

2.4. Великие озера Европейской части России

В наследие от последнего четвертичного оледенения на территории Российской Федерации остались и такие крупнейшие европейские озера, как Ладожское, Онежское, Чудско-Псковское и Ильмень. Эти озера объединены в две крупные системы – крупнейшую в Европе систему Ладожского озера, а также в систему Псковско-Чудского озера.

2.4.1. Система Ладожского озера

Система Ладожского озера, кроме самого озера, являющегося в ней замыкающим, включает также Онежское оз., оз. Ильмень и, расположенное в пределах Финляндии, оз. Сайма. Система имеет общий водосбор и разгружается по вытекающей из Ладожского озера реке Нева в Финский залив Балтийского моря. Водосборный бассейн включает и четыре вторичных бассейна: частный водосбор Ладож-

ского озера (28.4 тыс. км²), Онежско-Свирский (83.2 тыс. км²), Ильмень-Волховский (80.2 тыс. км²) и Сайма-Вуоксинский (66.7 тыс. км²) (рис. 2.46, табл. 2.10).

Водосбор системы Ладожского озера расположен на границе Балтийского кристаллического щита и Русской плиты. Климат здесь формируется под воздействием западного воздушного переноса. Влияние Атлантики ослабевает в направлении с запада на восток, в этом же направлении нарастает и континентальность климата. Среднегодовая температура воздуха возрастает с севера на юг с 1.1 до 3.0° С, а с запада на восток уменьшается с 3 до 2° С. В пределах водосбора расположены подзоны северной, средней и южной тайги, а также зона смешанных хвойно-широколиственных лесов. Северная граница зоны смешанных лесов проходит южнее г. Пскова и севернее оз. Ильмень.

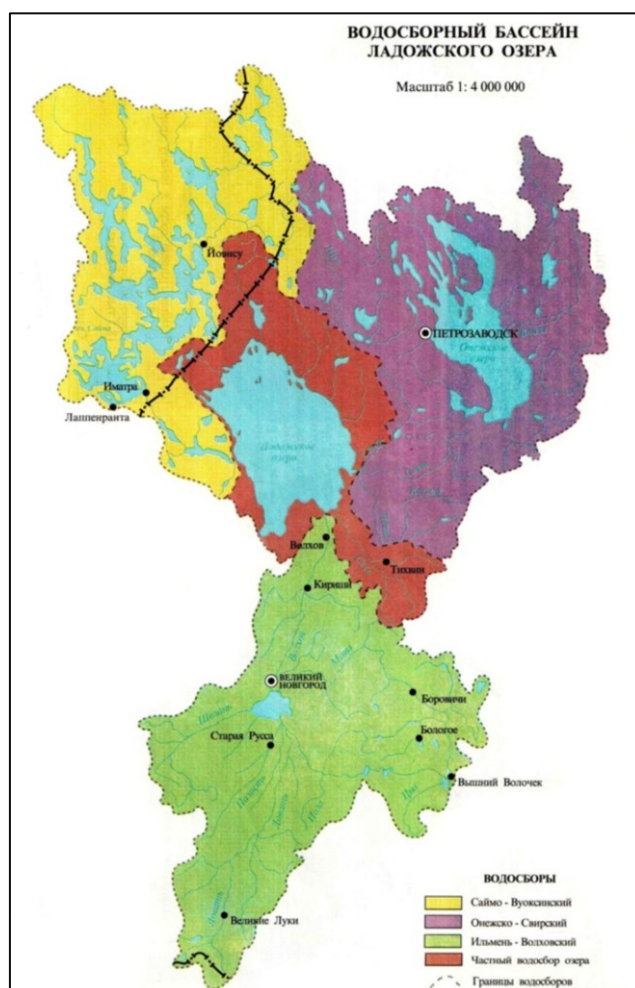


Рисунок 2.46. Схема водосбора Ладожского озера. Источник: Ладожское озеро. 2002

Таблица 2.10. Основные морфометрические показатели озер системы Ладожского озера

Показатели	Ладожское озеро	Онежское озеро	озеро Сайма	озеро Ильмень
Высота над уровнем моря, м	5.1	35	76	20
Площадь зеркала, км ²	17 872	9 720	4 380	1090-1200
Объем водной массы, км ³	838	291.8	61	2.9-3.5
Средняя глубина, м	46.9	30	14	2
Максимальная глубина, м	230	120	85.3	4
Время водообмена, лет	11	12		0.25
Площадь водосбора, км ²	258 600	56 394	61 070	67 200

До начала XIX века все озера системы Ладожского озера сохраняли свое природное состояние. Первые изменения на водосборе были связаны с гидротехническим преобразованием водотоков. Сначала под судоходство было преобразовано русло р. Вытегра, были проведены дноуглубительные работы и построен ряд шлюзов. Затем, постепенно, изменения коснулись всего водосбора, они были связаны с сооружением ГЭС, созданием сезонных водохранилищ, строительством судоходных каналов. В 1952 г. вслед за Нижне-Свирской ГЭС была возведена Верхне-Свирская ГЭС, что вызвало подпор Онежского озера, уровень которого возрос примерно на 1 м. Для обеспечения прохода судов были произведены расчистка и углубление русла на участке ниже Нижне-Свирской ГЭС. Благодаря строительству двух электростанций и работам по формированию судоходного фарватера, р. Свирь оказалась преобразованной на всем своем протяжении (Кудерский и др., 2000). Гидростроительство внесло также значительные изменения в гидрологический режим р. Волхов и оз. Ильмень. Плотина ГЭС, построенная на нижнем течении реки, в настоящее время обеспечивает подпор уровня на 13.5 м. При таких показателях подпор распространяется по всему течению р. Волхов до оз. Ильмень. Гидротехническое строительство затронуло и частный бассейн Ладожского озера. На ряде северных притоков озера, рас-положенных в

Финляндии, построены шесть ГЭС и шесть плотин различного назначения. На территории Карелии построена ГЭС у истока р. Янисйоки. В бассейне рек Олонка, Оять, Паша созданы плотины для малых ГЭС.

Значительное влияние на экологию водной среды в бассейне системы Ладожского озера оказывает хозяйственная деятельность. Территория водосбора характеризуется высоким уровнем экономического развития, здесь проживает более 3.5 млн. человек, из них 2.7 млн. городских жителей. Среди промышленных предприятий преобладают водо- и ресурсоемкие отрасли. Большой удельный вес приходится на целлюлозно-бумажные, деревообрабатывающие, химические, нефтехимические, топливно-энергетические предприятия, машиностроение, энергетику, цветную металлургию, предприятия по разработке нерудных ископаемых. Такие отрасли оказывают наибольшую нагрузку на природно-ресурсный потенциал, так как характеризуются высокой степенью отходов и, следовательно, загрязнений. Показателем антропогенной нагрузки на водоемы может служить общий объем сточных вод, сбрасываемых предприятиями и коммунальным хозяйством. Согласно «Экосистема Онежского озера...» (1990) и «Экологическая обстановка...» (1998), в Онежское озеро поступает в год 137.5 млн. м³ сточных вод, а в Ладожское – 497.7 млн. м³. В тоже время в оз. Сайма, расположенное на

территории Финляндии – 583.0 млн. м³, из которых 443.0 млн. м³ - сточные воды промышленных предприятий (Saimaan alueen..., 1983). Из приведенных данных видно, что наименьшие объемы сточных вод сбрасываются в Онежское озеро, наибольшие - в оз. Сайма. Такое соотношение сохраняется и при рассмотрении удельного показателя (объем сточных вод на 1 км² акватории озера), который в озерах соответственно составлял 15 600 м³/км², 28 100 м³/км² и 99 300 м³/км². Хотя удельная нагрузка сточных вод на акваторию оз. Сайма в 4.7 раза выше, чем в Ладожском озере и в 8.4 раза выше, чем в Онежском, тяжелых экологических последствий в этом озере не наблюдалось (Кудерский и др., 2000). Последнее обусловлено высокой эффективностью работ по очистке сточных вод.

Значительную роль в изменении качества озерной воды системы Ладожского озера играют и сельскохозяйственные стоки. Сельскохозяйственными угодьями занято около 11 % площади водосбора, здесь активно используются минеральные и органические удобрения. Кроме того, крупные животноводческие комплексы, птицефабрики, комплексы по выращиванию и откорму свиней, где очистные сооружения, как правило, не отвечают современным стандартам, также служат источником загрязнения водной среды. Как озера рассматриваемой системы реагируют на антропогенное воздействие, будет рассматриваться для каждого озера отдельно.

Обширность водосборного бассейна в сочетании с избыточным увлажнением этой территории обуславливает формирование значительных объемов поверхностного стока, что усиливает влияние любых антропогенных изменений на водосборе на качество воды озер. Основной объем водного стока (70.5 км³ в год), аккумулируемого в Ладожском озере, формируется на всех вторичных бассейнах – Онежско-Свирском - 20.8 км³, Ильмень-Волховском – 16.9 км³, Сайма-Вуоксинском – 19.3 км³, частном водосборе Ладожского озера -13.5 км³ в год. Удельный вес каждого из этих бассейнов составляет, соответственно, 29.5 %, 24.0 %, 27.4 % и 19.1 %. Таким образом,

поверхностный сток вторичных бассейнов близок по величине.

Значительные изменения, произошедшие в последние столетия на водосборе системы Ладожского озера, не могли в большей или меньшей степени не отразиться на экосистемах ее крупнейших озер, в том числе российских - Ладожского, Онежского и Ильмень, хотя в настоящее время используются различные меры по восстановлению и охране их водных ресурсов.

2.4.1.1 Ладожское озеро

Ладожское озеро находится на северо-западе Российской Федерации, между 59° 54' - 61° 54' с.ш. и 29° 47'-32° 58' в.д. Берега его были заселены человеком с очень давних времен, в древних русских документах оно называлось «Нево». В летописи 1280 г. озеро впервые было названо «Ладога». С давних времен озеро использовалось как часть водного торгового пути. Из-за частых штормовых ветров при Петре I началось строительство канала вдоль берега озера протяженностью 117 км, соединяющего реки Волхов и Нева. В 1861-1866 годах, в связи с обмелением Старо-ладожского канала, был построен Новоладожский канал протяженностью 110 км, который используется до сих пор для движения судов малого водоизмещения.

В настоящее время Ладожское озеро является чрезвычайно важным для российской экономики водным объектом. Это единственный источник питьевой воды для Санкт-Петербурга, крупного промышленного мега-полиса. Водные ресурсы озера используются многими промышленными и сельскохозяйственными предприятиями. На озере ведется рыбный промысел. По акватории озера проходят важные водно-транспортные пути (Беломоро-Балтийский и Волго-Балтийский), плотность судоходных линий - 0.1 км/км².

Ладожское озеро является одним из наиболее изученных озер России, благодаря чему можно представить полную картину не только его возникновения, но и дальнейшей эволюции.

В четвертичное время через Приладожье несколько раз продвигались ледники. Помимо

ледникового выпахивания происходило накопление ледниковых отложений, что создало основные черты современного рельефа озерной котловины. Ледники покинули Ладожскую котловину около 12 тыс. лет назад (История Ладожского, Онежского ..., 1990). В настоящее время котловина озера расположена в районе соединения двух геологических структур. Северная часть Ладожского озера лежит на Балтийском кристаллическом щите, южная – на Русской платформе. Южная граница щита в ближайших к Ладоге районах проходит приблизительно по линии Выборг – Приозерск - исток р. Свири. Древние породы, слагающие Балтийский щит, выходят на дневную поверхность, будучи прикрыты местами лишь тонким слоем рыхлых осадков четвертичного времени. Среди архейских пород главное место в строении щита занимают различные граниты, магматиты, гнейсы, кристаллические сланцы. К югу от Балтийского щита обнажаются в районе Ладожского озера раннекембрийские отложения Русской платформы. Кембрийская толща представлена двумя комплексами: валдайским, состоящим из песчаников и тонкослоистых сланцев, и балтийским, сложенным песчаниками, песками и пластическими синими глинами. Балтийский комплекс имеется только на юго-восточном побережье Ладоги. Толщина покрова рыхлых четвертичных отложений в приладожской части Русской платформы достигает десятков метров.

