ВЕЙСБЕРГ ЕЛЕНА ИВАНОВНА

На правах рукописи
УДК 581.524/526.32+470.55

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ПРЕСНОВОДНЫХ МАКРОФИТОВ ОЗЕР ЮЖНОГО УРАЛА
(на примере Ильменского государственного заповедника)

03.00.05 - ботаника

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Екатеринбург
1997

Работа выполнена в Институте экологии растений и животных и в Ильменском государственном заповеднике УрО РАН.

Научный руководитель: **академик РАН, доктор биологических наук, заслуженный деятель науки РФ, профессор П. Л. Горчаковский**

Официальные оппоненты: **доктор биологических наук, профессор Г. И. Таршис**
кандидат биологических наук, ст. научн. сотр. А. П. Васильчикова

Ведущее учреждение: Уральский государственный университет им. А. М. Горького

Защита диссертации состоится «13» 05 1997 г. в «15» час на заседании диссертационного совета Д 002.05.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук в Институте экологии растений и животных УрО РАН (620114, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института экологии растений и животных.

Автореферат разослан «11» 04 1997 г.

Ученый секретарь специализированного совета

кандидат биологических наук **М. Г. Нифонтова**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Водные и прибрежно-водные макрофиты являются одним из основных компонентов водных экосистем. Будучи вовлечены в разнообразные процессы, макрофиты играют огромную роль в поддержании естественного равновесия в водоемах и в природных ландшафтах в целом. Поскольку макрофиты образуют самые разнообразные по видовой, экобиоморфологической, пространственной структуре и биотопической приуроченности сообщества, интерес представляет синэкологическая направленность исследований. Водная растительность влияет на химические и физические свойства воды, служат мощным биологическим фильтром в процессе естественного самоочищения водоемов. С другой стороны, она отражает его гидрологический и термический режим, может характеризовать специфику его химизма, трофический статус, возраст и другие свойства. Водные фитоценозы и отдельные виды макрофитов можно использовать в качестве эффективных биоиндикаторов при определении степени и характера антропогенного воздействия. В связи с этим, важно включать сообщества макрофитов в систему экологического мониторинга. Для этого необходимо прежде всего исследовать растительность эталонных водоемов, где воздействие человека минимально.

Гидроботанические исследования особо актуальны на Южном Урале, где сосредоточено большое количество разнотипных озер, которые в той или иной степени подвержены антропогенному воздействию. Наименее нарушенными, условно эталонными, можно считать озера Ильменского заповедника.

Цель и задачи работы. Цель настоящей работы — изучение состава, структуры и динамики сообществ макрофитов озер Ильменского заповедника.

В связи с этим поставлены следующие задачи:

1. Определить флористический состав макрофитов Ильменских озер.

2. Выявить и охарактеризовать основные сообщества макрофитов, закономерности их размещения, естественную и антропогенную динамику в озерах различных типов.

3. Наметить перспективы мониторинга водных экосистем по ботаническим признакам и разработать систему эталонных участков для фитомониторинга.

Научная новизна. Впервые для Южного Урала установлен состав флоры макрофитов разнотипных озер Ильменского заповедника, изучен синтаксономический состав растительных сообществ. исследованы закономерности пространственного распределения макрофитов в разнотипных озерах и основные черты динамики водных фитоценозов. В изучении макрофитной растительности пресноводных водоемов впервые применен системный подход.

Практическая значимость работы. Результаты исследований составляют основу системы мониторинга водных экосистем в регионе и прогнозирования различных процессов как в эталонных, так и в нарушенных водоемах.

Публикация результатов исследований и апробация работы. По теме диссертации опубликовано 5 работ, 1 работа сдана в печать. Материалы исследований вошли в ежегодные отчеты Ильменского заповедника «Летопись природы ИГЗ (1989—1996 гг.)». Результаты исследований были представлены на совещании «Эколого-экономические аспекты организации национальных природных и ландшафтных парков» в Екатеринбурге в 1992 г.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, списка литературы и приложения. Общий объем диссертации — 170 страниц, из них 141 страница машинописного текста, 39 рисунков; приложения — 40 страниц. Список литературы содержит 256 наименований, из них 17 — на иностранных языках.

ГЛАВА 1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ИЛЬМЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Приведена краткая характеристика геологического строения, рельефа, почвенного покрова, гидрологической сети, растительности территории заповедника.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Характеристика исследованных озер. Изучалась растительность четырех озер: Большое Миассово, Большой Ишкуль, Большой Таткуль, Аргаяш. Они относятся к Ильменской группе, включающей ряд меридионально вытянутых вдоль хребтов цепочек озер в восточных предгорьях Южного Урала. Приведена их подробная характеристика. Выбранные озера представляют два основных типа озер, встречающихся в заповеднике. Опираясь на морфометрические, гидрохимические, гидробиологические показатели, можно отнести Большое Миассово, Большой Ишкуль к мезотрофному типу, Большой Таткуль, Аргаяш эвтрофному (Таусон, 1940; Боган, 1959; Эколого-продукционные особенности, 1978).

Материал и методика. Полевые исследования проводились в 1990—1995 гг. в период максимального развития растительности (июль). Применялась стандартная методика экологических профилей (Белавская, 1979; Катанская, 1975; и др.). Профили закладывались на типичных участках водоемов. Выделялись зоны вдоль градиента глубины, определялся характерный для них спектр растительных сообществ, закладывались геоботанические площадки. В описаниях отмечались местонахождение группировки, условия местообитания, видовой состав, пространственная структура, для каждого вида — обилие по шкале Друде, фенофаза, балл жизненности. Проанализировано 18 экологических профилей и 152 описания водных и прибрежно-водных фитоценозов. Определена синтаксономическая принадлежность всех растительных сообществ. Для каждого озера составлены флористические списки с определением жизненных форм и сводные таблицы геоботанических описаний. Для обработки описаний были применены математические методы (см. гл. 3, 4). Расчеты производились на PC IBM при помощи программ Microsoft Exel 5.0a и BIODIV (авторы П. Баев, Л. Пенев).

ГЛАВА 3. ФЛОРА ВОДНЫХ И ПРИБРЕЖНОВОДНЫХ МАКРОФИТОВ

О понятиях «водные макрофиты» и «макрофиты водоемов». Обсуждается трактовка терминов «водные макрофиты», «макрофиты водоемов», в гидроботанической литературе. В диссертации под макрофитами водоемов понимались крупные водоросли, мхи и сосудистые растения, нормально развивающиеся в условиях водной среды и избыточного увлажнения и обитающие в воде и в прибрежной зоне (Горлова, 1991, Папченков, 1985; Dam, Kooman, 1978; Westlake, 1975 и др.).

Состав флоры. В период исследований нами зарегистрирован 81 вид макрофитов, из них 49 (61.5 %) — водных и 32 (39.5 %) — прибрежных. Их таксономическое разнообразие представлено в таблице 1.

Таблица 1

Репрезентативность различных таксономических групп макрофитов озер Ильменского заповедника по данным исследований 1990—94 г.

Таксоны	Количество в отделе					Всего
	Magnoliophyta	*Polypodiophyta*	*Equisetophyta*	*Bryophyta*	*Charophyta*	
Семейство	31	1	1	1	1	35
Род	45	1	1	1	2	50
Вид	74/91.4	1/1.2	1/1.2	1/1.2	4/4.9	81

* В числителе — количество видов, в знаменателе — % от общего числа видов макрофитов.

Рассмотрен видовой состав различных семейств. По числу видов преобладают осоковые и рдестовые (по 11 видов или 14.9 %), злаковые насчитывают 5 видов (6.8 %), нимфейные — 4 (5.4 %), частуховые, гречиховые, лютиковые, водокрасовые, рясковые — по 3 вида (4 %), остальные семейства — 1—2 вида (2.7—1.4 %).

Таксономический состав макрофитов разнотипных озер. Проанализированы флористические списки озер. Исключительным богатством отличается оз. Б. Миассово (78 видов, 94 % от общего числа). Этот показатель ниже для оз. Б. Ишкуль (62 вида, 76.5 %). Значительно беднее видовой состав макрофитов в оз. Аргаяш (47, 58 %) и особенно в оз. Б. Таткуль (37, 45.6 %). Соотношение видов водных и прибрежных растений меняется в эвтрофных озерах в пользу гигрофитов: в Б. Миассово — 50 (65.8 %) и 26 (34.2 %), в Б. Ишкуле — 40 (64.5 %) и 22 (35.5 %), в Аргаяше — 30 (61.2 %) и 19 (38.8 %), в Б. Таткуле — 24 (61.5 %) и 15 (38.8).

Флора озер сравнивалась по качественному признаку методом кластерного анализа с применением коэффициента сходства Чекановского-Съеренсена. Количественные соотношения видового состава семейств анализировались тем же методом (Песенко, 1985). Полученные дендрограммы (рис. 1) показывают высокое сходство всех озер по этим признакам, что закономерно ввиду их при-

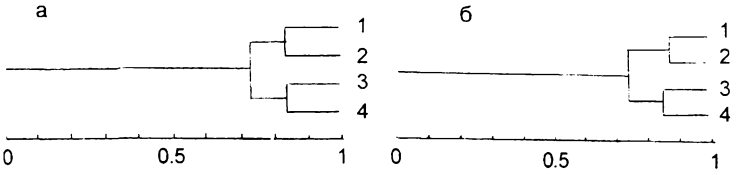


Рис. 1. Дендрограммы сходства (индекс Чекановского-Съеренсена): а — видового состава макрофитов озер Ильменского заповедника; б — видового состава различных семейств.

1 — Озеро Большое Миассово; 2 — Озеро Большой Ишкуль; 3 — Озеро Аргаяш; 4 — Озеро большой Таткуль.

уроченности к одной природно-географической зоне. Наибольшее сходство обнаружено между озерами, имеющими одинаковый трофический статус.

Анализ на уровне надвидовых таксонов показал, что в ряду озер Б. Миассово — Б. Ишкуль — Аргаяш — Б. Таткуль прослеживается обеднение флоры (табл. 2). Наряду с уменьшением числа таксонов наблюдается изменение их пропорций. Это связано с уменьшением разнообразия мест обитания. Очевидно, помимо этого существует связь флористического богатства с трофическим статусом озер.

Таблица 2

Показатели таксономического разнообразия макрофитов разнотипных озер Ильменского заповедника.

Озеро	Число таксонов			Соотношение таксонов		
	видов	родов	семейств	вид/сем.	род/сем.	вид/род
Б. Миассово	76	51	35	2.2	1.5	1.5
Б. Ишкуль	62	43	30	2.1	1.4	1.4
Аргаяш	49	35	24	2.0	1.4	1.4
Б. Таткуль	39	30	23	1.7	1.3	1.3

ГЛАВА 4. СООБЩЕСТВА ОЗЕРНЫХ МАКРОФИТОВ: ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ И ВИДОВАЯ СТРУКТУРА.

Классификация растительных сообществ. Рассмотрены принципы классификации фитоценозов. Следуя В. М Катанской (1971, 1981), И. Л. Кореляковой (1977), В. Г. Папченкову (1985), и многим другим, нами принята физиономическая классификация фитоценозов.

Основные группы формаций, формации и ассоциации. В исследованных озерах обнаружено 27 макрофитов, образующих формации (34.2 % от общего числа видов). В работе приведена развернутая характеристика основных сообществ и их биотопов, распространение в озерах.

1. Группа формаций гелофитов включает главным образом 2 формации. Формация тростника обыкновенного (*Phragmiteta australis*) распространена во всех озерах, основные ассоциации — чистая тростниковая (*Phragmites australis ass.*), водноразнотравно-тростниковая (*Phragmites australis — Herba mixtae aquatiles ass.*), влаголюбиворазнотравно-тростниковая (*Phragmites australis + Herba mixtae hygrophilae ass*). Формация камыша озерного (*Scirpeta lacustris*) представлена ассоциациями: чистой камышовой (*Scirpus lacustris ass.*), водноразнотравно-камышовой (*Scirpus lacustris + Herba mixtae aquatiles ass.*), камышовой с кубышкой желтой (*Scirpus lacustris — Nuphar lutea ass.*) и камышовой с гречихой земноводной (*Scirpus lacustris — Polygonum amphibium ass.*), больших площадей не занимает.

2. Группа формаций гидрофитов погруженных с плавающими листьями включает 3 формации. Формация кубышки желтой (*Nuphareta lutei*) характерна для всех озер. Основные ассоциации — водноразнотравно-кубышковая (*Nuphar lutea — Herbae mixtae aquatiles ass.*), роголистниково-кубышковой (*Nuphar lutea-Ceratophyllum demersum ass.*). Формация гречихи земноводной (Polygoneta amphibii) менее распространена. Основные ассоциации — водноразнотравно-гречиховая (*Polygonum amphibium-Herbae mixtae aquatiles ass*), чистая гречиховая (*Polygonum amphibium ass.*) и камышово-гречиховая (*Polygonum amphibium-Scirpus lacustris ass.*). Формация кувшинки чисто-белой (*Nympheeta candidae*) в оз. Аргаяш, представлена элодеево-кувшинковой ассоциацией (*Nymphae candida-elodea canadensis ass.*).

3. Группа формаций погруженных прикрепленных гидрофитов наиболее разнообразна. Формация элодеи канадской (*Elodeeta canadensis*) представлена ассоциациями колосовоурутьево-элодеевой (*Elodea canadensis + Myriophyllum spicatum ass.*) и водноразнотравно-элодеевой (*Elodea canadensis + Herbae mixtae aquatiles ass.*), не имеет широкого распространения. Формация рдеста блестящего (*Potamogetoneta lucentis*) встречается в мезотрофных озерах, основные формации — чистая блестящердестовая (*Potamogeton lucens ass.*), нителлово-блестящердестовая (*Potamogeton lucens + nitella sp. ass.*), пронзеннолистно-блестящердестовая с водным разнотравьем (*Potamogeton lucens + Potamogeton perfoliatus + Herbae mixtae aquatiles ass*). Формация рдеста стеблеобъемлющего (*Potamogetoneta perfoliatis*) небольшими фрагментами отмечена во всех озерах, кроме Аргаяша. Основные ассоциации — харово-стеблеобъемлюще-рдестовая (*Potamogeton perfoliatus + chara sp. ass.*), водноразнотравно-стеблеобъемлющердестовая (*Potamogeton perfoliatus + Herbae mixtae aquatiles ass.*), роголистниково-стеблеобъемлющердестовая (*Potamogeton perfoliatus + Ceratop-hyllum demersum ass*). Формация урути колосистой (*Myriophylleta spicati*) отмечена во всех озерах. Основные ассоциации — элодеево-колосоурутьевая (*Myrio-phyllum spicatum + Elodea canadensis ass.*), водноразнотравно-колосовоурутьевая (*Myriophyllum spicatum + Herbae mixtae aquatiles ass.*). Формация телореза обыкновенного (*Stratioteta aloiditis*) обычна во всех озерах, кроме Б. Таткуля. Основные ассоциации — воднорознотравно-телорезовая (*Stratiotes aloides + Herbae mixtae aquatiles ass.*), чистая телорезовая (*Stratiotes aloides ass.*). Формация роголистника

погруженного (*Ceratophylleta demersii*). Преобладает в Б. Таткуле, отсутствует в других озерах. Основные ассоциации — чистая роголистниковая (*Ceratophyllum demersum ass.*) и урутьево-роголистниковая (*Ceratophyllum demersum + myriophyllum spicatum ass.*).

Кроме того, в прибрежной зоне всех озер встречаются сообщества с доминированием осок и рогоза широколистного. В Б. Миассово образуют формации харовые водоросли. Формации хвоща топяного, болотницы болотной, ежеголовника простого, стрелолиста обыкновенного, кубышки малой, рогоза узколистного отмечены единично в озерах Б. Миассово, Б. Ишкуль.

Выявлено, что спектры основных растительных формаций мезотрофных озер — Б. Миассово и Б. Ишкуль — совпадают (табл. 3). В оз. Аргаяш отсутствуют формации рдестов, а *Nympheeta candidae* и *Elodeeta canadensis* широко распространены. Преобладающей оказалась *Stratioteta aloiditis*. Оз. Б. Таткуль оказалось очень бедным в фитоценотическом отношении, основа растительности — роголистниковая формация. Озера разделились на две группы по фитоценотическому разнообразию соответственно их трофическому статусу. Формации в эвтрофных озерах включают меньшее число ассоциаций, а их видовой состав беднее.

Видовая структура различных формаций. Видовая структура конкретных группировок водных и прибрежно-водных макрофитов отражена в сводной таблице диссертации. Количественной характеристикой присутствия видов в растительных сообществах послужила оценка обилия по видоизмененной пятибальной шкале Друде. Анализ сходства видовой структуры сообществ проведен методом кластерного анализа с применением индекса Чекановского-Съеренсена. Геоботанические описания обрабатывались отдельно по каждому из озер. Оказалось, что фитоценозы, относящиеся к одной и той же формации, имеют высокую степень сходства видового состава (рис. 2). Результаты кластерного анализа соответствуют физиономической классификации растительных сообществ, из чего следует, что этот метод может использоваться для выделения растительных формаций на водоемах. Вероятно, при достаточном количестве описаний можно выделить кластеры, соответствующие ассоциациям. Можно предположить, что более высокий уровень сходства растительных сообществ внутри формаций в эвтрофных озерах является показателем меньшего разнообразия ассоциаций, чем в мезотрофных.

Видовое разнообразие. Проанализировано видовое разнообразие основных растительных формаций Ильменских озер. Использовались три индекса, характеризующие альфа-разнообразие: вероятность межвидовых встреч (PIE); мера, обратная концентрации доминирования Симпсона, иначе называемая индексом полидоминантности; информационный индекс Шеннона (Песенко, 1985). Значения индексов вычислялись для каждого геоботанического описания, затем находилось среднее значение для конкретных формаций по каждому озеру.

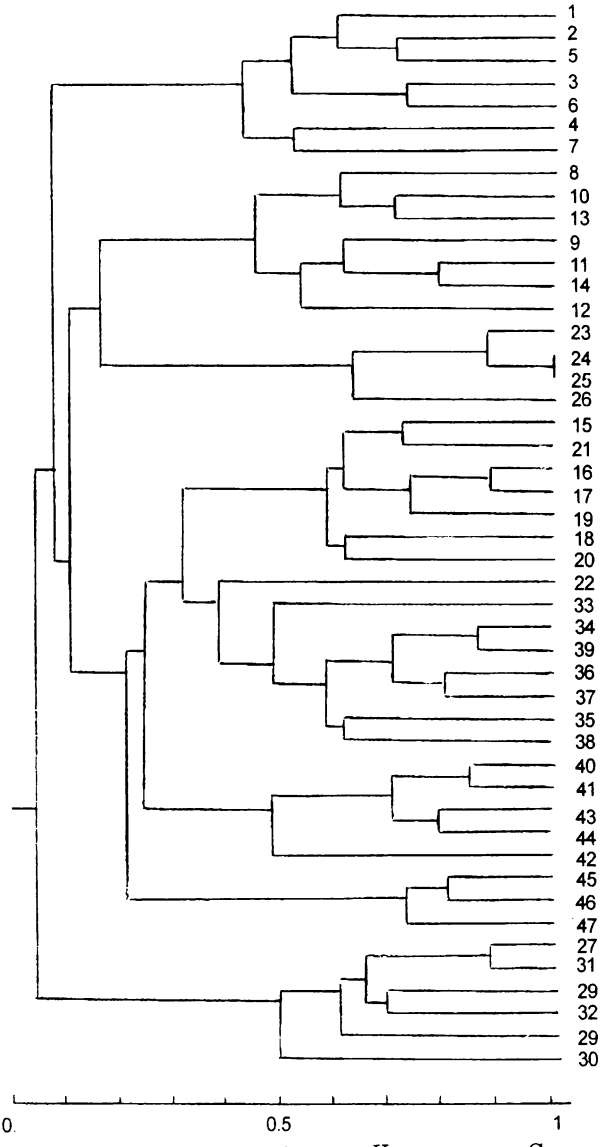


Рис. 2. Дендрограмма сходства (индекс Чекановского-Съеренсена) видовой структуры растительных сообществ оз. Б. Миассово.

Условные обозначения. 1—47 — номера геоботанических площадок, отнесенных к формациям: 1 — 7 —*Phragmiteta australis*, 8 — 14 — *Scirpeta lacustris*, 15 — 21 — *Nuphareta lutei*, 22 — 26 — *Polygoneta amphibii*, 27 — 33 — *Stratioteta aloiditis*, 34 — 39 — *Myriophylleta spicati*, 40 — 44 — *Potamogetoneta lucentis*, 45 — 47 — *Potamogetoneta perfoliatis*.

Таблица 3

Количество видов макрофитов, входящих в состав водных растительных сообществ озер Ильменского заповедника

Формация		Число видов			
№	Название	Б. Миассово	Б. Ишкуль	Аргаяш	Б. Таткуль
1	*Phragmiteta australis*	25	8	1	1
2	*Scirpeta lacustris*	12	8	5	-
3	*Nuphareta lutei*	15	12	5	6
4	*Polygoneta amphibii*	13	7	4	-
5	*Nympheeta candidae*	-	-	3	-
6	*Stratioteta aloditis*	20	14	4	-
7	*Myriophylleta spicati*	11	11	4	4
8	*Potamogetoneta lucentis*	6	8	-	-
9	*Potamogetoneta perfoliatis*	5	11	-	3
10	*Elodeeta canadensis*	-	-	4	-
11	*Ceratophylleta demersii*	-	-	-	4

Использование различных индексов дало в основном сходные результаты. То, что они коррелируют друг с другом показывает корректность их применения в данном случае и достоверность результатов. Общая тенденция: снижение видового разнообразия сообществ в ряду повышения трофности озер.

ГЛАВА 5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ОЗЕРНЫХ МАКРОФИТОВ

Понятие экологической структуры. Под экологической структурой в узком смысле понималась экобиоморфологическая структура, или состав и соотношение жизненных форм. С жизненными формами тесно связана пространственная структура фитоценозов, которая также является одним из аспектов экологической структуры. Основным компонентом экологических ниш для озерных макрофтов является вода, специфическая среда, обладающая рядом особенностей. Степенью связи с водной средой и обусловливаются основные черты различных экобиоморфологических групп.

Жизненные формы макрофитов и их соотношение в озерах различного типа. Под жизненной формой, или экобиоморфой, в современных определениях (Алеев, 1982; Крылов, 1984), основанных на работах И. Г. Серебрякова (1962, 1964), понимается адаптационная система растительного организма (Голубев, 1965; Лавренко, Свешникова, 1968). В диссертации использована экобиоморфологическая классификация озерных макрофитов В. Г. Папченкова (1985), разработанная на основе работ Т. Н. Кутовой (1953, 1957, 1974) и М. В. Маркова с соавторами (1955).

Во флоре макрофитов исследованных озер наиболее разнообразны гигрофиты — 32 вида, или 39.5 % от общего числа. Среди собственно водных растений выделяется группа прикрепленных погруженных гидрофитов (20 видов, или 25 %). Богат видовой состав низкотравных гелофитов (10 видов, или 12.3 %), несколько беднее — группы высокотравных гидрофитов и прикрепленных гидрофитов с плавающими листьями (6 видов, или 7.4 %). Остальные группы включают по 2 — 3 вида (2.5 — 3.7 %).

Видовой состав экобиоморфологических групп в различных озерах представлен в табл. 4.

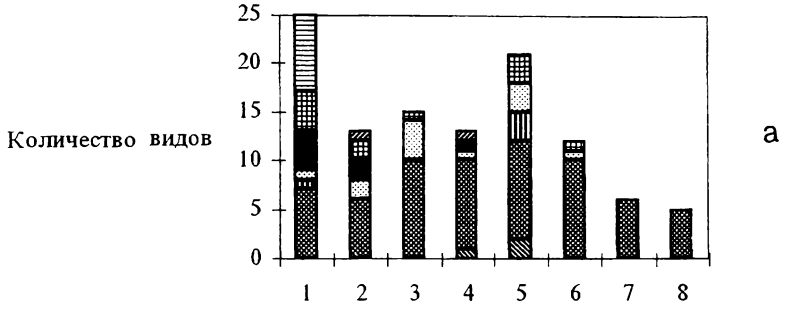
Таблица 4

Состав жизненных форм макрофитов в озерах Ильменского заповедника

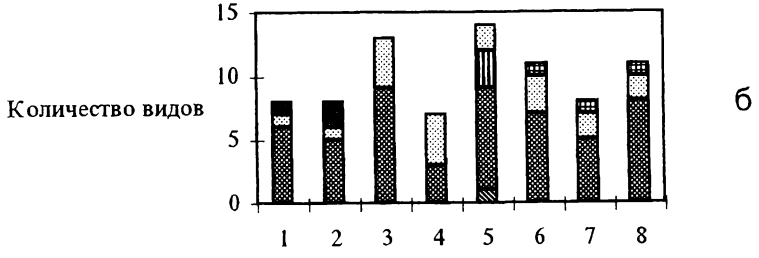
№	Экобиоморфы	Количество видов в озерах*				
		Большое Миассово	Большой Ишкуль	Арга-яш	Большой Таткуль	Всего
1	Гидрофиты, плавающие в толще воды	2/2.6	2/3.3	1/2.1	1/2.7	2/2.5
2	Гидрофиты погруженные, прикрепленные	20/25.7	12/19.7	8/17.0	6/6.2	20/25
3	Гидрофиты, плавающие на поверхности воды	3/3.9	3/4.9	3/6.8	3/8.1	3/3.7
4	Гидрофиты прикрепленные с плавающими листями	6/7.7	6/9.8	5/10.6	2/5.4	6/7.4
5	Гелофиты высокотравные	6/6.7	6/9.8	5/10.6	4/10.8	6/7.4
6	Гелофиты низкотравные	10/11.5	9/14.8	6/12.8	2/5.4	10/12.3
7	Гелофиты приземные	2/2.6	-	-	-	2/2.5
8	Околоводные растения	30/38.5	23/37.7	19/40.4	19/51.4	32/39.5

* В числителе — число видов, в знаменателе — % от общего числа

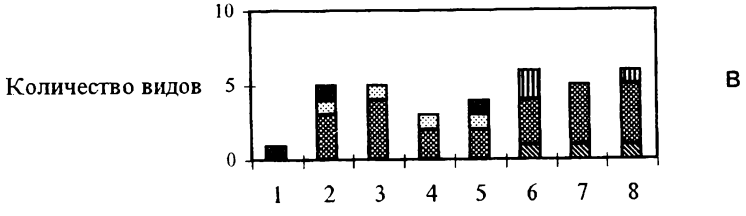
Проанализирован видовой состав экобиоморфологических групп различных растительных сообществ. Гистограммы (рис. 3) показывают общую закономерность — обеднение фитоценотического богатства, видового и экобиоморфологического состава фитоценозов в эвтрофных озерах, по сравнению с мезотрофными. Вне зависимости от жизненной формы доминанта во всех формациях по числу видов преобладают погруженные прикрепленные гидрофиты.



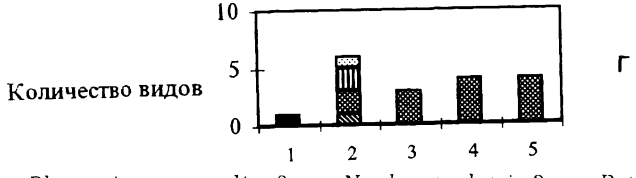
1 — *Phragmiteta australis*, 2 — *Scirpeta lacustris*, 3 — *Nuphareta lutei*, 4 — *Polygoneta amphibii*, 5 — *Stratioteta aloiditis*, 6 — *Myriophylleta spicati*, 7 — *Potamogetoneta lucentis*, 8 — *Potamogetoneta perfoliatis*.



1 — *Phragmiteta australis*, 2 — *Scirpeta lacustris*, 3 — *Nuphareta lutei*, 4 — *Polygoneta amphibii*, 5 — *Stratioteta aloiditis*, 6 — *Myriophylleta spicati*, 7 — *Potamogetoneta lucentis*, 8 — *Potamogetoneta perfoliatis*.



1 — *Phragmiteta australis*, 2 — *Scirpeta lacustris*, 3 — *Nuphareta lutei*, 4 — *Nympheeta candidi*, 5 — *Polygoneta amphibii*, 6 — *Stratioteta aloiditis*, 7 — *Elodeeta canadensis*, 8 — *Myriophylleta spicati*.



1 — *Phragmiteta australis*, 2 — *Nuphareta lutei*, 3 — *Potamogetoneta perfoliatis* , 4 — *Myriophylleta spicati*, 5 — *Ceratophylleta demersii*.

Рис. 3. Состав жизненных форм макрофитов растительных формаций озер Ильменского заповедника: а — оз. Б. Миассово, б — оз. Б. Ишкуль, в — оз. Аргаяш, г — оз. Б. Таткуль.

Условные обозначения: ⊟ — прибрежные растения; ▨ — приземные гелофиты; ⊞ — низкотравные гелофиты; ■ — высокотравные гелофиты; ⊡ — укореняющиеся гидрофиты с плавающими листьями; ⊠ — гидрофиты плавающие на поверхности воды; ⊞ — укореняющиеся погруженные гидрофиты; ⊠ — свободно плавающие погруженные гидрофиты.

Экобиоморфологическая структура исследовалась методом кластерного анализа. За количественный признак было принято максимальное значение обилия, принимаемое видами экобиоморфологической группы в конкретном геоботаническом описании. Самым высоким сходством обладают растительные сообщества, принадлежащие к одной и той же формации (рис. 4).

Пространственная структура. Рассмотрены общие закономерности размещения макрофитов. В эвтрофных озерах они занимают больший процент площади, чем мезотрофных. В оз. Б. Таткуль все дно покрыто макрофитами, в оз. Аргаяш от них свободен лишь небольшой участок центральной, части. В эвтрофных озерах прибрежные сплавины занимают значительную часть первоначальной площади, чем в мезотрофных. Соответственно, относительная площадь сообществ гигрофитов и высокотравных гелофитов увеличивается, а погруженных прикрепленных гидрофитов уменьшается. Сообщества гелофитов, характерные для песчаных и каменистых мелководий мезотрофных озер в эвтрофных озерах сосредоточены на сплавинах, в воде же встречаются редко.

В работе приводятся рисунки, подробные описания экологических профилей: местоположение, характеристика местообитаний, растительности для каждой зоны.

Вследствие сложности морфологии Ильменских озер растительные сообщества располагаются мозаично. Все экологические профили можно отнести к двум основным типам: 1 — растительность открытых берегов, 2 — растительность мелководных заливов.

Тип 1. У самой кромки воды произрастает гигрофильная растительность: осоки, тростник обыкновенный. Ширина ее распространения зависит от крутизны берега и падения дна. Далее следует зона высокотравных гелофитов, представленная сообществами тростника обыкновенного и камыша озерного. Часто полоса гелофитов отсутствует и разреженная растительность представлена различными видами прикрепленных погруженных гидрофитов, к которым могут примешиваться низкотравные гелофиты — стрелолист обыкновенный, сусак зонтичный. На глубине более 1 м произрастают прикрепленные погруженные гидрофиты: уруть колосовидная, рдесты, телорез алоэвидный, лютик водяной, роголистник. Величина проективного покрытия зависит от характера грунта и от степени воздействия волн. В местах, более защищенных от ветра на песчаных и илистых грунтах на глубине 1.5—2.5 м может быть выражена полоса прикрепленных

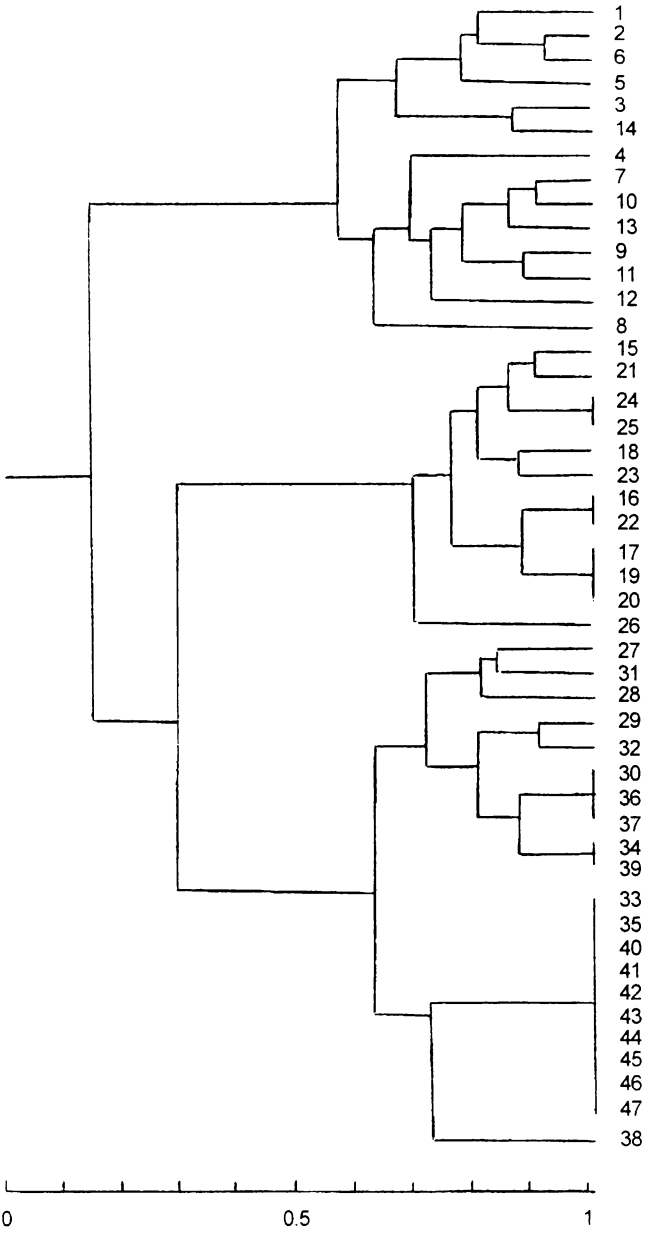


Рис. 4. Дендрограмма сходства (индекс Чекановского-Съеренсена) экобиоморфологической структуры сообществ макрофитов оз. Б. Миассово.

Усл. обозначения см. рис. 2.

гидрофитов с плавающими листьями. — кубышки желтой, реже встречается гречиха земноводная. На глубине более 3—3.5 м растут лишь придонные растения. Глубже 5—5.5 м дно свободно от растительности.

Тип 2. Прибрежные болота переходят в сплавины с гигрофильной растительностью и сообществами тростника и иногда рогоза широколистного. Глубина у края сплавины — 0.5—1 м. Край сплавины нередко окаймлен полосой плотных зарослей телореза. Далее произрастают сообщества гидрофитов, как прикрепленных погруженных, так и прикрепленных с плавающими листьями, последние занимают глубины 1.5—2 м. Общее проективное покрытие достигает 100 %.

Вертикальная структура сообществ отражена в табл. 5.

Таблица 5

Ярусная структура сообществ водных макрофитов озер Ильменского заповедника

Формации		Ярусы и подъярусы*							
№	Название	1	2	3	4	5	6	7	8
1	*Phragmieta australis*	+	+	-	+	+	+	+	+
2	*Scirpeta lacustris*	+	+	+	-	+	+	+	+
3	*Nuphareta lutei*	+	-	-	-	+	+	+	+
4	*Polygoneta amphibii*	+	-	-	-	+	+	+	+
5	*Nympheeta candidi*	-	-	-	-	+	-	+	+
6	*Stratioteta aloiditis*	-	-	-	+	+	+	+	+
7	*Myriophylleta spicati*	-	-	-	+	-	+	+	+
8	*Potamogetoneta lucentis*	-	-	-	-	-	+	+	+
9	*Potamogetoneta perfoliatis*	-	-	-	-	-	+	+	+
10	*Elodeeta canadensis*	-	-	-	-	-	-	+	+
11	*Ceratophylleta demersii*	-	-	-	-	-	+	+	+

* 1 — высокие надводные растения, 2 — средневысокие надводные, 3 — низкие надводные, 4 — плавающие, 5 — с плавающими листьями, 6 — высокие погруженные, 7 — средневысокие погруженные, 8 — придонные.

С глубиной ярусность фитоценозов упрощается. Наиболее дифференцированной вертикальной структурой обладают сообщества высокотравных гелофитов. В сообществах погруженных гидрофитов с плавающими листьями надводные ярусы встречаются редко, а ярусы погруженных гидрофитов выражены лучше, чем в сообществах гелофитов. В сообществах погруженных гидрофитов выражены только подводные ярусы.

ГЛАВА 6. ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ МАКРОФИТОВ И ИХ МЕСТО В СИСТЕМЕ ФИТОМОНИТОРИНГА

Динамика, обусловленная естественными факторами. Ввиду консервативности макрофитной растительности оказалось трудным проследить какие-либо закономерности многолетней динамики за период исследований. По различным морфометрическим, гидрохимическим, гидробиологическим показателям исследованные озера можно поставить в определенный ряд: Большое Миассово,

Большой Ишкуль, Аргаяш, Большой Таткуль, отражающий стадии развития водоемов в порядке увеличения возраста, где прослеживаются основные черты динамики: 1) происходит уменьшение площади водного зеркала за счет заболачивания мелководных заливов и образования прибрежных сплавин; 2) увеличивается относительная площадь зарастания озер макрофитами; 3) увеличивается площадь фитоценозов с доминированием высокотравных гелофитов, в основном за счет сообществ, произрастающих на прибрежных сплавинах, а площадь сообществ гидрофитов сокращается; 4) происходит обеднение видового состава макрофитов, что особенно касается погруженных гидрофитов и прикрепленных гидрофитов с плавающими листьями; 5) снижается синтаксономическое разнообразие растительных сообществ; 6) уменьшается видовое и экобиоморфологическое разнообразие растительных сообществ. Эти изменения обусловливаются как естественным изменением качества воды (эвтрофированием), так и сокращением разнообразия биотопов в процессе зарастания (заиливание дна, выравнивание береговой линии и др.)

Антропогенная динамика. В работе рассматривается многоликий характер антропогенного воздействия на экосистемы водоемов и дается краткий обзор литературы о реакции макрофитов на разнообразные антропогенные факторы (Артеменко, Белавская, 1958, 1968; Богачев, 1952; 1972; Житков, 1981; Зейферт и др., 1991; Зеров, 1976; Зотов, 1977; Коган, 1980; Корелякова, 1977; Лукина, 1968; Небольскина, 1974; Носков, 1972; Потапов, 1961; Сорокина и др., 1977; Степановичене, 1979 и др).

Макрофиты как биологический индикатор. Неоспоримое значение макрофитов как индикаторов тех или иных процессов, происходящих в водоеме, подчеркивается многими исследователями (Кабанов, 1962; Коган, 1980; Макрофиты — индикаторы, 1993; Макрушин, 1994; Петров, 1990; Петров, 1992; Семин, Фрейдлинг, 1988; Hejny, 1971, 1978; Tivonen, Lappalainen, 1980 и др.). Являясь наименее изученной в этом отношении группой гидробионтов, они имеют определенные преимущества. Большое значение при биоиндикации играет наличие определенных видов-индикаторов и эта проблема достаточно освещена в литературе, однако, наиболее целесообразно в качестве индикаторных признаков использовать состав растительных сообществ, соотношение площадей, ими занятых, видовая, пространственная и экобиоморфологическая структура фитоценозов. Такой подход рационален еще и потому, что макрофитная растительность озер устойчива к кратковременным изменениям среды, однако ее направленные изменения в течение нескольких лет могут свидетельствовать об общей трансформации экосистемы озера.

Эталонные участки для фитомониторинга. По результатам исследований, были выбраны эталонные участки в девяти типичных фитоценозах оз. Б. Миассово, представляющих основные формации. В этих сообществах заложены постоянные пробные площади, для которых разработаны специальные паспорта, где отражены видовая, пространственная и экобиоморфологическая структура фитоценозов. Площадки выбирались с учетом общих требований к объектам фитомониторинга (Горчаковский, 1984). Наблюдения за антропогенно

нарушенными водоемами выходят за рамки данной работы, однако здесь просматривается перспектива дальнейших исследований. Ежегодная инвентаризация данных сообществ позволит выявить закономерности их динамики и проследить взаимосвязь изменений макрофитной растительности с естественными процессами, происходящими в экосистеме водоема. В дальнейшем возможно сравнение с сопредельными с заповедником территориями, где так же имеются озера, находящиеся на разных стадиях развития и имеющие различный трофический статус, подверженные антропогенному воздействию.

ВЫВОДЫ

1. Ильменские озера характеризуются богатым видовым составом макрофитов. Флористический список насчитывает 81 вид макрофитов. Значительная часть из них является прибрежными гигрофитами (32 вида, или 39.5 %). Остальные 49 видов, или 48.5 % относятся к собственно водным растениям. По числу видов в озерах заповедника преобладают цветковые растения — отдел *Magnoliophyta* (74 вида, или 91.4 %). Они принадлежат к 45 родам из 31 семейства. Отделы папоротниковидные — *Polypodiophyta*, хвощевидные — *Equisetophyta*, моховидные — *Bryophyta* включают соответственно по одному виду, отдел харовые водоросли — *Charophyta* — 4 вида. Таксономическое разнообразие макрофитов в мезотрофных озерах на всех уровнях намного выше, чем в эвтрофных.

2. Изученные озера имеют высокую степень сходства флоры макрофитов, что связано с их принадлежностью к одной природно-географической зоне и к ландшафту одного типа. Более высоким уровнем сходства отличаются озера, относящиеся к одному типу по степени трофности. По видовому составу в целом и по составу отдельных семейств макрофитов с достаточной достоверностью можно судить о трофическом статусе водоема.

3. Основными растительными формациями в изученных озерах являются: *Phragmiteta australis*, *Scirpeta lacustris*, *Typheta latifolii* (группа формаций высокотравных гелофитов), *Nuphareta lutei*, *Nympheeta candidi*, *Polygoneta amphibii* (группа формаций прикрепленных гидрофитов с плавающими листьями), *Stratioteta aloiditis*, *Myriophylleta spicati*, *Potamogetoneta lucentis*, *Potamogetoneta perfoliatis*, *Elodeeta canadensis*, *Ceratophylleta demersii* (группа формаций прикрепленных погруженных гидрофитов), а также формации осок в прибрежной зоне, а в оз. Большое Миассово — харовых водорослей. Синтаксономическое и видовое разнообразие сообществ выше в мезотрофных озерах по сравнению с эвтрофными.

4. Наибольшую степень сходства видовой структуры имеют сообщества макрофитов с одинаковыми доминантами. Результаты обработки методом кластерного анализа соответствуют визуальному определению растительных формаций по физиономическим признакам. Данный метод может применятся для более точного выделения растительных формаций водоема, а при наличии достаточного количества геоботанических описаний — и для выделения ассоциаций.

5. В Ильменских озерах обнаружены представители восьми экобиоморфологических групп: гидрофиты, свободно плавающие в толще воды; погруженные гидрофиты, прикрепленные к субстрату; гидрофиты, свободно плавающие на поверхности воды; гидрофиты, прикрепленные к субстрату с плавающими на поверхности воды листьями; приземные гелофиты; низкотравные гелофиты; высокотравные гелофиты; прибрежно-водные гигрофиты. Более высокое разнообразие экобиоморф макрофитов, как в целом, так и по отдельным формациям, наблюдается в озерах с меньшей степенью трофности.

6. Установлена тесная связь пространственного распределения сообществ макрофитов в озерах и их ярусности с экобиоморфологической структурой. С увеличением глубины изменяется состав жизненных форм доминантов в сторону увеличения их связи с водной средой и упрощение ярусной структуры за счет выпадения надводного яруса гелофитов и наводного яруса прикрепленных гидрофитов с плавающими листьями.

7. Исследованные озера можно поставить в ряд: Большое Миассово и Большой Ишкуль Аргаяш и Большой Таткуль, отражающий стадии развития водоемов в порядке увеличения их возраста, в котором прослеживаются следующие черты динамики макрофитной растительности: 1) происходит уменьшение площади водного зеркала за счет заболачивания мелководных заливов и образования прибрежных сплавин; 2) увеличивается относительная площадь зарастания озер макрофитами; 3) площадь фитоценозов с доминированием высокотравных гелофитов увеличивается, в основном за счет сообществ, произрастающих на прибрежных сплавинах, а площадь сообществ гидрофитов сокращается; 4) происходит обеднение видового состава макрофитов, что особенно касается погруженных гидрофитов и прикрепленных гидрофитов с плавающими листьями; 5) снижается синтаксономическое разнообразие растительных сообществ; 6) уменьшается видовое и экобиоморфологическое разнообразие растительных сообществ. Эти изменения обусловливаются как естественным изменением качества воды (эвтрофированием водоемов), так и сокращением разнообразия биотопов в процессе зарастания (заиливание дна, выравнивание береговой линии и др.)

8. Необходимым элементом системы фитомониторинга в регионе являются многолетние наблюдения за сообществами макрофитов на основе разработанной системы эталонных участков. В заповеднике имеются разнотипные относительно ненарушенные озера, а на сопредельной территории — их аналоги, подверженные антропогенному воздействию. В качестве комплексных универсальных показателей изменений окружающей среды целесообразно использовать спектр растительных сообществ водоема, их видовую и экологическую структуру.

РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. *Вейсберг Е. И.* К изучению макрофитной растительности оз. Б. Миассово // Водные и околоводные экосистемы Ильменского заповедника. — Екатеринбург: УрО РАН, 1992. С. 3—10.

2. *Вейсберг Е. И.* Результаты инвентаризации высшей водной растительности озера Зюраткуль (Зюраткульский национальный парк) // Эколого-экономические аспекты организации национальных природных и ландшафтных парков. — Екатеринбург, 1992. С. 36.

3. *Вейсберг Е. И.* Аннотированный список макрофитов озер Ильменского заповедника // Материалы по флоре и фауне Челябинской области. — Миасс: ИГЗ, 1994. С. 10—18.

4. *Вейсберг Е. И.* Высшая водная растительность озер Ильменского заповедника // Экологические исследования в Ильменском государственном заповеднике. — Миасс: ИГЗ,1994. С. 120—128.

5. *Вейсберг Е. И., Захаров В. Д., Лагунов А. В., Самойлова Н. М., Трескин П. П., Чащин П. В.* Проблема создания кадастра растительного и животного мира Челябинской области // Материалы по флоре и фауне Челябинской области. — Миасс: ИГЗ, 1994. С. 3—9.

ЛР № 020 764 от 29.03.95 г.

Подписано к печати 9.04.97 г. Формат 60x84 $^{1}/_{16}$. Бумага офсетная.

Гарнитура журнальная. Уч.-изд. л. 1. Тираж 120 экз. Заказ № 3.

Отпечатано в информационно-издательской группе

Ильменского государственного заповедника УрО РАН