формирования нагрузки в крупных водоемах вклад точечных источников приблизительно описывается на основе официальных статистических отчетов о произведенных сбросах и в соответствии с официальными долгосрочными планами. улучшить сточные воды. Система лечения в рассматриваемых компаниях.

Несанкционированные и нерегулярные загрузки могут быть приняты во внимание только при наличии достоверной информации, что происходит очень редко. В настоящее время основным официальным источником информации о сбросах сточных вод являются статистические формы 2 -ТП Водхоза Министерства природных ресурсов и экологии. Данные, содержащиеся в этих формах, представлены в виде среднегодового значения, что накладывает соответствующие ограничения на схемы проектирования и математические модели, в которых эти данные используются. Не все химические продукты, сбрасываемые в водоемы в бассейне, достигают Ладожского озера. Некоторые из них находятся в руках озер и гидрографической сети. Таким образом, по результатам проведенных расчетов (Кондратьев, 2007) Онега и Ильмень имеют соответственно 76 и 50% фосфора, который в них подается. Сама ладога удерживает до 70% фосфатной нагрузки. Методы расчета удержания питательных веществ и некоторых металлов в водоемах описаны в Kondratiev et al. (2010).

На рис. 2.3.1 и 2.3.2. представлена динамика нагрузки Робщ и Nобщ на водосбор Ладожского озера (по данным форм 2 -ТП Водхоз) с выделением сбросов непосредственно в озеро. Аналогичные графики для нагрузки нефтяными углеводородами и некоторыми металлами приведены на рис. 2.3.3–2.3.6. Данные показывают, что в начале девяностых. В водосборном

бассейне Ладжского озера до 1 тыс. Тонн первого года - 1 было сброшено в водоемы. В то же самое время 30-40 тонн пошли непосредственно в озеро. Последующий распад СССР и экономический кризис в нашей стране привели к резкому падению промышленного и сельскохозяйственного производства.Количество компаний уменьшилось, и нагрузка снизилась соответственно. В начале 21 века. Ситуация в некотором роде стабилизировалась, и в настоящее время точечная нагрузка на водоемы бассейна Ладжского озера составляет примерно 250 тонн в первый ростовой год - 1, из которых 20-30 тонн сбрасывается непосредственно в озеро.озеро, то есть примерно 5% от общей нагрузки фосфора на бассейн.Снижение нагрузки на точечные источники загрязнения является одной из основных причин снижения общей фосфорной нагрузки в Ладжском озере. Аналогичные тенденции характерны и для загрузки других рассматриваемых химических веществ (общий азот, нефтепродукты, марганец, медь, железо). Как отмечалось выше, в настоящее время около 6-7 тысяч тонн нефтепродуктов достигают Ладжского озера, что в 3 раза выше уровня ликвидации 1990-х годов.В то же время официальная государственная статистика по выбросам точечных источников имеет совершенно другую тенденцию к снижению (рис. 2.3.3). Значения, приведенные в Водхозе 2 -ТП, более чем на порядок меньше нагрузки, рассчитанной по наблюдениям в притоках. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что существуют либо официальные и незарегистрированные официальные источники углеводородов нефти, которые поступают в поверхностные воды бассейна, либо что официальные статистические формы не отражают объективную ситуацию выбросов загрязняющих веществ в водоемы.области исследования. [1]

4 Оценка динамики антропогенного воздействия на экосистему Ладожского озера и возможные пути ее снижения.

4.1 Современное состояние и динамика антропогенной нагрузки на экосистему озера.

Экологическое состояние Ладожского озера является основным фактором, влияющим на экономическое развитие и качество жизни нескольких миллионов человек, проживающих на площади 260 тыс. Км². Эта

территория является водосборным бассейном озера и находится на большей части северо-запада России и восточной Финляндии [5].

Поскольку на протяжении многих лет в регионе промышленные, сельскохозяйственные, жилищно-коммунальные предприятия, судоходные, рыболовные и туристические компании не соблюдали природоохранное законодательство, экосистеме Ладожского озера был нанесен значительный ущерб. Наиболее сильное воздействие, вызванное развитием экономической активности в Ладожском бассейне, началось в конце 60-х годов XX века и с начала 70-х до конца 80-х годов. Фактически это стало временем экологической катастрофы. [5].

Состояние экосистемы Ладожского озера можно определить как совокупность характеристик на определенном этапе развития и эксплуатации. Поэтому необходимо выявить характеристики и параметры развития всех основных сообществ водных организмов, а также химические и физико-химические показатели состояния водоема.

Качественные и количественные оценки развития отдельных компонентов озерной экосистемы позволят понять ее экологическое состояние. Однако такие оценки приобретают наибольшее экологическое значение, если они связаны с конкретным ориентиром. Тогда можно прийти к выводу об экологическом состоянии водной экосистемы.

Вообще, при проведении исследований любых пресноводных экосистем, следует различать два подхода к оценке их состояния:

1. подход, основанный на оценке экологического состояния водного объекта по сравнению с экологической «нормой» («здоровьем», «природным состоянием») для данного водного объекта;

2. подход, основанный на оценке качества воды озера, характеризующего ее пригодность для конкретных видов водопользования.

Первый подход, основанный на оценке степени отклонения состояния водоема от «нормального», естественного и действительно уважительного к окружающей среде, был предложен в качестве методологии для биомониторинга озерных экосистем с 1989 года. успешно применяется в оценке состояния Ладожского и Онежского озер на основе анализа мейобентосных сообществ с использованием индексов оригинальных биоиндикаторов [4].

Экологическое состояние водных экосистем по значениям качественных элементов классифицируется по пяти градациям: высокий, хороший, средний, низкий и плохой.

Второй подход к оценке состояния водных экосистем заключается в определении качества воды, которое обычно относится к характеристикам ее состава и свойств, и определении ее пригодности для конкретных видов водопользования (ГОСТ 17.1.1 - 77).

В настоящее время многие экологи утверждают, что Ладожское озеро становится поселком для промышленных, сельскохозяйственных и других стоков. Говоря об источниках загрязнения Ладо ги, следует выделить более 600 промышленных предприятий и 680 агропромышленных комплексов. Ежегодно в бассейн Ладожского озера поступает более 400 млн. м³ загрязненных сточных вод, из которых 167 м³ не очищаются [4].

Ладожское озеро уникально по химическому составу своих вод, так как только 1 литр воды составляет всего 56 мг минеральных солей. Из -за мягкости воды Ладожского озера она приравнивается к дождевой воде.

Экологические проблемы Ладожского озера связаны с природой и условиями природопользования на территориях Ладожского района и Ленинградской области в целом: вспашка поймы, в том числе первых террас рядом с река; нарушения мелиорации поверхностного стока и режима подземных вод; вырубка лесов для охраны вод, а также чрезмерное перекрытие сосновых лесов и уничтожение уникальных лесных массивов.

С каждым годом количество полигонов с токсичными отходами и минеральными удобрениями увеличивается в зонах отдыха, в водотоках и в источниках воды. В бассейне Ладожского озера активно развиваются полезные ископаемые (стеклянные и гранитные пески, гравий, известняк, полевой шпат и т. Д.).

Сброс неочищенных сточных вод ежегодно увеличивается; наблюдается неэффективное отсутствие или функционирование очистных сооружений, а также отсутствие современных навозных отложений; нерациональное размещение промышленных и коммерческих объектов; Хаотический сплав по лесу.

Основными и наиболее опасными источниками загрязнения в Ладожском озере являются целлюлозно-бумажные комбинаты, на которые приходится более 68,3% сточных вод. Кроме того, с точки зрения потребления воды и сброса сточных вод (как загрязненных, так и «нормативно чистых») энергетика занимает первое место (64,4% потребления воды). Тогда надо отметить химическую промышленность и цветную металлургию. Во многих отношениях экологическая ситуация в Ладожском бассейне определяется развитием этих отраслей, а также интенсивностью производственных процессов, темпами реализации природоохранных мероприятий. [6]

В Ладожском озере изучена колонна донных отложений с глубины 72 м в центральной части, которая отражает общее состояние всего озера. Согласно полученным данным, на изменение экосистемы Ладожского озера на современном этапе влияют в основном природные факторы. Антропогенное воздействие сказалось только на содержании свинца. На сильное увеличение концентрации свинца в верхней части разреза с вероятностью до 44% повлияли антропогенные факторы (т. Е. Значения свинца на 44% выше среднего естественного уровня). В то же время на колебания концентраций некоторых других металлов, динамика которых изучалась, аналогичным образом влияли природные и антропогенные

факторы. По результатам расчетов установлено, например, что содержание никеля в донных отложениях дна Ладожского озера в настоящее время не превышает максимального естественного уровня. В то же время расчетный антропогенный уровень выше расчетного природного уровня, то есть в это время как природные, так и антропогенные факторы влияют на динамику содержания никеля в донных отложениях дна Ладожского озера. В то же время количество никеля в промышленный период превышает его значение в доиндустриальный период на 6,7%. Предполагаемая вероятность антропогенного воздействия на содержание никеля составляет 22%. [1]

Заключение

Проведя данные изучения экологических проблем Ладожского озера можно с уверенностью заявить, что данный вопрос требует внимания со стороны органов надзора за соблюдением допустимых выбросов в водные объекты.

Халатность промышленных предприятий и укрывательство фактов выбросов являются главной причиной различных заболеваний среди населения. И пока вопрос об улучшении экологического состояния района не будет поднят и рассмотрен должным образом, улучшения в плане здоровья людей, состоянию водных объектов не предвидится.

Мы пришли к выводу, что большая часть поступлений загрязняющих веществ так или иначе связано с промышленными предприятиями. Помимо прочих профилактических мероприятий по поддержанию состояния промышленных технологий, необходим пересмотр систем оценивания загрязнения окружающей среды.

1. РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК Институт озераедения ЛАДОГА
Санкт-Петербург 2013г.
2. Летанская Галина Иосифовна. Структурно -функциональные
показатели фитопланктона Ладожского озера в современных условиях :
диссертация ... кандидата биологических наук : 03.00.16. - Санкт-
Петербург, 2002.- 160 с.: ил. РГБ ОД, 61 02-3/1058-2
3. Природа России [Электронный ресурс]:
<http://www.priroda.ru/regions/water/detail.php?ID=5974>
4. Центр маркетинговых исследований [Электронный
ресурс]:<http://www.nordl.ru/komiselx.html>
5. Elibrary.ru-Биологическое разнообразие Ладожского озера
[Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19183609>
6. Экология производства [Электронный ресурс]:
<http://www.ecoindustry.ru/didyouknow/view/135.html>