Различие в геологическом строении разных частей бассейна Ладожского озера отражается и на строении его озерной котловины. Рельеф дна северной части котловины повторяет рельеф прилегающей суши и состоит из глубоководных впадин, чередующихся с более мелководными участками. Преобладают глубины более 100 м. К западу от острова Валаам находится самое глубокое место озера (230 м), в шхерном районе также есть впадины глубиной 150-220 м. В южной части озера дно более ровное, глубины постепенно уменьшаются от 100 м на севере до 10 м и менее на юге (рис. 2.47). Здесь много песчаных и каменных кос и мелей, а также скоплений валунов на дне. Проведенное районирование

глубин Ладожского озера позволило охарактеризовать особенности этих районов: 1 – мелководный район, охватывает прибрежную зону, включающую в себя практически все мели, банки и приостровные мели, это самый большой по площади район (5550 км²), в котором сосредоточено тем не менее только 6 % объема воды озера; 2 – переходный район (18-50 м) с большим уклоном дна по сравнению с первым районом и со значительно большим разгоном ветра, площадь его 4685 км² и здесь сосредоточено около 18 % объема воды озера; 3 – район озерного уступа (50-70 м) имеет практически тот же самый уклон дна, что и мелководный, множество гряд пересекает этот район, площадь его 3797 км², и здесь сосредоточен наибольший объем вод по сравнению с другими районами озера – 27 %; 4 – склоновый район (70-100 м) с увеличивающимся уклоном дна, площадь его 1746 км² и в нем сосредоточено 17 % объема воды; 5 – глубоководный район (100-140 м) с большим уклоном дна, площадью, равной 1521 км², в котором сосредоточено 21 % озерной воды; 6 – впадины (более 140 м), обособлены друг от друга и занимают небольшую площадь 568 км², в них сосредоточено 11 % озерной воды (Науменко, Каретников, 2002). Сложная морфометрия озера обуславливает пространственно-временную неоднородность всех лимнических процессов.

На озере более 600 островов, к самым крупным из них относятся Риеккалансари (55.3 км²), Мантинсари (39.4 км²), Кильпола (32.1 км²), Тулолансари (30.3 км²) и Валаам (27.8 км²).

Северное положение озера определяет особенности его радиационного и термического режима, а также более высокую цветность и несколько меньшую прозрачность воды по сравнению со многими другими великими озерами мира. Климат района формируется под влиянием морского воздуха из Атлантики, континентального из средних широт и поступающего иногда арктического воздуха (рис. 2.48). Весной в первую очередь прогреваются прибрежные районы, на их границе с холодноводной центральной частью озера возникает термический бар, который

постепенно перемещается все дальше от берегов. Разница температур по разные стороны термического бара иногда достигает 20° С. В конце июля - начале августа температура воды

достигает максимальных величин 16-18° С, под слоем температурного скачка расположена холодная 4-градусная вода.

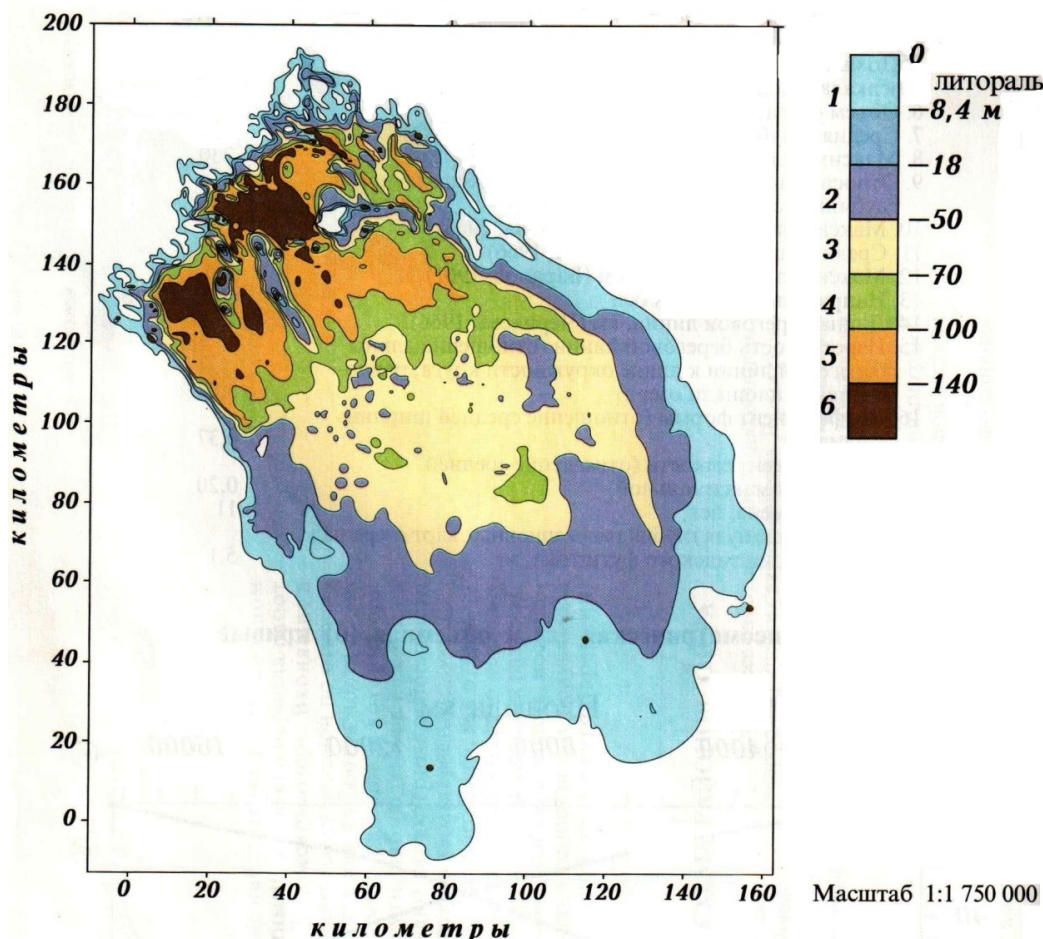


Рисунок 2.47. Карта глубин Ладожского озера. Источник: Науменко, 1995

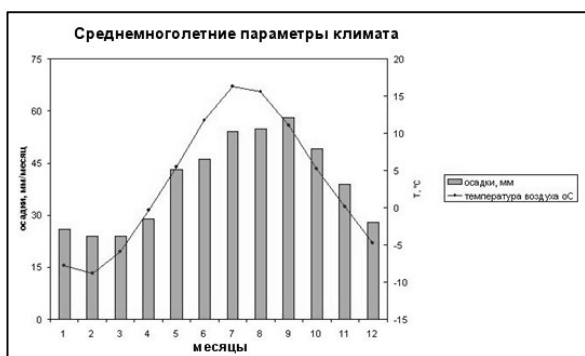


Рисунок 2.48. Среднеголетние параметры температуры воздуха и осадков, ст. о-в Сухо

Озеро димиктическое. Свободный ото льда период составляет 120-130 дней. Озеро полностью покрывается льдом в среднем около 15 февраля, однако раз в 4-5 лет его центральная часть не замерзает, а полностью

очищается ото льда около 6 мая. Средняя годовая амплитуда колебания уровня равна 69 см (крайние значения 21 и 126 см). Изменчивость сумм осадков из года в год довольно велика. При средней многолетней годовой сумме осадков 522 мм один раз в 20 лет осадки могут составлять 680 мм.

Природные условия сформировали экосистему озера с высоким качеством воды. В 1949 г. С.В. Гердом озеро было выделено в группу ультраолиготрофных озер с низкой биологической продуктивностью. Однако интенсивное хозяйственное освоение водосбора оказало негативное воздействие на озерную экосистему. В 1970-е годы началось бурное развитие промышленности и сельского хозяйства, в том числе строительство крупных животновод-

ческих ферм. Многие предприятия строились по старым технологиям, а очистные сооружения не соответствовали экологическим нормам. Все это привело к тому, что в 1976-1983 гг. резко возросла биогенная нагрузка на озеро, в результате чего концентрация общего фосфора увеличилась в среднем по озеру до 27 мкг/л против 10 мкг/л в 1959-1962 гг. (рис. 2.49). Концентрация минерального фосфора за этот период увеличилась с 3 мкг/л до 12 мкг/л. Концентрация общего азота возросла не так заметно – до 660 мкг/л против 450 мкг/л (Расплетина, 1992). Азот и фосфор являются наиболее важными элементами, влияющими на уровень развития биологических сообществ. Если в 1959-1962 гг. соотношение общего азота к общему фосфору составляло 45, то в 1976-1983 гг. оно упало до 24, а в Волховской губе даже до 12, что является четким показателем перехода озера в разряд мезотрофных, а в отдельных прибрежных районах даже эвтрофных (Расплетина, Сусарева, 2002). Немалую роль в увеличении концентрации фосфора в воде озера сыграл перевод Волховского алюминиевого завода на новое сырье – апатито-нефелиновые руды. В этот период средняя концентрация общего фосфора в р. Волхов (одном из основных притоков озера) увеличилась с 46 мкг/л (1959-1962 гг.) до 230 мкг/л и выше. Для озера характерна низкая минерализация воды с превышением концентрации сульфатных ионов над хлоридными. В начале 1960-х годов средняя сумма ионов была около 55 мг/л, а в 1977-1981 гг. она повысилась до 62.9 мг/л.

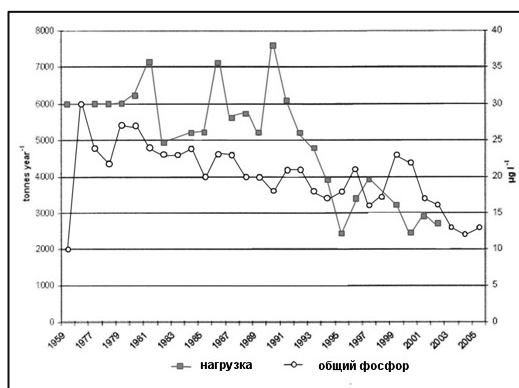


Рисунок 2.49. Фосфорная нагрузка и концентрация общего фосфора в воде Ладожского озера. Источник: Viljanen et al., 2008

Наиболее загрязненными участками озера стали Волховская губа из-за сильного загрязнения вод рек Волхов и Сясь промышленными стоками, Свирская губа, а также отдельные участки шхерного района, приуроченные к городам Питкяранта, Сорга-вала, Лахденпохья, где загрязнение происходило за счет деятельности целлюлозно-бумажных, деревообрабатывающих, пищевых, рыбообрабатывающих предприятий и поступления бытовых сточных вод (рис. 2.50).

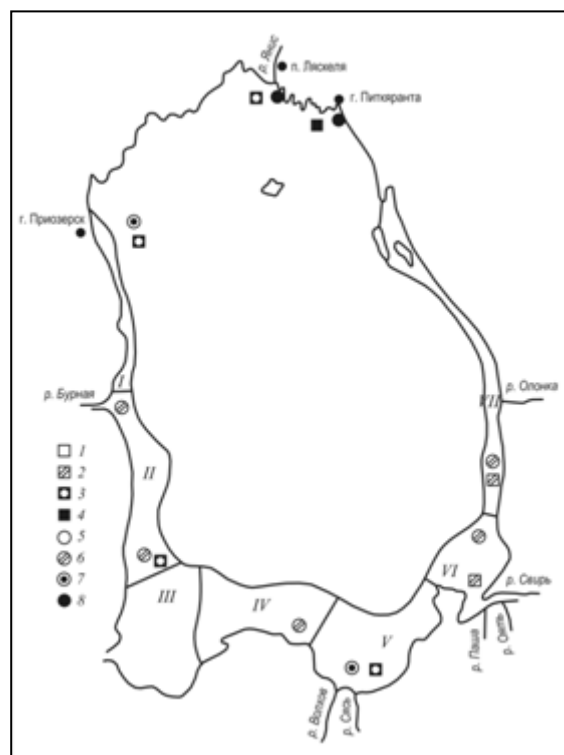


Рисунок 2.50. Уровень загрязнения прибрежных районов Ладожского озера в период максимальной антропогенной нагрузки в середине 1980-х гг. Выделенные зоны: I – северо-западный берег; II – юго-западный берег; III – бухта Петрокрепость; IV – южный берег; V – Волховская губа; VI – Свирская губа; VII – восточный берег. Уровни загрязнения по степени антропогенной нагрузки: 1 – допустимое; 2 – среднее; 3 – сильное; 4 – критическое. Характеристика загрязнения по биологическим показателям: 5 – слабое; 6 – умеренное; 7 – сильное; 8 – критическое. Источник: Гусаков, Петрова, 1990

Вслед за увеличением биогенной нагрузки на озеро возникли значительные изменения в его

экосистеме. Наиболее важные из них: уменьшение концентрации кислорода в профундальной и ультрапрофундальной зонах, а также структурные и физиологические изменения биологических сообществ. В этот период изменился сезонный комплекс водорослей: виды, характерные для олиготрофного озера, пополнились видами эвтрофного водоема. Это особенно четко проявилось для летнего планктона, в котором резко начали преобладать сине-зеленые при большом общем биоразнообразии, а диатомовые почти полностью отсутствовали. Биомасса фитопланктона в этот период составляла 2-3 г/м³, что соответствовало мезотрофному озеру (Пырина, Трифонова, 1979). Изменения коснулись и зоопланктона. Резко сократилась численность крупных форм (в первую очередь *Limnocalanus macrurus*) и увеличилась численность коловраток и мелких ракообразных. Особенно четко это наблюдалось в бухте Петрокрепость и Волховской губе. Средний индивидуальный вес зоопланктона оказался в 4-5 раз меньше, чем был в 1940-х годах (Andronikova, 1996). В то же время средняя биомасса зоопланктона сохранилась в прежних пределах. Что касается макрозообентоса, то в ультрапрофундальной и профундальной зонах озера он не претерпел существенных количественных изменений. Однако в прибрежных районах произошло увеличение биомассы олигохет. Другим существенным изменением состава макрозообентоса явилось почти полное исчезновение амфипод реликтового комплекса, таких как палласея и гаммаракантус. В этот период появились «мертвые зоны», обширные полисапробные зоны, особенно в районе городов Петрокрепость и Питкяранта (Слепухина, 1992). Максимальные концентрации хлорорганических соединений были отмечены в районах впадения рек Волхов, Свирь, Вуокса – до 2-5 мг/л.

Изменения затронули и такой элемент биоты, как рыбное население. В Ладоге резко сократилась численность рыб с длительным циклом (лосось, озерная форель, паляя, озерно-речные и озерные сиги, судак и др.), что было обусловлено несколькими факторами. Значительную роль сыграло нарушение естественного воспроизводства в реках в связи

с гидростроительством, лесосплавом и в озерах из-за загрязнения нерестилищ стоками и сбросами предприятий. В Красную книгу России были внесены балтийский осетр, потерявший промысловое значение из-за гидростроительства на р. Волхов и неограниченного лова в прошлом, и волховский сиг. В составе рыбного населения увеличился удельный вес рыб с коротким жизненным циклом – это корюшка и ряпушка. (Кудерский и др., 1997).

В 1983-1989 гг. наблюдалась некоторая стабилизация состояния озера, что было связано с перепрофилированием Приозерского целлюлозно-бумажного завода в 1987 г. и проведением технологических изменений на Волховском алюминиевом заводе. Концентрация общего фосфора несколько снизилась и в среднем составила 22 мкг/л. В фитопланктоне началось заметное перераспределение ролей доминирующих видов в пользу форм олиготрофных озер (Петрова и др., 1992). Если в 1979-1983 гг. были выявлены наиболее характерные для процесса эвтрофирования представители родов *Microcystis* и *Oscillatoria*, то после 1983 г. снова стал преобладать *Aphanizomenon flos-aquae*.

С 1990 года началось резкое изменение социально-экономической обстановки на территории водосборного бассейна Ладожского озера. В конце 1990-х годов было сброшено сточных вод на 24 % меньше, чем в 1992 г. В эти же годы на 51 % уменьшилось водопотребление за счет сокращения потребностей промышленности, однако на муниципальные нужды оно увеличилось на 10 % (Smirnova, 1999). Наиболее существенные структурные изменения в сельском хозяйстве наблюдались в период 1990-1996 гг. В Ленинградской области площадь пашни сократилась на 6.8 тыс. га, наметилась устойчивая тенденция к сокращению поголовья скота, за рассматриваемый период оно уменьшилось на 50 %. В этот период началось резкое снижение применения всех удобрений и пестицидов. По состоянию на 1996 г. опасность попадания в водоемы биогенных элементов, поступающих в почву с удобрениями, была практически снята. Токсическое загрязнение Ладожского озера также сократилось (Rumyantsev, Drabkova, 1997).

Изменения в промышленности и сельском хозяйстве на водосборе озера отразились, как и следовало ожидать, на внешней нагрузке. Так, поступление фосфора в озеро с водой рек в 1976-1982 гг. составляло 6-7 тыс. т/год, а в 1992-2005 гг. оно снизилось до 2.5 тыс. т/год. Одновременно с сокращением фосфорной нагрузки на озеро отмечается уменьшение содержания общего фосфора в воде озера. В 2003-2004 годах отмечались минимальные концентрации общего фосфора – 13 мкг/л (рис. 2.49). Концентрация общего азота практически не изменялась. Однако благодаря снижению общего фосфора, отношение общего азота к общему фосфору возросло до 34-36 в 1990-х годах, что характерно для мезотрофных озер, а в 2003-2005 гг. до 40-42, что уже характерно для слабomezотрофных озер.

Современное состояние гидробиологических сообществ озера остается довольно стабильным, несмотря на четкий тренд снижения антропогенной нагрузки. Количественные характеристики фитопланктона (биомасса 1.1-1.8 г/м³, хлорофилл «а» - 4.8-8.5 мг/м³) характеризуют озеро как мезотрофное и находятся на том же уровне, что и в 1970-х годах (Летанская, 2003). Что касается видового состава фитопланктона, то в настоящее время он близок к тому, что было получено в начале XX века, однако численность доминирующих видов изменилась. В настоящее время по биомассе доминируют сине-зеленые и криптозоиды, которые составляют 62-85 % от общей численности.

Высшая водная растительность в озере представлена 108 видами. Ведущую роль в зарастании играет тростник обыкновенный. Растения с плавающими листьями занимают небольшую площадь, а на значительной части литорали распространены группировки погруженного рдеста пронзеннолистного. Общая площадь зарослей близка к 13.43 тыс. га (4.8 % площади литорали).

Численность и биомасса зоопланктона в верхнем слое воды 0-10 м соответствует слабomezотрофному уровню трофии при олиготрофном характере гипolimниона. В настоящее время из-за уменьшения численности кала-

ноидов количественные показатели зоопланктона в слое 0-10 м по сравнению с 1970-ми годами несколько уменьшились: биомасса от 930-1171 до 600 мг/м³, численность от 89.8-66.9 тыс. экз./м³ до 53.3 тыс. экз./м³. Сопоставление данных по зоопланктону за 30-летний период (1970-е – начало 2000-ных лет) показало, что биомасса зоопланктона в слое воды 0-70 м остается низкой и стабильной на протяжении всего этого периода (Andronikova, 1996, Авинский, 2002).

Несмотря на снижение антропогенного воздействия и уменьшение концентрации фосфора в воде озера, стабильность количественного развития биологических сообществ можно объяснить инертностью внутренних озерных процессов, ввиду огромных размеров и пространственной неоднородности озера.

В настоящее время в центральной части озера экологическая ситуация складывается вполне благоприятная, однако сложившиеся в 1970-е годы прибрежные загрязняемые зоны сохраняются до сих пор. Общая площадь этих зон составляет 460 км² или 2.6 % акватории озера (Зозуля и др., 1990). В районе сброса сточных вод Сясьского ЦБК в Волховской губе отмечаются «мертвые зоны». На неблагоприятную ситуацию в отдельных заливах озера указывают и данные по биотестированию. В районе г. Питкяранта, Сортавальских шхер, Якимварском заливе и в устье р. Сясь пробы воды обладают острой токсичностью, здесь гибель дафний в течение 96 часов достигала 50-60 %.

То, что озеро все еще продолжает испытывать антропогенное воздействие, подтверждают данные по прозрачности воды (по диску Секки). В 1900-1960 гг. максимальная прозрачность воды достигала 6.0-6.5 м, в последние же годы лишь в отдельных районах максимальная прозрачность составляла 5.5 м, а в Волховском заливе -1.9 м. Среднеголетние величины прозрачности воды, охватывающие всю акваторию озера, имеют хорошо выраженный тренд снижения этих величин (Nauhenko, 2008). Продолжает возрастать, хотя и не так заметно, как в середине прошлого века, общая минерализация воды. В среднем за период 1991-1998 гг. она составила 63.7 мг/л

против 62.9 мг/л в среднем за 1977-1981 гг. (Расплетина и др., 2002).

Ладожское озеро располагает крупными рыбными запасами. Однако, несмотря на общее улучшение экологического состояния озера, после 1991 г. в нем наблюдается значительное сокращение общих уловов рыбы. Так, в 1996-2000 гг. средний улов рыбы составлял 2.6 тыс. тонн, тогда как в 1986-1990 гг. - 6.1 тыс. тонн (Кудерский и др., 2000). Однако пока неясно, в какой мере это снижение вылова связано с колебаниями запасов промысловых рыб, и в какой с таким явлением, как неполное отражение фактически полученных уловов в статистической отчетности.

Таким образом, к концу XX века в Ладожском озере произошли крупные экологические преобразования. Для решения непростых природоохранных проблем, накопившихся в озере и его бассейне, необходимо создание правовой базы по охране и восстановлению озерной экосистемы. Существующие общероссийские законы о природоохранной деятельности носят слишком общий характер и не отражают специфику озерных процессов и проблем, сложившихся в Ладожском озере. Разработка экологических мер, ограничивающих антропогенное воздействие на озеро, позволит улучшить среду обитания, комфортность и здоровье населения, проживающего в бассейне озера. Это особенно важно, поскольку озеро используется в качестве источника питьевой воды, и в первую очередь населением многомиллионного г. Санкт-Петербурга.

2.4.1.2 Онежское озеро

Онежское озеро является вторым по площади зеркала (после Ладожского) водоемом Европы (табл. 2.10). Оно расположено в пределах 60° 55' - 62° 55' с.ш. и 34° 14' - 36° 30' в.д. Административно его акватория принадлежит трем субъектам Российской Федерации – Республике Карелии (86.1 %), Вологодской области (12.3 %) и Ленинградской области (1.6 %).

Онежское озеро издавна имеет многоплановое хозяйственное использование: промышленное, рыбохозяйственное, энергетическое, как источ-

ник водоснабжения и приемник сточных, ливневых и дренажных вод, рекреационное и т.д. Онежское озеро является важным водно-транспортным узлом, связывающим бассейны Белого, Балтийского, Каспийского, Азовского и Черного морей. Плотность судоходных линий – 0.2 км/км², выше, чем в Ладожском озере. Русла рек Повенчанка и Вытегра обустроены в каналы (Беломоро-Балтийский и Волго- Балт).

Котловина Онежского озера – доледниковая тектоническая впадина, расположенная в краевой части Балтийского щита, на стыке с Русской плитой. Она представляет собой сочетание двух блоков земной коры, имеющих разную геологическую историю. Формирование северной части котловины происходило в условиях преобладающих поднятий, южной – на фоне преобладающих погружений. Эти противонаправленные тектонические движения наблюдаются и в настоящее время. Северная часть котловины сложена кристаллическими породами (граниты, гнейсы). К югу от Петрозаводска эти породы сменяются кварцевыми и слюдистыми песчаниками, песчано-глинистыми сланцами и конгломератами. Береговая линия северной части чрезвычайно изрезана, имеет большое количество островов и многочисленные фьорды. Северный бассейн окружен холмами и скалами. Здесь формы рельефа сориентированы с северо-запада на юго-восток, следуя направлению движения ледника в гляциальный период. Береговая линия южного бассейна менее изрезана, побережье низменное и часто покрыто болотом. В половодье берега заливаются. Различия в геологическом строении котловины и водосбора Онежского озера отражаются на морфометрии и химии его вод.

Морфометрия озера крайне сложная (рис. 2.51). Северная часть озера характеризуется ультрасложным рельефом, глубокие впадины (90-100 м) сочетаются с грядовыми возвышенностями, глубины над которыми составляют всего 1-1.5 м. Южная часть имеет сравнительно ровное дно с обширным плато на глубинах 50-60 м. Постепенно глубины уменьшаются к югу. В целом для озера преобладают глубины от 20 до 60 м, на долю которых приходится 57 % площади озера. Наибольшая часть объ-

ема – 85.5 % заключена на участках с глубинами до 40 м. После строительства Верхне-Свирской ГЭС уровень озера поднялся на 30

см по сравнению с естественным. Диапазон ежегодных колебаний уровня -0.65 м.

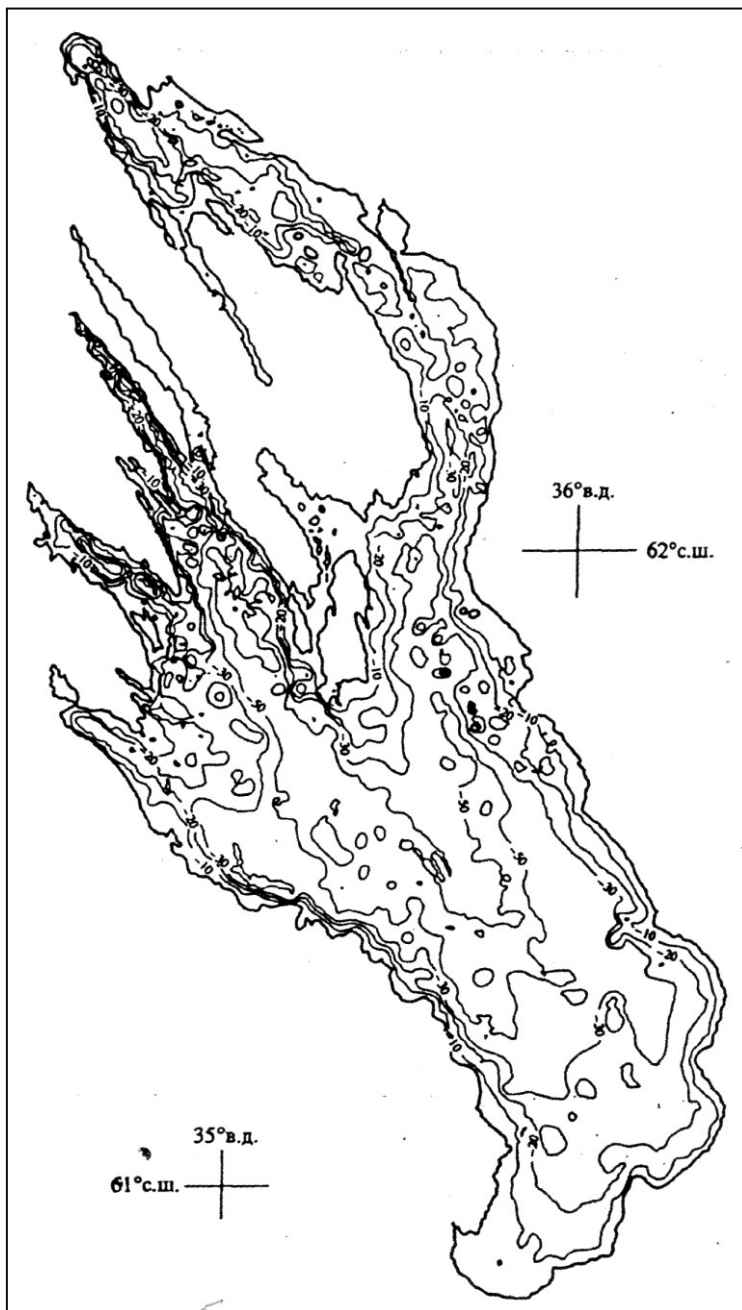


Рисунок 2.51. Распределение глубин Онежского озера. Источник: Науменко, 2000

Общее число островов на озере составляет 1369, из которых наиболее крупными являются Клименецкий, Леликовский, Суйсари. На одном из островов находится всемирно известный ансамбль Кижы.

Водосбор озера расположен в пределах средней тайги, в регионе с прохладным климатом (рис. 2.52). Озеро относится к холодноводным

водоемам со слабым водообменном, составляющим 12.5 лет. Озеро димиктическое (полное перемешивание происходит весной и осенью). В самые теплые месяцы, июнь-август, среднемесячная температура в эпилимнионе составляет от 14.3 до 19.0° С. Профундаль озера заполнена мощным слоем холодного гиполимниона с температурой воды круглый год близкой к 4° С. Перенос тепла по вертикали

осуществляется только за счет ветрового перемешивания, действие которого распространяется обычно до глубины 20-25 м. В силу позднего и неполного по акватории замерзания охлаждение всей массы воды в озере продолжается всю зиму, и в суровые годы температура воды может понизиться до 2-1°С. Период ледостава по многолетним данным продолжается с 18 января по 18 мая. Фронт термобара обычно возникает за 3-5 суток до полного исчезновения льда в озере при переходе температуры воды через 4°С. Термобар делит озеро на две динамические области: стратифицированную и гомотермическую (Тихомиров, 1982). Термический бар в озере исчезает в третьей декаде июня.

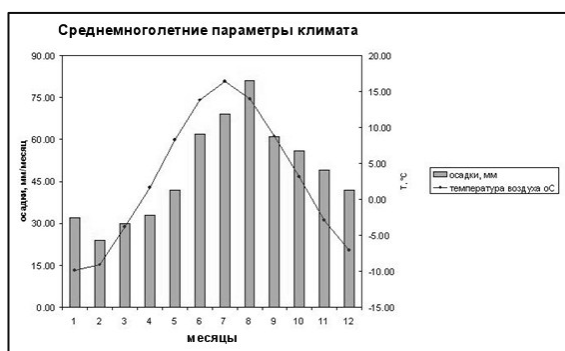


Рисунок 2.52. Среднегодовые параметры температуры воздуха и осадков, ст. Петрозаводск

В Онежское озеро впадает 1152 реки, из которых лишь 52 имеют длину более 10 км. Основные водотоки бассейна – реки Водла, Шуя, Суна, сток которых составляет около 60 % от общего притока в озеро. Ресурсы речного стока в пределах Карелии оценены в 14.1 км³ в средний по водности год (около 80 % от общего стока в озеро) (Литвиненко и др., 1998). Площадь водосбора озера лишь в 5.8 раз больше площади озера. Природные ландшафты составляют 98 % всей площади водосбора, где 71.5 % представлены лесами (ель, береза, сосна, осина) и 19.1 % - болотами. Сельскохозяйственные земли составляют лишь 1 %, а земли населенных пунктов 0.4 %. Население – около 500 тыс. человек.

Онежское озеро по своему химическому составу можно назвать уникальным водоемом, поскольку оно является одним из наименее

минерализованных озер мира, общая минерализация воды в различных его районах составляет 39-46 мг/л. За последние 40-50 лет антропогенное воздействие на экосистему озера интенсивно возросло. Наибольший пресс испытывают северо-западная и северная части озера, где расположены Петрозаводский, Кондопожский и Медвежьегорский промцентры (рис. 2.53) Здесь сосредоточено 80 % населения и более 90 % промышленного потенциала бассейна. Объем техногенных стоков в бассейне Онежского озера составляет около 315 млн м³ в год, из них 46 % приходится на производственно-хозяйственные стоки, 25 % - ливневый сток и 16 % - дренажно – мелиоративные воды. Поступление в озеро биогенных элементов значительно превышает их сток из озера. Современная биогенная нагрузка характеризуется поступлением общего фосфора – 810 т, общего азота – 17.0 тыс. т в год, а из озера с водами р. Свирь выносятся 280 т фосфора и 11 800 т азота, то есть аккумулируется в озере 68 % фосфора и 31 % азота. В отличие от Ладожского озера, в котором из-за интенсивной циркуляции водных масс и менее сложной морфометрии поступающие биогенные элементы распространяются по всей акватории озера, в Онежском озере поступающие с притоками, хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками биогенные элементы в основном аккумулируются в отдельных районах (заливы, губы, прибрежные участки). Это является причиной того, что основная водная масса озера в настоящее время все еще характеризуется невысоким содержанием биогенных элементов и сохраняет свой олиготрофный статус (Сабылина, 1999). В настоящее время кислородный режим открытого Онега сохраняет все черты, свойственные малопродуктивным холодноводным водоемам. Воды здесь слабо окрашены (20-30 град.). Средняя концентрация кислорода составляет 11.0 мг/л (95 % насыщения), что не ниже, чем в 1980-е годы (Пирожкова, 1990). Перманганатная окисляемость воды приблизительно равна 6 мгО/л. Содержание общего фосфора не превышает 10-12 мкг/л, а общего азота -650-720 мкг/л. Прозрачность воды – 3.5-3.7 м по диску Секки.

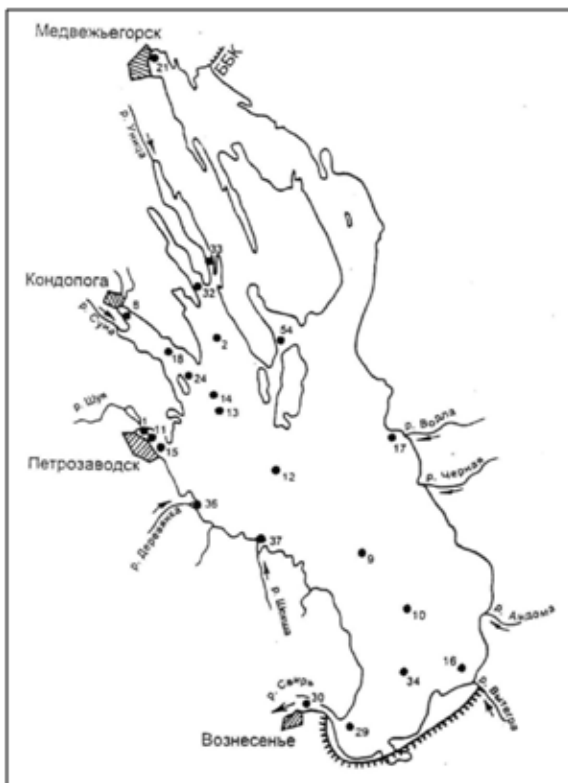


Рисунок 2.53. Источники загрязнения Онежского озера. Источник: Сабылина, 1999

Химический состав воды Кондопожской губы под влиянием сбрасываемых в нее в течение 50 лет сточных вод Кондопожского ЦБК, в том числе 40 лет без очистных сооружений, существенно изменился. Загрязнение воды губы специфическими химическими веществами за последние 10-15 лет уменьшилось, но заметно усилилось эвтрофирование, которое обусловлено резким возрастанием выноса со сточными водами общего фосфора (в 3-6 раз) и азота (в 15-30 раз). На удалении 10 км от места рассеивающего выпуска сточных вод, оголовков которого расположен на глубине 5-7 м, заметна дифференциация потока. В поверхностном слое влияние сточных вод не прослеживается: практически все химические показатели близки к характерным для вод Онежского озера. В то же время с 20-метровой изобаты отмечается увеличение значений всех параметров с максимумом в 30-метровом горизонте, где концентрация лигносульфонатов возросла в 61 раз, содержание общего фосфора в 2-3 раза выше, а насыщение кислородом на 30-40 % ниже, чем в поверхностном и придонном слоях. По многолетним данным, полученным в 1989-

1997 гг., химический состав воды Кондопожской губы характеризуется следующими среднегодовыми показателями: перманганатная окисляемость – 9.2 мг О/л, насыщение воды кислородом – 85 %, содержание общего фосфора – 18 мкг/л, общего азота -750 мкг/л.

Основным источником поступления органических, взвешенных и загрязняющих веществ в Центральное Онего является Петрозаводский промцентр, расположенный на побережье Петрозаводской губы, которая испытывает значительно большую антропогенную и природную нагрузку, чем Кондопожская. По объему сброса сточных вод Петрозаводский и Кондопожский промцентры приблизительно равны, однако со сточными водами в целом в Петрозаводскую губу поступает общего фосфора и азота соответственно в 2.0 и 6.4 раза больше, чем в Кондопожскую. Поскольку Петрозаводская губа выделяется высокой проточностью и открытостью, на нее оказывают благоприятное влияние озерные воды высокого качества. Основные изменения в Петрозаводской губе коснулись биогенных элементов, особенно общего фосфора. Так, в вершинной части губы в 1960-1970 гг. его концентрация составляла 22 мкг/л, в 1988-1996 гг - 31 мкг/л, а во внешней части - соответственно 10 и 15 мкг/л (Сабылина, 1999, Сабылина, Мартынова, 2003).

Воды Центрального, Большого и Малого Онего, Повенецкого залива сохранили до настоящего времени олиготрофный характер и достаточно высокое качество. Развитие эвтрофирования в губах идет быстрее, что подтверждается данными гидробиологических исследований. Фитопланктон Онежского озера, в основе своей представленный типичной северо-альпийской флорой, отличается большим видовым разнообразием, обычным в глубоководных олиготрофных озерах. Руководящим комплексом водорослей являются диатомовые, постоянные доминанты онежских вод. Согласно данным И.Г. Вислянской (1990, 1999) и Н.А. Петровой (1990), весной фитопланктон был представлен в основном *Melosira islandica*, *M.italica*, *M. distans var. alpigena*, *Asterionella formosa*, *Tabellaria fenestrata*. В летний период встречались золотистые -

Dinobryon divergens, *D. bawaricum*, сине-зеленые - *Sphaerocystis Schroeteri*. По сравнению с предыдущим периодом увеличилась роль *Aulacosira islandica subsp. helvetica*, максимальные количественные показатели которой были отмечены в июне 1993 г. в Кондопожской губе, где ее численность в шесть раз превышала ее максимум в более ранние годы. Наименьшая биомасса фитопланктона отмечалась в Большом Онего – 0.80-2.37 (1.3) г/м³. В Кондопожской губе, согласно И.Г. Вислянской (1999), биомасса фитопланктона в 1993 г. составляла 0.54-17.9 (4.4) г/м³, в Петрозаводской губе - 0.19-9.32 (2.3) г/м³. Концентрация хлорофилла «а» и интенсивность первичной продукции указывали на развитие процессов эвтрофирования в губах озера. Концентрация хлорофилла «а» в июне-августе на поверхности в центральных районах озера составляла 1.4-5.8 мг/м³. В то же время в Кондопожской губе на поверхности в 2-х км от выпуска - 16.0 мг/м³. Первичная продукция в открытом районе была около 112 мг С/м² в сутки, а в вершине Кондопожской губы – до 395 мг С/м² в сутки.

Высшая водная растительность озера представлена воздушно-водными растениями – тростник, камыш озерный, хвощ речной; растениями с плавающими листьями – кубышка, горец земноводный; погруженными растениями – рдесты, шелковник. В Кондопожской губе в районе поступления стоков ЦБК исчезают заросли тростника и появляются растения с плавающими листьями, более устойчивые к загрязнению (Клюкина, 1986).

Лимническая неоднородность Онежского озера обеспечивает специфику распределения зоопланктона по его акватории. По видовому составу он довольно однороден, отличаясь большим разнообразием за счет литорального комплекса в губах. Доминирующий комплекс в озере представлен небольшим числом видов, которые составляют основу биомассы сообщества. Максимум биомассы в августе создавали ветвистоусые рачки – самый массовый вид летнего планктона *Daphnia cristata* и *Bosmina obt. lacustris*, из веслоногих рачков - *Eudiaptomus gracilis* и мелкие циклопы *Mesocyclops leuckarti*, *M. oithonoides*, а на

глубоководных участках - *Limnocalanus grimaldii macrurus*. Осенью и весной в сообществе увеличивалась роль коловраток. Биомасса в среднем за вегетационный сезон колебалась в губах от 0.1 до 0.33 г/м³, достигая максимальной величины (1.2 г/м³) в верхней части Кондопожской губы. В глубоководных районах Большого Онего эти величины не превышали 0.05-0.07 г/м³. Летняя биомасса в разные годы в заливе Большое Онего составляла 0.1-0.2, в Петрозаводской губе - 0.3-0.6, а в Кондопожской губе – 1.3-3.5 г/м³ (Куликова, Сярки, 1999).

Современное состояние донных биоценозов сложилось в результате длительного взаимодействия естественных и антропогенных факторов, что обуславливает неравномерное распределение донного населения в озере. Наибольшее их количество сосредоточено в прибрежном мелководье. По мере увеличения глубины количество видов и плотность животных снижается и соответственно упрощается структура ценозов (Полякова, 1999). В профундальной зоне Центрального плеса и Большого Онего макрозообентос представлен традиционно бедным комплексом беспозвоночных. В него входят реликтовые ракообразные (*Pontoporeia affinis*, *Pallasea quadrispinosa*, *Mysis relicta* и крайне редко *Gammaracanthus lacustris*), олигохеты, в небольшом количестве двустворчатые моллюски и хиромиды (*Trissocladius parataticus*, *Paracladopelma camplolabis*, *Lauterbornia coracina*, *Protanypus*). Более 90 % биомассы животных приходится на амфипод и олигохет. Количественные показатели бентоса в этом районе возросли по сравнению с 1977-1979 гг., когда их численность и биомасса не превышали соответственно 0.6 тыс. экз./м² и 1.3 г/м², но уже с 1989-1993 гг. средняя биомасса за сезон не опускалась ниже 3 г/м². Значительно более высокими величинами донное население характеризуется в загрязняемых губах Петрозаводской и Кондопожской. В 1988-1993 гг. донные сообщества Петрозаводской губы выделялись максимальными для озера величинами численности и биомассы, которые в центральной части губы составляли 8.3 тыс. экз./м² и 24.2 г/м², соответственно, в последующие годы

такие высокие показатели не регистрировались. Поступление неочищенных сточных вод ЦБК в Кондопожскую губу привело к покрытию отходами значительных площадей дна. Этот участок на протяжении длительного периода остается «мертвой» зоной для бентоса. На участках, где неблагоприятные воздействия на бионтов несколько ослаблены, создаются условия для массового развития тубифицид, личинок хирономид и прокладиус. В 1995 г. здесь максимальные количественные значения бентоса составляли: биомасса - 14.6 г/м², численность – 11.0 тыс. экз./м².

Изменения экологической ситуации в озере затронули и рыбное населения. Как и в Ладожском озере, резко сократилась численность рыб с длительным жизненным циклом (лосось, озерная форель, паляя, сиги, судак и др.). В составе рыбного населения увеличился удельный вес рыб с коротким жизненным циклом – корюшки и ряпушки. Улов этих рыб сейчас составляет около 80 % общего вылова.

Антропогенное влияние на озеро четко отразилось на составе донных отложений. В илах северной части центрального района озера, Петрозаводской губы, в районе Большого Онего увеличилось содержание органического вещества, фосфора (общего, минерального), азота, произошли изменения в диатомовом комплексе. Донные отложения Кондопожской губы в настоящее время загрязнены практически по всей акватории. Анаэробные процессы, происходящие в толще отложений губы, создают условия для вторичного загрязнения.

Несмотря на высокое качество воды Онежского озера, вызывают тревогу некоторые заливы, подвергающиеся антропогенному воздействию. Контроль за рациональным использованием озера и его охраной осуществляется Комитетом охраны окружающей среды Республики Карелия. Кроме того, на озере ведется мониторинг состояния его экосистемы.

2.4.1.3 Озеро Ильмень

Озеро Ильмень расположено на юго-западе Новгородской области, в центре обширной Приильменской низины с координатами цен-

тра 58° 16' с.ш., 31 ° 17' в.д. Озеро и все Приильменье является уникальной территорией, которую можно назвать колыбелью русского этноса и русской государственности. Почти вся территория Приильменья представляет собой плоскую равнину, находящуюся на абсолютных отметках 20-60 м. Самое низкое положение занимают дно долины р. Волхов и дно самого озера.

Оз. Ильмень имеет ледниковое происхождение. Его котловина представляет собой прогиб в девонских отложениях, более чем на 90 % заполненный осадочными породами. Озеро находится на месте огромного древнего Приильменского водоема, границы которого на северо-западе доходили до современного водораздела рек Волховского и Невского бассейнов.

Современный Ильмень – мелководное озеро с плоским дном, сложенным 9-10-метровой толщей ила (табл. 2.10, рис. 2.54). Размеры и форма озера сильно изменяются вследствие значительных внутригодовых и межгодовых колебаний уровня его вод в условиях плоской низменной поймы. При высоких уровнях все берега озера, кроме северо-западного и юго-западного, затопляются на протяжении 2-15 км (Экосистема озера Ильмень..., 1997). В начале прошлого века Ильмень принимали за разлив рек Ловать, Пола, Мста, Шелонь и лишь в 1990-х гг. было неопровержимо доказано, что Ильмень – озеро (рис. 2.55).

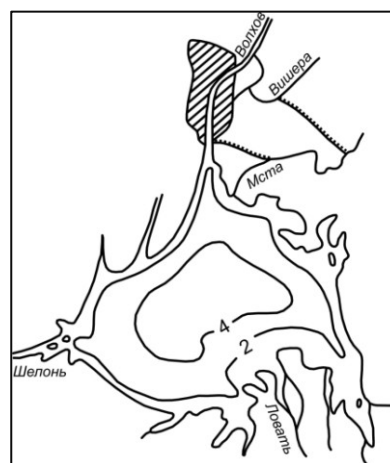


Рисунок 2.54. Карта глубин оз. Ильмень.

Источник: Атлас Новгородская область, 1982

Для бассейна озера наиболее типичны ланд-

шафты поймы. Особенно значительную площадь пойма занимает в северной, восточной и юго-восточной частях побережья. Большие ее участки расположены в дельтах рек Мста и Ловать. Поймы используются как пашни, сенокосы и пастбища. Ни одно озеро в Европе не обладает столь обширной поймой, как Ильмень.

Северная и северо-восточная части водосбора озера относятся к южной тайге, вся остальная часть – это смешанные леса. В среднем леса занимают 40 % всей территории. Нельзя не отметить красные известковые скалы (Ильменский глинт) на юго-западном побережье озера. Ильменский глинт представляет собой уникальное творение природы, создающее полную иллюзию морского берега (Экосистема озера Ильмень ..., 1997).

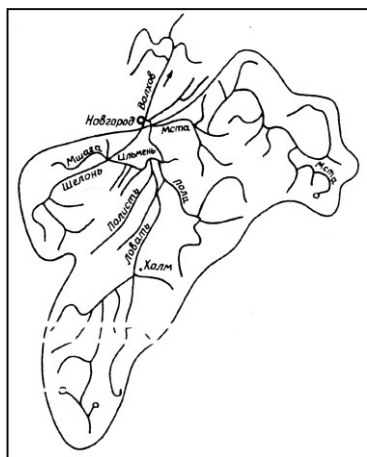


Рисунок 2.55. Схема бассейна оз. Ильмень.

Источник: «Экосистема оз.Ильмень...», 1997

В оз. Ильмень впадают 19 рек длиной более 10 км, самая длинная из которых - р. Ловать. Длина реки от истока до устья составляет 530 км. Кроме р. Ловать с юга в Ильмень впадают реки Пола (268 км длиной) и Полисть. Вместе с Ловатюю они образуют общую обширную дельту, площадью около 400 км². Река Мста длиной 445 км при впадении в озеро также образует обширную дельту, площадь которой 170 км². Недалеко от устья к р. Мста подходят Вишерский канал, соединяющий Мсту и Вишеру и Сиверсов канал, соединяющий Мсту с Волховым. Из рек, впадающих в Ильмень с запада, наиболее крупной является р. Шелонь с хорошо разработанной долиной. Длина ее

составляет 248 км. В устье Шелони развита обширная дельта, в районе которой ширина разлива достигает 3-5 км. В бассейне Шелони часто встречаются минеральные источники. Сток из озера осуществляется в Ладожское озеро через реку Волхов, длина которой составляет 228 км. У истока реки находится город Великий Новгород, крупный промышленный центр с населением 215 тыс. человек. Водный и уровенный режим р. Волхов определяется режимами оз. Ильмень, работой Волховской ГЭС и Ладожским озером. Годовой приток речных вод в среднем за период 1953-1977 гг. составлял 14,2, а сток из озера – 14,4 км³ (Кириллова, 1984).

Наиболее характерными особенностями озера, кроме значительного варьирования площади, являются высокий коэффициент условного водообмена (смена воды происходит более 4 раз) и высокая активность озерных вод под влиянием ветра, при котором наблюдается взмучивание ила со дна озера.

Бассейн озера расположен в зоне южной тайги и смешанных лесов. Климат региона более мягкий, чем у остальных озер Ладожской системы (рис. 2.56). Весной воды в мелководном озере прогреваются быстро: уже в мае температуры воздуха и воды сближаются. С июня до поздней осени среднесуточная температура воды обычно выше, чем воздуха (максимальные 19 и 18°С, соответственно). Редко и только в штилевую погоду в озере устанавливается стратификация температуры, обычно же характерно равномерное распределение температуры воды по глубине. С конца ноября до середины апреля озеро находится подо льдом.

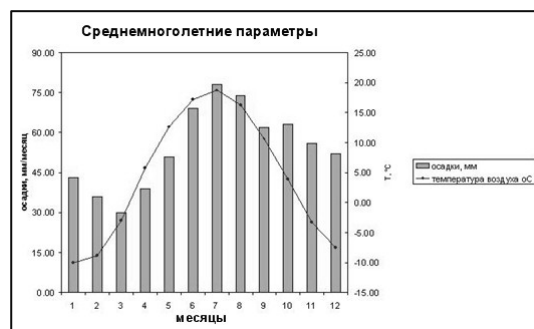


Рисунок 2.56. Среднемесячные параметры температуры воздуха и осадков, ст. Новгород

Химический состав вод притоков оз. Ильмень различен, что определяет широкий разброс химических показателей по его акватории. Средняя прозрачность воды по диску Секки составляет 0.2-1.0 м. Особенностью озера является недонасыщенность его воды кислородом. С июня по август концентрация кислорода составляет 7.9 мг/л (95 % насыщения). Кислородный минимум наблюдается подо льдом, во всей толще воды в апреле его содержание составляет 6.9 мг/л (48 % насыщения), а в придонном слое - 4.3 мг/л. Концентрация общего фосфора изменяется в пределах 0.11-0.02 мг/л, концентрация общего азота - 1.27-0.16 мг/л, уже эти показатели указывают на то, что трофический уровень озера различается по акватории. Содержание органического углерода изменяется в пределах 1.5-39.0 мг С/л (Смирнова, Гулин, 1986, Экосистема озера Ильмень ..., 1997).

Благодаря хозяйственной деятельности на водосборах рек Мста, Ловать, Шелонь, Пола и др., качество воды озера существенно меняется. Так, постепенно происходит увеличение минерализации воды за счет использования артезианских вод, внесения минеральных удобрений на полях и загрязнения притоков промышленными сточными водами. В 1952-1978 гг. величина общей минерализации составляла 128.4-167.7, при этом максимальные величины достигали 303 мг/л (Смирнова, 1974, Природные ресурсы..., 1984). В озере наблюдалось превышение ПДК по нефтепродуктам в 4.6-5.0 раз, меди - в 4.6-5.1 раза, марганцу - в 6.0-6.7 раз, фенолам в отдельные месяцы в 20 раз. Пестициды отмечались в 25-26 % проб. В воде содержалось большое количество органических веществ (Фрумин и др., 1995). В грунтах озера присутствовали соли тяжелых металлов, причем концентрации хрома в 1.2-5.0 раз превышали геохимический фон, что было обусловлено влиянием промышленных сбросов предприятий г. В. Новгород. В грунтах также были обнаружены пестициды.

Поскольку озеро богато рыбой, гидробиологические исследования на нем начали проводиться еще с конца XIX века. Общее число идентифицированных в озере видов и форм водорослей возросло с 18 в 1902 г. до 445

в 1980-х гг. (Авинская, 1987). Представители рода диатомовых *Aulacoseira*, *Asterionella* и *Stephanodiscus* составляют основу биомассы фитопланктона на протяжении всех сезонов. В мае 1986 г. они составляли более 90 % от общей биомассы 4 мг/л. Наряду с диатомовыми в весеннем комплексе присутствовали пиррофитовые, золотистые, эвгленовые и зеленые водоросли. Летом представители родов из отдела сине-зеленых *Aphanizomenon*, *Anabaena* и *Microcystis* определяют основу численности фитопланктона. Кроме того, в этот период в озере обильно вегетируют зеленые из рода *Pediastrum* и из динофитовых - *Ceratium herudinella*. В июле доля диатомовых снижается, биомасса сине-зеленых в этот период составляет 22 % от общей биомассы. Пик обилия фитопланктона обычно приходится на весну (до 10 мг/л), летом наблюдается некоторая депрессия (1-2.5 мг/л). В осенний период при общей биомассе 4.5-5.0 мг/л биомасса диатомовых составляет 97 %. На основании проведенных исследований озеро отнесено к мезотрофному типу (Авинская, 1987, Лаврентьева, 2003).

Высшая водная растительность в озере развита хорошо, она занимает 8.4 % площади водоема (100 км²). Всего определено 32 вида растений, из которых наиболее распространены 4: рдест пронзеннолистный, рдест блестящий, камыш озерный и горец земноводный. Заливы зарастают довольно однообразно: центральные части обычно занимают разреженные группировки рдеста пронзеннолистного, а к берегам сомкнутость сообщества возрастает. Само побережье занимают, как правило, сообщества камыша озерного (Доценко, Распопов, 1983).

Наибольшее число видов зоопланктона, 86, было установлено М.Б. Эггерт (1961), и остается неизменным до настоящего времени. В начале мая преобладали ветвистоусые рачки, биомасса которых составляла чуть более половины от общей биомассы. Начиная со второй декады мая, биомасса *Cyclopoidea* превышала 40 % общей биомассы. В майском зоопланктоне доминировали *Mesocyclops*, *Daphnia*. В летнем зоопланктоне видовое разнообразие сокращалось. В сентябре по

биомассе доминировали ветвистоусые (64.6 % от общей биомассы). Уровень развития зоопланктона на протяжении 90 лет (1900-е – 1990-е гг.) был сравнительно постоянен: от 1.0 до 1.5 г/м³ в 1902г., от 1.5 до 4.5 г/м³ в 1969-1971 гг. и от 0.54 до 1.5 г/м³ в 1995-1997 гг. (Мицкевич, Волхонская, 1999).

Донная фауна в качественном отношении довольно однообразна и представлена 101 видом. Бентос озера исследовался в основном как кормовая база ихтиоценоза, поэтому главное внимание уделялось кормовому бентосу – сфероидам, олигохетам и хирономидам. Некормовой бентос представлен крупными двустворчатými моллюсками: беззубками, перловицами, дрейссенами, брюхоногими улитками. По биомассе моллюски почти на порядок превышали не кормовой бентос. Анализ межгодовых изменений общей биомассы бентоса в период с 1920-х до 1990-х годов выявил тенденцию ее сокращения за счет снижения удельного веса в ней моллюсков, при относительно стабильном видовом составе. Летом общая биомасса зообентоса снижалась с 51-67.3 г/м² в 1923-1937 гг. до 8.5 г/м² в 1968-1972 гг., осенью она снижалась с 120-485 г/м² в 1923-1937гг. до 4.9-9.8 г/м² в 1968-1999 гг. (Лаврентьева, 2003). По запасам кормового бентоса оз. Ильмень относится к классу высококормных водоемов. В настоящее время в озере успешно акклиматизировались нектобентические организмы, способные активно перемещаться и обитать в районах с переменным гидрологическим режимом - понто-каспийский *Paramysis intermedia*, дальневосточный *Neomysis awatchensis* и бокоплав байкальского комплекса *Gmelinoides fasciatus*. Однако их доля в количественных показателях бентоса не превышает 1-2 % (Мицкевич, Андреева, 2003).

В озере обитает около 26 видов рыб. Из них охраняемые виды – лещ, судак, щука, а также синец, снеток, плотва, окунь, густера, язь, укля, налим и др. Среднегодовой вылов рыбы в озере в 1984-1992 гг. составлял 3141 т, в 1993-2001 гг. - 1461 т. Главным промысловым видом сейчас является лещ, в 1993-2001 гг. его средний вылов составлял 436 т в год (Асанов,

2003). Для восстановления рыбных запасов необходимо снизить промысловую нагрузку на озеро.

Несомненно, сохранение уникальной экосистемы оз. Ильмень и его поймы – задача чрезвычайно важная. Богатство рыбного населения озера, плодородные и высокопродуктивные пойменные луга, обилие исторических памятников, бальнеологические курорты (г. Старая Русса) – все это требует не только сохранения озера как достояния России, но также его рационального использования и дальнейшего развития.

2.4.2 Система Чудско-Псковского озера

Чудско-Псковское озеро (или озерный комплекс) - четвертый по величине пресноводный водоем Европы, расположенный на границе между Россией и Эстонией: около 1985 км² его водной площади относится к России и около 1570 км² - к Эстонии. Координаты озера - 57°52' -59°00' с.ш., 26°58' -28°10' в.д., высота уреза воды – 30 м над уровнем моря. Озеро относится к бассейну Финского залива Балтийского моря и соединяется с ним небольшой по протяженности рекой Нарва (рис. 2.57).

Чудско-Псковский озерный комплекс имеет сложную конфигурацию, он вытянут в меридиональном направлении и состоит из трех частей: наиболее обширной северной (73 %) - Чудского озера (эст. *Peipsi järv*) — площадью 2613 км², южной (20 %) - Псковского озера (эст. *Pihkva järv*) - 709 км² и, соединяющего их, Теплого озера (7 %) (эст. *Lämmijärv*;) - 236 км². Суммарная площадь зеркала всех озер в целом составляет в среднем 3558 км², изменяясь в зависимости от уровня воды от 3473 до 4328 км² (Гидрометеорологический режим... 1983). Все озера сравнительно мелководны, их средняя глубина составляет 8.3, 3.8 и 2.5 м, соответственно, объем водной массы - 21.79, 2.68 и 0.60 км³, соответственно, при суммарной величине - 25.07 км³, максимальная глубина - 15.3 м. (Lake Peipsi, 2001).

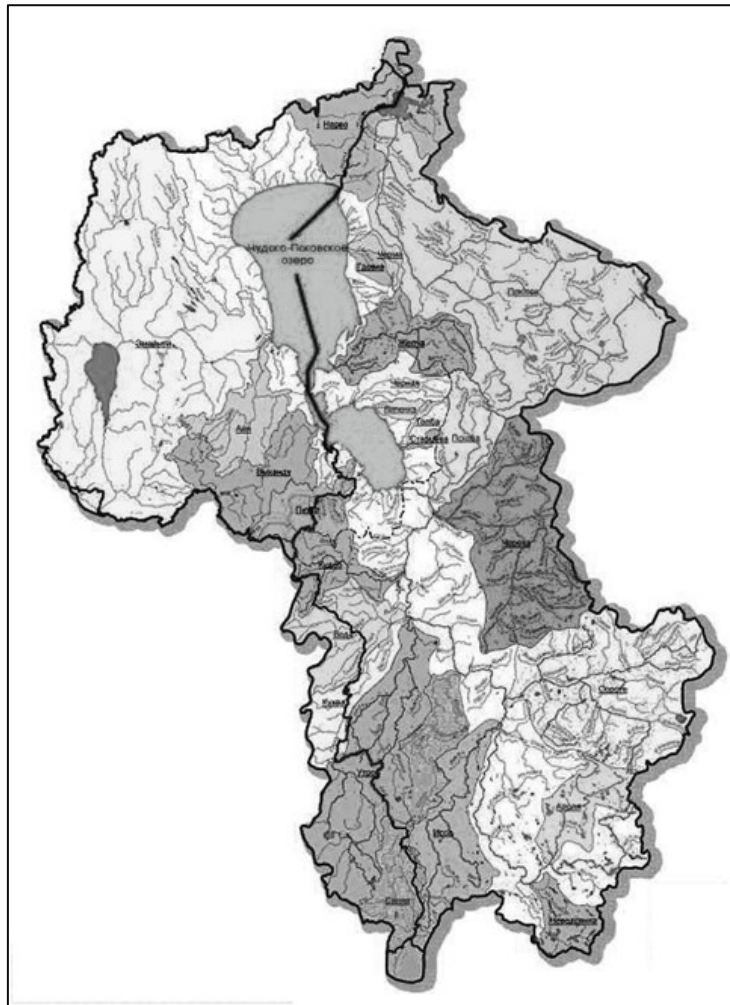


Рисунок 2.57. Бассейн Чудско-Псковского озера

Водосбор Чудско-Псковского озера располагается в зоне избыточного увлажнения, в условиях равнинного рельефа и слабой водопроницаемости преобладающих грунтов, он характеризуется наличием большого количества рек и небольших озер (Кондратьев и др., 2010). В Чудско-Псковское озеро впадает около 240 рек, ручьев и искусственных водотоков (Reinart, Valdmets, 2007). Наиболее крупными притоками являются р. Великая и р. Эмайыги (58 % и 22 % от общей площади водосбора, соответственно). К числу достаточно крупных рек с площадями водосбора более 1000 км² относятся также Выханду и Желча. Вытекает из озера река Нарва.

Климат региона характеризуется как умеренно-континентальный, что обуславливает неустойчивый характер погоды во все сезоны года. Среднегодовая температура воздуха - +4.3-4.8°C. Средняя температура января – (-8-

10°C), июля - +17-18°C (рис. 2.58). Продолжительность безморозного периода составляет 125-150 дней.

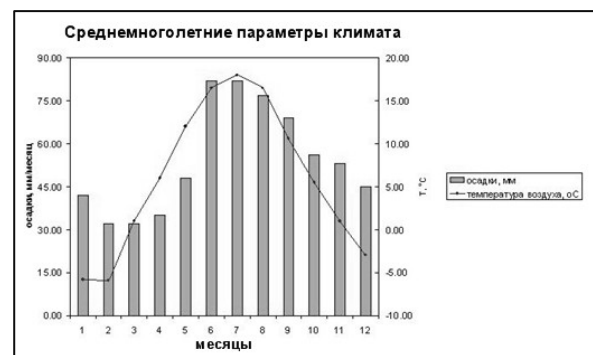


Рисунок 2.58. Среднегодовые климатические параметры Чудско-Псковского озера, ст. Псков

В приходной части водного баланса основная роль принадлежит притоку поверхностных и подземных вод, составляющему в многолетнем разрезе около 11.2 км³/год, среднеголетняя

величина осадков на поверхность водоема - 1.9 км³/год, небольшая доля приходится на подземное питание. В расходной части баланса преобладает отток - 12 км³ в год, величина годового испарения оценивается в 1.1 км³ в год (Соколов, 1952).

Современное озеро занимает котловину тектонического происхождения и является реликтом большого ледникового водоема, оставшегося после отступления последнего валдайского оледенения. Его возраст приблизительно составляет около 12 тыс. лет.

Береговая линия Чудско-Псковского озера характеризуется плавными очертаниями и слабо расчленена. Берега преимущественно низменные, сложены торфяниками, дно плоское, покрытое мощным слоем серого ила. Южные и западные берега заболоченные, вдоль северного берега протянулись довольно высокие песчаные дюны, поросшие сосной. Острова малочисленны (29) и невелики по площади, крупнейший — Пийриссаар (Порка).

Годовой ход уровня воды Чудско-Псковского озера характеризуется наличием хорошо выраженного весеннего половодья, продолжающегося с апреля по июнь и связанного с обильным таянием снегов на водосборе, летне-осенней меженью, сменяемой осенними паводками и зимней меженью. Высокая доля заболоченности и лесистости на водосборе способствуют снижению весеннего половодья и увеличению летнего меженного стока, таким образом, летом уровень воды в озере даже при низких осадках поддерживается за счет речного притока. Минимум стока приходится на конец зимы – начало весны и обычно наблюдается в марте, перед началом вскрытия водоема. Годовая амплитуда уровня составляет 0.5-1.5 м.

Чудско-Псковское озеро характеризуется как полимиктический водоем. В летний период его водные массы испытывают активное ветровое перемешивание, с этим связано гомотермическое состояние воды и хорошие кислородные условия в течение всего безморозного периода. Для температурного режима характерен более быстрый прогрев и охлаждение Псковского и Теплового озер по сравнению с

Чудским, что объясняется их морфометрическими особенностями. В результате в конце весны – начале лета разница между температурами поверхностного слоя озер на одну и ту же дату могут составлять до 8-11°C. В конце лета горизонтальная температурная неоднородность равна 1.0-1.5°C. Максимальное значение средней по глубине температуры воды в Псковском озере – 22.2°C, в Чудском - 20°C.

В зимний период на озере наблюдается обратная температурная стратификация, причем придонные слои воды имеют температуру примерно 1.5°. Озеро замерзает в конце ноября — начале декабря. С декабря по апрель-май его поверхность обычно покрыта льдом, однако, ледостав не всегда устойчивый. Псковское и Теплое озера вскрываются раньше Чудского. В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к увеличению продолжительности периода «открытой воды» и повышению теплообеспеченности озера. Так, если в 1960-80-е гг. продолжительность периода открытой воды составляла в среднем около 238 дней, то в 1990-е гг. она возросла до 251, а в 2000-е до 264 дней.

Площадь бассейна Чудско-Псковского озера составляет около 44 000 км². Здесь проживает более 1.1 млн. человек, в основном в сельской местности. На долю сельскохозяйственных земель приходится около 40 % от общей площади водосбора, причем значительная их часть или не используется, или находится под паром. Еще около 40 % площади занимают лесные массивы. Аграрный комплекс является важнейшей составной частью экономики региона как в российской, так и в эстонской частях водосбора. Приоритетными направлениями развития сельского хозяйства в российской части являются: производство молока, промышленное свиноводство и птицеводство, овощеводство, льноводство. На долю животноводства приходится около 80 % от общей выручки сельхозпредприятий, причем около половины - на молоко. Структура посевных площадей отражает развитие кормопроизводства, определяющего состояние ведущей отрасли - молочного животноводства (Kondratiev et al., 2009).

Крупнейшими городами в бассейне озера являются Псков и Тарту, а также Остров, Опочка, Печоры. Наиболее важными отраслями промышленности в российской части бассейна являются пищевая и легкая промышленность, машиностроение, производство электрооборудования, а также электронного и оптического оборудования. Среди важнейших отраслей промышленности в Эстонии – машиностроение и металлообработка, приборостроительная промышленность, мебельная, легкая и пищевая промышленность. В настоящее время быстро развивающимися отраслями в Эстонии являются лесное хозяйство и производство бревен.

Чудско-Псковское озеро отличается невысокими значениями прозрачности воды, составляющими для Псковского озера 0.8-1.5 м по диску Секки, а для Чудского – 1.4-2.9 м. Величина рН колеблется преимущественно в пределах 7.8.-8.5, причем в последние годы наблюдается тенденция к повышению значений рН в летние месяцы до 8.5-8.9, что является еще одним подтверждением усиливающейся эвтрофикации водоема. Общая минерализация воды составляет в Чудском озере в среднем за период наблюдений 226 мг/л, а в Псковском – 212 мг/л.

По данным совместных российско-эстонских исследований (Lake Peipsi..., 2001; In the Mirgor..., 2007), средние значения концентраций биогенных элементов в Чудском оз. составляют $30-40 \text{ мгP}_{\text{общ}}/\text{м}^3$ и $630-680 \text{ мгN}_{\text{общ}}/\text{м}^3$ и в Теплом оз. - $50-70 \text{ мгP}_{\text{общ}}/\text{м}^3$ и $750-850 \text{ мгN}_{\text{общ}}/\text{м}^3$. В Псковском оз. при относительно постоянстве содержания общего азота ($\sim 900 \text{ мг}/\text{м}^3$) за десятилетие выявлено двукратное возрастание концентраций общего фосфора (с $65 \text{ мг}/\text{м}^3$ в 1995 г. до $130 \text{ мг}/\text{м}^3$ в 2005 г.). При этом основной привнос биогенных веществ происходит со стоком рек Великой и Эмайыги - 80 % общего фосфора и 84 % общего азота (Поступление....). Нарушение баланса азота и фосфора в пользу последнего может способствовать доминированию сине-зеленых водорослей при цветении воды. Наименьшие значения показателя N:P за период наблюдений составляли 11 – 13 и были зафиксированы в 1995 и 96 гг.

Несмотря на то, что в естественном состоянии Чудско-Псковское озеро в силу его хорошей ветровой перемешиваемости отличалось высокими концентрациями кислорода по всей водной колонке, в настоящее время, в связи с процессами эвтрофикации водоема, содержание кислорода в воде снижается. Так, в конце зимнего периода перед вскрытием водоема содержание кислорода у дна в конце 1990-х-2000-е гг. периодически опускалось до 1-2 мг/л. Малые концентрации кислорода наблюдались также и в период «цветения» водоема.

По средним за сезон значениям индексов сапробности Чудско-Псковское оз. относится к β -мезосапробному типу, т.е. умеренно загрязненному органическим веществом. Трофический статус Чудско-Псковского озера, оцененный по концентрации азота, фосфора и хлорофилла-«а», очень различен в каждой из 3-х его частей: собственно Чудское озеро является эвтрофным, оз. Теплое – близко к гиперэвтрофному и оз. Псковское – можно считать гипертрофным (Nutrient loads..., 1999).

Среди высшей водной растительности в Чудско-Псковском озере доминируют типичные для эвтрофных водоемов виды - тростник (*Phragmites australis*), камыш озерный (*Schoenoplectus lacustris*) и рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus*). На защищённых от ветра заиленных мелководьях и приустьевых участках встречаются мелкие заросли других видов растительности: ситняг (*Eleocharis sp.*), айр (*Acorus calamus*), сусак (*Butomus umbellatus*), манник (*Glyceria aquatica*), рогоз (*Typha angustifolia*), поручейник (*Sium latifolium*), хвощ (*Equisetum fluviatile*) и тростянка (*Scolochloa festucaceae*). Плавающие на воде растения встречаются редко, из них по частоте встречаемости следует отметить: стрелолист (*Sagittaria sp.*), гречишу (*Rolygonum amphibium*) и кубышку (*Nuphar lutea*).

В течение XX в. сообщество макрофитов претерпело значительные изменения как количественные, так и качественные. В 1960-е гг. под макрофитами находилось лишь 2.5 % площади озера, однако по мере роста уровня трофности водоема площадь их распространения существенно росла, и к концу 1980-

х гг. макрофиты занимали уже 7.5 % площади от оз. Теплого и 7.9 % от оз. Псковское. Редкие виды, такие как шилолистник (*Subularia aquatica*) и полушник (*Isoetes setacea*) к концу XX в. исчезли, а такие обычные для мелководной литорали виды, как частуха (*Alisma gramineum*) и рдесты нитевидный и маленький (*Potamogeton filiformis*, *P. panormitanus*) существенно снизились по численности и в настоящее время встречаются редко (Kondratiev et al., 2009).

Фитопланктон Чудско-Псковского озера насчитывает 475 видов, среди которых представлены: зеленые водоросли (176), диатомовые (153 вида), сине-зеленые (102), эвглениды (18), золотистые (12), желто-зеленые (7), криптофитовые (4), динофлагелляты (3). Кроме обычных видов, характерных для эвтрофных и мезотрофных озер, здесь присутствуют также арктические, галофильные, галофобные, ацидофильные и алкалофильные виды. Состав доминирующих организмов в течение большей части XX в. не претерпевал значительных изменений (Laugaste et al., 1996). Среди основных видов Псковского озера: *Aulacoseira granulata*, *A. italica* var. *valida*, *Stephanodiscus binderanus*, *Asterionella formosa* (диатомовые); *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae*, *A. spiroides*, *Gloetrichia echinulata* (сине-зеленые); в Чудском: *Aulacoseira islandica*, *Stephanodiscus binderanus*, *Aulacoseira granulata* (диатомовые), *Gloetrichia echinulata*, *Microcystis pulvereae*, *Anabaena flos-aquae* (сине-зеленые). По составу доминирующих видов фитопланктон водоема характеризуется как эвтрофный диатомово-сине-зеленый (Мельник, Ястремский, 2003).

Средняя биомасса фитопланктона в Псковском озере составляет 19.4 г/м³, а в Чудском - 12.9 г/м³ (Поступление ...). Роль сине-зеленых водорослей наиболее высокая в Псковском озере, тогда как в Чудском оз. в течение всех сезонов по биомассе преобладают диатомовые. В годовом цикле биомассы обычно выражены два или три пика: весенний, связанный с обильной вегетацией диатомовых, наиболее высокий летний, приходящийся на расцвет сине-зеленых и диатомовых водорослей и осенний, при обилии диатомовых. Летний и

осенний пики в некоторые годы сливаются.

Согласно данным многолетних наблюдений, в конце XX в. в озере наблюдалось стойкое повышение биомассы фитопланктона, которое в Псковском озере началось с 1998 г., а в менее эвтрофированном Чудском – с 1987 г., причем происходило более заметными темпами. С этого же времени в летний период наблюдались вспышка в развитии двух видов сине-зеленых водорослей, не входивших ранее в состав доминирующих форм – *Planktothrix agardhii* и *Limnothrix redekei* и заметное увеличение биомассы криптофитовых. Начиная с 1988 г. в Псковском озере отмечена тенденция к снижению числа пиков биомассы фитопланктона в течение вегетационного периода от двух-трех до двух (весенний, летне-осенний) и даже до одного летне-осеннего, что является характерным признаком перехода водоема на гиперэвтрофную стадию (Мельник, Ястремский, 2003).

Зоопланктон Чудско-Псковского озера насчитывает 290 видов, здесь встречаются организмы, характерные как для эвтрофных, так и для олиготрофных вод. В формировании биомассы основная роль принадлежит ветвистоусым ракообразным (около 60 %) и веслоногим рачкам (38 %). Соотношение этих групп значительно изменяется по годам. В Псковском озере в 2000-е гг. наблюдалось некоторое повышение доли ветвистоусых в общей биомассе зоопланктона по сравнению с 1980-ми гг., тогда как в Чудском оз. – наоборот, снижение. В 1990-е гг. отмечалось увеличение численности коловраток, появление в большом количестве представителей рода *Brachionus* и среди них *Brachionus galyciflorus*, типичного для эвтрофных водоемов. Особенно четко это выразилось в 1992 г., как в устьях рек (Великая, Черная), так и в Псковском озере. Значительной численности достигал и другой вид – *B. diversicornis homoceros* – до 155.2 тыс. экз./ м³ (Афанасьев и др., 1997).

Средняя за вегетационный сезон биомасса зоопланктона в Псковском озере в различные годы составляла от 0.57 до 5.50 г/м³, а в Чудском – 0.35-6.40 г/м³. В годовом цикле биомассы обычно выражены один - два пика,

максимальный, достигающий 9-13 г/м³, приходится на июнь-июль. И в Чудском, и в Псковском озерах с середины 1980-х гг. отмечался рост количественных показателей зоопланктона. В последние годы в Псковском озере его средне-сезонная биомасса продолжает увеличиваться, в то время как в Чудском озере она имеет тенденцию к снижению (Мельник, Ястремский, 2003).

Бентосная фауна Чудско-Псковского озера представлена 421 видом и подвидом донных организмов, среди которых наиболее многочисленны семейство комаров-звонцов (111), моллюски (83) и малощетинковые черви (59) (Timm et al., 1996, 2001). Подавляющее число видов бентоса являются эвритопными, с широким ареалом распространения. Особенно многообразна по видовому составу литоральная фауна в зарослях макрофитов, а также сублиторальная зона. По большей части сублиторали выражено дрейссенное «кольцо», образованное скоплениями двустворчатого моллюска мидия-зебры (*Dreissena polymorpha*). Небольшим видовым разнообразием характеризуется северная часть Чудского озера с песчаным и илисто-песчаным дном, а также профундаль, где количество видов ограничено 30. Общими для всех озер являются около 70 % всех видов бентофауны, отличия в ее составе обусловлены разностью глубин, особенностями гидролого-гидрохимического режима, степенью трофности озер и т.д. Своеобразие Чудского озера заключается в присутствии здесь видов, характерных преимущественно для холодноводных олиготрофных водоемов: *Stylodrilus heringianus*, *Orthocladus saxicola*, *Monodiamesa bathyphila*, *Pallasiola quadrispinosa*. Для сезонной динамики профундального зообентоса характерно наличие двух максимумов численности – весеннего и осеннего, и летнего минимума.

Несмотря на практически неизменный видовой состав пелофильных ценозов, в последние десятилетия заметна тенденция изменения структуры и количественных показателей бентоса в Псковском озере. Структурные изменения связаны с увеличением в общей биомассе доли моллюсков (*Pisidiidae*, виды р. *Valvata*). Так, в среднем за 1981-1985 гг.

моллюски составляли 9.78 % биомассы пелофильных ценозов Псковского озера (Асельборн, 1987), в 1986 – 1992 гг. уже 16.1 %, а в 1993 – 1998 гг. – 36.2 %. Несколько снизилась средне-сезонная биомасса олигохет, при этом в последние годы до 81-100 % увеличилась степень доминирования среди них *Potamothrix hammoniensis*. В девяностые-двухтысячные годы увеличилась амплитуда межгодовых и сезонных колебаний биомассы донных беспозвоночных в Чудско-Псковском озере. Размах межгодовых колебаний в Псковском озере составил от 4.78 до 45.24 г/м², в Чудском - от 2.78 до 26.20 г / м² (Мельник, Ястремский, 2003). В целом по Псковско-Чудскому озеру отмечается некоторое повышение средне-сезонной биомассы профундали, с 12.25 г/ м² (1970 – 1978 гг.) до 14.8 г / м² (1993-2003 гг.).

Чудско-Псковское озеро - один из наиболее продуктивных водоемов Балтийского региона с высоким уровнем воспроизводства рыбного населения. В озере и его притоках обитает 33 вида рыб, из которых 23 местных: чудской сиг (*Coregonus lavaretus maraenoides*), ряпушка (*Coregonus albula*), снеток (*Osmerus eperlanus eperlanus*), лещ (*Abramis brama*), плотва (*Rutilus rutilus*), елец (*Leuciscus leuciscus*), язь (*Leuciscus idus*), пескарь (*Gobio gobio*), укляк (*Alburnus alburnus*), жерех (*Aspius aspius*), густера (*Blicca bjoerkna*), сырть (*Vimba vimba*), сом (*Silurus glanis*), угорь (*Anguilla anguilla*), щука (*Esox lucius*), судак (*Sander lucioperca*), окунь (*Perca fluviatilis*), ерш (*Acerina cernua*), трехиглая колюшка (*Gasterosteus aculeatus*), девятииглая колюшка (*Pungitius pungitius*) и налим (*Lota lota*). Кроме того, к числу рыб, обитающих в Псковско-Чудском озере, можно отнести предположительно акклиматизированного здесь амурского сазана (*Cyprinus carpio haematopterus*), выпущенного в озеро в 1947-1951 гг. промысловыми видами в последнее десятилетие являются чудской сиг, ряпушка, снеток, судак, лещ, щука, окунь, плотва.

Несмотря на то, что Псковское и Чудское озера имеют общий видовой состав, существуют определенные различия в численности популяций рыб в каждом из них. Так, в более мелководном Псковском озере представители

холодноводного комплекса рыб – сиг и ряпушка – встречаются редко, в непромысловых количествах.

На протяжении столетия видовой состав рыб Чудско-Псковского озера практически не изменился. Из ихтиофауны водоема исчез только угорь, ранее естественным путем проникающий в озеро на нагул из Балтийского моря, после зарегулирования р. Нарвы (с созданием Нарвского водохранилища) миграции угря стали невозможны. Однако под влиянием экологических факторов среды, а также за счет интенсификации рыболовства в структуре озерного ихтиоценоза произошел ряд существенных изменений. Так, например, потепление климата, сильное «цветение» водоема, ведущее к уменьшению прозрачности воды, заиление грунтов являются условиями, благоприятные для жизнедеятельности судака, и крайне неблагоприятными для сиговых рыб. Вызывают тревогу участившиеся в последние годы заморные явления, происходящие в больших масштабах и затрагивающие все большее количество видов рыб.

Годовые уловы рыбы по всему озерному комплексу составляли в 1980-е гг. около 7 000-110 000 тонн, в 1990-е гг. уловы резко снизились до 3 500-8 000 тонн, и в 2000-е составляли 4 500-10 000 тонн (рис. 2.59). В последние годы в территориальных водах Эстонии (в Теплом и Чудском озерах) наметилась тенденция роста уловов, в результате чего вылов рыбы по Эстонии в 2009 г., впервые за последние 15 лет, превысил совокупный вылов по России (включая Псковское озеро).

Чрезмерная антропогенная нагрузка в бассейне Чудско-Псковского озера, наблюдавшаяся в течение XX в., особенно во второй его половине, привела к значительным ухудшениям качества озерной воды. Большинство показателей указывали на постепенное увеличение уровня трофности водоема. Многолетние данные наблюдений свидетельствовали, что интенсивное эвтрофирование озера началось в 1970-е гг. (Noges et al., 2003). В результате, уже к 1980-е гг. озеро Чудское от мезотрофного уровня, характерного для него в

1960-е гг., перешло в категорию эвтрофных водоемов, а оз. Псковское – от эвтрофного уровня к гипертрофному.

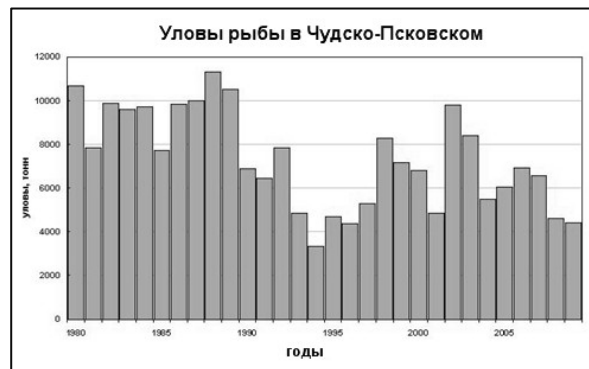


Рисунок 2.59. Уловы рыбы в Чудско-Псковском оз. по данным ГОСНИОРХ

В 1990-е гг., с распадом Советского Союза, обстановка с поступлением в озеро различного рода загрязнителей изменилась. Ухудшение экономической ситуации в Эстонии, Латвии и Российской Федерации, сопровождающееся снижением как сельскохозяйственного, так и промышленного производства, способствовало на первых этапах значительному сокращению поступления в озеро стоков. Другим фактором, способствующим снижению загрязнения, явились предпринимаемые со второй половины 1990-х гг. водоохранные меры, в том числе улучшение очистных сооружений на большинстве точечных источников загрязнения. Однако, несмотря на все вышесказанное, на сегодняшний день Чудско-Псковское озеро все еще остается под сильным антропогенным прессом. Период экономического спада оказался не столь продолжительным для того, чтобы в озере смогли начаться восстановительные процессы, и предпринимаемые меры по очистке стоков являются пока для этого недостаточными. Процесс антропогенного эвтрофирования водоема продолжается, причем в последние годы он особенно резко проявляется в экосистеме менее загрязненного на сегодняшний день Чудского озера. В результате эвтрофикации в Чудско-Псковском озере ежегодно в летне-осенний период наблюдается «цветение» воды различной интенсивности, связанное с массовым развитием сине-зеленых водорослей. В цветении в порядке очередности вегетации принимают

участие: *Anabaena flos-aquae*, *Gloeotrichia echinulata* и *Aphanizomenon flos-aquae*. Повышение уровня трофности водоема и вызываемое им «цветение воды» негативно сказывается и на рыбном населении водоема. С конца 1980-х гг. в озере все чаще стали наблюдаться заморные явления, причем не только в зимний период, но и в летний (Noges et al., 2003), в связи с истощением в воде кислорода во время обильного развития фитопланктона.

Основным источником поступления биогенных веществ в озеро является сельское хозяйство, стоки которого обеспечивают принос в озеро с эстонской части более половины от общего поступления азота и около 40 % - фосфора, а с российской – 70 и 65 %, соответственно. Таким образом, ожидаемое в будущем увеличение сельскохозяйственного производства без принятия должных мер и совершенствования сельскохозяйственной практики может крайне негативно отразиться на озерной экосистеме.

Наряду с биогенным загрязнением, озеро испытывает на себе значительное загрязнение тяжелыми металлами и детергентами, связанное с развитием промышленности на водосборе. Два наиболее крупных на водосборе города - Псков и Тарту, несмотря на модернизацию их очистных систем, являются основными источниками загрязнения озера как промышленными, так и бытовыми стоками.

Согласно выполненным оценкам индекса загрязненности вод (ИЗВ), на начало XXI в. воды поверхностных горизонтов Псковского, Теплого и восточной части Чудского озер относятся к III - IV классам качества, т.е. являются «умеренно загрязненными» и «загрязненными» (План..., 2006). Придонные воды «умеренно загрязнены» (III класс качества). Часто фиксируются значительные превышения значений ПДК для нефтепродуктов, фенолов, БПК₅, ХПК, аммонийного азота, а также металлов (железо, медь, магний, цинк, кадмий).

[К содержанию](#)