



**Свириденко  
Борис Фёдорович**  
*bosviri@mail.ru*



**Мамонтов  
Юрий Сергеевич**  
*yur-mamontov@yandex.ru*



**Свириденко  
Татьяна Викторовна**  
*tatyanasv29@yandex.ru*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОМАКРОФИТОВ  
В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ**



Департамент образования и молодёжной политики  
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры  
Сургутский государственный университет  
*НИИ природопользования и экологии Севера*  
*Лаборатория гидроморфных экосистем*

**Б.Ф. Свириденко, Ю.С. Мамонтов, Т.В. Свириденко**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОМАКРОФИТОВ  
В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ**

**Монография**

**СУРГУТ – 2012**

УДК 504.4(271.1)(0353)+504.06(0353)

ББК 26.222

С 247

Свириденко, Б.Ф. **Использование гидромакрофитов в комплексной оценке экологического состояния водных объектов Западно-Сибирской равнины** / монография / Б.Ф. Свириденко, Ю.С. Мамонтов, Т.В. Свириденко. – Сургут: ООО «Студия рекламы «Матрёшка», 2012. – 231 с.: 66 ил.

*Издано при поддержке Департамента образования и молодёжной политики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры*

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Зарипов Р.Г., кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, цитологии и генетики Омского государственного педагогического университета;

Токарь О.Е., кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, географии и методики их преподавания Ишимского государственного педагогического института им. П.П. Ершова.

#### С 247 Свириденко Б.Ф., Мамонтов Ю.С., Свириденко Т.В.

Использование гидромакрофитов в комплексной оценке экологического состояния водных объектов Западно-Сибирской равнины. – Сургут: ООО «Студия рекламы «Матрёшка», 2012. – 231 с.

*В монографии рассматривается методика оценки состояния водных объектов на основе сведений о толерантности видов гидромакрофитов к ведущим факторам среды (трофности, сапробности, аллювиальности, минерализации и жёсткости воды, величине рН, динамике гидрологического режима). Книга предназначена для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов университетов, специалистов проектных и научно-производственных организаций, выполняющих инженерно-экологические изыскания в гидроморфных природных комплексах Западно-Сибирской равнины. Информация монографии будет полезна для специалистов в области охраны природы и управления природопользованием, методистов экологических центров и учителей общеобразовательных школ, лицеев, гимназий – руководителей научной работой учащихся по природоохранной тематике.*

© Свириденко Б.Ф., Мамонтов Ю.С., Свириденко Т.В., 2012

**ISBN 978-5-904947-4-8**

**Department of Education and Youth Policy**  
**Khanty-Mansiisk Autonomous District – Yugra**  
**Surgut State University**  
*Scientific Research Institute of Nature Management and Ecology*  
*of the North*  
*Laboratory of Hydromorphic Ecosystems*

**B.F. Sviridenko, Yu. S. Mamontov, T.V. Sviridenko**

**THE USE OF HYDROMACROPHYTES  
IN A COMPREHENSIVE EVALUATION  
OF THE ECOLOGICAL CONDITION  
OF WATER BODIES  
OF THE WEST SIBERIAN PLAIN**

**Monograph**

**SURGUT – 2012**

UDC 504.4(271.1)(0353)+504.06(0353)

BBC 26.222

S 247

Sviridenko B.F. **The Use of Hydromacrophytes in a Comprehensive Evaluation of the Ecological Condition of Water Bodies of the West Siberian Plain** / Monograph / B. F. Sviridenko, Yu. S. Mamontov, T. V. Sviridenko. – Surgut: Limited Liability Company «Studio advertisement «Matryoshka», 2012. – 231 p.: 66 figures.

*Published with the support of the Department of Education and Youth Policy, Khanty-Mansiisk Autonomous District–Yugra*

REVIEWERS:

Zaripov R.G., Ph.D. (Biology), associate professor, Chair of Botany, Cytology and Genetics, Omsk State Pedagogical University;

Tokar O.E., Ph.D. (Biology), associate professor, Chair of Ecology and Geography, P.P. Ershov Ishim State Pedagogical Institute.

**P 247 Sviridenko B.F., Mamontov Yu.S., Sviridenko T.V.**

The Use of Hydromacrophytes in a Comprehensive Evaluation of the Ecological Condition of Water Bodies of the West Siberian Plain. – Surgut: Limited Liability Company «Studio advertisement «Matryoshka», 2012. – 231 p.

*The monograph discusses methods of the evaluation of the condition of water bodies based on the information on the tolerance of hydromacrophyte species to major environmental factors (trophicity, saprobity, amount of benthic deposits, water salt content and hardness, pH, dynamics of hydrological regime). The book can be used by professors, researchers, Ph.D. and graduate students of universities, design and R&D organizations responsible for engineering ecological research in hydromorphic natural systems of the West Siberian Plain. The information contained in the monograph will be useful to specialists in the field of wildlife protection and natural resource management, supervisors of ecology centers and teachers of secondary schools, lyceums and gymnasiums responsible for student's scientific practice in environment protection.*

© Sviridenko B. F., Mamontov Yu. S., Sviridenko T. V., 2012

**ISBN 978-5-904947-4-8**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
Глава 1. ОБЗОР МЕТОДОВ И ДОСТИЖЕНИЙ СОВРЕМЕННОЙ ФИТОИНДИКАЦИИ В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	9
1.1. Использование гидромакрофитов для фитоиндикации среды водных объектов .....	9
1.2. Гидромакрофиты в оценке трофности водной среды .....	19
1.3. Гидромакрофиты в оценке сапробности водной среды .....	27
1.4. Гидромакрофиты в оценке аллювиальности экотопов .....	33
1.5. Гидромакрофиты в оценке минерализации и общей жёсткости воды .....	35
1.6. Гидромакрофиты в оценке активной реакции воды .....	43
Глава 2. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОЛЕРАНТНОСТЬ ГИДРОМАКРОФИТОВ .....	45
2.1. Таксономическая изученность и зональное распределение гидромакрофитов .....	45
2.2. Список гидромакрофитов Западно-Сибирской равнины .....	84
2.3. Индикаторные свойства гидромакрофитов .....	108
Глава 3. МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОМАКРОФИТОВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	138
3.1. Изучение биологического разнообразия гидромакрофитов ..	139
3.2. Оценка трофности водной среды .....	148
3.3. Оценка сапробности водной среды .....	152
3.4. Оценка аллювиальности гидроэкотопов .....	158
3.5. Оценка минерализации и общей жёсткости воды .....	162
3.6. Оценка режима активной реакции воды .....	170
3.7. Оценка динамического состояния водных объектов геоботаническими и геоинформационными методами .....	174
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	199
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	207

## ВВЕДЕНИЕ

Западно-Сибирская равнина относится к числу обширных регионов России, которые активно включены в процессы антропоического влияния на природные экосистемы. В южных районах равнины природные экосистемы подвергались мощным воздействиям в ходе сельскохозяйственной деятельности человека на протяжении 300-летнего периода. В северных районах столь же значительная трансформация природных экосистем происходит преимущественно в последние 50 лет, когда заметно расширилось освоение лесных ресурсов и нефтегазовых месторождений. По степени изменения природных экосистем этот короткий период освоения северных районов вполне сопоставим с периодом длительного аграрного освоения южной половины Западно-Сибирской равнины.

Безусловно, что антропоическое воздействие охватывает все элементы ландшафтов равнины, в том числе и водные объекты: реки, озёра, болота, искусственные рекреационные водоёмы. На юге региона к основным формам влияния на поверхностные воды относятся повышенное поступление почвенных частиц, удобрений, отходов животноводства с водосборных бассейнов, что приводит к заиливанию и обмелению водоёмов, уменьшению прозрачности воды, снижению концентрации кислорода в воде, повышению трофности и сапробности гидроэкосистем. Наблюдается резкое снижение поступления воды в водные объекты вследствие роста водопотребления, распашки водосборов, снегозадержания на сельскохозяйственных угодьях, вырубки лесов. Эти факторы также приводят к уменьшению глубины водных объектов, нередко завершающемуся полным их пересыханием. Косвенно с обмелением связано существенное повышение минерализации и жёсткости воды. В северной части равнины отмечено повышение трофности и сапробности водной среды вследствие хозяйственной деятельности (развитие и эксплуатация различных производств, строительство автомобильной и железнодорожной сети, населённых пунктов, ресурсодобывающих и технико-эксплуатационных объектов). Крайне важной негативной формой воздействия на природные водные экосистемы является загрязнение нефтяными углеводородами при аварийных повреждениях нефтепроводов и эксплуатации скважин, а также засоление и загрязнение тяжёлыми металлами при сбросе скважинных вод.

На всей территории Западно-Сибирской равнины заметно антропоическое влияние вследствие дорожного строительства, обуславливающее изменение гидрологического режима и нарушение

естественного стока поверхностных и грунтовых вод, что вызывает переувлажнение в одних районах и недостаток увлажнения в других в сравнении с многолетней нормой. Все эти формы антропоического воздействия на природные водные объекты протекают на фоне сильных естественных динамических природных процессов, характерных для Западно-Сибирской равнины и связанных с изменением общей увлажнённости в ходе циклов солнечной активности (Шнитников, 1963, 1969; Мезенцев, Карнацевич, 1969).

Усиливающиеся процессы изменения состояния водных объектов требуют совершенствования системы мониторинга в целях своевременного выявления и устранения факторов, способных вызвать катастрофические нарушения экосистем. Оценка качества среды и антропогенных изменений водных экосистем может производиться прямым определением их абиотических параметров физико-химическими методами, а также по биотическим показателям – то есть на основе методов биоиндикации. Абиотические параметры могут весьма точно количественно характеризовать состав среды, её состояние и негативные изменения. Однако получить по ним полную характеристику среды не всегда возможно, так как реакция биоты на среду при этом остаётся не выявленной. Современные антропогенные воздействия на водные экосистемы весьма сложны, поэтому даже детальный физико-химический контроль значительной группы абиотических параметров не охватывает полностью все существенные экологические факторы, которые способны вызвать необратимые нарушения экосистем, особенно при их комплексном влиянии.

В дополнение к прямым исследованиям качества водной среды в мониторинге состояния водных объектов традиционно используется изучение различного рода биотических параметров. Состояние различных компонентов биоты определяется комплексным состоянием среды, обусловленным, в свою очередь, всеми экологическими факторами независимо от их генезиса и степени изученности. Поэтому методы биоиндикации в сочетании с прямыми методами изучения физико-химических параметров среды позволяют эффективно, надёжно и объективно оценивать состояние водных объектов (Унифицированные ..., 1977; Дьячков, 1984; Верниченко, 1988; Алимов, 1989, 1994; Криволицкий, 1990; Масленникова, Скорняков, 1993; Соколов с соавт., 1994; Шуйский с соавт., 1995). Авторы настоящей монографии ставили цель дополнить существующий фонд методик биоиндикации состояния водной среды новой информацией об индикационных свойствах особой группы водных фотоавтотрофных макроскопических организмов (гидромакрофитов). Полевые исследования авторов, выполненные в



1982–2010 гг., охватывали отдельные районы Тюменской области, включая районы Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов, Омскую и Новосибирскую (юго-западная часть) области Российской Федерации, а также северные области Республики Казахстан. Таким образом, представленные в монографии авторские материалы по таксономическому составу гидромакрофитов, их экологической толерантности, ценотической значимости и индикационным свойствам были получены, преимущественно, в пределах степной, лесостепной, лесной и лесотундровой ботанико-географических зон равнины. Зональное ботанико-географическое деление Западно-Сибирской равнины принято согласно взглядам Л.В. Шумиловой (1962), Н.А. Гвоздецкого, Н.И. Михайлова (1987) с учётом информации других авторов (Лисс с соавт., 2001) (рис. 1).

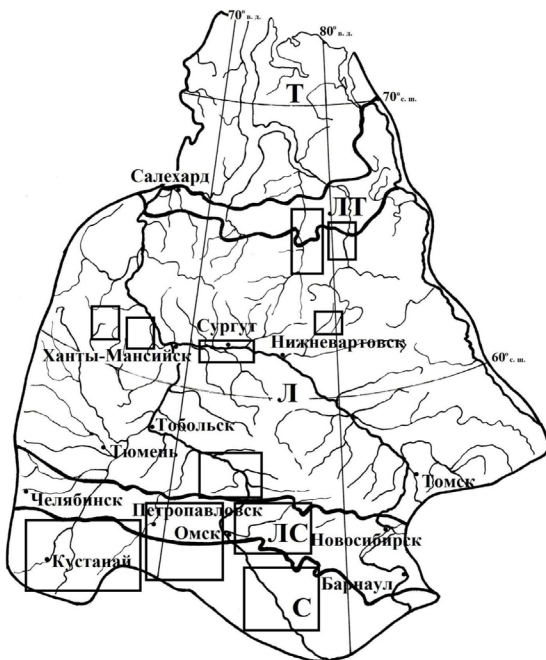


Рис. 1. Ботанико-географические зоны Западно-Сибирской равнины: С – степная, ЛС – лесостепная, Л – лесная, ЛТ – лесотундровая, Т – тундровая. Жирными линиями выделены границы зон и равнины в целом. Прямоугольными контурами показаны основные районы полевых исследований

## Глава 1. ОБЗОР МЕТОДОВ И ДОСТИЖЕНИЙ СОВРЕМЕННОЙ ФИТОИНДИКАЦИИ В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

В гидроэкологии в целом широко внедрены методы фитоиндикации состояния водной среды, основанные преимущественно на сведениях о качественном составе и экологии микроводорослей. Планктонные, перифитонные и бентосные водорослевые сообщества обладают высокой чувствительностью к уровню загрязнений, оцениваемому по химическим показателям качества воды. Водоросли имеют высокую скорость воспроизводства, которая составляет у отдельных видов несколько часов, что позволяет сообществам водорослей быстро реагировать на изменяющиеся условия среды. В целях фитоиндикации регулярно издаются обобщающие работы, которые включают таблицы с данными о многих видах водорослей – индикаторов различных экологических параметров водных объектов.

### 1.1. Использование гидромacroфитов для фитоиндикации среды водных объектов

Крупным современным научно-методическим обобщением по проблеме фитоиндикации состояния водных объектов является работа С.С. Бариновой, Л.А. Медведевой, О.В. Анисимовой (2006), в которой выполнен детальный анализ обширного массива литературной и оригинальной информации о экологических условиях местообитаний 5176 таксонов фотоавтотрофных организмов. В том числе в отдельном списке (таблице) представлены материалы о 442 видах – индикаторах температурных условий среды, 1529 индикаторах текучести вод и их насыщенности кислородом, 2598 индикаторах солёности, 1826 индикаторах активной реакции (рН), 1051–4058 индикаторах органического загрязнения по системам различных исследователей (для 3448 видов указан индекс сапробности).

подавляющее большинство указанных видов в этой работе – микроскопические организмы, однако в таблицу включены также представительные группы макроскопических видов из разных отделов высших и высших растений: Xanthophyta (18 таксонов из рода *Vaucheria*), Rhodophyta (30 таксонов из родов *Batrachospermum*, *Lemanea*, *Paralemanea*, *Chantransia*), Charophyta (21 таксон из родов *Chara*, *Nitella*, *Tolypella*), Chlorophyta (83 таксона из родов *Chaetophora*, *Cladophora*, *Coleochaete*, *Draparnaldia*, *Enteromorpha*, *Mougeotia*, *Rizoclonium*, *Sphaeroplea*, *Spirogyra*, *Zygnema*), Bryophyta (54 таксона из

родов *Amblystegium*, *Calliergon*, *Calliergonella*, *Chiloscyphus*, *Cratoneuron*, *Drepanocladus*, *Fissidens*, *Fontinalis*, *Grimmia*, *Hygrohypnum*, *Jungermannia*, *Leptodictyum*, *Marchantia*, *Palustriella*, *Philonotis*, *Ricciocarpos*, *Scapania*, *Schistidium*, *Sphagnum*), Polypodiophyta (3 таксона из родов *Azolla*, *Marsilea*, *Salvinia*), Lycopodiophyta (1 таксон из рода *Isoetes*), Equisetophyta (3 таксона из рода *Equisetum*), Magnoliophyta (82 таксона из родов *Acorus*, *Batrachium*, *Butomus*, *Callitriche*, *Carex*, *Ceratophyllum*, *Cicuta*, *Elatine*, *Eleocharis*, *Elodea*, *Glyceria*, *Hippuris*, *Hydrocharis*, *Lemna*, *Limosella*, *Myriophyllum*, *Najas*, *Nuphar*, *Nymphaea*, *Nymphoides*, *Oenanthe*, *Phragmites*, *Potamogeton*, *Ranunculus*, *Sagittaria*, *Scirpus*, *Sium*, *Sparganium*, *Spirodela*, *Trapa*, *Typha*, *Utricularia*, *Veronica*, *Wolffia*, *Zannichellia* и некоторых других).

Всего в таблице приведена информация о гидромакрофитах, относящихся примерно к 290 таксонам видового уровня, что составляет 5,6% всего списка индикаторных фотоавтотрофных организмов этой таблицы. Для подавляющего большинства гидромакрофитов, в том числе для всех высших, из экологических характеристик в таблице указаны только зоны самоочищения (*S*) (по Р. Пантле и Г. Букку в модификации В. Сладечека), или зоны сапробности. Цитируемыми авторами принято следующее подразделение зон самоочищения воды с индивидуальными индексами для каждой из групп сапробионтов: ксено- (индивидуальный индекс 0,0), ксено-олиго- (0,4), олиго-ксено- (0,6), ксено-бета-мезо- (0,8), олиго- (1,0), олиго-бета-мезо- (1,4), ксено-альфа-мезо- (1,5), бета-олиго- (1,6), олиго-альфа-мезо- (1,8), бетамезо- (2,0), бета-альфа-мезо- (2,4), альфа-олиго- (2,6), альфа-мезо- (3,0), альфа-бета-мезо- (3,6) и полисапробионты (4,0). Выделены также дополнительные группы в зоне полисапробных условий без указания индивидуальных индексов: поли-альфа-, альфа-поли- и бета-полисапробионты (Баринава, Медведева, Анисимова, 2006). Для некоторых низших макроскопических растений в таблице приведена также информация о приуроченности к местообитанию (*M*). Дифференциация водных местообитаний выполнена авторами следующим образом: *B* – бентосный в широком смысле, связанный с субстратом вид, *P-B* – планктонно-бентосный, *P* – планктонный, *Ep* – эпифит. Для небольшой группы видов макроскопических водорослей указана их реофильность и требования к условиям аэрации (*P*). С этой целью выделены типы местообитаний (*st* – стоячие, *str* – текучие, *st-str* – стояче-текучие) и группы видов: *aer* – аэрофильная, *reoph* – реофильная, *eoxibt* – эвриоксибионтная (индифферентная). Наконец, для единичных видов отмечена галобность (*C*), при этом вид относят к одной из следующих групп: *ph* – полигалобная, *mh* – мезогалобная, *oh* – олигогалобная, *i* –

олигогалобно-индифферентная, *hl* – олигогалобно-галофильная, *hb* – олигогалобно-галофобная, *euhl* – эвригалинная (Баринава, Медведева, Анисимова, 2006).

Существующая ограниченность информации об экологической толерантности многих видов макроскопических водных растений не позволяла ранее в полной мере привлекать эту группу в целях фитоиндикации состояния водных объектов. До настоящего времени ещё не сложилась единая объективная система оценки качества абиотической среды водных объектов на основе характеристик видов макроскопических растений. Однако в различных регионах виды из этой группы фотоавтотрофов всё активнее привлекаются для целей фитомониторинга состояния водной среды как дополнительные индикаторы.

Водные экосистемы – это природные объекты, которые являются единством взаимозависимых компонентов: среды и биоты. Для оценки состояния водной экосистемы необходимо знать параметры воды и грунтов как сред обитания, а также показатели биотической (организменной) части экосистемы. Каждая водная экосистема находится в определённом состоянии, которое выражается сочетанием показателей абиотической и биотической составляющих. Конкретному состоянию водной экосистемы соответствует определённый уровень способности к самоочищению, оцениваемой по сочетанию показателей среды и биоты, состав и величина их могут быть выражены в интервалах значений. Способность экосистем поверхностных водных объектов к самоочищению эксплуатируется при хозяйственной деятельности в целях утилизации сточных вод. Поэтому возникает необходимость адекватно оценивать эту способность, что возможно только на основе экосистемного подхода к водному объекту (Баринава, Медведева, Анисимова, 2006).

Оценка качества пресноводных водоёмов осуществляется по нескольким аспектам, включающим следующие комплексы показателей (Каминский, 1982; Комплексные оценки..., 1984; Кимстач, 1993; Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003):

1. показатели, связанные с физико-географическим и гидрологическим описанием водоёма, как целостного природного или водохозяйственного объекта;

2. контролируемые показатели состава и свойств водной среды, позволяющие формально оценить качество воды и её соответствие нормативам;

3. показатели, позволяющие оценивать специфику структурно-функциональной организации сообществ гидробионтов и динамику развития водных биоценозов.

Как отмечают В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг и Т.Д. Зинченко (2003), критерии качества водной среды – это её состав и свойства, определяющие пригодность воды для конкретных видов пользования, а также способность водной среды обеспечивать устойчивое функционирование естественных экологических систем и предотвращать их деградацию. Качество воды при данном подходе, основанном на материалах Федерального закона (2002) и ГОСТ 17.1.1.01-77, является главенствующим фактором соответствующей абиотической среды, определяющим устойчивость развития и степень деградации отдельных гидробиологических компонентов экологических систем. При определении степени экологического неблагополучия водных объектов оцениваются основные факторы:

1. опасное для здоровья людей изменение качества питьевой воды и санитарно-эпидемиологического загрязнения водных объектов рекреационного назначения (санитарно-гигиенический фактор изменения среды обитания человека);

2. деградация функций воспроизводства основных биотических компонентов естественных экологических систем водных объектов (экологический фактор изменения водной среды).

Санитарно-гигиеническое и экологическое нормирование основаны на знании негативных эффектов биохимического воздействия разных факторов на системы живых организмов (Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003). В целях контроля качества воды в Российской Федерации приняты специальные документы (Водный кодекс..., 1995; СанПиН 2.1.4.1074-01; СанПиН 2.1.5.980-00; Правила охраны..., 1991; Методические указания..., 1976, 1984, 1986, 1997, 1998).

Водные экосистемы Западно-Сибирской равнины часто относятся к макрофитному типу, так как в них основными или весьма существенными продуцентами органического вещества выступают гидромакрофиты – макроскопические растения из различных систематических групп, приспособленные к обитанию в водной среде, где проходит основная часть их жизненного цикла. К тому же гидромакрофиты являются стабилизирующими компонентами водных экосистем, поскольку обладают адаптациями, обеспечивающими их выживание при существенных колебаниях действия факторов среды, как в течение сезонов года, так и в многолетнем плане. Сообщества гидромакрофитов нередко хорошо выделяются в пространстве визуально не только при обследовании водного объекта наземными

полевыми методами, но также и дистанционно на аэро- и космоснимках. Эта особенность позволяет применять сведения о таксономическом составе гидромакрофитов, о составе и структуре их фитоценозов и гиперфитоценологических единиц растительности для комплексной оценки состояния водных объектов, сформировавшегося за длительные, предшествующие исследованию временные интервалы.

Как известно, состояние – это категория, обозначающая множество стабильных значений переменных параметров какого-либо объекта. Состояние описывает переменные свойства данного объекта, оно стабильно до тех пор, пока над объектом не будет произведено действие, но если над объектом будет произведено некоторое действие, состояние объекта может измениться. Категория «состояние» тесно связана с категориями «качество» и «свойство». Ещё Аристотель отмечал, что: «претерпеваемым состоянием в одном смысле называется качество, в отношении к которому возможны изменения, ...а в другом смысле так называются уже реальные процессы или изменения в области этих свойств» (Аристотель, 1934, с. 90). Синонимом понятия «состояние» считают категорию «режим». По современным представлениям, понятие «состояние» – категория, отражающая количественно-качественные формы существования объектов любой природы, наличной и приобретённой ими специфики и определённости (меры) их сущностных, основных свойств и качеств, как внутренних, так и внешних. Это форма проявления качественной определённости, так как в его описание обычно не включают описание структуры, характер элементов, всех решительно его свойств. Это ограниченное по объёму понятие, в него входят основные общие и специфицирующие параметры объекта – сущностные характеристики. Понятие «качество» требует потенциально неограниченного описания объекта. Опираясь на категорию «состояние», выражают не только статику объектов разной природы, но через значения переменных характеристик – процессы изменения и развития объектов и явлений, ведущие в итоге к изменению свойств и отношений (Разумовский, 1975; Симапов, 1982; Кемкин, 1983 а, б).

Водные объекты, как природные, так и искусственные, представляют собой сложные системы тесно взаимодействующих физико-химических и биологических систем подчинённых уровней. Физико-химические системы находятся в единстве равновесности и неравновесности. Живые организмы как целостные биологические системы, характеризуются метаболизмом – обменом веществ с окружающей средой. Организмы и надорганизменные живые системы и сетевые структуры типа популяций и биоценозов стремятся пребывать в

динамическом равновесии со средой. Фиксированные параметры состояния в определённом месте пространства и времени составляют «начальные условия» и начало системы отсчёта для определения последовательно развертываемых состояний в других точках и в последующие моменты времени – то есть в пространстве состояний. Состояние любой материальной системы в таком пространстве есть минимальный (экстремальный) случай по сравнению со всеми возможными состояниями в данном пространстве. Поскольку совокупность имеющихся условий предопределяет единственность и канализованность действительного состояния по сравнению с возможными, но не реализующимися состояниями, то в текущий момент времени наблюдается минимальное состояние системы из многообразия всех возможных. Переход к нему рассматривают как последовательный процесс ограничения и редукции некоего множества состояний к единственному состоянию (Разумовский, 1975).

Устойчивость биоценозов в пределах возможных адаптаций флуктуирует в форме сезонных, многолетних или ответных перестроек его структуры, являющихся теми колебательными процессами, которые служат фундаментальным свойством биологических систем (Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003). Поэтому считают важной задачей выполнение квалифицированной оценки экологических модификаций (Абакумов с соавт., 1981; Израэль, Абакумов, 1991; Попченко, 1991), которые являются потенциально опасными на экосистемном уровне. Выделяют состояния водных экосистем, соответствующие разным уровням антропогенного загрязнения (Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003):

1. фоновое состояние (перестройка структуры, не ведущая к усложнению или упрощению системы, не изменяющая уровня организации биоценозов);

2. состояние антропогенного экологического напряжения (увеличение разнообразия биоценоза и пространственно-временной гетерогенности, усложнение межвидовых отношений, структуры и пищевых цепей);

3. состояние антропогенного экологического регресса (уменьшение разнообразия и пространственно-временной гетерогенности, упрощение межвидовых отношений, сезонных модуляций, трофических цепей);

4. состояние антропогенного метаболического регресса (снижение активности процессов утилизации вещества и энергии в биоценозе).

Квалифицированная оценка экологических модификаций водных объектов проводится в ходе биологического (экологического) мониторинга. Биологический мониторинг – определение состояния живых систем на всех уровнях организации и отклика их на загрязнение среды, это система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния биологических систем под влиянием антропогенных воздействий (Николаевский, 1981; Израэль, 1984; Радкевич, 1998). В то же время под биологическим мониторингом понимают слежение за биологическими объектами (наличием видов, их состоянием, появлением инвазивных видов) и оценка качества окружающей среды с помощью видов-биоиндикаторов (Реймерс, 1990). В целом понятие «биомониторинг» включает наблюдения за самими живыми организмами и контроль состояния факторов среды при помощи живых организмов. В таком определении методы биоиндикации являются способом решения задач биологического мониторинга (Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003).

Известно ведущее значение факторов среды на биотические процессы гидросистем (формирование видового состава и структуры, продуктивность, пространственно-временную динамику). Абиотические факторы (количество солнечной энергии, температура, водный режим, концентрация химических макро- и микроэлементов, солёность воды, механический и химический состав донных грунтов) важны для организмов на разных этапах их жизненных циклов. Однако можно также использовать обратную закономерность и оценивать, например, по видовому составу организмов состояние физической среды. В связи с этим под биоиндикацией понимают определение биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ (Кривоуцкий с соавт., 1988). Данное определение применимо как к природным, так и к трансформированным вследствие хозяйственной деятельности экосистемам. Одной из задач биоиндикации считают разработку методов и критериев, позволяющих адекватно отражать уровень антропогенных воздействий с учётом комплексного характера загрязнения и диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ (Биоиндикация: теория..., 1994). Поэтому биоиндикацию определяют как совокупность методов и критериев, предназначенных для поиска информативных компонентов экосистем, адекватно отражающих уровень воздействия среды (включая комплексный характер загрязнения с учётом явлений синергизма действующих факторов), диагностирующих нарушения в чувствительных компонентах биотических сообществ и выявляющих их значение для



всей экосистемы в будущем. Считается, что использование метода биоиндикации в целях экологического мониторинга целесообразно в тех случаях, когда совокупность факторов антропогенного и фонового давления на биоценозы нельзя измерять непосредственно (Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003).

Биомониторинг рассматривается также как выявление состояния живых систем на всех уровнях организации и изучение их отклика на загрязнение среды (Карташёв, 1999). При биологическом контроле качества воды используют разные методические подходы. Биологические приёмы разделяют на биоиндикацию и биотестирование. Биоиндикация предусматривает выявление состоявшегося или происходящего загрязнения водоёма по функциональным характеристикам его обитателей и экологическим характеристикам сообществ организмов. В настоящее время предложены разные методы оценки качества воды по биологическим показателям: по индикаторным организмам, по структуре сообществ, по функциональным показателям активности биологических процессов (Жукинский с соавт., 1980; Методы биотестирования..., 1989). Большое внимание уделяется приёмам токсикологического биотестирования, то есть использования в контролируемых условиях биологических объектов в качестве средства выявления суммарной токсичности водной среды (Методы биотестирования..., 1989). Биотестирование представляет собой методический приём, основанный на оценке действия фактора среды, в том числе и токсического, на организм, его отдельную функцию или систему (Филенко, 1985).

На современном этапе развития гидроэкологии в научной литературе представлены работы, позволяющие считать различные виды низших и высших гидромакрофитов (и фитоценозы) возможными индикаторами состояний природной среды их обитания (Раменский с соавт, 1956; Коск, 1981; Макрофиты – индикаторы..., 1993; Schaumburg et al., 2004). Поэтому наряду с другими организмами при биологическом анализе и проведении санитарно-гидроэкологических исследований находят всё более широкое применение и водные макроскопические растения как индикаторы изменения качества воды. В то же время отмечается, что виды макроскопических гидрофильных растений обладают довольно широкими географическими и экологическими ареалами, причём в различных физико-географических условиях одни и те же виды могут встречаться в водоёмах различного трофического уровня и могут иметь разное индикаторное значение. Трудность применения видов

макроскопических водных растений в фитоиндикации связана также с ограниченными сведениями об их экологии и физиологии (Садчиков, Кудряшов, 2004, 2005).

Значительный вклад в систематическое изучение отношения растений к отдельным экологическим факторам был сделан Л.Г. Раменским, И.А. Цаценкиным, О.Н. Чижиковым и Н.А. Антипиным (1956). Применённый этими исследователями методический подход получил название метода стандартных экологических шкал. Метод основан на многомерной ординации изученных растительных сообществ и построении обобщённых рядов местообитаний по основным факторам: увлажнению, переменности увлажнения, богатству и засолению почвы, аллювиальности, пастбищной нагрузке. В итоге для большой выборки видов наземных и водных растений были созданы стандартные экологические шкалы по факторам среды. Каждая шкала представляет собой обобщённый ряд местообитаний и состоит из серии градаций фактора, названных степенями.

Шкала увлажнения (*У*) включает 120 ступеней и 12 серий. Она охватывает весь диапазон возможного увлажнения местообитаний – от сухих пустынных (1 ступень) до типично водных (120 ступень). Шкала богатства и засоления (*БЗ*) включает 30 ступеней, объединённых в 10 серий. Она характеризует изменение трофности-богатства (5 серий) и засоления среды (5 серий), от крайне бедных – олиготрофных (1 ступень) до очень богатых – евтрофных (16 ступень), и, соответственно, – от слабозасолённых (17 ступень) до резкозасолённых (30 ступень). Шкала аллювиальности включает 10 ступеней, дифференцирующих местообитания от незаиленных (1 ступень) до катастрофически перекрывааемых аллювием (10 ступень).

Реакция растений на изменения экологических факторов учитывалась Л.Г. Раменским с соавт. (1956) по функциональному среднему обилию, под которым понимается такое среднее обилие ценопопуляций вида в серии сходных местообитаний, которое обусловлено влиянием средних значений всех факторов, кроме изучаемого. Изменение изучаемого фактора вызывает изменение функционального среднего обилия вида. В качестве характеристики обилия видов использовался показатель проективного покрытия. Специальным методом элективного счисления были определены функциональные средние обилия изученных видов по каждой стандартной шкале, и на основе этих данных построены обобщённые экологические ряды, отражающие реагирование видов на изменение факторов.

Л.Г. Раменский с соавт. (1956) предложили способы оформления экологических рядов в графической или табличной формах. Наиболее лаконичной считается табличная форма метода ограничений (Прокопьев, 2001). Экологические таблицы, по замечанию Л.Г. Раменского с соавт. (1956), позволяют дать обобщённую сравнительно-экологическую характеристику видам растений, выявляя их отношение к условиям среды. Определённость и сравнимость характеристик видов обеспечивается определённой ступеней экологических рядов, что позволяет использовать таблицы для оценки условий местообитаний по растительности. В столбцах таблицы для каждого вида по каждой шкале записываются экологические формулы для разных классов обилия. Были установлены следующие классы обилия: *m* – массово ( $>8\%$ ), *c* – обильно (2,5–8%), *n* – умеренно (0,3–2,5%), *p* – мало (0,1–0,3%), *s* – единично ( $<0,1\%$ ). Экологическая формула каждого вида растений представлена двумя крайними ступенями, указывающими диапазон (амплитуду) фактора, в котором данный вид может произрастать в данном классе обилия. Авторы указывали также, что не существует специальных видов – индикаторов экологических условий, каждый вид растений может рассматриваться как индикаторный в отношении того фактора и того уровня условий, в которых велик градиент уменьшения-увеличения его обилия при небольших смещениях интенсивности этого фактора. Отмечалось также, что преобладающие виды растений недостаточны для определения условий местообитаний, поэтому важно использовать для целей фитоиндикации состояния среды все виды фитоценозов. Важным показателем лимитирующего действия факторов среды может быть отсутствие видов растений в местообитании (Раменский с соавт., 1956). Цитируемая работа была одной из первых системных сводок по использованию высших растений из разных экологических групп, в том числе и гидромакрофитов для характеристики экотопов в наземных условиях, в водно-наземных экотонах и в водных объектах (Токарь, 2006).

В специальных работах по фитоиндикации среды в водных объектах значительное внимание уделено фитоиндикационным свойствам гидромакрофитов по отношению к динамике уровня воды, техногенному загрязнению воды тяжёлыми металлами и соединениями биогенных химических элементов, а также по отношению к некоторым геохимическим и аккумулятивно-эрозионным процессам (Макрофиты – индикаторы..., 1993). На основе приведённых в этой работе характеристик гидромакрофитов, отличающихся адаптационными способностями по отношению к

динамичным факторам природной среды, виды условно объединены в группы полиотопных (*Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton perfoliatus*, *P. natans*, *Sagittaria sagittifolia*, *Glyceria maxima*, *Phragmites australis* и другие) и стеноотопных (*Ceratophyllum submersum*, *Elatine alsinastrum* и другие). Индикационные свойства полиотопных видов рассматриваются авторами в связи с изменениями структурных и продукционных показателей. Индикационные свойства стеноотопных видов рассматриваются в зависимости от изменений их жизненного цикла. Так, индикаторами снижения уровня воды считаются виды широкого экологического диапазона местообитаний: *Butomus umbellatus*, *Glyceria fluitans*, *Sparganium erectum*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*. Систематическое резкое снижение уровня воды индицирует *Glyceria fluitans*, на чередование резких снижений и поднятий уровня воды, сопряжённое с перемешиванием поверхностного и придонного слоёв воды указывают *Persicaria amphibia*, *Sagittaria sagittifolia*. Индикаторами постоянного уровня воды обычно являются виды рода *Utricularia*, поднятия уровня воды (на болотах) – *Menyanthes trifoliata*. Внешним проявлением реакции видов на усиление колебания уровня воды до определённых пределов считают их массовое появление в данных местообитаниях, а также прохождение в этих экотопах полного жизненного цикла. Такой вид, как *Alisma plantago-aquatica* указывает на формирование мощных илистых отложений, то есть индицирует высокий уровень аллювиальности. Индикаторами процессов заболачивания, которые особенно характерны для водоёмов в регрессивную фазу, является вид *Equisetum fluviatile* (Макрофиты – индикаторы..., 1993).

На современном этапе в научной литературе накапливается информация, полученная в ходе прямого исследования толерантности гидромакрофитов к физическим и химическим факторам водных объектов: минерализации, общей жёсткости, содержанию углекислоты и бикарбонатов, кислорода, величине активной реакции воды, условиям донных грунтов.

## 1.2. Гидромакрофиты в оценке трофности водной среды

Гидромакрофиты могут служить индикаторами трофности водной среды. Классифицируя водные объекты по трофности, обычно выделяют 4 основные группы: олиготрофные, мезотрофные, евтрофные и дистрофные. Современное содержание эти группы получили в 1919 г. после выхода работы Е. Науманна, который применил этот подход для классификации шведских озёр в соответствии с содержанием в воде минеральных соединений фосфора, азота и кальция в целях изучения фитопланктона. В дальнейшем А. Тинеманн, работая на озёрах

Германии, в качестве критериев их трофности предложил использовать дополнительные показатели – содержание в воде кислорода, наличие индикаторных организмов, суммарное количество фитопланктона (Винберг, 1960; Бульон, 1983; Михайлов, Добровольский, 1991; Садчиков, Кудряшов, 2005). В гидроэкологии такая типизация водоёмов получила широкое распространение. В её основу положены интегральные показатели, объединяющие группу абиотических и биотических факторов. В качестве показателя степени трофности предлагались различные критерии: содержание в толще воды растворённого кислорода, биогенных элементов, присутствие индикаторных организмов, количество фитопланктона. Однако основным показателем все же следует считать первичную продукцию, образуемую фотоавтотрофами (Винберг, 1960). Развитие фотосинтезирующих организмов в водоёмах определяется условиями среды: прозрачностью воды, содержанием биогенных элементов (прежде всего минеральных соединений азота и фосфора), концентрацией кислорода, температурным режимом, величиной рН. Поэтому по количеству и видовому составу организмов, интенсивности продукционных и деструкционных процессов можно определить тип водоёма (Винберг, 1960). Степень трофности водоёмов даёт полное представление об экологических условиях существования организмов и характеризуется набором важных признаков. Гидромакрофитная растительность развивается преимущественно в пределах литорали и сублиторали, образуя ценозы часто в виде сплошной или прерывистой полосы различной ширины вдоль берегов, вокруг островов и на мелководьях, иногда она занимает всю акваторию водного объекта. Глубина распространения гидромакрофитов зависит от степени прозрачности воды, изменяясь в условиях Западно-Сибирской равнины от 1–2 м до 4–6(8) м.

Олиготрофные водные объекты отличаются высокой прозрачностью (по диску Секки – до 4–20 м и более), присутствием кислорода во всей толще воды в течение всего года. Они занимают глубокие котловины или русла со слабо выраженной литоральной зоной. Донные отложения бедны органическим веществом. В озёрах и реках такого типа развитие гидромакрофитов ограничено дефицитом биогенных соединений, низкой температурой воды в течение всего года. Ультрапресноводные и типично пресноводные олиготрофные экосистемы имеют бедный видовой состав гидромакрофитов при низкой продуктивности видов. Индикаторами облигатных олиготрофных условий являются некоторые гидрофильные печёночники (*Marchantia aquatica*, *Jungermannia pumila*, *Plectocolea obovata*, *Scapania irrigua*,

*S. paludicola*, *S. subalpina*, *Cladopodiella fluitans*), бриевые мхи (*Hygrohypnum alpestre*, *H. cochlearifolium*, *H. duriusculum*, *H. luridum*, *H. ochraceum*, *Fontinalis antipyretica*), цветковые (*Potamogeton filiformis*, *Sparganium hyperboreum*). К олиготрофным относятся водные объекты северных районов Западно-Сибирской равнины в пределах тундровой и лесотундровой ботанико-географических зон (рис. 2).

Дистрофные водные объекты также характерны для северной части лесной зоны, лесотундры и тундры. Обычно это внутриболотные вторичные озёра, типичные для озёрно-грядово-мочажинных болотных комплексов, и текущие по поверхности болотных массивов реки Западно-Сибирской равнины. Берега их сложены торфами и грубым детритом, вода слабо минерализована, нередко ультрапресная (до 0,1 г/л) и богата гуминовыми веществами, имеет высокую цветность. В таких водных объектах прозрачность воды не превышает 0,5–2(4) м, активная реакция кислая и слабокислая (рН 4–6,5) (рис. 3). Характерно высокое содержание в воде растворённых форм железа и марганца, поступающих из подстилающих торфяники пород, и природных углеводов и фенолов, выделяемых торфяными залежами (Бабушкин, Московченко, Пикунов, 2007). Несмотря на то, что такие водоёмы богаты органическими веществами, деструкционные процессы протекают в них очень слабо. Органические соединения находятся в связанном состоянии и обычно консервируются в донных отложениях, поэтому по уровню содержания минеральных биогенных соединений, необходимых для фотосинтеза фитопланктона или гидромакрофитов, дистрофные водоёмы соответствуют олиготрофным условиям. Донные отложения часто представлены торфяниками, песками или обеднёнными почвогрунтами. Дистрофные водоёмы отличаются сформированными прибрежными осоковыми, пушицевыми и моховыми фитоценозами при относительно невысоком участии группировок погружённых гидромакрофитов. В дистрофных водоёмах видовой состав растений обеднён, причём доминируют в основном гидрофильные мохообразные (Гигевич, Власов, Вынаев, 2001). К индикаторам дистрофных условий относятся многие болотные мхи из различных порядков (*Sphagnum angustifolium*, *S. aongstroemii*, *S. balticum*, *S. fallax*, *Warnstorfia exannulata*, *W. fluitans*, *W. pseudostraminea*, *Pseudocalliergon brevifolius*, *P. lycopodioides*, *P. trifarium*), гидрофильные и гидрогигрофильные цветковые (*Nuphar pumila*, *Nymphaea tetragona*, *Drosera anglica*, *D. rotundifolia*, *Carex limosa*). Виды гидромакрофитов – обитатели дистрофных вод обычно относятся к трофической группе олиготрофов.



Рис. 2. Олиготрофное озеро в долине ручья на Пур-Тазовском водоразделе (Ямало-Ненецкий автономный округ)



Рис. 3. Дистрофное озеро на бугристом болоте в бассейне р. Таз (Ямало-Ненецкий автономный округ)

Мезотрофные водные объекты распространены в южной половине лесной зоны и в лесостепной зоне (рис. 4). В мезотрофных гидроэкосистемах преобладают серые глинистые илы, содержащие малое количество органических веществ, пески с малым количеством растительного детрита. Прозрачность воды достигает 1–4 м. В мезотрофных условиях часто возникает дефицит кислорода в придонном слое воды, в подлёдный период – во всей водной толще. Для мезотрофных водоёмов свойственна высокая степень зарастания гидромакрофитами (40–60%) при их значительном таксономическом разнообразии. Вода часто имеет нейтральную и слабощелочную реакцию (рН 6,6–8,2), минерализацию на уровне типично пресных и условно-пресных вод (от 0,2 до 2–3 г/л). Индикаторами мезотрофных условий являются *Stratiotes aloides*, *Sagittaria sagittifolia*, *Potamogeton compressus*, *P. lucens*, *Ranunculus gmelini*, *R. lingua*, *Rorippa amphibia*, *Sium latifolium*, *Trapa natans*, *Hippuris vulgaris*, *Elodea canadensis*, *Carex riparia*, *Scirpus ehrenbergii*, *S. lacustris*, *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Ceratophyllum demersum*.

Евтрофные (эвтрофные) водные объекты отличаются наиболее высокой биологической продуктивностью. Степень зарастания таких водоёмов в зависимости от многих факторов варьирует от 10–20 до 100% (рис. 5). Это прогреваемые в летнее время, обычно неглубокие водоёмы с повышенным содержанием биогенных соединений, поступающих с водосборной площади. Евтрофные водоёмы преобладают в степной и лесостепной ботанико-географических зонах Западно-Сибирской равнины. В наиболее глубоководной и удалённой от берегов части акватории (эпилимнионе) таких водоёмов массово развиваются планктонные водоросли (фитопланктон), который в летние месяцы обычно вызывает «цветение» воды. Донные грунты (тёмно-серые и чёрные илы) в евтрофных гидроэкосистемах богаты органическим веществом и биогенными соединениями. Прозрачность воды составляет 0,5–2 м. Растворённый в воде кислород в летние месяцы чаще всего содержится в достаточном для дыхания гидробионтов количестве лишь в поверхностном слое воды. Зимой, особенно в мелких водоёмах, наблюдается отсутствие кислорода, который расходуется на окисление органических веществ. Индикаторами евтрофных условий являются *Potamogeton pusillus*, *Zannichellia palustris*, *Z. pedunculata*, *Bolboschoenus maritimus*, *Lemna minor*, *L. trisulca*, *Typha laxmannii*, галобиионты *Ruppia drepanensis*, *R. maritima*. Многие виды, характерные для мезотрофных вод, реагируют на увеличение содержания биогенных веществ в евтрофных водоёмах повышением продуктивности (Садчиков, Кудряшов, 2005).





Рис. 4. Протока мезотрофного типа в долине р. Иртыш (Омская обл.)



Рис. 5. Залив евтрофного озера в Камышловской ложбине стока (Омская обл.)

Различия между отдельными типами трофности водных объектов условны, так как обнаружено значительное разнообразие переходных форм, которые сложно ранжировать по количественным показателям. Даже в пределах одного водоёма могут различаться акватории с разной степенью трофности. Поэтому типизацию водных объектов по трофности используют не только для определения уровня биологической продуктивности. Этот показатель важен и для оценки общего состояния водоёмов, выражения качества их биоты и комплекса экологических условий (физико-химических показателей воды и донных отложений) (Горленко, Дубинина, Кузнецов, 1977).

Процесс повышения уровня трофности водного объекта – то есть повышение уровня его биологической продуктивности в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных или природных факторов, получило название евтрофирования (эвтрофирования, эвтрофикации). В то же время под евтрофированием понимают загрязнение воды биогенными соединениями (Реймерс, 1990), то есть химическое загрязнение органическими и минеральными соединениями – потенциальными источниками азота, фосфора и калия, доступных в дальнейшем для первичных продуцентов (цианобактерий, водорослей и высших гидромакрофитов). В связи с этим представляется возможным проводить индикацию подобных загрязнений, оценивать их пространственную локализацию и уровень на основе изучения реакции гидромакрофитов. Считается, например, что наличие в водоёмах мхов указывает на чистоту и олиготрофный тип воды (Мяэметс, 1980). Индикаторами загрязнения воды биогенными веществами, в частности азотистыми соединениями, выступает *Myriophyllum verticillatum* (Макрофиты – индикаторы..., 1993). Наиболее тесно с содержанием биогенных веществ в воде связаны некоторые цветковые турионовые плейстофиты: *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, извлекающие биогенные элементы из воды. В том числе вид *Spirodela polyrhiza* способен развиваться на концентрированных стоках животноводческих комплексов. Массовое развитие этих видов указывает на свежее поступление биогенных соединений в гидросистему. Такие индикаторные виды называют евтрафенами. Обилие турионового гидатофита *Lemna trisulca* также выявляет повышенное количество в среде биогенных веществ. Локальное интенсивное развитие рясковых индицирует места поступления биогенных веществ в водоёмы (Мяэметс, 1980; Лукина, Смирнова, 1988; Садчиков, Кудряшов, 2004, 2005).

А.А. Мяэметс (1980) отметила, что влияние антропогенного евтрофирования на гидромакрофитную растительность в

значительной степени зависит от первоначального (естественного) уровня трофности водного объекта и от минерализации воды. Наиболее интенсивно развиваются в озёрах, испытывающих постоянный, но умеренный приток биогенных веществ, такие виды, как *Ceratophyllum demersum*, *Batrachium circinatum*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton crispus*, *P. friesii*, *P. obtusifolius*, *P. pectinatus* (Мяэметс, 1980; Макрофиты – индикаторы..., 1993). Именно в таких водоёмах эти виды встречаются с максимальным обилием. Анализируя влияние антропогенного евтрофирования на растительный компонент разнотипных озёр, А.А. Мяэметс (1980) пришла к выводу, что умеренное антропогенное евтрофирование на фоне высокой природной трофности благоприятствует развитию гидатофитной (погружённой) растительности. В слабо минерализованных, ранее бедных биогенными веществами олиготрофных водоёмах процесс оказывается обратным: по мере усиления антропогенного евтрофирования гидатофитная растительность сокращается до полного исчезновения, и происходит трансформация водного объекта из гидромакрофитного в фитопланктонный тип (Покровская, 1983).

В малых, неглубоких евтрофных водоёмах погружённая растительность может занимать всю акваторию, и, связывая значительную часть биогенных элементов из водной толщи, препятствовать развитию фитопланктона. Умеренное антропогенное евтрофирование таких водоёмов приводит лишь к сукцессии фитоценозов гидромакрофитов. В этих водных объектах турионовые и столонные укореняющиеся виды (*Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton perfoliatus*) вытесняются турионовыми свободноплавающими видами или же однолетниками (*Lemna trisulca*, *Ceratophyllum demersum*, *Batrachium circinatum*). Резкое чрезмерное обогащение биогенными веществами евтрофных гидромакрофитных озёр, по мнению А.А. Мяэметс (1980), также может привести к преобладанию фитопланктона в биопродукционных процессах при соответственном обеднении или полном угнетении гидромакрофитной растительности. Плейстофиты способны к обитанию в водоёмах разного уровня трофности с относительно широким диапазоном концентрации минеральных и органических веществ в воде. Существенными факторами для этой экобиоморфологической группы гидромакрофитов являются защищённость от волнового воздействия и характер грунта. Например, вид *Nuphar lutea* при наличии затишных биотопов с илистым грунтом может развиваться как в олиготрофных, так и в евтрофных водах. Значительной толерантностью по отношению к трофности водной среды

обладают *Potamogeton natans*, *Nuphar lutea*, *Persicaria amphibia*, *Nymphaea candida*, причём два первых вида более проявляют связь с евтрофными условиям (Мяэметс, 1980). Гелофиты слабее других водных макрофитов выполняют роль индикаторов водной среды. Предполагают, что индикаторами евтрофирования водоёмов среди гелофитов выступают *Butomus umbellatus* и *Typha latifolia* (Макрофиты – индикаторы..., 1993).

Развитие количественной гидроэкологии содействовало внедрению подходов Р. Пантле и Г. Букка (Pantle, Buck, 1955) в методику оценки трофности. Трофический статус водных объектов Европы оценивают по трофическому макрофитному индексу (ТМИ), который варьирует от 1 до 4. Данный индекс определяют по индикаторному весу видов и их индивидуальной валентности, которая учитывает отношение каждого вида к значимому компоненту фактора трофности – концентрации фосфора (в диапазоне от 0 до 1500 мг/л) (Schneider, Melzer, 2003; Penning et al., 2008).

Следует отметить, что цитируемые материалы были получены в разных географических районах, поэтому в них прослеживается ряд противоречий. Эти противоречия могут быть устранены только в случае выполнения более глубоких региональных исследований индикаторных свойств видов гидромакрофитов в целях создания специальных справочных таблиц, последующей их апробации и доработки.

### 1.3. Гидромакрофиты в оценке сапробности водной среды

Биоиндикация и биотестирование водных объектов, главным образом, основаны на оценке их сапробности. Система сапробности – часть гидроэкологии, претендующая на оперативную и точную оценку типа водного объекта в зависимости от соотношения обилий отдельных видов индикаторных организмов (Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003). Сапробностью называется степень насыщения воды разлагающимися органическими веществами (Реймерс, 1990). Оценка водных объектов по сапробности означает их типизацию на основе соотношения двух взаимозависимых абиотических факторов водной среды: концентрации органических веществ естественного (в основном, детритного) происхождения, и концентрации растворённого кислорода (все системы сапробности учитывают только нетоксичные органические загрязнения, которые влияют на организмы в первую очередь через изменение кислородного режима). В гидроэкологической практике типизации водных объектов по сапробности часто являются феноменалистскими (дескриптивными), то есть основанными на словесном описании. Основные признаки такой типизации (классификации) водных объектов

по 4 классическим зонам сапробности, предложенным более 100 лет назад для водных объектов Европы Р. Кольквитцем и М. Марссоном (Kolkwitz, Marsson, 1902) приводятся в более поздних работах (Долгов, Никитинский, 1927; Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003).

Выборочно отметим некоторые из этих признаков для зон (ступеней, классов, групп) сапробности:

1. олигосапробная зона объединяет практически чистые водоёмы, фитопланктон развит очень слабо, содержание кислорода и углекислоты относительно стабильное, на дне мало детрита, из гидромакрофитов встречаются водоросли *Draparnaldia glomerata*, *D. plumosa*;

2. бета-мезосапробная зона имеет выраженную суточную динамику газов – днём наблюдается избыток кислорода и дефицит углекислоты, ночью соотношение содержания этих газов противоположное, отмечается полная минерализация нестойких органических веществ, массовое развитие фитопланктона, гидромакрофитов, в том числе *Spirogyra crassa*, видов из рода *Cladophora*, *Ceratophyllum demersum*, в донных грунтах идут окислительные процессы и содержится много детрита;

3. альфа-мезосапробная зона характеризуется протеканием окислительно-восстановительных процессов, началом аэробного распада органических веществ, образованием аммиака и углекислоты, снижением концентрации кислорода, переходом соединений железа в окисную и закисную формы, донные илы имеют серый цвет, в них содержатся анаэробы с гетеротрофным и миксотрофным питанием;

4. полисапробная зона отличается угнетением фотосинтеза, дефицитом кислорода в воде, который поступает в поверхностный слой воды из атмосферы и расходуется на окисление, высокой концентрацией нестойких органических веществ и продуктов их анаэробного распада (сероводород, метан), преобладанием среди донных грунтов чёрных илов с запахом сероводорода, высоким содержанием детрита, восстановительными процессами, при которых железо присутствует в форме сульфида (FeS), развитием богатой сапрофитной микробиоты.

Сапробность водного объекта устанавливают по видовому составу организмов-сапробионтов в водных сообществах (Реймерс, 1990). В качестве биоиндикаторов могут использоваться практически любые группы организмов-гидробионтов, но чаще всего для индикации краткосрочных воздействий, вызывающих непродолжительные обратимые изменения среды, используют виды из состава комплексов фито-, зоо-, бактериопланктона и зообентоса (Шуйский, Максимова, Петров, 2002). По мнению этих авторов, только некоторые формы загрязнений, поступающих с водосборной территории, хорошо

отражаются в структуре гидромакрофитной растительности. Гидромакрофиты в данном аспекте часто рассматривались как дополнительные (вторичные) индикаторы и до настоящего времени крайне ограниченно использовались в системе оценки сапробности водных объектов. В ранее опубликованных таблицах была представлена сапробная характеристика только для отдельных видов. Например, А.П. Садчиков и М.А. Кудряшов (2005) приводят по данным В. Сладечека (Sládeček, 1973) и К.А. Кокина (1982) обобщённую таблицу оценки сапробности воды по индикаторным свойствам высших гидромакрофитов, которая включает только 33 видовых и родовых таксона. В максимально полном объёме обобщение всех современных данных об индикационных свойствах гидромакрофитов в отношении сапробности среды представлено в работе С.С. Бариновой, Л.А. Медведевой, О.В. Анисимовой (2006) для 290 таксонов.

Для Западно-Сибирской равнины методика оценки сапробности воды на основе информации о гидромакрофитах ранее не разрабатывалась, поэтому в число задач данной монографии входит подготовка рабочего варианта такой методики с учётом современных подходов. При этом целесообразно не ограничиваться дескриптивными системами фитоиндикационной оценки параметров состояния водных объектов. На данном этапе развития гидроэкологии актуальной задачей является разработка прескриптивных (нормативных) фитоиндикационных систем, то есть таких, которые представляют собой предписания или прямые указания к оценочным действиям (Новиков, Новиков, 2007).

С системой сапробности связаны «ступени», или «стадии» процесса самоочищения водного объекта от органического загрязнения. Органические вещества, попадающие в водоём, трансформируются гетеротрофами до минеральных соединений, которые служат питательными веществами для фотоавтотрофов, в том числе и для гидромакрофитов. Ступени (стадии, фазы) процесса самоочищения следуют во времени и в пространстве друг за другом, характеризуясь различным составом биоценозов, через последовательные ступени от анаэробного гниения в полисапробной зоне к чистоте олигосапробной зоны. Промежуточные ступени – альфа-мезосапробная – выражает нарастание аэробных процессов деструкции, бета-мезосапробная – соответствует завершению этих процессов, свидетельствуя о значительной минерализации органических веществ. Для каждой зоны сапробности можно выделить тесно связанное с ней подмножество видов гидробионтов – её индикаторов (Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003). Считается, что именно по соотношению индикаторных

организмов достигается более быстрая, точная и экономичная классификация водных объектов по сравнению с химическими методами (Абакумов с соавт., 1981).

Система Р. Кольквитца – М. Марссона совершенствовалась другими исследователями в течение всего последующего периода (Макрушин, 1974; Садчиков, Кудряшов, 2005). Для количественной оценки способности гидробионтов расти в воде с определённым содержанием органических веществ Р. Пантле и Г. Букк (Pantle, Buck, 1955) ввели численные значения – индикаторную значимость ( $s$ ), или индивидуальный индекс сапробности вида. Эти авторы включили в списки показательных видов по сапробности вместо греческих обозначений соответствующие числа: 1 – для олигосапробов, 2 – для бета-мезосапробов, 3 – для альфа-мезосапробов, 4 – для полисапробов. Каждая конкретная гидробиологическая проба на основе видового списка гидробионтов по справочным таблицам оценивается по средневзвешенному индексу сапробности, позволяющему выявить степень загрязнения водного объекта. Для расчёта средневзвешенного индекса сапробности ( $S$ ) была предложена формула:

$$S = \Sigma(sh)/\Sigma h,$$

где  $s$  – индивидуальный индекс сапробности вида;  $h$  – относительная численность вида.

Зона сапробности для биоценоза оценивается по средневзвешенному индексу сапробности ( $S$ ) так же, как ( $s$ ) – числом от 1 до 4 с округлением до ближайшего значения. Для статистической достоверности результатов необходимо, чтобы в пробе содержалось не менее 12 индикаторных видов гидробионтов с общим числом особей не менее 30 (для морфологически чётко обособленных особей).

Позже В. Сладечек (Sládeček, 1965, 1973) предложил дополнительные зоны сапробности и изменил индексы. Для биотических зон были установлены следующие индексы сапробности: ксеносапробная зона – 0–0,5, олигосапробная – 0,51–1,5, бета-мезосапробная – 1,51–2,5, альфа-мезосапробная – 2,51–3,5, полисапробная – 3,51–4,5, изосапробная – 4,51–5,5, метасапробная – 5,51–6,5, гиперсапробная – 6,51–7,5, ультрасапробная – 7,51 – 8,5. Такой подход позволил выполнять более дифференцированную оценку сапробности при исследовании водных объектов с повышенными концентрациями загрязняющих органических веществ.

Различные авторы по-разному предлагали оценивать обилие индикаторных видов ( $h$ ). Р. Пантле и Г. Букк (Pantle, Buck, 1955) установили следующие относительные градации: 1 – случайные находки вида, 3 – частая встречаемость, 5 – массовое развитие. В. Сладечек

(Sládeček, 1973) более подробно оценивает обилие видов: 1 – очень редко, 2 – редко, 3 – нередко, 5 – часто, 7 – очень часто, 9 – массовое развитие. Н.А. Дзюбан и С.П. Кузнецова (1981) считают необходимым включать в формулу вместо относительных баллов фактическое количество особей, что возможно только для морфологически чётко оформленных организмов.

Поскольку многие виды-индикаторы нередко встречаются в водах нескольких ступеней сапробности, М. Зелинка и П. Марван (Zelinka, Marvan, 1961, 1966) ввели понятие вектора сапробных валентностей вида ( $v$ ), который показывает, в какой мере вид характерен для той или иной ступени. Сапробные валентности теоретически совпадают с оценками вероятности встречаемости вида в каждом из индицируемых классов и выражаются одним или несколькими целыми числами, сумма которых для вида равна 10. Сапробные валентности обосновываются разными авторами на основании многолетней регистрации сборов, сопоставления их с химическими анализами и с литературными данными (Макрушин, 1974; Садчиков, Кудряшов, 2005), хотя конкретный математический алгоритм их расчёта не был установлен, что свидетельствует о субъективном характере этого показателя (Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003). Данный субъективизм устраняется при накоплении более точной информации по экологии видов-индикаторов в различных регионах.

Чтобы подчеркнуть роль отдельных видов при оценке степени органического загрязнения М. Зелинкой и П. Марваном (Zelinka, Marvan, 1966) была введена шкала индикаторного веса ( $J$ ), который оценивается для каждого вида в баллах от 1 до 5. Индикаторный вес ( $J$ ) для видов предлагается вычислять, ориентируясь на характер распределения сапробных валентностей по классам. Например, индикаторный вес ( $J$ ), равный 5 присваивается хорошему индикатору, если все 10 баллов сапробной валентности этого вида распределены в одной зоне сапробности. Если валентности равномерно распределяются по классам, то такой вид считается индифферентным или плохим индикатором и получает небольшой балл индикаторного веса. Средневзвешенная сапробная валентность ( $V$ ) сообщества видов гидробионтов (и среды обитания этих организмов) рассчитывается по формуле:

$$V = \Sigma(vhJ) / \Sigma(hJ),$$

где  $v$  – сапробная валентность вида,  $h$  – относительная численность вида,  $J$  – индикаторный вес вида.

Расчёт средневзвешенной сапробной валентности позволяет оценить общую вероятность распределения видов сообщества по



классам сапробности, и, таким образом, выявить наиболее вероятный класс сапробности для этого сообщества (и среды его обитания).

Показатель относительной численности индикаторных видов ( $h$ ) может быть выражен в относительных уровнях обилия (в баллах, в процентных отношениях), или же в абсолютном числе экземпляров (для морфологически чётко обособленных организмов).

Метод М. Зелинки – П. Марвана методологически считается более обоснованным. Он является наиболее усовершенствованной модификацией системы Р. Кольквитца – М. Марссона, в результате чего стало общепринятым приводить списки индикаторов сапробности с указанием сапробных валентностей и индикаторного веса видов. Однако считается, что возможность широкого применения метода ограничена тем, что сапробные валентности и индикаторный вес могут быть различны в разных районах, поэтому эти показатели требуют уточнения.

Справочные таблицы модифицируются: расширяются списки видов-индикаторов, корректируются значения сапробных валентностей и индикаторного веса видов, исследователи-гидробиологи, накопившие фактические данные, проводят самостоятельные расчёты индикаторных валентностей для составления региональных таблиц, выявления специфического характера загрязнений и типологии водоёмов (Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003).

Оценка сапробности тесно связана с системой трофности (трофии) водных объектов. ГОСТ 17.1.2.04–77 приводит таблицу оценки качества воды по трофо-сапробным показателям (табл. 1).

Таблица 1

Классификация воды на основе трофо-сапробных показателей (по: ГОСТ 17.1.2.04–77, фрагмент)

Показатели	Чистая		Загрязнённая		Грязная
	$x$	$o$	$\beta$	$\alpha$	$p$
Растворённый кислород, % насыщения	95–100	80–110	60–125	30–150	0–200
Прозрачность, м (не менее)	3,0	2,0	1,0	0,5	0,1
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	0,0 – 0,5	0,6–1,0	1,1–2,0	2,1–3,0	3,1–10,0
Аммоний солевой, мг/л	0,0 – 0,05	0,06–0,1	0,11–0,5	0,51–1,0	1,01–3,0
Нитраты, мг/л	0,05 – 5,0	5,1–10,0	10,1–40,0	40,1–80,0	80,1–150,0
Нитриты, мг/л	0,0 – 0,001	0,002–0,04	0,05–0,08	0,09–1,5	1,6–3,0
Фосфаты, мг/л	до 0,005	0,006– 0,03	0,04–0,1	0,11–0,3	0,31–0,6
Сероводород, мг/л	0,0	0,0	0,0	0,0	до 0,1

Примечание. Классы сапробности: *x* – ксеносапробная, *o* – олигосапробная, *β* – бета-мезосапробная, *α* – альфа-мезосапробная, *p* – полисапробная. БПК<sub>5</sub> – биологическое потребление кислорода за 5 суток.

С.С. Баринава, Л.А. Медведева и О.В. Анисимова (2006) цитируют таблицу соответствия уровней сапробности, галобности и трофии с классами качества вод по А. Делль Уомо (Dell'Uomo, 1999) (табл. 2) и предлагают классификацию качества вод, основанную на количественном учёте содержания фосфатов и нитратов (табл. 3).

Таблица 2

Соответствие уровней сапробности, галобности и трофии с классами качества вод по А. Делль Уомо (Dell'Uomo, 1999)

Класс качества воды	Сапробный уровень	Галобный уровень	Трофический уровень
0	ксеносапробный	галофобный	гипотрофный
I	олигосапробный	олигогалобно-индифферентный	олиготрофный
II	β-мезосапробный	олигогалобно-индифферентный	мезотрофный
III	α-мезосапробный	олигогалобно-галофильный	евтрофный
IV	полисапробный	галофильно-мезогалобный	гипертрофный

Таблица 3

Критерии и интегральные показатели оценки состояния водных экосистем (по: С.С. Баринава, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова, 2006, фрагмент)

Показатели воды	Пределы изменения значений			
	I	II	III	IV
Индекс по Сладечку	0–0,5	0,5–1,5	1,5–2,5	2,5–3,5
Фосфаты, мгP/дм <sup>3</sup>	0,005	0,005–0,03	0,03–0,1	0,1–0,3
Нитраты, мгN/дм <sup>3</sup>	0,05	0,05–0,5	0,5–1,5	1,5–2,5

Примечание. Классы (разряды) качества воды: I – очень чистая, II – чистая, III – удовлетворительной чистоты, IV – загрязнённая.

#### 1.4. Гидромакрофиты в оценке аллювиальности экотопов

В высокодинамичных водных объектах большое влияние на состояние среды имеет фактор аллювиальности. Отложения аллювия образуются русловыми и пойменными водными потоками в поймах

речных долин. В аллювии равнинных рек закономерно сочетаются русловой аллювий, отлагающийся в смещающемся русле потока (косослоистые пески и гравий), пойменный аллювий, накапливающийся поверх руслового во время половодий (главным образом супеси и суглинки), и старичный аллювий, в котором преобладают богатые органическим веществом супеси и суглинки (Шанцер, 1951). Особенно велико значение фактора аллювиальности для пойменных водных объектов: проток, русел рек, старичных озёр и временных водоёмов. В условиях сезонного климата, когда продолжительность вегетационного сезона не превышает 90–120 дней, отложение аллювия не позволяет многим гидромакрофитам-аллювиофобам участвовать в формировании гидромакрофитной растительности. На акваториях, регулярно перекрываемых свежим аллювием, способны расти только некоторые виды-аллювиофилы.

Для выражения величины действия фактора аллювиальности Л.Г. Раменский с соавт. (1956) разработали специальную классификацию пойменных местообитаний:

1. без отложения аллювия или со следами его;
2. очень слабая аллювиальность – толщина отложений 0,1–0,3 см;
3. слабая – 0,2–0,5 см;
4. умеренная – 0,5–2 см;
5. сильная – 2–5 см;
6. избыточная – 5–10 см;
7. катастрофическая – 10–15 см.

Шкалу аллювиальности (А) цитируемые авторы подразделяют на 10 ступеней, которые отражают интенсивность отложения аллювия в поймах рек и по берегам водоёмов – от местообитаний без отложения аллювия (1 ступень) до катастрофически аллювиальных местообитаний, где мощность ежегодных отложений достигает 10–15 см и более (10 ступень) (Раменский с соавт., 1956; Прокопьев, 2001). Растения, выдерживающие только слабый уровень аллювиальности, относятся к аллювиофобам. Остальные виды считаются аллювиофилами. В том числе виды, способные расти при средней мощности аллювия, относятся к группе мезоаллювиофитов, соответственно наиболее выносливые виды являются ортоаллювиофитами и гипераллювиофитами (табл. 4). В то же время донные отложения являются важным компонентом абиотической среды водных экосистем. Они оказывают существенное влияние на гидрохимический режим водоёмов и их биопродуктивность, выступая в роли аккумуляторов минеральных элементов (Лукина, Смирнова, 1988).

Таблица 4

Ступени шкалы аллювиальности (А) и экологические группы по отношению к аллювиальности (по: Л.Г. Раменский с соавт., 1956)

Ступени аллювиальности (А)	Серия местообитаний	Экологическая группа
1	Неаллювиальная	Аллювиафобы
2–4	Слабоаллювиальная	Аллювиафобы
5–7	Среднеаллювиальная	Мезоаллювиафиты
8	Сильноаллювиальная	Ортоаллювиафиты
9–10	Резкоаллювиальная	Гипераллювиафиты

Содержание биогенных элементов в грунте почти всегда многократно выше, чем в водной толще. Кроме этого, грунты являются эдафотопической средой, в которой размещаются подземные органы многолетников и сохраняются некоторые другие их диаспоры в неблагоприятные периоды (турионы, семена, ооспоры) (Свириденко, 2000).

Одной из главных характеристик донных отложений, согласно С.И. Кузнецову (1970), является содержание в них органического вещества. Органическое вещество занимает важное место в жизнедеятельности высших водных растений, так как является дополнительным источником углеродного и азотного питания для них.

В результате анализа отношения видов водных макрофитов к грунтам выделяют эдафотолерантные группы. В группу псаммопелофилов объединены виды, произрастающие на тонкодетритных органических илах, но способные также занимать и более бедные органическим веществом грунты (пески, суглинки, глины). В группу пеллобионтов объединены типичные обитатели тонкодетритных илов (серых, тёмно-серых, чёрных). Группа детритопелофилов включает виды, местообитания которых в основном связаны с тонко- и грубодетритными илами, с торфянистыми илами и торфами. Группа детритобионтов объединяет обитателей торфов, грубодетритных и торфянистых илов. Эвриэдафилами называют виды, отмеченные на грунтах всех типов (Свириденко, 2000).

### **1.5. Гидромакрофиты в оценке минерализации и общей жёсткости воды**

Одним из главных абиотических факторов, воздействующих на водные растения, является минерализация (солёность) воды (Федченко, 1949; Шенников, 1950; Поляков, 1933, 1952; Gessner, 1955, 1959;

Богдановская-Гиенэф, 1974; Катанская, 1975, 1979, 1981; Кокин, 1982; Доброхотова, Ролдугин, Доброхотова, 1982). Этот показатель имеет большое значение для других гидробионтов, он крайне важен для оценки санитарного состояния водного объекта и технической пригодности воды. В естественных условиях вода не встречается в химически чистом виде, так как в ней обычно растворены минеральные соли и другие вещества, с которыми она соприкасается в процессе своего кругооборота (Алёкин, 1970; Шишкина, 1974). Природные воды представляют в основном растворы смесей сильных электролитов. Минеральную часть воды составляют так называемые главные (основные) ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . Этими ионами и обуславливается электропроводность природных вод – численное выражение способности водного раствора проводить электрический ток. Минерализацией называют суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ. Для континентальных вод этот показатель обычно выражается в  $\text{мг/дм}^3$  ( $\text{г/дм}^3$ ) (Справочник..., 1989). В более ранней литературе минерализацию выражали в других единицах измерения (в  $\text{мг/л}$  или в  $\text{г/л}$ ), что хотя и не тождественно, но близко современному выражению величины данного показателя.

Для обитания гидромакрофитов пригодна как очень пресная вода, так и насыщенная солями. Однако в природе редки виды, способные жить в очень широком диапазоне минерализации вод. Каждый вид находит условия для своего существования только в определённой, достаточно узкой части этого диапазона. Способность организмов (видов) жить в конкретном диапазоне минерализации вод названа солевыносливостью, или галотолерантностью. Для континентальных водоёмов установлена общая закономерность, которая выражается в обеднении видового состава гидромакрофитов при повышении минерализации воды (Поляков, 1952; Воронихин, 1953; Катанская, 1970, 1975; Шехов, 1974; Петрова, 1978). Проблема солевыносливости континентальноводных гидромакрофитов рассмотрена В.М. Катанской (1970, 1975, 1979), которая отметила, что большинство видов встречается в водах с минерализацией не выше 0,5–1 г/л. Многие виды гидромакрофитов выдерживают минерализацию до 4–5 г/л. Эвригалинные виды (*Phragmites australis*, *Potamogeton pectinatus*) обитают при минерализации до 18–20 г/л. Максимальные значения минерализации воды в экотопах галобионтных гидромакрофитов в озёрах Казахстана и Средней Азии (*Ruppia maritima*, *Ruppia sp.*, *Zannichellia sp.*) составляют 34,2–50,8 г/л (Доброхотова, 1953; Коган, 1955; Катанская, 1970; Таубаев, 1970) или даже 79,7 г/л (Свириденко, 2000).

Существуют разные классификации поверхностных вод по минерализации. По О.А. Алёкину (1970) воды с минерализацией до 1 г/л считаются пресными, от 1 до 25 – солоноватыми, свыше 25 – соляными. В соответствии с современными гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды суммарная минерализация не должна превышать величины 1 г/дм<sup>3</sup>, что соответствует пресным водам по О.А. Алекину (1970). В пределах солоноватых вод выделяют также группу условно-пресных вод с минерализацией 1–3 г/л (Лезин, 1982). Кроме того, для детальной оценки распределения гидромакрофитов в диапазоне минерализации 3,1–25,0 г/л дополнительно выделяют 3 подгруппы солоноватых вод (табл. 5). В настоящее время более детально классифицируют в разной степени маломинерализованные воды, выделяя в частности категорию ультрапресных вод, широко представленных в северной половине Западно-Сибирской равнины (табл. 6).

Таблица 5

Подразделение поверхностных вод Северного Казахстана по минерализации (по: Б.Ф. Свириденко, 2000)

Группа вод	Подгруппа вод	Минерализация, г/л
Пресная	-	до 1
Условно-пресная	-	1,1–3
Солоноватая	слабосолоноватая	3,1–5
-	среднесолоноватая	5,1–8
-	сильносолоноватая	8,1–25
Соляная	-	более 25

Таблица 6

Классификация природных вод по минерализации (по: Справочник..., 1989)

Категория вод	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>
Ультрапресные	< 0,2
Пресные	0,2–0,5
Воды с повышенной минерализацией	0,5–1,0
Солоноватые	1,0–3,0
Солёные	3–10
Воды повышенной солёности	10–35
Рассолы	> 35

Ранее авторами настоящей монографии (Свириденко, Свириденко, 1997 в; Свириденко, 2000) были опубликованы первичные фактические данные по солевойности 97 видов гидромакрофитов из различных систематических групп (водорослей, мхов и цветковых). Этот материал по

экологии гидромакрофитов был получен на южной окраине Западно-Сибирской равнины, где химический состав воды разнотипных поверхностных водных объектов варьирует в очень широких пределах.

В результате анализа данных по солевыносливости было установлено, что в составе водной макрофитной ценофлоры Северного Казахстана выделяются две совокупности видов, которые можно обозначить как пресноводный и соляноводный комплексы (Свириденко, Свириденко, 1997 в). Естественной экологической границей между данными комплексами является узкий диапазон минерализации, получивший в гидробиологической литературе название критической солёности (Хлебович, 1974). Согласно концепции критической солёности, в воде океанического состава солёность около 5–8 г/л представляет собой универсальный барьер, разделяющий биологические процессы разной направленности или интенсивности. Особая роль барьера критической солёности объясняется резкими изменениями в этом диапазоне физико-химических свойств среды. Критическая солёность является границей распространения организмов с различной осморегуляторной способностью. Считается установленным, что по обе стороны узкой зоны солёности 5–8 г/л развиваются различные фаунистические комплексы (пресноводный и морской), по-разному протекают обменные процессы в организмах и тканях, а многие важнейшие макромолекулярные вещества имеют различную структуру (Хлебович, 1974; Фёдоров, Гильманов, 1980).

Барьерная роль солёности 5–8 г/л отчетливо проявляется только в водах с океаническим составом солей. В водах другого состава отмечено некоторое смещение диапазона критической солёности в сторону более высоких концентраций и одновременное увеличение интервала между его крайними точками (Карпевич, 1975; Аладин, 1983). Это явление имеет место в поверхностных водах южной части Западно-Сибирской равнины, отличающейся широким разнообразием по концентрации и составу растворённых солей. Поэтому обобщённая «зона стыка» видов пресноводного и соляноводного флористических комплексов в местных водных объектах охватывает диапазон минерализации 8–15 г/л, то есть расположена в сильносоленоватых водах. Критическая солёность в пределах этой зоны сдвигается в ту или другую сторону в зависимости от состава воды в конкретном водоёме. Таким образом, результаты анализа солевыносливости гидромакрофитов укладываются в общебиологическое содержание концепции критической солёности, разработанной в целом на примере животных объектов. При минерализации меньше 8–15 г/л отмечается максимум видов пресноводного комплекса. Соответственно, при минерализации выше 8–

15 г/л располагается максимум видов соляноводного комплекса. Виды, составляющие каждый из этих комплексов, практически не встречаются совместно, поскольку критическая солёность (диапазон 8–15 г/л) является для них одинаково неблагоприятной. В водоёмах с такой минерализацией обычно наблюдается минимум видов, представленных малопродуктивными популяциями.

Пресноводный комплекс видов экологически неоднороден. Он подразделяется нами на 4 группы: типично пресноводную, условно-пресноводную, слабосоленовато-пресноводную и среднесоленовато-пресноводную. Естественно, что эти группы условны и между ними нет чётких границ, поскольку существует экологический континуум.

Типично пресноводная группа включает виды гидромакрофитов, которые обитают преимущественно в водах гидрокарбонатно-кальциевого ( $C^{Ca}$ ) и гидрокарбонатно-натриевого ( $C^{Na}$ ) состава при минерализации до 1 г/л. К данной группе принадлежат многие водные мхи (*Fontinalis hypnoides*, *Calliergon cordifolium*, *Drepanocladus aduncus*), некоторые харовые водоросли (*Tolypella prolifera*, *Chara kirghisorum*), многие сосудистые гидромакрофиты (*Equisetum fluviatile*, *Nymphoides peltata*, *Nuphar pumila*, *Scirpus ehrenbergii*, *Sagittaria natans*). Отдельно как самостоятельная может быть выделена ультрапресноводная группа гидромакрофитов – облигатных обитателей вод гидрокарбонатно-кальциевого ( $C^{Ca}$ ) состава с минерализацией до 0,2 г/л (многие олиготрофные мхи и некоторые водоросли).

Условно-пресноводная группа объединяет виды гидромакрофитов, обитающие в водах гидрокарбонатно-кальциевого ( $C^{Ca}$ ), гидрокарбонатно-натриевого ( $C^{Na}$ ), гидрокарбонатно-магниевого ( $C^{Mg}$ ), сульфатно-натриевого ( $S^{Na}$ ), хлоридно-натриевого ( $Cl^{Na}$ ) состава при минерализации до 2–3 г/л (*Chara tomentosa*, *Leptodictyum riparium*, *Nymphaea candida*, *Stratiotes aloides*, *Potamogeton lucens*). Некоторые условно-пресноводные виды близки по солевойносливости к предыдущей группе, поскольку очень незначительно переходят рубеж минерализации 1 г/л. К таким видам принадлежат *Menyanthes trifoliata*, *Hippuris vulgaris*, *Potamogeton natans*, *P. praelongus*.

Слабосоленовато-пресноводная группа имеет в своем составе виды, способные выдерживать минерализацию до 5–8 г/л в водах различного состава: гидрокарбонатно-кальциевого ( $C^{Ca}$ ), гидрокарбонатно-магниевого ( $C^{Mg}$ ), гидрокарбонатно-натриевого ( $C^{Na}$ ), сульфатно-натриевого ( $S^{Na}$ ), но более часто хлоридно-натриевого ( $Cl^{Na}$ ). Представителями группы являются *Chara canescens*, *Ceratophyllum submersum*, *Utricularia vulgaris*, *Potamogeton perfoliatus*, *Lemna trisulca*.



Среднесолоновато-пресноводную группу составляют только 4 вида: *Enteromorpha intestinalis*, *Phragmites australis*, *Zannichellia palustris* и *Potamogeton pectinatus*, которые встречаются в самых разнообразных по химическому составу водах (преимущественно в хлоридно-натриевых) при минерализации до 13–15(25) г/л.

По амплитуде солевыносливости ультрапресноводные, типично пресноводные и условно-пресноводные виды можно считать стеногалинными пресноводными растениями. Слабосоленовато-пресноводные и среднесолоновато-пресноводные виды относятся к субэвригалинным солоновато-пресноводным гидромакрофитам пресноводного флористического комплекса.

Соляноводный флористический комплекс представляют 3 вида, не проникающие в пресные и условно-пресные воды: *Ruppia maritima*, *R. drepanensis*, *Althenia filiformis*. Они отличаются большим сходством по экологии, обитая в солоноватых и соляных, преимущественно хлоридно-натриевых ( $\text{Cl}^{\text{Na}}$ ) водах. При минерализации 8,0 г/л был отмечен вид *Ruppia drepanensis* (Свириденко, 2000). В.М. Катанская (1970) приводит близкое значение 8,4 г/л в качестве нижнего порога минерализации для *Ruppia maritima*. Этот вид, по мнению Т.Т. Таубаева (1970), не встречается в водах с минерализацией ниже 5,0 г/л. Совместно все виды соляноводного комплекса отмечены в оз. Кусмурын в Тургайской ложбине (Республика Казахстан) при минерализации воды 30,0 г/л, что составляет вероятный оптимум. Виды *Ruppia maritima* и *Althenia filiformis* найдены в оз. Камышлово на крайнем юге Западно-Сибирской равнины (Республика Казахстан) при минерализации 39,6 г/л (Свириденко, Свириденко, 1997 в). Максимальная минерализация воды, в которой обитали такие, по мнению Н.Н. Цвелёва (1975), экологически совершенно одинаковые виды, как *Ruppia drepanensis* и *Althenia filiformis*, составляла в оз. Карасор 79,7 г/л. Близкое значение (79,6 г/л) было отмечено нами для местообитаний *Ruppia maritima* в оз. Жарман также на юге Западно-Сибирской равнины (Республика Казахстан). Соляноводный флористический комплекс представлен в водных объектах Западно-Сибирской равнины среднесолоновато-соляноводной группой, которая состоит из высоко специализированных видов цветковых гидромакрофитов, обитающих в хлоридно-натриевых водах с минерализацией от 5–8 до 80 г/л. Эти субэвригалинные растения не принадлежат к типично морским видам, которые имеют диапазон солевыносливости в пределах 30–40 г/л. Происхождение видов соляноводного комплекса связывают с континентальными гипергалинными водоёмами (Цвелёв, 1975).

Представляется возможным также выделить в составе гидромикрофитной флоры региона ещё один флористический комплекс. Отмечено, что водоросли *Cladophora glomerata* и *Lamprothamnium papulosum* могут занимать поверхностные воды, относящиеся к группам пресных, солоноватых, морских и соляных (выше морской солёности). Эти виды, вероятно, составляют особую группу эвригалинных гидромикрофитов, обладающих максимально широким диапазоном галотолерантности по сравнению со всеми остальными видами (Свириденко, 2000). Отмечено, например, что *Lamprothamnium papulosum* проходит цикл развития в диапазоне минерализации от 1,3 до 35–69 г/л (Corillion, 1957, 1975; Dubois, 1968; Guerlesquin, Podlejski, 1980; Guerlesquin, 1992).

В целом принимаем в настоящей монографии следующую градацию поверхностных вод по минерализации для выражения галотолерантности гидромикрофитов из разных экологических групп (табл. 7).

Таблица 7

Подразделение поверхностных вод Западно-Сибирской равнины по минерализации

Группа вод	Подгруппа вод	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>
Пресная	ультрапресная	менее 0,2
	типично пресная	0,2–1,0
Условно-пресная	условно-пресная	1,1–3
Солоноватая	слабосоленоватая	3,1–5
	среднесолоноватая	5,1–8
	сильносолоноватая	8,1–25
Соляная	соляная	более 25

Существенное значение в жизнедеятельности гидромикрофитов имеет жёсткость воды (Шенников, 1950; Константинов, 1972; Катанская, 1975). Общая жёсткость, как свойство водной среды обитания, зависит главным образом от наличия в ней растворённых солей кальция и магния. Согласно закону антагонизма ионов Ж. Лёба (по: Б.Г. Иоганзен, 1979), вредное влияние солей на организм может ослабевать при определённом соотношении в водной среде одновалентных и двухвалентных ионов. Данное соотношение оказывает огромное влияние на осморегуляцию гидробионтов.

Установлено, что в солоноватых континентальных водах в процессе осморегуляции организмов активно участвуют не только хлорные соли одновалентных металлов натрия и калия, но и различные соли двухвалентных металлов. Наличие ионов кальция и магния смягчает действие ионов натрия и калия, и солевой обмен у

гидробионтов в континентальных водах протекает в более широком диапазоне, чем в океанической воде. Одновалентные ионы солей определяют минимальный солевой диапазон выносливости вида, двухвалентные – максимальный (Карпевич, 1975).

В исследованных водных объектах южной части Западно-Сибирской равнины общая жёсткость вод находится в прямолинейной связи с величиной минерализации. Коэффициент корреляции этих показателей равен 0,99, а уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 5x + 1,2,$$

где  $y$  – общая жёсткость, мг-экв/л (или мг-экв/дм<sup>3</sup>),  $x$  – минерализация, г/л (или г/дм<sup>3</sup>) (Свириденко, 2000).

В связи с очень сильной корреляцией указанных факторов, выделенные нами на основании солевых выносливости группы видов достаточно точно отражают и отношение растений к условиям жёсткости вод. В целом диапазон жёсткости вод, заселённых гидромакрофитами, составляет на юге Западно-Сибирской равнины 0,1–420,5 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Незначительная часть этого диапазона соответствует мягким водам ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  до 3 мг-экв/дм<sup>3</sup>) и умеренно жёстким водам ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  – 3–6 мг-экв/дм<sup>3</sup>). Воды в остальной части диапазона считаются жёсткими и очень жёсткими. Гидромакрофиты пресноводного флористического комплекса отмечены нами в диапазоне жёсткости 0,1–83,2 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Типично пресноводные виды обитают при общей жёсткости 0,1–13,2 мг-экв/дм<sup>3</sup>, однако большинство из них встречается исключительно в мягких и умеренно жёстких водах, в связи с чем такие виды могут использоваться для индикации данного свойства воды, важного в техническом отношении. В качестве индикаторов мягких и умеренно жёстких вод выделяются *Nitella hyalina*, *Tolypella prolifera*, *Fontinalis hypnoides*, *Equisetum fluviatile*, *Salvinia natans*, *Nuphar lutea*, *Rorippa amphibia*, *Oenanthe aquatica*, *Nymphoides peltata*, *Utricularia intermedia*, *Eleocharis acicularis*, *Butomus umbellatus*, *Alisma plantago-aquatica*, *Sagittaria sagittifolia*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton crispus*, *P. berchtoldii*, *P. pusillus*, *P. gramineus*, *Sparganium minimum*. В эту группу индикаторов можно включить также некоторые условно-пресноводные виды: *Potamogeton praelongus*, *P. natans*.

Другие условно-пресноводные виды встречаются в более широком диапазоне жёсткости (0,1–18,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>) и непригодны для индикации вод с низкой концентрацией солей кальция и магния.

Слабосоленовато-пресноводные виды обитают в диапазоне жёсткости 0,1–67,1 мг-экв/дм<sup>3</sup>, а среднесоленовато-пресноводные – соответственно 1,5–83,2 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Экологические ареалы этих

растений своей основной частью расположены не только в жёстких и очень жёстких водах, но охватывают чаще и мягкие воды. Исключительно очень жёсткими водами отличаются местообитания видов соляноводного флористического комплекса. Диапазон жёсткости для этих растений на юге Западно-Сибирской равнины составляет 67,1–420,5 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Виды эвригалинного флористического комплекса, вероятно, могут занимать весь диапазон жёсткости вод, в которых отмечены гидромакрофиты. Широкая экологическая толерантность *Cladophora glomerata* свидетельствует в пользу данного мнения. Относительно *Lamprothamnium papulosum* можно отметить, что если солоноватоводная часть экологического ареала этого вида изучена относительно полно, то о его распространении в пресных водах имеется мало сведений. Недостаток фактических данных по экологии *Lamprothamnium papulosum* позволяет лишь условно включать этот вид в состав эвригалинного комплекса.

Сравнивая по составу океаническую воду с поверхностными водами южной части Западно-Сибирской равнины можно отметить следующее. В океанической воде соотношение одно- и двухвалентных катионов (в мг-экв/дм<sup>3</sup>) составляет величину 3,5. В поверхностных водах юга Западно-Сибирской равнины это соотношение находится в пределах 0,2–3,1, причём в соляных водах данная величина не превышает 2,5. Следовательно, повышенное содержание двухвалентных катионов, в первую очередь, катиона кальция определяет смещение критической солёности в солоноватых водоёмах в сторону более высоких концентраций, увеличивая общую солевую насыщенность видов пресноводного флористического комплекса.

### 1.6. Гидромакрофиты в оценке активной реакции воды

Экологическое действие активной реакции воды проявляется через изменение проницаемости клеточных мембран и водно-солевого обмена у организмов (Константинов, 1972). Активная реакция воды определяет степень доступности биогенных элементов для растений (Кокин, 1982). Водородный показатель pH в заросших гидромакрофитами водоёмах сильно меняется как в течение сезонов года, так и в течение суток. Эти изменения связаны с процессами фотосинтеза и дыхания водных растений и других организмов, а также с процессом разложения органических веществ. Несмотря на высокую динамичность величины pH, водородный показатель имеет большое типологическое значение при изучении гидроэкоотопов (Салазкин, 1976).

По величине водородного показателя природные воды подразделяют на кислые ( $\text{pH} = 3\text{--}5$ ), слабокислые ( $\text{pH} = 5\text{--}6,5$ ), нейтральные ( $\text{pH} = 6,5\text{--}7,5$ ), слабощелочные ( $\text{pH} = 7,5\text{--}8,5$ ), щелочные ( $\text{pH} = 8,5\text{--}9,5$ ), сильнощелочные ( $\text{pH} > 9,5$ ) (Никаноров, 1989).

В пределах Западно-Сибирской равнины проявляется зональная закономерность в изменении активной реакции поверхностных вод. В южной части равнины (степная, лесостепная и южная половина лесной зоны) водные объекты по классификации С.А. Зернова (1949) относятся к нейтрально-щелочным ( $\text{pH} > 6$ ), в северной части (северная половина лесной зоны, лесотундровая и тундровая зоны) – к торфяным, или кислым ( $\text{pH} < 5$ ). Щелочные воды региона в период вегетации могут иметь  $\text{pH} = 7,2\text{--}8,8(9,5\text{--}10,5)$ , кислые воды в сфагновых болотах, болотных озёрах и реках отличаются  $\text{pH} = 4,0\text{--}4,5(3,4\text{--}3,8)$  (Форш, 1963; Бабушкин, Московченко, Пикунов, 2007).

Ранее многими авторами рассматривалась зависимость гидромакрофитов от активной реакции водной среды (Богдановская-Гиенэф, 1974; Макрофиты-индикаторы..., 1993; Свириденко, Свириденко, 1997 в; Свириденко, 2000; Dierssen, 2001; Барина, Медведева, Анисимова, 2006). Отмечено, например, что болотные кислые воды характеризуются наличием именно ацидофильных видов растений, в первую очередь – обилием мохообразных (Dierssen, 2001).

Для 270 таксонов сосудистых гидрофитов, водных мхов и водорослей Норвегии Е.А. Линдстрём с соавт. (Lindström et al., 2004) выявили толерантность к активной реакции воды и выделили 4 группы видов. Для ацидотолерантной группы установлена способность к росту в воде при  $\text{pH}$  менее 5,0. Остальные группы указаны по нижним пределам толерантности к этому фактору: виды, обитающие при  $\text{pH}$  свыше 5,0; свыше 5,5–6,0 и свыше 6,5.

Для юга Западно-Сибирской равнины ранее было предложено выделять следующие основные экологические группы гидромакрофитов по отношению к активной реакции водной среды: индифференты, алкалифилы, алкалибионты, ацидофилы (Свириденко, 2000). Виды-индифференты развиваются как в слабокислых, так и в щелочных водах ( $\text{pH} 6,4\text{--}9,6$ ). Алкалифилы тяготеют к нейтральным и слабощелочным водам ( $\text{pH} 7,2\text{--}8,6$ ). Алкалибионты исключительно тесно связаны со щелочными водами ( $\text{pH} 7,8\text{--}10$  и более). Ацидофилы обитают преимущественно в кислых, слабокислых и, отчасти, в нейтральных водах ( $\text{pH}$  меньше 6,6).

## Глава 2. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОЛЕРАНТНОСТЬ ГИДРОМАКРОФИТОВ

### 2.1. Таксономическая изученность и зональное распределение гидромакрофитов

Таксономический состав гидромакрофитов Западно-Сибирской равнины остаётся ещё не полностью выявленным. Благодаря публикации многотомной сводки «Флора Сибири» (1988–2003) достаточно детально изучены таксономический состав и распространение сосудистых гидрофильных растений на этой территории. Достаточно полно, хотя и в меньшей степени исследованы гидрофильные мхи (Савич, Ладьженская, 1936; Абрамова, Савич-Любицкая, Смирнова, 1961; Савич-Любицкая, Смирнова, 1968, 1970; Шляков, 1976, 1979–1982; Игнатов, Игнатова, 2003, 2004; Konstantinova, Bakalin, 2009). Наименее изучены макроскопические водоросли региона, особенно такие порядки, как *Zygnematales*, *Cladophorales*, *Sphaeropleales*, *Chaetophorales*, *Charales*, *Vaucheriales*, *Nemaliales*. Неравноценно изучена экология разных видов гидромакрофитов, в связи с чем необходимо проведение дальнейших специальных количественных исследований экологической толерантности представителей этой габитуальной группы водных растений.

Сосудистые гидрофильные растения составляют основу большинства растительных группировок в водных объектах Западно-Сибирской равнины. Эта группа гидрофильных растений распространена в водоёмах степной и лесостепной зон, а также в лесной, лесостундровой и тундровой зонах. В таксономическом отношении в группу входят представители отделов *Equisetophyta*, *Polypodiophyta* и *Magnoliophyta* при абсолютном преобладании цветковых гидрофитов.

В степной и лесостепной ботанико-географических зонах гелофитами-эдикаторами ценозов континентальноводной макрофитной растительности выступают цветковые гелофиты: *Phragmites australis* (рис. 6), *Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *T. laxmannii* (рис. 7), *Bolboschoenus maritimus*, *Scirpus lacustris*, *S. tabernaemontani*, *Carex acuta*, *C. omskiana*, *C. riparia*, *Sagittaria sagittifolia*, *Alisma gramineum* (надводная форма), *A. lanceolatum*, *A. plantago-aquatica*, *Sparganium erectum*, *S. emersum* (надводная форма), *Butomus umbellatus* (рис. 8), *Acorus calamus* (долина Иртыша). Из отдела хвощевидных в южных районах встречается *Equisetum fluviatile* (рис. 9), ценозы которого распространены преимущественно в пойменных водных объектах.



Рис. 6. Фитоценоз *Phragmites australis* в солонатоводном озере на границе лесостепной и степной зон (Омская обл.)



Рис. 7. Фитоценоз *Typha laxmannii* в периодически пересыхающем временном водоёме в лесостепной зоне (Омская обл.)



Рис. 8. Фитоценоз *Butomus umbellatus* в протоке р. Иртыш в лесостепной зоне (Омская обл.)



Рис. 9. Фитоценоз *Equisetum fluviatile* на аллювии по мелководной протоке р. Иртыш в лесостепной зоне (Омская обл.)



Особенно большое значение имеют такие ценозы для формирования гидромакрофитной растительности долин крупных рек (Обь, Иртыш, Ишим, Тобол и их притоки). Для этих южных районов равнины характерны также сообщества плейстофитов-эдификаторов: *Persicaria amphibia*, *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Nymphoides peltata* (рис. 10), *Lemna minor* (рис. 11), *Spirodela polyrhiza*.

Гидатофитные группировки в степной и лесостепной зонах формируют в основном различные виды рода *Potamogeton*, среди которых особенно выделяется по ценотической роли *Potamogeton pectinatus*. Этот вид образует обширные ценозы на площади, составляющей иногда десятки квадратных километров, в диапазоне глубин от 0,1 до 4,5 м в таких крупных озёрах, как Чаны, Ик, Салтаим, Тенис и многих других. Наряду с данным видом в пределах юга Западно-Сибирской равнины большое значение имеют многие гидатофиты-эдификаторы: *Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus*, *P. compressus*, *P. crispus*, *P. berchtoldii*, *P. friesii*, *P. gramineus*, *P. praelongus*, *P. pusillus*, *Stratiotes aloides*, *Lemna trisulca*, *Ceratophyllum demersum*, *C. submersum*, *Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum*, *Batrachium circinatum*, *Alisma gramineum* (подводная форма), *Najas marina*, *Elodea canadensis*.

Гипергалинные хлоридно-натриевые степные и лесостепные бессточные озёра занимает комплекс соляноводных цветковых гидромакрофитов: *Ruppia drepanensis*, *R. maritima*, *Althenia filiformis* с участием эвригалинных водорослей *Cladophora glomerata* и *Lamprothamnium pulposum*.

Севернее, в лесной и отчасти в лесотундровой ботанико-географических зонах Западно-Сибирской равнины водные объекты представляют среду обитания для различных видов гидрофильных и гидрогигрофильных сосудистых растений, которые образуют ценозы гидромакрофитной растительности и ценозы болотного типа растительности (совместно с мхами). В южной части лесной зоны обычными гелофитами-эдификаторами континентальноводных группировок остаются: *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia* (рис. 12), *Carex acuta*, *C. omskiana*, *C. riparia*, *C. atherodes*, *Alisma plantago-aquatica*, *Sparganium erectum*, *S. emersum* (рис. 13). По долине Иртыша также представлены ценозы *Glyceria maxima*, *Acorus calamus*, *Rorippa amphibia*. Из плейстофитов-эдификаторов важная роль принадлежит *Persicaria amphibia*, *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Nymphoides peltata*, *Lemna minor*, однако уже начинают встречаться группировки, образованные такими эдификаторами, как *Nuphar pumila*, *Nymphaea tetragona*, *Potamogeton alpinus* (наводная форма), *P. natans*.

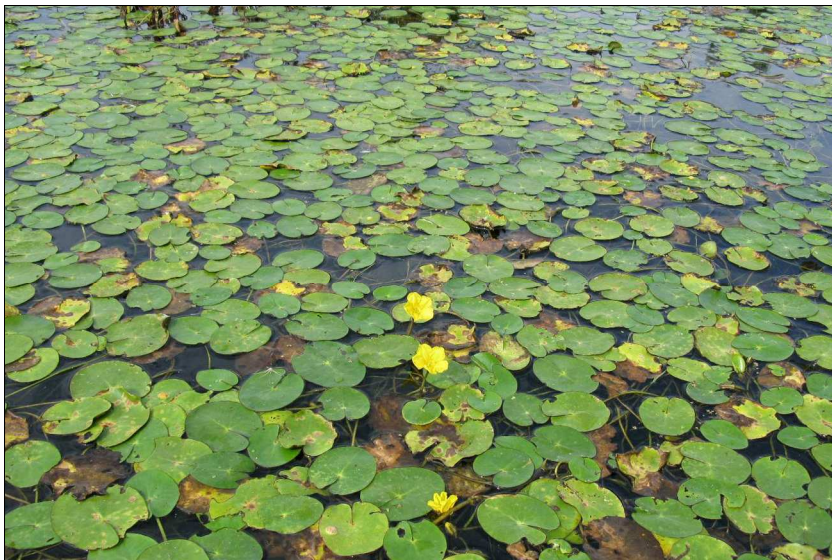


Рис. 10. Фитоценоз *Nymphaoides peltata* в зарастающей старице поймы р. Иртыш в лесостепной зоне (Омская обл.)



Рис. 11. Фитоценоз *Letna minor* по периферии заболоченного водораздельного озера в лесостепной зоне (Омская обл.)



Рис. 12. Фитоценоз *Typha latifolia* по периферии заболоченного водораздельного озера на юге лесной зоны (Омская обл.)



Рис. 13. Фитоценоз *Sparganium emersum* в протоке на границе лесостепной и лесной зон (Омская обл.)

Большое значение имеют гидатофиты-эдификаторы: *Potamogeton pectinatus*, *P. perfoliatus*, *P. compressus*, *P. crispus*, *P. berchtoldii*, *P. friesii*, *P. gramineus*, *P. praelongus*, *P. pusillus*, *Stratiotes aloides* (рис. 14), *Lemna trisulca*, *Ceratophyllum demersum*, *C. submersum*, *Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum*, *Batrachium circinatum*.

На севере лесной зоны некоторые, ранее перечисленные мощные эдификаторы распространены только в долине р. Обь. Например, *Phragmites australis* и виды рода *Typha* несколько десятилетий назад ещё не встречались по долинам средних и малых рек в обширных районах севернее Сибирских увалов, куда они начали проникать в новейшее время в связи с интенсивным антрополическим освоением территории. В северной половине лесной зоны процесс зарастания водных объектов связан преимущественно с гидрогигрофильными гелофитами-эдификаторами: *Carex acuta*, *C. aquatilis* (рис. 15), *C. atherodes*, *C. diandra*, *C. dioica*, *C. disticha*, *C. lasiocarpa*, *C. limosa*, *C. rhynchophysa*, *C. rostrata*, *C. vesicaria* (рис. 16), *Scirpus sylvaticus*, *Eriophorum gracile*, *E. polystachyon*, *E. russeolum* (рис. 17), *E. scheuchzeri*, *E. vaginatum*, *Agrostis stolonifera*, *Hippuris vulgaris* (надводная форма), *Rorippa amphibia* (в пойме р. Обь), а также *Equisetum fluviatile*. Среди плейстофитов-эдификаторов основное значение здесь имеют *Nuphar pumila* (рис. 18), *Nymphaea tetragona*, *Sagittaria natans* (рис. 19), *Potamogeton alpinus* (наводная форма), *P. natans*. Ведущими гидатофитами-эдификаторами являются *Potamogeton alpinus* (подводная форма), *P. obtusifolius*, *P. perfoliatus*, *P. compressus*, *P. pusillus*, *Myriophyllum sibiricum*, *Sparganium emersum* (подводная форма), *Ceratophyllum demersum*. В водных объектах разных районов этой части лесной зоны заметно снижается ценотическое значение *Potamogeton pectinatus*, *P. lucens*, *P. praelongus*.

В лесотундровой и тундровой зонах видовой состав сосудистых гидромакрофитов обеднён, их ценотическая значимость заметно снижена. Процесс зарастания водных объектов связан преимущественно с гелофитами-эдификаторами: *Carex aquatilis*, *C. acuta*, *C. atherodes*, *C. diandra*, *C. dioica*, *C. disticha*, *C. lasiocarpa*, *C. limosa*, *C. rhynchophysa*, *C. rostrata*, *C. vesicaria*, *Eriophorum gracile*, *E. polystachyon*, *E. russeolum*, *E. scheuchzeri*, *E. vaginatum*, *Agrostis stolonifera*, *Hippuris vulgaris* (надводная форма) (рис. 20), *Equisetum fluviatile*. Среди плейстофитов-эдификаторов основное значение здесь имеют *Nuphar pumila*, *Potamogeton natans*, *Sparganium angustifolium* (наводная форма) (рис. 21), *S. hyperboreum* (наводная форма). Ведущими гидатофитами-эдификаторами являются *Potamogeton alpinus* (подводная форма), *P. obtusifolius*, *P. perfoliatus*, *P. gramineus*, *Sparganium emersum* (подводная форма), *S. hyperboreum*, *Ceratophyllum demersum*.



Рис. 14. Фитоценоз *Stratiotes aloides* в водораздельном озере на юге лесной зоны (Омская обл.)



Рис. 15. Фитоценоз *Carex aquatilis* в долинном озере на севере лесной зоны (Ханты-Мансийский автономный округ)



Рис. 16. Фитоценоз *Carex vesicaria* в долинном озере на севере лесной зоны (Ханты-Мансийский автономный округ)



Рис. 17. Фитоценоз с участием *Eriophorum russeolum* на пушицево-сфагновом болоте (Ханты-Мансийский автономный округ)

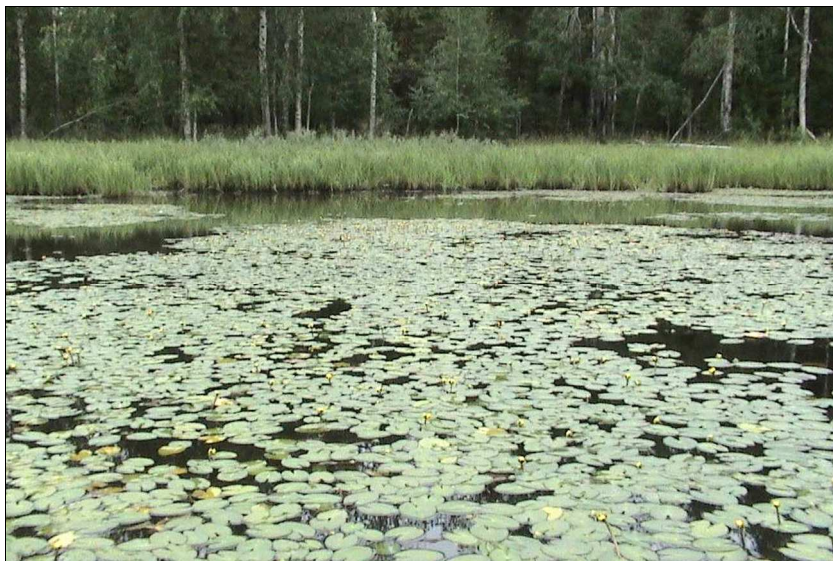


Рис. 18. Фитоценоз *Nuphar pumila* в долинном озере на севере лесной зоны (Ханты-Мансийский автономный округ)



Рис. 19. Фитоценоз *Sagittaria natans* в долинном озере на севере лесной зоны (Ханты-Мансийский автономный округ)



Рис. 20. Фитоценоз *Hippuris vulgaris* в пойменном водоёме долины р. Таз в лесотундровой зоне (Ямало-Ненецкий автономный округ)



Рис. 21. Фитоценоз *Sparganium angustifolium* в р. Ягенетта на севере лесной зоны (Ямало-Ненецкий автономный округ)



Подчинённое значение имеют группировки, образованные *Potamogeton berchtoldii*, *P. compressus*, *P. crispus*, *P. friesii*, *P. obtusifolius*, *P. perfoliatus*, *P. pusillus*. В отдельных реках, например в р. Таз Ямало-Ненецкого автономного округа, отмечено весьма незначительное повышение участия *Potamogeton pectinatus* в формировании ценозов гидромакрофитной растительности.

При составлении таксономического списка видов сосудистых гидромакрофитов Западно-Сибирской равнины в настоящей монографии использована, в первую очередь, информация из «Флоры Сибири» (1988–2003). Это издание позволяет исследователям точно установить систематическое положение сосудистых гидрофитов, распространённых в регионе. Учтены специальные определители водных сосудистых растений России (Лисицина, Папченков, 2000) и региональные справочники (Определитель..., 2000, 2001, 2006).

Оценка экологической толерантности видов основана преимущественно на собственных опубликованных материалах (Свириденко, Свириденко, 1985, 1986, 1997 в, 2004 б, 2006, 2007, 2008 а, 2009 а–в; Свириденко, 2000; Свириденко, Юрлов, 2005; Свириденко, Ефремов, Шипицина, 2006; Токарь, Свириденко, 2003; Ефремов, Свириденко, 2006) и работах других авторов (Катанская, 1970, 1981, 1982, 1986; Вылцан, 1980; Распопов, 1985; Дурникин, 2002, 2003 а, б, 2005; Schaumburg et al., 2004; Зарубина, Дурникин, 2005; Киприянова, 2005, 2008, 2009; Королюк, Киприянова, 2005; Токарь, 2006; Таран, 2008; Евженко, 2010). В список сосудистых гидромакрофитов Западно-Сибирской равнины включены не только типичные гидрофильные и гидрогигрофильные виды, но также и некоторые гигрофильные виды, обычно присутствующие в пределах акваторий водных объектов региона в составе ценозов континентальноводной макрофитной растительности или в обводнённых болотных группировках.

Очень широкое распространение в северной половине Западно-Сибирской равнины наряду с сосудистыми гидромакрофитами имеют гидрофильные мхи – экологическая группа мохообразных растений (отдел *Bryophyta*), приспособленных к жизни в водной среде. В водных экотопах Западно-Сибирской равнины известны гидрофильные виды, относящиеся к 2 классам этого отдела: к классу Печёночные мхи, или Печёночники – *Hepaticae*, и к классу Листостебельные мхи – *Musci*. В последнее время Печёночники и Листостебельные (Настоящие) мхи рассматриваются также как самостоятельные отделы Печёночники – *Marchantiophyta* и Мхи – *Bryophyta* (Ignatov, Afonina, Ignatova, 2006; Konstantinova, Bakalin, 2009).

В разнообразных водных объектах Западно-Сибирской равнины виды гидрофильных мхов нередко участвуют как эдификаторы и коэдификаторы в ценозах водной макрофитной растительности наряду с сосудистыми гидрофитами и макроскопическими водорослями. Особенно большое средообразующее значение принадлежит гидрофильным мхам в болотных экосистемах лесной и лесотундровой зон, где они повсеместно встречаются по обводнённым окраинам болот, в мочажинах и топях, во внутриболотных озёрах. Гидрофильные мохообразные являются пресноводными организмами, выдерживающими минерализацию воды до 1 г/л (типично пресная вода). Большинство видов встречается только в ультрапресных водах, имеющих минерализацию до 0,1–0,2 г/л. В связи с этой особенностью на юге Западно-Сибирской равнины – в степной зоне, где распространены условно-пресные и солоноватые поверхностные воды с минерализацией 1–3 г/л и 3–25 г/л, гидрофильные мхи встречаются как ассектаторы. Они участвуют в сложении нижнего яруса гелофитных ценозов водной макрофитной растительности в локальных пресноводных экотопах (*Drepanocladus aduncus*, *Leptodictyum riparium*). Значительно реже виды мхов входят в состав малых по площади болотных группировок (*Sphagnum fallax*, *S. flexuosum*, *S. squarrosum*, *Drepanocladus aduncus*, *D. sendtneri*). В южных районах Западно-Сибирской равнины некоторые виды гидрофильных мхов способны также в течение одного-двух вегетационных сезонов создавать моховые синузии в фитоценозах водной макрофитной растительности вследствие быстрого и массового развития. Известны примеры кратковременного (в течение 1–2 летних сезонов) массового развития видов из родов *Drepanocladus*, *Leptodictyum*, *Riccia*, *Ricciocarpos*. Такие процессы отмечены в условиях снижения конкуренции со стороны высших сосудистых водных растений. Массовое локальное развитие мхов наблюдается, например, во вновь образованных гидроэкотопах по периферии озёр и болот при трансгрессии общей увлажнённости территории или в периодически пересыхающих водных объектах (рис. 22).

В лесостепной и особенно в лесной зонах таксономическое разнообразие и ценотическое значение гидрофильных мхов заметно возрастает. Это связано с повышенной гумидностью этих широтно-зональных территорий, вследствие чего происходит повсеместное распространение пресных и ультрапресных поверхностных вод, рост общей увлажнённости земной поверхности и гидрологической стабильности водных объектов, формирование болот различных типов. В лесостепной зоне такие виды, как *Drepanocladus aduncus*, *Leptodictyum riparium* являются уже более стабильными компонентами гелофитных и

гидатофитных группировок в озёрах, в периодически обводнённых экотопах – займищах, занятых тростниковыми, рогозово-тростниковыми и осоковыми ценозами, а также по окраинам осоковых и осоково-моховых болот. На севере лесостепной зоны в ручьях и речках уже встречается *Fontinalis antipyretica*. В лесной зоне гидрофильные мхи выполняют роль эдификаторов гидатофитных фитоценозов в реках, озёрах, ручьях, временных водоёмах (*Fontinalis antipyretica*, *F. hypnoides*, *Hygrohypnum ochraceum*, *Calliergon giganteum*, *C. cordifolium*, *C. stramineum*, *Drepanocladus aduncus*, *D. sendtneri*, *Leptodictyum riparium*, *Warnstorfia fluitans*, *W. exannulata*) и выступают торфообразователями в мочажинах болот (гидрофильные виды рода *Sphagnum*, *Calliergon giganteum*, *C. cordifolium*, *C. stramineum*, *Drepanocladus aduncus*, *Warnstorfia fluitans*, *W. exannulata*). В лесотундровой и тундровой зонах средообразующее и продукционное значение гидрофильных мохообразных несколько снижается. Однако по периферии долинных и внутриболотных озёр в составе грядово-мочажинно-озёрных болотных комплексов, во временных водоёмах мхи также участвуют как эдификаторы (*Sphagnum fallax*, *S. flexuosum*, *S. riparium*, *S. squarrosum*, *Calliergon giganteum*, *Drepanocladus aduncus*, *Warnstorfia fluitans*, *W. exannulata*) и выступают торфообразователями в мочажинах болот. В связи с относительно постоянным и широким участием в сложении растительных группировок гидрофильные мхи вносят существенный вклад в продукционные процессы экосистем водных объектов (рисунки 23–28). В период вегетации они заметно влияют на динамику условий обитания различных видов гидробионтов, аэрируя воду при фотосинтезе, осаждая взвеси на своих талломах и побегах, трансформируя химический состав водной среды и донных грунтов. На поверхности гаметофитов гидрофильных мхов развиваются комплексы микроорганизмов (простейшие животные, грибы и бактерии, микроскопические водоросли). Гидрофильные мхи являются средообразующими организмами по отношению к крупным беспозвоночным и позвоночным животным. По мере накопления количественных материалов об экологической толерантности видов всё большее значение приобретают гидрофильные мхи в качестве экологических индикаторов при биологическом тестировании состояния водных объектов. В современных условиях проведение более углублённых региональных исследований гидрофильных мхов, в первую очередь выявление их таксономического разнообразия, экологических характеристик, географии, является необходимым для совершенствования методов фитоиндикации водной среды. Различные районы Западно-Сибирской равнины неодинаково исследованы в

бриологическом отношении. До настоящего времени для этой территории нет каких-либо обобщающих региональных работ по гидрофильным мхам. Многие районы совершенно не были охвачены подобными исследованиями.

Недостаток бриологических знаний препятствует организации рационального природопользования водных объектов на фоне возрастания уровня эксплуатации природных ресурсов вследствие экстенсивного аграрного производства в южных районах равнины и масштабного освоения нефтегазоносных северных районов.

Настоящая монография включает сведения о гидрофильных мхах, обнаруженных на Западно-Сибирской равнине, представленные в известных монографических работах Л.И. Савич и К.И. Ладыженской (1936), А.Л. Абрамовой, Л.И. Савич-Любицкой, З.И. Смирновой (1961), Л.И. Савич-Любицкой, З.Н. Смирновой (1968, 1970), Р.Н. Шлякова (1976, 1979–1982), А.Д. Потёмкина, Е.В. Софроновой (2009).

Материалы по географии и экологии видов получены также из монографий Е. Nyholm (1954), К. Dierssen (2001), К. Damsholt (2002), М.С. Игнатова, Е.А. Игнатовой (2003, 2004), М.О. Hill et al. (2007), таксономических сводок М.С. Игнатова, О.М. Афоной, Е.А. Игнатовой (Ignatov, Afonina, Ignatova, 2006), Н.А. Константиновой, В.А. Бакалина (Konstantinova, Bakalin, 2009) и региональных работ (Жаркова, 1930, 1967, 1974; Генкель, 1935; Титов, 1952; Воронов, 1954, 1964; Воронов, Скрябина, 1964; Катанская, 1970; Березина с соавт., 1974; Богдановская-Гиенэф, 1974; Болота..., 1976; Мульдьяров, 1990; Лисс с соавт., 2001; Czernyudjeva, 2001; Лапшина, 2003; Чернядьева, 2003; Кузьмина, Чернядьева, 2005; Таран, Казановский, Мульдьяров, 2006). Номенклатура таксонов приводится согласно сводкам М.С. Игнатова, О.М. Афоной (1992), Н.А. Константиновой, А.Д. Потёмкина, Р.Н. Шлякова (1992). В монографию включены также собственные материалы (Свириденко, 2000; Мамонтов, Косачёва, Свириденко, 2003; Свириденко, Юрлов, 2005; Свириденко, Ефремов, Шипицина, 2006; Мамонтов, 2006, 2007 а, б; Свириденко, Свириденко, 2007, 2009 а–в, 2010; Свириденко, Дмитриев, 2007; Мамонтов с соавт., 2006, 2007; Свириденко, Мамонтов, 2010).

На основе литературных и оригинальных сведений по экологии видов гидрофильных мхов в монографии принят предварительный (рабочий) вариант оценки их галобности, трофической и сапробной характеристик. Отмечено отношение видов к активной реакции среды (рН), для отдельных представителей – также отношение к повышенному содержанию растворённых форм железа (феррафильность или феррафобность) и кальция (кальцефильность) в водной среде.



Рис. 22. Проценоз с доминированием печёночника *Riccia fluitans* во временном водоёме лесостепной зоны (Омская обл.)



Рис. 23. Болота Западно-Сибирской равнины – среда обитания гидрофильных видов мхов (Ханты-Мансийский автономный округ)



Рис. 24. Сфагновые мхи – обитатели обводнённых мочажин и топей на болотах (Ханты-Мансийский автономный округ)



Рис. 25. Фитоценоз *Fontinalis hypnoides* в долинном озере на севере лесной зоны (Ханты-Мансийский автономный округ)



Рис. 26. Фитоценоз *Sphagnum riparium* в болотном ручье на севере лесной зоны (Ханты-Мансийский автономный округ)



Рис. 27. Фитоценоз *Drepanocladus aduncus* по периферии озера на бугристом болоте в лесотундровой зоне (Ямало-Ненецкий автономный округ)



Рис. 28. Фитоценоз *Hygrohypnum ochraceum* на перекате в р. Глубокий Сабун на севере лесной зоны (Ханты-Мансийский автономный округ)

Неполная изученность экологии гидрофильных мхов и отсутствие точных количественных данных по толерантности многих видов к различным формам загрязнений, содержанию основных форм биогенных химических элементов в воде не позволяет на настоящем этапе выполнить более точную оценку этих важных экологических видовых характеристик. С развитием таких исследований, по мере расширения сведений о таксономическом разнообразии и накопления количественных данных об экологической толерантности, географии, ценотическим связям гидрофильных мхов региона эти характеристики видов могут быть существенно уточнены.

Следует отметить, что в связи со значительной протяжённостью Западно-Сибирской равнины в широтном и долготном направлениях существенно различаются природные условия южных и северных районов. Комплексы экологических условий в водных объектах таких крайних территорий также отличаются весьма контрастно. В связи с зональными особенностями некоторые виды мхов, известные в южной части Западно-Сибирской равнины и в других регионах России как негидрофильные (мезофильные, мезоксерофильные), в лесотундровой и



тундровой зонах проявляют свойства гидрофитов и занимают водные местообитания. Такие виды также учтены в настоящей монографии.

Третья крупная группа макроскопических фотоавтотрофных организмов Западно-Сибирской равнины объединяет водоросли из отделов *Xanthophyta*, *Charophyta*, *Chlorophyta*, *Rhodophyta*, которые распространены в пресных, солоноватых и даже в соляных поверхностных водах региона. Виды из этой габитуальной группы низших растений нередко участвуют как эдификаторы и коэдификаторы в ценозах континентальноводной макрофитной растительности наряду с высшими гидрофитами. Особенно велика роль макроскопических водорослей в формировании временных нестабильных группировок гидромacroфитов – проценозов. Во многих экотопах виды макроскопических водорослей являются лишь ассектаторами различных стабильных гидрофитоценозов, но при этом они способны в течение некоторой части вегетационного сезона создавать аспекты вследствие быстрого и массового развития. Известно, например, что многие макроскопические водоросли из родов *Vaucheria*, *Cladophora*, *Rhizoclonium*, *Sphaeroplea*, *Enteromorpha*, *Zygnema*, *Mougeotia*, *Spirogyra* отличаются коротким циклом весеннего или осеннего развития, позволяющим избегать конкуренции со стороны высших водных растений. Некоторые виды этой группы могут являться эдификаторами стабильных водорослевых фитоценозов, закономерно существующих в водных экотопах на протяжении многих вегетационных сезонов.

В гидрофильных растительных группировках водоросли-макрофиты вносят существенный вклад в продукционные процессы экосистем водных объектов региона (рисунки 29–36). В период вегетации макроскопические водоросли наряду с сосудистыми гидромacroфитами и мхами влияют на среду обитания гидробионтов. Макроскопические водоросли также считаются средообразующими организмами по отношению к крупным беспозвоночным и позвоночным животным. Известно, например, большое кормовое значение харовых водорослей (*Charophyta*) для водоплавающих птиц, особенно во время осенних миграций (Голлербах, Красавина, 1983).

По мере накопления количественных материалов об экологической толерантности видов все большее значение приобретают макроскопические водоросли в качестве экологических индикаторов при биологической индикации состояния водных объектов. Различные районы Западно-Сибирской равнины неодинаково исследованы в альгологическом плане. Многие районы совершенно не были охвачены подобными исследованиями. В настоящее время имеются лишь единичные обобщающие региональные работы по макроскопическим

водорослям этой территории (Сафонова, 2003; Свириденко, Свириденко, 2009 в, 2010). Недостаток альгологических знаний в современных условиях ограничивает возможность использования видов макроскопических водорослей в целях фитоиндикации.

Настоящая монография включает сведения о макроскопических водорослях, потенциальных и обнаруженных в пределах Западно-Сибирской равнины. К потенциальным относятся виды, широко распространённые в России или известные на сопредельных с Западно-Сибирской равниной территориях. В настоящем издании учтена информация по таксономии, географии и экологии макроскопических водорослей, представленная в известных монографических работах R. Wood, K. Imachogi (1964, 1965), Л.Е. Комаренко, И.И. Васильевой (1978), К.Л. Виноградовой (1979), М.М. Голлербаха, Н.В. Сдобниковой (1980), Л.М. Зауэр (1980), М.М. Голлербаха, Л.К. Красавиной (1983), W. Krause (1997), Л.А. Рундиной (1998), Charophytes... (2003).

Таксономия водорослей принята согласно системам, предложенным российскими авторами (Комаренко, Васильева, 1978; Голлербах, Сдобникова, 1980; Голлербах, Красавина, 1983; Рундина, 1998).

Порядок *Vaucheriales* приведён в соответствии с работой Л.М. Зауэр (1980), но перемещён в отдел *Xanthophyta* (класс *Heterosiphonophyceae*, или *Xanthosiphonophyceae*), как это принято в современных системах.

Род *Enteromorpha* приведён согласно работам К.Л. Виноградовой (1969, 1972, 1977, 1974, 1979, 1982) в составе семейства *Ulvaceae* (порядок *Ulvales*, класс *Chlorophyceae*, или *Ulotrichophyceae*).

Дополнительные сведения о географии и экологии видов получены также из работ С. Ольсена (Olsen, 1944), М.М. Голлербаха (1940, 1950), Н.Н. Воронихина, Л.А. Краснопёровой (1970), В.М. Катанской (1970, 1982, 1986), В.И. Ермолаева (1986, 1989), Т.А. Сафоновой (2003), А.А. Боброва, Л.М. Киприяновой, Е.В. Чемерис (2005), А.Н. Бончук (2005), Л.М. Киприяновой (2005), Ю.В. Науменко (2006), О.Е. Токарь (2006), С.С. Бариновой, О.В. Медведевой (1996), Charophytes..., (2003), С.С. Бариновой, Л.А. Медведевой, О.В. Анисимовой (2006), Г.С. Тарана (2008), Х. Бодекера (Boedeker, 2010).

В монографии использованы также собственные опубликованные материалы (Свириденко, Свириденко, 1985, 1986, 1990, 1995, 1997 а-в, 2004 а, б, 2005 а, б, 2006, 2007, 2008 а, б, 2009 а, б; Свириденко, 1993, 2000; Langangen, Sviridenko, 1995; Sviridenko, Sviridenko, 2000, 2003; Токарь, Свириденко, 2003; Свириденко, Юрлов, 2005; Свириденко, Дмитриев, Дмитриев, 2006; Свириденко, Ефремов, Шипицина, 2006).



Рис. 29. Проценоз *Cladophora glomerata* в оз. Чаны на юге лесостепной зоны (Новосибирская обл.)



Рис. 30. Проценоз *Cladophora glomerata* в заливе солоноватого озера Камышловской ложбины в лесостепной зоне (Омская обл.)



Рис. 31. Фитоценоз *Carex riparia* с участием видов *Spirogyra* в заболоченном озере лесостепной зоны (Омская обл.)



Рис. 32. Прогеноз *Rhizoclonium hieroglyphicum* и видов *Spirogyra* в водотоке по склону котловины оз. Эбейты в степной зоне (Омская обл.)



Рис. 33. Раннелетняя вегетация *Vaucheria sessilis*, *V. hamata* в болотном ручье лесной зоны (Омская обл.)



Рис. 34. Осенняя вегетация *Cladophora glomerata*, *Rhizoclonium hieroglyphicum* и видов *Spirogyra*, *Mougeotia* по периферии заболоченного озера в лесостепной зоне (Омская обл.)



Рис. 35. Фитоценоз *Vaucheria geminata* в р. Хадытаяха в лесотундровой зоне (Ямало-Ненецкий автономный округ)



Рис. 36. Прозеноз *Spirogyra setiformis* во временном водоёме лесостепной зоны (Омская обл.)

На основе литературных и оригинальных сведений по экологии видов макроскопических водорослей в монографии принят предварительный (рабочий) вариант их трофической и сапробной характеристик, солевыносливости (галотолерантности), отношения к жёсткости воды, pH-толерантности. Для отдельных видов отмечено отношение к повышенному содержанию форм железа в воде (феррафильность или феррафобность). Определены также ботанико-географические зоны, в пределах которой выявлены местонахождения видов по литературным или собственным материалам.

В последние два десятилетия активно изучаются представители отдела *Charophyta*, которые являются важным компонентом в сложении растительного покрова разнообразных водоёмов Западно-Сибирской равнины. Изученность харовых водорослей на Западно-Сибирской равнине остается неравномерной и недостаточной, несмотря на почти 130-летнюю историю. Первые данные относятся к 1882 г., когда у г. Барнаула были собраны образцы *Chara fragilis* (Braun, Nordstedt, 1882; Голлербах, 1950). Обобщение литературных сведений о распространении харофитов в Западной Сибири, включая Алтай и Кузнецкий Алатау, было выполнено Т.А. Сафоновой (2003). Анализ распространения харофитов на Западно-Сибирской равнине выполнен нами на основании собственных материалов с учётом работ W. Migula (1904), Я. Вильгельма (1930), М.М. Голлербаха (1950), Т.Г. Поповой (1980), В.М. Катанской (1982), Л.М. Киприяновой (2005), О.Е. Токарь (2006), К.С. Евженко (2010). В работах этих авторов в целом отмечено 17 видов из 4 родов (*Chara*, *Nitella*, *Tolypella*, *Nitellopsis*) и 3 семейств (*Characeae*, *Nitellaceae*, *Nitellopsidaceae*), в том числе только для 9 видов указано 33 точных местонахождения.

За период с 1982 по 2010 гг. авторами обследовано в степной, лесостепной, лесной и лесотундровой ботанико-географических зонах Западно-Сибирской равнины по 100–250 водных объектов в целях изучения зонального распределения харофитов. Более детально изучены харофиты в степной, лесостепной и лесной зонах. В последние годы проведены исследования на более чем 150 водных объектах северной части лесной зоны и в лесотундровой зоне (Свириденко, Свириденко, 2009 а, б; Свириденко, Токарь, Евженко с соавт., 2009). В целом авторами настоящей монографии обнаружено 23 вида харофитов в 111 пунктах (рис. 37). Полученные материалы и ранние литературные данные (Голлербах, 1950; Голлербах, Красавина, 1983) позволили выявить зональную закономерность изменения видового и родового составов харовых водорослей в регионе (табл. 8). Определяющим фактором является уменьшение теплообеспеченности с юга на север.

Максимальное число видов харовых водорослей сосредоточено в водных объектах степной (17) и лесостепной (15) зон, для которых характерна наиболее высокая теплообеспеченность в пределах равнины. Суммарная солнечная радиация здесь составляет 120–100 ккал/см<sup>2</sup> в год (Мячкова, 1983).

В северном направлении с уменьшением теплообеспеченности резко снижается количество видов харофитов. На севере лесной зоны и в лесотундровой зоне харофиты представлены единственным видом *Nitella flexilis*. Находка популяции *Nitella flexilis* вблизи Северного полярного круга в заливе р. Пур у посёлка Уренгой Ямало-Ненецкого автономного округа является наиболее северной из известных на Западно-Сибирской равнине (Свириденко, Токарь, Евженко с соавт., 2009). В тундровой зоне Западно-Сибирской равнины харовые водоросли не обнаружены. Статистическая обработка по стандартным методикам с применением пакета программ BIOSTAT Excel и MS Excel позволила установить линейную корреляцию между показателями теплообеспеченности и количеством видов харовых водорослей (рис. 38), а также между показателями теплообеспеченности и количеством обнаруженных местонахождений харофитов в различных ботанико-географических зонах. Коэффициенты корреляции соответственно равны 0,96 (критерий достоверности  $t = 5,9$ , уровень значимости  $P = 0,01$ ) и 0,89 ( $t = 3,3$ ,  $P = 0,05$ ). Для оценки сходства видовых составов харовых водорослей из разных ботанико-географических зон построена матрица мер включения, рассчитаны коэффициенты Сёрнсена-Чекановского ( $K_{S-C}$ ) и построена дендрограмма по методу взвешенного среднего арифметического связывания (Айвазян, Бажаева, Староверов, 1974; Сёмкин, 1987) (рис. 39). Степная и лесостепная зоны по сходству видовых составов харовых водорослей объединены в группу на уровне значения  $K_{S-C} = 63\%$ .

Эти ботанико-географические зоны близки по видовому богатству харовых водорослей (17 и 15 видов), но имеют отличия по составу родов и видов. Только в степной зоне выявлены *Chara kirghisorum*, *C. neglecta*, *C. tenuispina*, *Nitella hyalina*, *Nitellopsis obtusa*, *Lamprothamnium papulosum*, только в лесостепной зоне известны в настоящее время *Chara baueri*, *C. delicatula*. Установлено отличие видовых составов харовых водорослей лесостепной и лесной зон на уровне значения  $K_{S-C} = 47\%$ . Значение  $K_{S-C}$  при сравнении видовых составов харовых водорослей южных территорий с лесотундровой зоной Западно-Сибирской равнины снижается до 29%, что указывает уже на существенное отличие сравниваемых флористических выборов.



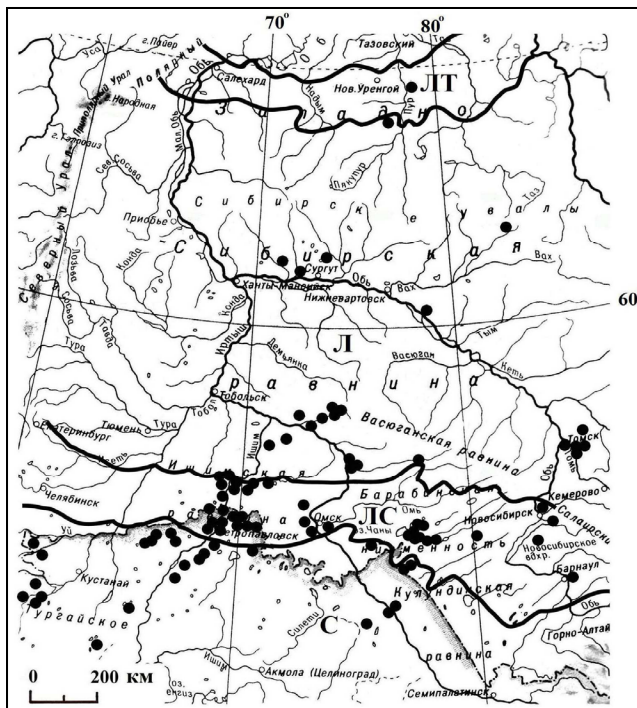


Рис. 37. Местонахождения харовых водорослей на Западно-Сибирской равнине. Ботанико-географические зоны: С – степная, ЛС – лесостепная, Л – лесная, ЛТ – лесотундровая (по: Т.В. Свириденко, Б.Ф. Свириденко, 2010 а, б)

Таблица 8

Сравнение ботанико-географических зон Западно-Сибирской равнины по составу родов, количеству видов и местонахождений харовых водорослей

Ботанико-географическая зона	Роды	Количество	
		видов	местонахождений
Тундровая	–	–	–
Лесотундровая	<i>Nitella</i>	1	1
Лесная	<i>Nitella, Chara</i>	7	24
Лесостепная	<i>Nitella, Chara, Tolypella</i>	15	64
Степная	<i>Nitella, Chara, Tolypella, Nitellopsis, Lamprothamnium</i>	17	55

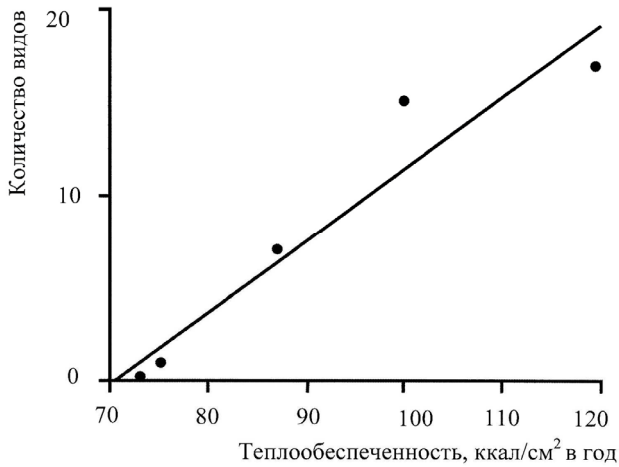


Рис. 38. Регрессия количества видов харовых водорослей от теплообеспеченности ботанико-географических зон Западно-Сибирской равнины (по: Т.В. Свириденко, Б.Ф. Свириденко, 2010 б)

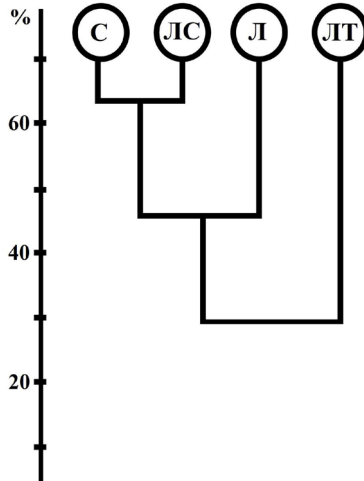


Рис. 39. Дендрограмма сходства видовых составов харовых водорослей разных ботанико-географических зон Западно-Сибирской равнины. По оси ординат –  $K_{S-C}$ . Ботанико-географические зоны: С – степная, ЛС – лесостепная, Л – лесная, ЛТ – лесотундровая (по: Т.В. Свириденко, Б.Ф. Свириденко, 2010 б)

Распределение харовых водорослей по ботанико-географическим зонам Западно-Сибирской равнины имеет следующие особенности. В южных районах в среднем только в 1 из 10–15 обследованных водоёмов отмечены харовые водоросли. Нередко разные озёра, расположенные в непосредственной близости друг от друга (до 1 км) и имеющие сходный гидрохимический состав, отличаются наличием харовых в одном, и их отсутствием в другом. В подавляющем большинстве случаев в одном водоёме существует 1–2 вида харофитов. Повышенным видовым разнообразием отличаются немногие водные объекты: оз. Чаны в Новосибирской обл. (4 вида), оз. Большой Тарангул (9 видов) и р. Иманбурлук (4 вида) в Казахстане. В северном направлении встречаемость харофитов на Западно-Сибирской равнине уменьшается (1 популяция харофитов на 20–40 обследованных водных объектов).

Из всего комплекса факторов, оказывающих влияние на развитие харовых водорослей, особое место занимает химический состав воды, в том числе показатели минерализации и содержания в воде ионов кальция. Анализ распределения харофитов по водоёмам с учётом химического состава вод представляет интерес. Наибольшим разнообразием по показателям минерализации и составу основных ионов отличаются водоёмы юга Западно-Сибирской равнины. В степной зоне распространены преимущественно солоноватые и соляные хлоридно-натриевые и хлоридно-гидрокарбонатно-натриевые воды, в лесостепной зоне преобладают пресные и условно-пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды. В лесной и лесотундровой зонах поверхностные воды отличаются однообразием по химическим показателям. Практически все поверхностные воды средней и северной частей лесной зоны относятся к пресным и ультрапресным гидрокарбонатно-кальциевым с минерализацией до  $0,2 \text{ г/дм}^3$ .

В связи с высоким гидрохимическим разнообразием вод на юге равнины, а также с наибольшим количеством выявленных здесь видов харофитов и их местонахождений, целесообразно рассмотреть отношение харовых водорослей к химическому составу вод на материале, полученном в основном на этой территории. Авторами монографии по стандартным методикам (Алёкин, Семёнов, Скопинцев, 1973; Руководство..., 1977) выполнен химический анализ 107 проб воды водоёмов, обследованных на наличие харовых водорослей. Из числа гидрохимически обследованных водных объектов в 36 обнаружены популяции харофитов (табл. 9). По величине минерализации такие водоёмы являются пресными, условно-пресными, слабо- и среднесолоноватыми. Они заселены пресноводным комплексом харофитов из 22 видов. В соляных водах отмечен вид соляноводного

комплекса *Lamprothamnium papulosum*. Многие виды харофитов считаются кальцефильными растениями, связанными с водами, обогащёнными кальцием (Зернов, 1949; Голлербах, Красавина, 1983; Бурдыко, 1973; Шаркинене, Трайнаускайте, 1973). Однако такое заключение справедливо, вероятно, только для гумидных регионов, в которых абсолютно преобладают маломинерализованные мягкие воды. Для Западно-Сибирской равнины кальцефильность харофитов не подтверждена (табл. 10).

Таблица 9

Распределение водных объектов с популяциями харофитов по минерализации ( $\sum u$ ) и составу воды в южной части Западно-Сибирской равнины

Группа вод	$\sum u$ , г/дм <sup>3</sup>	Количество водных объектов		Состав воды
		п	%	
Типично пресная	< 1,0	20	56	$C^{Ca}$ , $C^{Na}$ , $C^{NaMg}$ , $CCl^{Na}$ , $Cl^{Na}$
Условно-пресная	1,1–3,0	8	22	$ClC^{Na}$ , $Cl^{Na}$ , $ClS^{NaCa}$
Слабосоленоватая	3,1–5,0	4	11	$Cl^{Na}$
Среднесолоноватая	5,1–8,0	2	5,5	$Cl^{Na}$
Соляная	>25,0	2	5,5	$Cl^{Na}$

Примечание. Состав воды:  $C^{Ca}$  – гидрокарбонатно-кальциевый,  $C^{Na}$  – гидрокарбонатно-натриевый,  $C^{NaMg}$  – гидрокарбонатно-натриево-магниевый,  $CCl^{Na}$  – гидрокарбонатно-хлоридно-натриевый,  $ClC^{Na}$  – хлоридно-гидрокарбонатно-натриевый,  $Cl^{Na}$  – хлоридно-натриевый,  $ClS^{NaCa}$  – хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевый.

Таблица 10

Статистические параметры кальциевой жёсткости ( $Ca^{2+}$ ) и минерализации ( $\sum u$ ) в водных объектах южной части Западно-Сибирской равнины

Водные объекты	$Ca^{2+}$ , мг/дм <sup>3</sup>			$\sum u$ , г/дм <sup>3</sup>		
	$X$	$Min$	$Max$	$X$	$Min$	$Max$
с популяциями харофитов	113,2	9	915	3,4	0,05	44,9
без популяций харофитов	144,0	6	1764	4,5	0,05	44,1

Примечание. Статистические параметры:  $X$  – среднее арифметическое,  $Min$  – минимальное,  $Max$  – максимальное.

Водные объекты, в которых не выявлены харофиты, в среднем имеют даже несколько более высокую кальциевую жёсткость (144 мг/дм<sup>3</sup>), чем водоёмы с популяциями харофитов (113,2 мг/дм<sup>3</sup>), хотя достоверное различие средних арифметических значений кальциевой жёсткости из этих двух выборок статистически не подтверждено.

Важной, но слабо изученной группой на Западно-Сибирской равнине остаётся порядок *Zygnematales* (*Chlorophyta*). В сводке А.Ф. Лукницкой (2006) по конъюгатам севера России для Сибири (Ямал) указаны лишь единичные местонахождения 3 таксонов родового уровня (*Mougeotia* sp. ster., *Spirogyra* sp. ster., *Zygnema* sp. ster.). Проведённые нами исследования показали, что зигнемовые – широко распространённая на севере Западно-Сибирской равнины группа водорослей. Представители этой группы иногда являются эдификаторами в локальных водных экосистемах. Исследование зигнемовых затруднено из-за преобладания у них стерильных стадий в течение основной части вегетационного сезона. Точное определение видов возможно только по фертильным стадиям. Специальное исследование зигнемовых водорослей на Западно-Сибирской равнине представляет актуальную задачу. Эти водоросли в целом пока очень ограниченно используются для целей фитоиндикации в связи с недостатком сведений об их экологии. Накопление новой информации о зигнемовых водорослях расширит возможности комплексного контроля экологического состояния водных объектов в регионе.

В 2006–2009 гг. авторами монографии обследовано свыше 50 участков акваторий разнотипных водных объектов в бассейнах рек Пур и Таз на территории Пуровского и Красноселькупского районов Ямало-Ненецкого автономного округа (лесотундровая зона и север лесной зоны). Было изучено также свыше 120 участков акваторий в бассейне р.Обь на территории Сургутского, Нефтеюганского, Советского, Ханты-Мансийского, Нижневартовского районов Ханты-Мансийского автономного округа (центральная часть лесной зоны). Цель исследований состояла в выявлении таксономического разнообразия, особенностей морфологии, экологии, географии и ценотической роли зигнемовых водорослей – макроскопических фотоавтотрофов, потребителей минеральных веществ, аэраторов воды и продуцентов первичного органического вещества. Отдельные местонахождения зигнемовых были опубликованы ранее (Свириденко, Свириденко, 2008 б; Свириденко, Окуловская, Свириденко, 2010 а, б; Окуловская, Свириденко, 2010; Свириденко, Окуловская, 2010). Всего сборы зигнемовых проведены в 26 пунктах, в том числе в 10 пунктах обнаружены фертильные образцы 8 видов из 4 родов и 3 семейств. Определение образцов выполнено по монографии Л.А. Рундиной (1998) и учебному пособию (Свириденко, Свириденко, 2009 в, 2010). Местообитания зигнемовых отличались мелководностью (0,1–0,4 м), песчано-илистыми грунтами (рисунки 40, 41).



Рис. 40. Местообитание зигнемовых водорослей в р. Хадытаяха (Ямало-Ненецкий автономный округ)



Рис. 41. Проценоз зигнемовых (*Spirogyra varians*, *Spirogyra* sp. ster.) и вошериевых (*Vaucheria geminata*) водорослей в р. Хадытаяха

В Ямало-Ненецком автономном округе поверхностные воды имеют гидрокарбонатно-кальциевый состав (минерализация 0,03–0,1 г/дм<sup>3</sup>), нейтральную реакцию (рН 6,5–7,5), низкую общую жёсткость (0,2–1,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>) и высокое содержание общего железа (0,5–5,0 мг/дм<sup>3</sup>). Сходные физико-химические параметры природных поверхностных вод характерны и для местобитаний зигнемовых в Ханты-Мансийском автономном округе. Речные и озёрные воды этого региона имеют нейтральную и слабощелочную реакцию (рН 6,5–7,9), гидрокарбонатно-кальциевый состав, малые значения минерализации (0,04–0,2 г/дм<sup>3</sup>) и общей жёсткости (0,9–2,5 мг-экв/дм<sup>3</sup>). Содержание растворённого кислорода в вегетационный сезон составляет 5,9–11,0 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация фосфатов равна 0,1–0,38 мг/дм<sup>3</sup>, соединений азота – 0,7–3,1 мг/дм<sup>3</sup>. На фоне низкого содержания кальция (10–30 мг/дм<sup>3</sup>) отмечают значительную концентрацию железа (0,55–3,90 мг/дм<sup>3</sup>) и марганца (0,03–0,42 мг/дм<sup>3</sup>) (Уварова, 2000; Бабушкин, Московченко, Пикун, 2007). По величине концентрации фосфатов и нитратов вода основной реки Обь и пойменных водоёмов относится к классам удовлетворительной чистоты (разряды достаточно чистых и слабо загрязнённых вод) и загрязнённых вод (разряд умеренно загрязнённых вод) согласно классификации С.С. Бариновой, Л.А. Медведевой, О.В. Анисимовой (2006). Однако представители зигнемовых водорослей были обнаружены в качестве основной группы макроскопических фотоавтотрофных организмов также в поверхностных водах с высокой концентрацией техногенных углеводов на нефтезагрязнённых участках. Это подчёркивает большое значение зигнемовых водорослей для процесса самоочищения водных объектов от нефтяного загрязнения (рисунки 42, 43).

В фертильном состоянии в северных районах Западно-Сибирской равнины были обнаружены 8 видов из родов *Zygnema*, *Mougeotia*, *Spirogyra*, *Sirogonium*. Микрофотографии фертильных образцов этих видов получены при использовании микроскопов Микмед, МБИ-3 и цифровой фотокамеры Canon (рис. 44). Рисунки зигнемовых водорослей выполнены с помощью компьютерной программы векторной графики Adobe Illustrator по оригинальным микрофотографиям (рис. 45). Были выявлены следующие виды: *Zygnema leiospermum* (рис. 44, а; рис. 45, а, б), *Mougeotia genuflexa* (лестничная конъюгация, рис. 44, б; рис. 45, в, г), *M. laetevirens* (рис. 44, в; рис. 45, д–ж), *Spirogyra decimina* (рис. 44, г; рис. 45, з–к), *S. pellucida* (рис. 44, д; рис. 45, л–н), *S. setiformis* (рис. 44, е; рис. 45, о, п), *S. varians* (рис. 44, ж; рис. 45, р–м), *Sirogonium sticticum* (рис. 44, з; рис. 45, у, ф) (Окуловская, Свириденко, 2010; Свириденко, Окуловская, Свириденко, 2010 а, б).



Рис. 42. Местообитание зигнемовых водорослей в нефтезагрязнённом водоёме долины р. Обь (Ханты-Мансийский автономный округ). Фото А.Г. Окуловской



Рис. 43. Проценоз *Spirogyra decimina*, *Spirogyra* sp. ster. в нефтезагрязнённом водоёме долины р. Обь. Фото А.Г. Окуловской



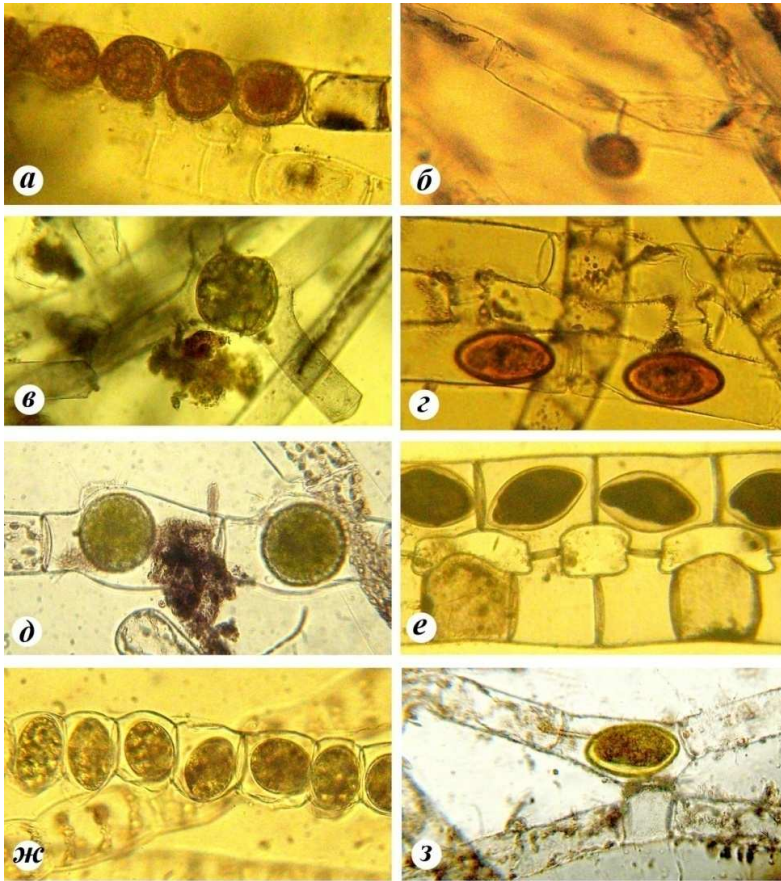


Рис. 44. Микрофотографии фертильных зигнемовых водорослей из северных районов Западно-Сибирской равнины: *а* – *Zygnema leiospermum*, *б* – *Mougeotia genuflexa*; *в* – *M. laetevirens*; *г* – *Spirogyra decimina*; *д* – *S. pellucida*; *е* – *S. setiformis*; *ж* – *S. varians*; *з* – *Sirogonium sticticum*; (*а*, *г*–*ж* – зигоспоры в воспринимающих клетках при лестничной конъюгации; *б* – зигоспора в конъюгационном канале при боковой конъюгации, *в* – зигоспора в конъюгационном канале и гаметангиях при лестничной конъюгации) (по: Б.Ф. Свириденко, Т.В. Свириденко, А.Г. Окуловская, 2010)

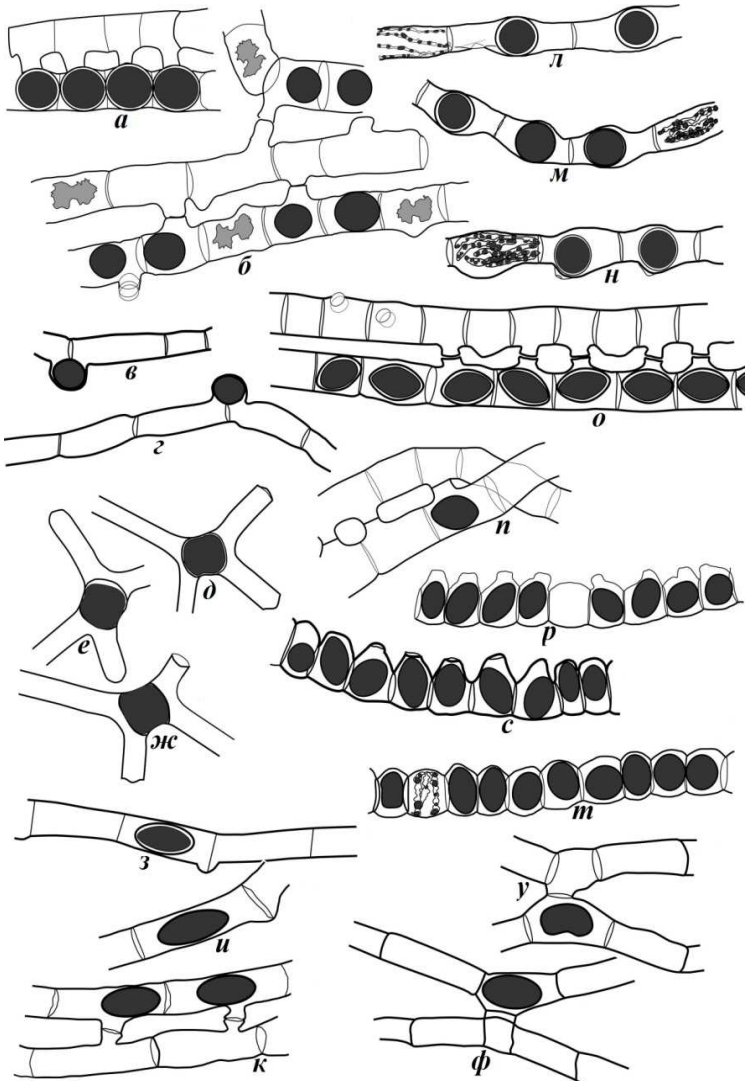


Рис. 45. Фертильные зигмевые водоросли из северных районов Западно-Сибирской равнины: а, б – *Zygnema leiospertum*; в, г – *Mougeotia genuflexa*; д–ж – *M. laetevirens*; з–к – *Spirogyra decimina*; л–н – *S. pellucida*; о, н – *S. setiformis*; п–т – *S. varians*; у, ф – *Sirogonium sticticum* (по: Б.Ф. Свириденко, Т.В. Свириденко, А.Г. Окуловская, 2010)

Некоторые стерильные образцы были также определены как виды, указанные выше. Остальные стерильные образцы зигнемовых из северных районов Западно-Сибирской равнины соответствуют по признакам вегетативных клеток другим видам: *Zygnema cruciatum*, *Spirogyra condensata*, *S. fluviatilis*, *S. neglecta*, *S. tenuissima*, *S. weberi*, однако присутствие этих видов в регионе требует подтверждения по фертильным стадиям. Основные пункты сбора образцов зигнемовых водорослей показаны на рис. 46.

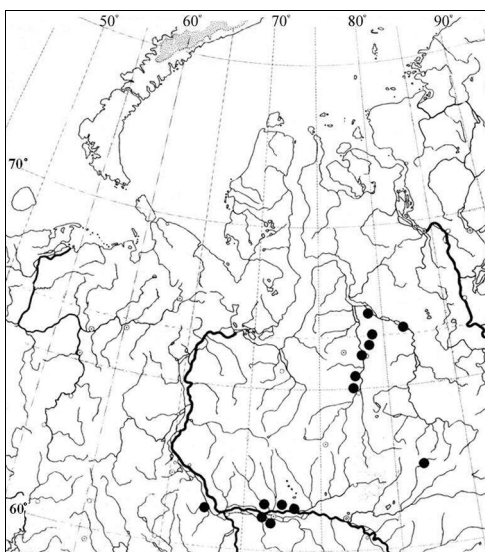


Рис. 46. Основные пункты сбора образцов зигнемовых водорослей в северных районах Западно-Сибирской равнины (по: Б.Ф. Свириденко, Т.В. Свириденко, А.Г. Окуловская, 2010)

На юге Западно-Сибирской равнины обнаружены фертильные зигнемовые *Spirogyra quadrata* (рис. 47, а), *S. nitida* (рис. 47, б), *S. setiformis* (рис. 47, в). В разных районах были обнаружены также макроскопические представители других групп водорослей: *Draparnaldia glomerata* (рис. 47, г) в Ханты-Мансийском округе, *Batrachospermum vagum* в Ямало-Ненецком округе (рис. 47, д), *Vaucheria sessilis* (рис. 47, е) и *V. hamata* (рис. 47, ж) в Омской обл., *V. geminata* (рис. 47, з) в Ямало-Ненецком округе.

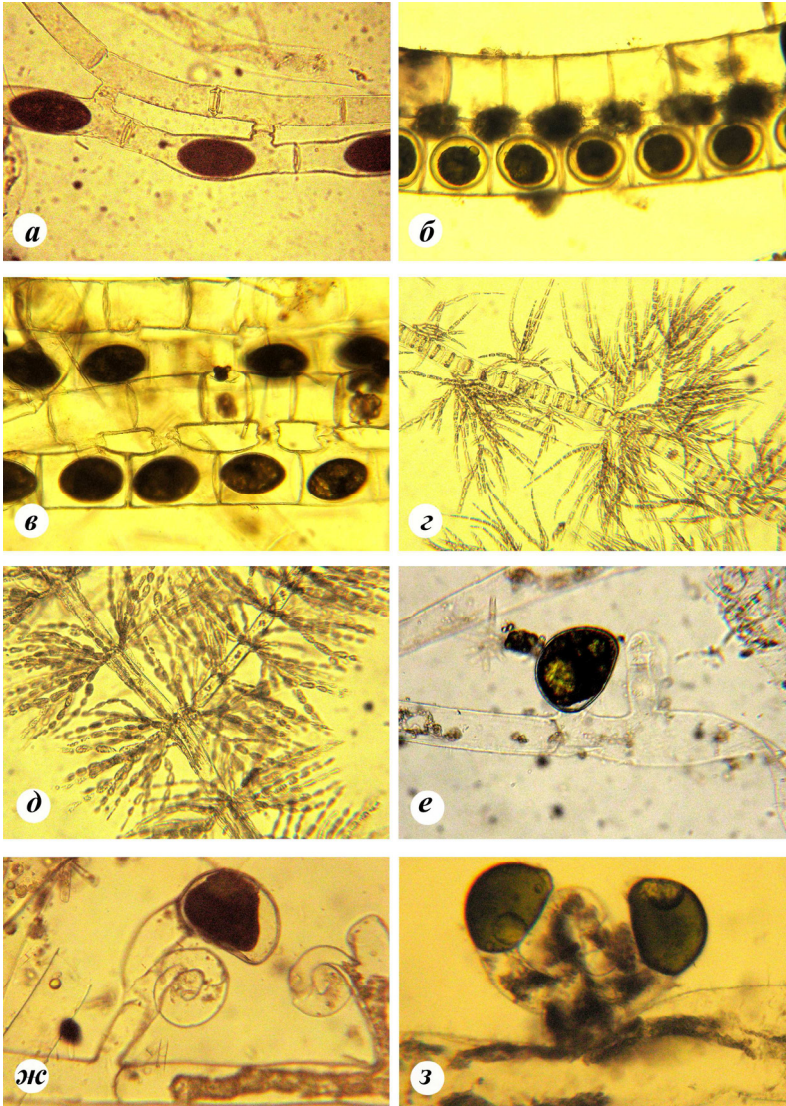


Рис. 47. Микрофотографии водорослей: а-в – фертильные зигемовые (а – *Spirogyra quadrata*, б – *S. nitida*, в – *S. setiformis*); г – фрагмент таллома *Draparnaldia glomerata*; д – фрагмент таллома *Batrachospermum vagum*; е-з – фертильные вошериевые (е – *Vaucheria sessilis*, ж – *V. hamata*, з – *V. geminata*)

Отметим, что неполная изученность экологии макроскопических водорослей и отсутствие точных количественных данных по толерантности многих видов к различным формам загрязнений, содержанию основных форм биогенных химических элементов и общей концентрации главных ионов минеральных веществ в воде не позволяет на данном этапе выполнить более точную оценку этих важных экологических видовых характеристик. С расширением таксономических, экологических, биогеографических исследований макроскопических водорослей Западно-Сибирской равнины, по мере уточнения их биологического разнообразия и накопления точных количественных данных об экологической толерантности, а также сведений о географии, ценоотическим связям, эти индикационные характеристики видов могут быть существенно уточнены.

Приводим список обнаруженных и потенциальных видов гидромакрофитов Западно-Сибирской равнины с указанием группы галобности, трофности и сапробности среды их обитания. Для обнаруженных на Западно-Сибирской равнине видов индексами (полу жирным шрифтом) отмечены ботанико-географические зоны, в которых известны местонахождения: **С** – степная, **ЛС** – лесостепная, **Л** – лесная, **ЛТ** – лесотундровая, **Т** – тундровая (простым шрифтом обозначены вероятные зоны для потенциальных видов).

## 2.2. Список гидромакрофитов Западно-Сибирской равнины

### Отдел **Rhodophyta** – Красные водоросли

#### Семейство **Batrachospermaceae** – Батрахоспермовые

*Batrachospermum vagum* (Roth) Ag. – Батрахоспермум неправильный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. **Л, ЛТ.**

*B. moniliforme* Roth – Б. чётковидный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. **Л, ЛТ.**

### Отдел **Charophyta** – Харовые водоросли

#### Семейство **Nitellaceae** – Нителловые

*Nitella confervaceae* A. Br. – Нителла конфервная. Типично пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. **ЛС.**

*N. flexilis* (L.) Ag. – Н. гибкая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. **Л, ЛТ.**

*N. gracilis* (Smith) Ag. – Н. стройная. Условно-пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. **ЛС, Л.**

*N. hyalina* (D.C.) Ag. – Н. гиалиновая. Типично пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*N. mucronata* (A. Br.) Miquel – Н. остроконечная. Условно-пресноводный олиго-мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. ЛС, Л.

*Tolypella prolifera* (A. Br.) Leonh. – Толипелла пролиферирующая. Типично пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

Семейство **Nitellopsidaceae – Нителлопсиевые**

*Nitellopsis obtusa* (Desv. in Lois.) Gr. – Нителлописис пригупленный. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. С.

Семейство **Characeae – Харовые**

*Chara altaica* A.Br. emend. Hollerb. – Хара алтайская. Среднесолоновато-пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*C. aspera* Deth. ex Willd. – Х. шероховатая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*C. baueri* A. Br. – Х. Бауера. Типично пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. ЛС.

*C. braunii* Gmelin – Х. Брауна. Типично пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, Л.

*C. canescens* Desv. et Lois. – Х. седеющая. Среднесолоновато-пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*C. contraria* A. Br. – Х. противоположная. Слабосолоновато-пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*C. delicatula* Ag. – Х. изящная. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*C. fragilis* Desv. – Х. ломкая. Слабосолоновато-пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*C. kirghisorum* Lessing emend. Hollerb. – Х. киргизская. Типично пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. С.

*C. neglecta* Hollerb. – Х. незамеченная. Слабосолоновато-пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапроб. С.

*C. schaffneri* (A. Br.) T. F. Allen – Х. Шаффнера. Условно-пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*C. tenuispina* A. Br. – X. тонкоколючковая. Типично пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*C. tomentosa* L. – X. войлочная. Условно-пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*C. vulgaris* L. emend. Wallr. – X. обыкновенная. Слабосолоновато-пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*Lamprothamnium papulosum* (Wallr.) Gr. – Лампротамниум пузырчатый. Среднесолоновато-соляноводный мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

### Отдел **Chlorophyta** – Зелёные водоросли

#### Семейство **Zygnemataceae** – Зигнемовые

*Zygnema cruciatum* (Vauch.) Ag. – Зигнема крестовидная. Типично пресноводный олиготрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*Z. decussatum* (Vauch.) Ag. non (Trans.) Saurda – З. перекрёстная. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. Л.

*Z. leiospermum* De Bary – З. гладкоспоровая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*Z. pectinatum* (Vauch.) Ag. – З. гребешковая. Условно-пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*Z. ralfsii* (Hass.) De Bary – З. Ральфса. Слабосолоновато-пресноводный олиго-мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*Z. stellinum* (Vauch.) Ag. – З. звёздчатая. Условно-пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*Z. vaucheri* Ag. – З. Воше. Типично пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л.

#### Семейство **Mougeotiaceae** – Мужоциевые

*Mougeotia depressa* (Hass.) Wittr. – Мужоция сжатая. Типично пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л.

*M. elegantula* Wittr. – М. изященькая. Условно-пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*M. genuflexa* (Dillw.) Ag. – М. коленчато-изогнутая. Типично пресноводный олиготрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*M. laetevirens* (A. Br.) Wittr. – М. ярко-зелёная. Условно-пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*M. nummuloides* (Hass.) De Toni – М. монетообразная. Типично пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л.

*M. parvula* Hass. – М. крошечная. Типично пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л.

*M. quadrangulata* Hass. – М. четырёхугольная. Типично пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л.

*M. scalaris* Hass. – М. лестничная. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*M. thylespora* Skuja – М. мешочкоспоровая. Типично пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л.

*M. varians* (Wittr.) Czurda – М. изменяющаяся. Типично пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*M. viridis* (Kütz.) Wittr. – М. зелёная. Типично пресноводный олиготрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

#### Семейство **Spirogyraceae** – **Спирогировые**

*Spirogyra bellis* (Hass.) Cleve – Спирогира красивая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*S. cateniformis* (Hass.) Kütz. – С. цепочковидная. Условно-пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*S. condensata* (Vauch.) Kütz. – С. сжатая. