ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОЗЕРНОГО И РЕЧНОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ ПО ПРОМЫШЛЕННОМУ
И ТЕПЛОВОДНОМУ РЫБОВОДСТВУ
(ГосНИОРХ НПО-Промрыбовод)

На правах рукописи

АВИНСКАЯ ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА

УДК 581.526.325

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА БОЛЬШИХ МЕЛКОВОДНЫХ ОЗЕР СЕВЕРО-ЗАПАДА (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ИЛЬМЕНЬ)

03.00.18 - гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Ленинград - 1983

Работа выполнена в Государственном научно-исследовательском институте озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ НПО - Промрыбвод)

Научный руководитель - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Г.М.ЛАВРЕНТЬЕВА

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, старший научный сотрудник И.В.МАКАРОВА

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник В.Н.НИКУЛИНА

Ведущее учреждение - Институт озероведения АН СССР

Защита диссертации состоится "27" 12 1983 г. в 13 час. на заседании специализированного Совета К 117.03.01 при ГосНИОРХ НПО - Промрыбвод (199053, Ленинград, В-53, наб.Макарова, 26).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГосНИОРХ.

Автореферат разослан "24" 11 1983 г.

Ученый секретарь
Совета, докт
нау

Актуальность проблемы. Актуальность предлагаемой работы определяется значительной ролью оз.Ильмень в рыбном хозяйстве - водоем занимает первое место по уловам рыбы в Новгородской области. Они составляют в настоящее время 30-32 тыс.ц (Федорова, Веткасов, 1974), но этим возможности водоема не исчерпываются. В Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О мерах по дальнейшему развитию рыбоводства и увеличению вылова рыбы в пресноводных водоемах страны" от 17 августа 1978 г., среди крупнейших водоемов, в которых предстоит значительно увеличить вылов рыбы, обозначено и оз.Ильмень. Оз.Ильмень находится в центре издавна интенсивно осваиваемого сельскохозяйственного района, что с неизбежностью ведет к постепенному эвтрофированию водоема. Правильный и рациональный подход к рыбохозяйственной эксплуатации столь важного в историческом и хозяйственном отношении водоема, как оз.Ильмень, невозможен без детального изучения его гидрологии, гидрохимии и биологии. Следует отметить, что в последнее время изучению биологии оз.Ильмень было уделено особое внимание и в связи с предполагаемой переброской северных рек на юг, в бассейн рек Волги и Дона, с включением в систему переброски ряда крупнейших озер Северо-Запада СССР - Ладожского, Онежского, Белого, Кубенского, Воже, Лача, Ильмень.

Цель и задачи работы. При изучении водоемов видное место занимают исследования фитопланктона - первичного продукционного звена, организующего среду водоема. Уровень его развития и продуцирования, в конечном счете, определяет состав и обилие остальных звеньев пищевой цепи, а следовательно, и рыбопродуктивность водоема. Сведений о фитопланктоне оз.Ильмень практически нет, поэтому цель данной работы - оценка фитопланктона оз. Ильмень в его современном состоянии, его продукционных возможностей, уровня колебаний развития по годам, что должно послужить базой для возможности прогнозирования направленности процессов, происходящих в водоеме в условиях антропогенного воздействия. Для достижения указанной цели были поставлены следующие основные задачи:

- изучение флористического состава фитопланктона;
- определение уровня его количественного развития;
- определение концентрации хлорофиллов в планктоне;
- установление уровня продуцирования фитопланктона;
- определение некоторых относительных показателей, характеризующих физиологическое состояние популяций фитопланктона;
- определение роли отдельных абиотических факторов в форми-

ровании фитопланктона и уровня его продуктивности.

Теоретическое значение и научная новизна. Впервые дан список фитопланктона оз.Ильмень. Из общего числа видов - 445, встреченных в оз.Ильмень, 384 определены для водоема впервые. Впервые изучено распределение фитопланктона по акватории озера, дан анализ его количественного развития, выявлены закономерности сезонной динамики видового состава, численности и биомассы. Впервые показано существование зоны экотона в пресноводном озере. Определена концентрация растительных пигментов в планктоне оз.Ильмень, выявлена их динамика. Определен уровень продукционно-деструкционных процессов. Впервые рассчитаны Ф/В, Р/В-коэффициенты, величины АЧ фитопланктона, обитающего в специфических условиях озера. Выявлен ряд особенностей существования фитопланктона в условиях мелководного, хорошо перемешиваемого ветрами водоема, которые могут быть экстраполированы на другие водоемы подобного типа. Проведен анализ роли отдельных факторов среды в формировании качественного и количественного уровней развития фитопланктона, его продуцирования, что значительно повышает общебиологическую значимость работы. Рассчитан процент перехода первичной продукции в рыбопродукцию.

Практическая значимость и реализация работы. Оценка роли важнейших абиотических факторов в качественных и количественных изменениях фитопланктона и его продукции, послужила основой при составлении прогноза ожидаемых изменений в гидробиологическом режиме озера под воздействием хозяйственной деятельности человека. Дан прогноз изменений фитопланктона оз.Ильмень, которые произойдут, если будут осуществляться мероприятия по переброске стока северных рек. Материалы исследований вошли в отчеты: I) по НИР ГосНИОРХ "Влияние территориального перераспределения стока на рыбное хозяйство водоемов Северо-Запада (восточная часть Финского залива, озера Ладожское и Ильмень)", 1980 г., № госрегистрации 77060944; 2) Института озероведения АН СССР "Антропогенные факторы лимнологических процессов в больших озерах Северо-Запада и научные основы территориального перераспределения стока", 1980г., № госрегистрации 76067723 (материалы подтверждены актом).

Апробация работы. Материалы и положения диссертации докладывались и обсуждались на: XI сессии по проблеме "Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера" (Петрозаводск, 1981); заседании альгологической секции Всесоюзно-

го Ботанического Общества (Ленинград, 1983); VI конференции молодых ученых ИБВВ АН СССР (пос.Борок, 1983).

Публикация материалов. По теме диссертации опубликовано 5 работ.

Объем работы. Диссертация изложена на 251 странице, состоит из введения, пяти глав, заключения, приложения и списка цитируемой литературы, включающего 370 названий (из них 94 иностранных авторов), иллюстрирована 24 таблицами и 29 рисунками.

Глава I. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для характеристики видового состава и сезонной динамики численности и биомассы фитопланктона оз.Ильмень послужили пробы, собранные в 1975-1980 годах. Их сбор осуществлялся на стандартной сетке станций, включавших все биотопы водоема, по схеме, установленной сотрудниками ГосНИОРХ (Смирнова, 1974). В 1975 и 1976 годах было проведено по одному рейсу в июле по наиболее характерным станциям пелагиали озера. В 1978 и 1980 годах сбор проб производился по всей сетке станций с мая по октябрь, дважды в месяц. В 1979 году, для уточнения некоторых деталей развития сообщества, сборы фитопланктона производились еженедельно на одной центральной и одной прибрежной станциях в период со второй половины июня по сентябрь. Кроме того, в июле этого года была проведена съемка по всей акватории озера. Проведен также анализ зимнего фитопланктона в наиболее малоснежные зимы 1979 и 1981 годов - в январе и марте. Во время всех съемок для выявления характера распределения фитопланктона по вертикали на нескольких станциях пробы брались с двух-трех горизонтов: поверхность, половина глубины, дно. На остальных станциях брались средневзвешенные по вертикали пробы. Сбор и обработка проб проводились по общепринятым методикам (Киселев, 1969; Лаврентьева, Бульон, 1981). Для анализа видов родов Stephanodiscus и Cyclotella было применено электронное микроскопирование. Всего собрано и обработано 567 проб фитопланктона. Сбор проб для определения концентрации пигментов в планктоне проводился одновременно со сбором проб фитопланктона, на 5 станциях, характеризующих различные биотопы водоема. Определение фотосинтетических пигментов проводилось спектрофотометрически по стандартной методике, рекомендованной рабочей группой при ЮНЕСКО (SCOP-UNESCO, 1966). Для определения феопигментов использовался метод Мосса

(Moss , 1967).

В 1979 и 1980 годах ставились опыты по определению первичной продукции фитопланктона, в которых использован метод склянок в кислородной модификации (Винберг, 1960). При расчете суточных и сезонных Р/В-коэффициентов фитопланктона на основании собственных расчетов принималось, что эффективная продукция составляет 62% от валовой. В расчетах использовался оксикалорийный коэффициент 3,38 ккал/г O_2 (Винберг, 1970). С учетом того, что среди доминантов фитопланктона озера преобладали жесткие панцирные формы, обладающие пониженной калорийностью, энергетический эквивалент фитопланктона принят равным 0,6-0,8 кал/мг сырого веса, в зависимости от удельного веса панцирных форм. Проведен однофакторный регрессионный анализ по программе, разработанной в ГосНИОРХ на ЭВМ "Наири-К", для выявления зависимостей между уровнем развития фитопланктона и отдельными факторами абиотической среды.

Глава 2. ХАРАКТЕРИСТИКА АБИОТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В оз.ИЛЬМЕНЬ

Изученный водоем входит в число крупнейших озер Северо-Запада СССР. Его площадь по среднемноголетним данным составляет 1,1 тыс.км^2. Оз.Ильмень находится в зоне повышенной увлажненности - в среднем за год выпадает 700 мм осадков, и характеризуется обширной водосборной площадью - 67,2 тыс.км^2. В него впадает 52 притока, то есть озеро обладает большим удельным водосбором. Все это вызывает значительные колебания площади водного зеркала (до 3 раз) и объема водной массы (до 12 раз) оз.Ильмень в течение года. Указанные особенности гидрологии озера определяют специфику условий обитания в нем гидробионтов, выражающуюся в значительной амплитуде колебания его уровня в течение года и высоком коэффициенте водообмена - 3,4-5,9, в зависимости от водности года, и, соответственно, в относительно высоких для озер скоростях течения, которые изменяются в соответствии с изменением уровня. Еще одной очень важной особенностью озера является его чрезвычайная мелководность - средняя глубина - 2,56 м, - которая, в сочетании с огромной площадью водоема, обусловливает высокий коэффициент его открытости, равный 423. Последнее определяет большую, по сравнению с другими водоемами, роль ветрового фактора для жизни гидробионтов (повышенная ветровая активность определяет наличие высокой мутности и ветровых течений) и малую

тепловую инертность водоема. Упомянутые особенности водного режима и характер водосбора определяют химический состав вод озера и степень его гумификации. Поскольку крупнейшие притоки оз.Ильмень существенно различаются между собой по гидрохимическим показателям, для водоема характерно непостоянство химических свойств как отдельных участков озера, так и всей водной массы (изменяются сумма ионов, их состав, класс воды, ее цветность), определяемое водностью года и изменением соотношений водных масс отдельных притоков, Наибольшие колебания гидрохимических показателей среды зафиксированы в устье реки Ловать (Богословский, Кириллова, 1973). Многолетние наблюдения за гидрохимическим режимом оз.Ильмень позволили выявить сезонную динамику биогенных элементов, ионного состава воды и органического вещества, установить четкую зависимость их концентраций от величины водного стока. Минерализация воды оз.Ильмень от весны к осени изменяется от 59,6 до 676 мг/л, составляя в среднем 125 мг/л (Смирнова, 1974, 1980). Наибольшие концентрации биогенов в водоеме отмечаются весной и в конце зимнего сезона. Среднегодовая концентрация минерального фосфора - 0,03 мг/л, аммонийного азота - 0,02 мг/л, нитратного азота - менее 0,01 мг/л. Среднегодовое содержание кремния - 3,93 мг/л, железа - 0,11-0,28 мг/л. Величина цветности воды постоянно выше 60^{0} (Смирнова, 1974). Фосфорная нагрузка на оз.Ильмень довольно велика, она составляет, по данным на 1975 г., 0,84 г/$м^2$ (Агаркова, Гусаков, Расплетина, 1979).

Глава 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОПЛАНКТОНА оз.ИЛЬМЕНЬ

Флора планктонных водорослей оз.Ильмень представлена 445 таксонами, относящимися к 8 отделам. В систематическом отношении водоросли распределяются следующим образом: Cyanophyta - 66; Chrysophyta - 27; Bacillariophyta - 119; Cryptophyta - 7; Dinophyta - 16; Euglenophyta - 43; Xanthophyta - 13; Chlorophyta - 154. Анализ видового состава фитопланктона оз.Ильмень проведен по следующим параметрам: разнообразию, степени участия видов в ценозах, принадлежности видов к экологическим и географическим группировкам, отношению видов к некоторым факторам среды (солености), размерным характеристикам. Отмечается значительное флористическое богатство планктона водоема. Наибольшее видовое разнообразие фитопланктона отмечено летом. К группе доминирующих по численности отнесено всего 9 видов (2% от списка

видов), они ежегодно определяют характер ценозов на большей части акватории оз.Ильмень. В указанную группу входят: Aulacosira

Таблица I

Эколого-географическая характеристика видового состава водорослей планктона оз.Ильмень

Отдел	Всего таксонов	Географическое распространение			Экологические группы				Галобность			
		k	b	n-a	P	L	Ep	B	I	hl	hb	oh
Cyanophyta	66	47	3	I	5I	8	I	-	37	I4	2	-
Chrysophyta	27	II	2	2	I0	II	-	-	II	-	3	5
Bacillariophyta	II9	86	I0	5	47	4I	I	23	77	I9	7	7
Xanthophyta	I3	6	I	-	4	4	-	-	5	I	2	-
Cryptophyta	7	3	I	-	5	2	-	-	2	3	-	-
Dinophyta	I6	7	-	-	7	I	-	-	7	I	-	-
Euglenophyta	43	3I	4	-	I5	2I	-	-	26	I	5	2
Chlorophyta	I54	I09	4	-	I24	I4	-	I	9I	9	9	I2
Итого	445	300	25	8	263	I02	2	24	256	48	28	26

Примечание: oh - олигогалоб, hb - галофоб, i - индифферент, hl - галофил; P - планктонный, B - бентосный, L - литоральный, Ep - эпибионт планктонных организмов; k - космополит, n-a - североальпийский, b - бореальный.

islandica, A.italica, A.distans, A.granulata, Stephanodiscus binderanus - из диатомовых, и - Microcystis pulverea f. incerta, Aphanothece clathrata, Gomphosphaeria lacustris f. compacta, Oscillatoria woronichinii - из синезеленых. В группу субдоминантов входят I9 видов и разновидностей (4,7% от общего списка видов). В некоторые годы на ограниченных участках акватории эти виды входили в состав доминант. Оказалось, что несмотря на чрезвычайную мелководность оз.Ильмень, в планктоне преобладают истинно планктонные формы (63% от общего списка водорослей). Основу списка альгофлоры образуют космополитные формы (7I% от

общего количества) (табл.I).

При анализе степени развития популяции отдельных видов на различных участках акватории, удалось выявить несколько биотопов. Нами установлены биотопы, площадь и очертания которых различались в различные сезоны и годы, в зависимости от величины стоков рек и их соотношения. Центральный плес озера, занимающий 92% акватории, разделен нами на ряд биотопов, находящихся в зонах влияния крупнейших притоков - рек Шелони, Мсты, Ловати и Веряжи, воды которых прослеживаются до самого центра водоема. На границах указанных биотопов хорошо различаются переходные зоны - экотоны. Они выделяются как по видовому составу (сюда входят виды из обоих биотопов), так и по обилию фитопланктона, превышающему показатели обоих соседних биотопов. Характерно, что эти же районы отмечались ранее, как районы максимального развития зоопланктона и основные места нагула рыб (Эггерт, I96I; Степанова, I972; Лукьянова, I974).

Фитопланктон зоны влияния каждого притока характеризуется специфическими чертами. Район впадения р.Шелонь отличается наибольшим по озеру разнообразием и количественным развитием золотистых водорослей весной и в первую половину лета. Численность видов рода Dinobryon составляла 360 тыс.кл/л, видов рода Chrysococcus - 244 тыс.кл/л, видов рода Kephyrion - 250 тыс.кл/л, видов рода Synura - I60 тыс.кл/л. Количественное развитие золотистых водорослей в зоне влияния р.Ловать весной и в первую половину лета было несколько ниже уровня их развития в зоне влияния р.Шелонь. В соответствии с тем, что район впадения р.Ловать отличается наибольшей мобильностью гидрохимических характеристик (Богословский, Кириллова, I973), здесь отмечаются частые смены доминирующих видов водорослей. В отдельные периоды лета здесь отмечались максимальные для всей акватории озера численности видов родов: Chrysococcus - 600 тыс.кл/л, Cryptomonas - I,I млн.кл/л, Rhodomonas - I,3 млн.кл/л, Euglena - 2I0 тыс. кл/л, Dismorphococcus - I20 тыс.кл/л, Trachelomonas - 330 тыс. кл/л. С водами рек Мсты и Веряжи в озеро поступает наибольшее количество железа (Смирнова, I969), поэтому приустьевые участки этих рек характеризуются повышенным разнообразием и значительным количественным развитием диатомовых водорослей. Указанные выше районы различаются также по количественным характеристикам фитопланктона. Район впадения р.Шелони отличается слабым развитием фитопланктона. В течение сезона открытой воды величина его

биомассы колебалась от 0,2 до 3,5 г/м^3. Пики биомассы (более 3 г/м^3) приходились на весну и осень. Среднесезонная биомасса за ряд лет варьировала от 0,97 до 1,6 г/м^3. Район впадения р.Ловати характеризуется высоким количественным развитием фитопланктона. В течение сезона его биомасса колебалась от 1,05 до 7,57 г/м^3, среднесезонная за ряд лет - варьировала от 1,63 до 3,39 г/м^3. Районы впадения р.Веряжи и р.Мсты, вследствие постоянного значительного развития диатомовых, также характеризуются сравнительно большой биомассой фитопланктона - биомасса в течение сезона колебалась от 0,72 до 6,34 г/м^3, среднесезонная - от 1,42 до 3,3 г/м^3.

В водоеме выделяется также зона заливов, составляющая 8% от общей площади озера. Фитопланктон этой зоны отличается большим разнообразием мелких хлорококковых и синезеленых водорослей, достигающих тут максимального развития. Фитопланктон указанного биотопа характеризуется, как правило, низким показателем биомассы, которая колебалась от 0,48 до 3,84 г/м^3, а среднесезонная - от 1,07 до 1,64 г/м^3.

Анализ 86 серий вертикальных проб фитопланктона, отобранных на разных горизонтах на станциях, типичных для отдельных биотопов в разные сезоны в течение 1975 - 1980 гг., показал, что водоросли, как правило, распределены гомогенно от дна до поверхности, что достаточно типично для мелководных водоемов с высокой степенью открытости, подверженных интенсивному ветровому перемешиванию. Исключением являлись продолжительные штилевые периоды, когда в распределении фитопланктона наблюдалась стратификация: либо обратная, если происходило оседание диатомовых на дно после их массовой вегетации (10,6% случаев), либо прямая, вследствие "цветения" синезелеными (8,6% случаев).

Фитопланктон оз.Ильмень на протяжении всего года характеризуется преобладанием диатомей. Синезеленые могут преобладать по численности в летне-осеннем планктоне, изредка на ограниченных участках акватории они преобладают и по биомассе, но в целом для водоема они не занимают главенствующего места по биомассе. В мае-июле в отдельных участках акватории возрастало значение представителей других отделов водорослей - золотистых, криптофитовых, динофитовых, эвгленовых, зеленых, но по всей акватории водоема их доля в биомассе была несущественна.

В сезонной динамике биомассы фитопланктона оз.Ильмень в целом по водоему чаще всего обнаруживаются три пика: весенний,

летний и осенний, причем максимальным бывает последний. Пики развития определяются динамикой поступления в водоем биогенов, мобилизации которых с водосбора и из донных осадков способствуют весенний и осенний паводки и ветровое перемешивание. Определенное единообразие, наблюдаемое в сезонной динамике биомассы фитопланктона в разные годы, определяется наличием однотипности динамики биогенов в многолетнем аспекте. Уровень развития зимнего фитопланктона зависит от ледового и снегового покровов озера.

Таблица 2

Межгодовая динамика средней за месяц биомассы фитопланктона оз.Ильмень (г/м^3 - а; г/м^2 - в)

Месяц	Годы									
	1975		1976		1978		1979		1980	
	а	в	а	в	а	в	а	в	а	в
Май	-	-	-	-	3,24	16,64	-	-	3,08	13,55
Июнь	-	-	-	-	1,45	5,24	0,48	1,58	0,75	2,43
Июль	9,8	26,95	1,6	7,22	2,02	6,38	1,72	6,23	1,32	3,98
Август	-	-	-	-	2,72	7,3	2,57	6,36	1,87	4,31
Сентябрь	-	-	-	-	4,91	16,46	2,88	7,14	2,22	5,06
Октябрь	-	-	-	-	4,12	13,4	-	-	6,2	14,64
Средняя за июнь-сентябрь	-	-	-	-	2,78	8,85	1,91	5,33	1,54	3,95
Средняя за май-октябрь	-	-	-	-	3,08	10,9	-	-	2,57	7,33

В малоснежные зимы уровень развития фитопланктона в январе составлял: 0,18 г/м^3 и 0,27 г/м^3, в 1979 г. и 1981 г. соответственно. К концу зимы биомасса фитопланктона обычно значительно возрастала, в марте 1981 года она увеличилась вдвое и составляла 0,61 г/м^3.

Величины среднесезонной биомассы фитопланктона за годы исследований оказались довольно близки между собой (табл.2). Средняя за сезон двух лет исследований составила 2,82 г/м^3. В то же время, величины средней за тот или иной месяц биомассы фитопланктона в течение нескольких лет колебались очень значительно - до

7 раз. Это свидетельствует о значительной стабильности общего запаса биогенов, реализуемых фитопланктоном в течение сезона открытой воды, несмотря на возможные отклонения в развитии фитопланктона от среднемноголетних показателей в отдельные периоды, связанные с конкретной гидрометеорологической обстановкой.

При анализе структуры планктоценозов водорослей оз.Ильмень в сезонном аспекте, структура биоценоза, для удобства анализа, выражалась в процентах биомассы каждого значимого вида по отношению к суммарной биомассе за соответствующую дату. В группу видов "руководящих первого порядка" (по Шорыгину, 1955) включены те водоросли, биомасса которых составляла 10% и более от общей, то есть в нее вошли доминанты (биомасса более 30% от суммарной) и субдоминанты (от 10 до 30% суммарной). Отмечены значительные различия в структуре фитопланктоценозов в течение разных сезонов одного года и в одни и те же сезоны разных по водности лет. В сезонном аспекте отмечено увеличение процента олиго- и монодоминантных планктоценозов на акватории озера весной и осенью по сравнению с летом. В многоводный год (1978) отмечено повышение удельного веса видов "первого порядка" во все сезоны года, за счет развития реофильных форм. Усиление развития реофильных видов сказалось на структуре фитопланктоценозов: во все сезоны преобладали олиго- и монодоминантные фитопланктоценозы. В многоводные годы резко отличались фитопланктоценозы открытой, более проточной части и прибрежной застойной зоны. В маловодные годы (1979, 1980) преобладали полидоминантные фитопланктоценозы, то есть увеличивался удельный вес видов "группы второго порядка". В маловодные годы отмечено большее однообразие структуры фитопланктоценозов по всей акватории водоема.

Глава 4. ПРОДУКЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИТОПЛАНКТОНА оз.ИЛЬМЕНЬ

Для оценки функциональной роли фитопланктона в водоеме, было предпринято изучение его фотосинтетической активности.

4.1. Концентрация фотосинтетических пигментов в планктоне оз.Ильмень

Исследования растительных пигментов показали, что их концентрация в планктоне оз.Ильмень варьирует весьма значительно. В целом, количество зеленых пигментов(хлорофила "а"+"в"+"с") варьировало за время наблюдений от 2 до 33 мг/м^3, при этом доля хлорофилла "а" в нем составила от 44 до 92%. Наиболее часто

встречаемые концентрации хлорофилла "а" в период открытой воды - 3-10 мг/м^3, среднесезонные величины данного показателя варьировали на различных участках акватории в тех же пределах. Средняя за три сезона наблюдений концентрация хлорофилла "а" составила 5,8 мг/м^3. Концентрации других видов хлорофиллов были значительно ниже. Содержание хлорофилла "с" колебалось от "в следах" до 9,8 мг/м^3, хлорофилла "в" - от "в следах" до 3,2 мг/м^3. Величины концентрации каротиноидов во всех пробах были близки величинам концентрации хлорофилла "а" и колебались от 0,7 до 26,2 мк SPU/л. Величины средних за сезон показателей соотношения хлорофиллов "с"/"а" равнялись 0,25; "в"/"а" - 0,15; к/"а" - 0,84, то есть находились в пределах, отмеченных для водоемов разного типа (Елизарова, 1975). Содержание феопигментов в оз.Ильмень оказалось довольно значительным - в среднем за три сезона - 38% от их суммы с чистым хлорофиллом. Объясняется это тем, что в толще мелководного, часто перемешиваемого ветрами водоема постоянно присутствует водорослевый детрит.

Количество хлорофилла "а" в планктоне озера изменялось в сезонном аспекте соответственно биомассе фитопланктона, пики этих двух показателей, как правило, совпадали, коэффициент их положительной корреляции составил 0,75. Следует отметить, что сезонные колебания содержания хлорофилла "а" были выражены менее резко, чем колебания величины биомассы фитопланктона. За время наших наблюдений на оз.Ильмень, количество фотосинтетических пигментов, содержавшихся в единице биомассы, колебалось от 0,1 до 1,6%, а в среднем за три года исследований составило 0,29%. Наибольшее содержание хлорофилла в биомассе было в июне-июле, а наименьшее - в октябре. Сравнение с литературными данными показало, что сезонная динамика концентрации хлорофилла "а" в единице биомассы фитопланктона, установленная для оз.Ильмень, типична для мелководных водоемов, подверженных постоянному ветровому перемешиванию (Елизарова, 1974; Сенатская, 1977; Пырина и др., 1981).

4.2. Продукция фитопланктона оз.Ильмень

Определения продукции фитопланктона оз.Ильмень проводились и до настоящего исследования - в 1969 - 1974 годах (Степанова, 1972; Смирнова, 1977). Низкая величина прозрачности воды озера - 0,1-1,6 м - сказывается на характере продуцирования фитопланктона. Это выражается в значительном сокращении продукционных про-

цессов даже при незначительном возрастании глубины. Как правило, максимальный фотосинтез отмечался у поверхности, а на глубине Iм происходило его резкое снижение. Установлено, что отношение интенсивности фотосинтеза в "оптимальном" слое к суммарной продукции под квадратным метром поверхности – $\frac{а\ макс.}{\Sigma А}$ – хорошо отражает характер распределения фотосинтеза по глубинам (Трифонова, I976, I979). В оз.Ильмень это отношение изменялось в зависимости от метеоусловий от 0,6 до 2,0; в среднем за сезон в год с благоприятными для вегетации фитопланктона метеоусловиями (I974) – оно составило 0,72, в то время как в неблагоприятный (I980) – I,2. Средняя за годы наших исследований величина данного отношения составила I,I. Эти данные хорошо показывают, что продукционный слой оз.Ильмень вообще ограничен, кроме того, что он значительно сокращается при неблагоприятных метеоусловиях.

Валовая продукция фитопланктона оз.Ильмень может как превышать общую деструкцию, так и быть меньше ее (табл.3). Средняя за годы имеющихся наблюдений суммарная продукция фитопланктона на I0% превышает соответствующую величину деструкции. Известно, что отношение показателя продукции к деструкции, близкое к единице, типично для мезотрофных водоемов (Бульон, I978).

Таблица 3

Элементы биотического баланса фитопланктона оз.Ильмень ($кДж/м^2$)

Год	А	Р	Д	А-Д	Литературный источник
I969-I970	363I,47	225I,50	3734,46	-I03	Степанова, I972
I97I	5467,74	3390,00	4860,I5	+608	Смирнова, I977
I974	I07I7,I8	6644,65	7995,57	+2722	Смирнова, I977
I979	4543,0I	28I6,67	5I00,97	-558	Наши данные
I980	3754,I8	2327,59	3648,II	+I06	Наши данные
Средняя	5622,72	3486,08	5067,85	+555	

Важным показателем, определяющим роль фитопланктона в создании органического вещества, которое обеспечивает существование гетеротрофных организмов, служит величина эффективной продукции. Для определения интенсивности дыхания фитопланктона было принято, что в слое максимального фотосинтеза оно составляло I0% от валовой первичной продукции (Райтер, I956; цит.по: Винберг, I960;

Шевченко, I980). Далее рассчитывался расход кислорода на единицу биомассы фитопланктона в этом слое (R_1/B), затем эта величина умножалась на биомассу фитопланктона под квадратным метром. Таким образом определялась интенсивность дыхания для всего водного столба. Суточная величина R_1/B за весь период наблюдений колебалась от 0,03 до 0,28. Таким образом, траты фитопланктона оз.Ильмень на дыхание составляли от 0,09 до I,2 гO_2/м^2, что составляло от I6 до 58% валовой продукции (в среднем за два сезона 38%). Указанная величина несколько выше применяемой обычно, что объясняется спецификой условий оз.Ильмень: низкой прозрачностью; постоянным ветровым перемешиванием воды, которое приводит к перемещению активного, неадаптированного к темновым условиям фитопланктона из верхних горизонтов в придонные и наоборот. Интересно отметить увеличение трат на дыхание в неблагоприятном для фитопланктона по метеоусловиям году (I980) по сравнению с годом более благоприятным (I979) - 44 и 32% валовой продукции соответственно. Величина эффективной продукции в среднем за годы исследований колебалась более чем в три раза (табл.3).

Для определения роли фитопланктона в экосистеме водоема важно знать отношение величины его продукции (Р) (или фотосинтеза Ф) к биомассе (В). Удалось установить, что между фотосинтезом фитопланктона оз.Ильмень на "оптимальной" глубине и его биомассой в этом слое, существует прямо пропорциональная зависимость, однако при различных абиотических условиях она несколько различается. Первый случай наблюдался в открытой части центрального плеса водоема при стабильных гидрометеоусловиях (постоянно умеренный ветер), зависимость выражалась уравнением $y = 0,56x - 0,I$, где y - фотосинтез на "оптимальной" глубине в мгO_2/л, x - биомасса фитопланктона ($r = 0,95$, $\sigma = I3,6\%$). Величина Ф/В при этом колебалась от 0,3 до 0,8. Второй случай наблюдался в моменты смены ветреной погоды на спокойную, зависимость выражалась уравнением $y = 0,76x + 0,66$ ($r = 0,95$, $\sigma = I2,9\%$). Коэффициент Ф/В в этом случае был значительно выше, от 0,9 до 2,0. Такая же зависимость отмечена и для районов закрытого прибрежья. Таким образом, резкое возрастание фотосинтетической активности единицы биомассы фитопланктона имеет место при относительно высоком содержании биогенов после ветрового перемешивания и в прибрежье. Увеличение фотосинтетической активности единицы биомассы при повышении концентрации биогенов и температуры отмечалось и другими авторами (Трифонова, I978; Девяткин, Митропольская, I979; Тере-

шенкова, 1978). Величины Р/В-коэффициентов фитопланктона оз.Ильмень, рассчитанные для столба воды, за годы наблюдений колебались от I,7 (июль) при среднесуточной температуре воды 22°С до 0,04 (октябрь) при среднесуточной температуре воды 8°С. Средние за месяц величины данного отношения колебались на два порядка величин (табл.4). При этом, средние за четыре месяца величины Р/В-коэффициента оказались за два года наблюдений практически равны.

Таблица 4

Средние за месяц величины суточных Р/В-коэффициентов фитопланктона оз.Ильмень, рассчитанные для столба воды

Год	Район	Месяц						$\overline{Р/В}$ за УI-IX
		У	УI	УП	УШ	IX	X	
I979	Центр	-	I,04	0,5	0,5I	0,33	-	0,60
I979	Литораль	-	2,97	I,93	2,07	I,07	-	2,0I
I980	Центр	0,5	I,04	I,05	0,28	0,I7	0,04	0,64

Самые высокие Р/В-коэффициенты отмечены в период летнего минимума биомасс. Суточные Р/В-коэффициенты в прибрежье были всегда выше, чем в центре озера. Это объясняется тем, что в прибрежье постоянно поступают биогены с водосбора, что, в свою очередь, определяет преимущественную вегетацию мелкоклеточных форм фитопланктона в данном биотопе. Для биотопа прибрежья характерна меньшая проточность и большая величина прозрачности воды. Сезонные Р/В-коэффициенты фитопланктона озера составляли - I00 в I979 и 89 в I980 году.

В целом, по среднемноголетним данным о количестве и динамике фотосинтетических пигментов, первичной продукции и соотношении продукционно-деструкционных процессов, оз.Ильмень вписывается в рамки, определяемые для озер мезотрофного типа, в благоприятные годы - эвтрофного типа.

Глава 5. ОСОБЕННОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА оз.ИЛЬМЕНЬ И РОЛЬ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ В ЕГО ФОРМИРОВАНИИ

На основании собственных материалов и литературных данных проведен анализ роли абиотических факторов в формировании фитопланктона водоема. Выделяется два фактора, оказывающих наиболее значительное влияние на жизнь гидробионтов оз.Ильмень. Таковыми

являются температура и динамика вод, состоящая из вертикального и горизонтального их перемещения вследствие высокой проточности и постоянного ветрового перемешивания. Температурный режим оказывает значительное влияние на сезонную сукцессию видов в планктоне. Весной и осенью в водоеме отмечается массовое развитие холодолюбивых диатомовых - Aulacosira islandica, A.italica subsp.subarctica, A.distans, A.italica , в летний период - теплолюбивых: A.granulata, A.ambigua. Летом отмечено также развитие теплолюбивых видов из других отделов - зеленых, криптофитовых, синезеленых и пр. Отмечена зависимость уровня развития летних комплексов фитопланктона от температуры воды в диапазоне температур от 15 до 24°С, что подтверждается высоким положительным коэффициентом корреляции между указанными показателями.

Высокий уровень водообмена и частые ветровые перемешивания накладывают глубокий отпечаток на особенности флористического спектра, а также состав доминантных форм фитопланктона оз.Ильмень, что выражается в высоком удельном весе диатомовых в тотальной биомассе фитопланктона на протяжении всего года. Подобный факт свидетельствует о своеобразии фитопланктона оз.Ильмень, так как для озер подобного гидрологического и гидрохимического режима характерно преобладание в летний период синезеленых, как в чистом виде, так и в сочетании с динофитовыми (Hutchinson, 1967). В оз.Ильмень же массовое развитие синезеленых отмечается преимущественно в прибрежной зоне, но и там их относительное развитие не превышало 42% от общей биомассы. Уровень развития крупных динофитовых в оз.Ильмень крайне низок и находится на уровне, характерном для северны олиготрофных водоемов (Никулина, 1978).

Как результат ветрового перемешивания, в фитопланктоне происходит смена руководящих форм: травмируются и погибают колониальные виды, такие как Pediastrum и Asterionella , одновременно происходит усиление развития центрических диатомовых и появление в планктоне бентосных форм. В зависимости от интенсивности ветрового перемешивания и характера биотопа, биомасса крупноклеточных бентосных форм достигала от 14 до 74% биомассы всего фитопланктона. Наибольшее их развитие отмечено в зонах смешения различных речных вод, наименьшее - в прибрежье. Высокая проточность и частые ветровые перемешивания воды оз.Ильмень способствуют ускорению круговорота биогенов. Для выявления роли биогенов, содержащихся в грунтах, на развитие

фитопланктона нами была проведена серия экспериментов в полиэтиленовых садках (Терешин и др., I98I). Опыты показали, что добавка грунтов в садки способствовала обогащению воды биогенами и резко стимулировала развитие фитопланктона. Особенно высок этот эффект был в тех вариантах опыта, где грунт периодически взмучивался. Биомасса фитопланктона в вариантах с перемешиванием в среднем в 3,6 раза превышала биомассу фитопланктона при его отсутствии. Характерно, что положительный эффект ветрового перемешивания, состоящий в мобилизации биогенов, проявлялся, как правило, после прекращения штормов и выражался в интенсификации продукционных процессов в водоеме. Ветровое же перемешивание как таковое, являлось фактором отрицательным, значительно сокращающим продукционный слой за счет подъема в толщу воды песка и ила и тем самым уменьшающим продуктивность всего водоема (табл.3).

Таким образом, сочетание ряда абиотических факторов, как-то: климатические (частые и сильные ветры), черты морфометрии (большая площадь при исключительной мелководности и простом рельефе), особенности гидрологии (значительный водообмен) обуславливает специфику фитопланктона оз.Ильмень. Сущность ее состоит в том, что флористическая характеристика как бы "отстает" от показателя обилия, а среди показателей, описывающих обилие, биомасса "отстает" от продукции, что обуславливает высокую степень оборачиваемости единицы биомассы фитопланктона. Именно эти черты обуславливают значительную устойчивость водоема к росту его эвтрофикации, что с точки зрения экологии представляет значительный теоретический интерес.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За период исследований (I975 - I980 гг.) в фитопланктоне оз.Ильмень обнаружено 445 видов, разновидностей и форм водорослей, распределяющихся по восьми отделам в следующем отношении: Cyanophyta - 66, Chrysophyta - 27, Bacillariophyta - II9, Cryptophyta - 7, Dynophyta - I6, Euglenophyta - 43, Xanthophyta - I3, Chlorophyta - I54. 384 из них обнаружено впервые для данного водоема.

Сезонная динамика численности фитопланктона определяется двумя пиками. Первый из них определяется массовой вегетацией диатомовых и приходится на конец весеннего пика биомассы. Второй же, как правило, больший, определяется массовой

вегетацией диатомовых и синезеленых и предшествует осеннему пику биомасс.

Сезонная динамика биомассы фитопланктона оз.Ильмень характеризуется, как правило, тремя пиками. Они приурочены к весне, концу лета и ранней осени. Такой характер динамики биомассы определяется сезонным режимом поступления биогенов в толщу воды и ветровым перемешиванием,значительно ускоряющим их круговорот.

По биомассе в планктоне оз.Ильмень практически в течение всего года доминируют представители родов Aulacosira и Stephanodiscus , уровень вегетации которых возрастает в ветреные и многоводные периоды. Характерно также постоянное присутствие в планктоне озера крупноклеточных бентосных форм. Величина биомассы фитопланктона варьирует в межгодовом аспекте незначительно (2,57-3,08 г/м^3). Средние же показатели биомассы фитопланктона в тот или иной месяц в различные годы колебались весьма существенно (до 7 раз). Последнее говорит о том, что фитопланктон в течение каждого сезона реализует примерно одно и то же количество биогенов. Отклонения же в развитии фитопланктона в ходе самого сезона определяются гидрометеоусловиями. В целом,по уровню развития биомассы фитопланктона, оз.Ильмень можно отнести к типичным мезотрофным водоемам, стоящим на нижнем уровне мезотрофии.

Среднее за три года наблюдений содержание хлорофилла "а" в летнем планктоне равнялось 5,3 мг/м^3, что составляет 9I % от среднего содержания хлорофилла "а" за сезон открытой воды. Содержание хлорофилла "а" в единице биомассы колебалось по отдельным датам на порядок величин, составляя в среднем 0,29 %. Динамика хлорофилла "а" в планктоне имела, как правило, общую тенденцию с динамикой биомассы (коэффициент корреляции составляет 0,75). Для оз.Ильмень характерно повышенное содержание феопигментов - 38 % от их суммы с чистым хлорофиллом. В целом,по концентрации хлорофилла в планктоне,озеро может быть отнесено к разряду мезотрофных водоемов.

Валовая продукция фитопланктона за сезон, в зависимости от гидрометеоусловий года, изменяется от 3,8 тыс.кДж/м^2 (холодные годы с преобладанием штормовой погоды) до I0,7 тыс.кДж/м^2 (теплые годы с преобладанием штилей). Уровень продуктивности фитопланктона в оптимальных условиях соответствует продуктивности водоемов эвтрофного типа. Для фитопланктона оз.Ильмень характерны довольно высокие значения удельной фотосинтетической ак-

тивности единицы биомассы в поверхностном слое: в среднем за период наблюдений величина АЧ - 2,79 мгС/мг хлорофилла "а" за час, суточный Р/В - коэффициент - 1,8, что свидетельствует о больших продукционных возможностях фитопланктона озера.

Основываясь на характеристиках фитопланктона, в оз.Ильмень можно выделить ряд биотопов. Центральный плес подразделяется на зоны влияния крупнейших притоков. В периоды повышенной ветровой активности отмечено повышение однородности фитопланктона центрального плеса. В качестве отдельного биотопа выделена зона заливов, фитопланктон которой характеризуется следующими особенностями: преимущественное развитие мелкоклеточных видов водорослей, определяющее пониженную биомассу, повышенные численность и скорость оборачиваемости по сравнению с фитопланктоном центральной зоны.

Особенности развития фитопланктона оз.Ильмень определяются сочетанием следующих абиотических факторов: частыми и сильными ветрами, большой площадью озера при исключительной мелководности и простом рельефе, значительным водообменом. Они состоят в том, что флористическая характеристика, как показатель трофии, как бы "отстает" от показателя обилия, а среди показателей, описывающих обилие, биомасса "отстает" от продукции, что обуславливают значительную устойчивость водоема к росту эвтрофикации.

Процент выхода рыбопродукции по отношению к первичной продукции, рассчитанный для оз.Ильмень, довольно высок - 0,29, что объясняется значительной ролью аллохтонной органики в биотическом балансе водоема (аллохтонная органика составляет 25-44% от первичной продукции фитопланктона). Полученная величина выхода рыбопродукции в зависимости от первичной продукции рекомендуется для составления долговременных прогнозов по вылову рыбы.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

I. При оценке качества воды в оз.Ильмень и прогнозировании его изменений, в качестве базы для сравнения использовать все характеристики фитопланктона (видовой состав доминантов; строение ценозов; характер горизонтального и вертикального распределения показателей обилия; численность; биомасса; продукция и пигменты), которые даются в настоящей работе.

2. При составлении долговременных прогнозов уловов рыбы по оз.Ильмень наряду с корректировкой по данным метеорологических прогнозов, учитывать прогнозы изменений фитопланктона - сообщества, формирующего кормовую базу рыб.

По теме диссертации опубликовано:

I. Авинская Е.В. Летний фитопланктон оз.Ильмень (по данным I975-I976 гг.). Известия ГосНИОРХ, Л., I978, т.I32, с.56-66.

2. Авинская Е.В. Сезонная динамика фитопланктона оз.Ильмень (по данным I978 г.). Сборник научных трудов ГосНИОРХ, I98I, вып.I6I, с.97-I04.

3. Авинская Е.В. Продукция фитопланктона оз.Ильмень. Сборник научных трудов ГосНИОРХ, I98I, вып.I62, с.I20-I33.

4. Терешин А.Б., Коростылева А.Б., Иванова О.Н., Авинская Е.В. Влияние донных отложений на развитие фитопланктона. Тезисы докл. на XI сессии по проблеме "Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера", I98I, Петрозаводск, с.24-25.

5. Авинская Е.В. Роль отдельных лимнологических факторов в формировании фитопланктона оз.Ильмень, I983, вып.I96. Сборник научных трудов ГосНИОРХ

Зак. 1528 М19322 15.11.83 г. Бесплатно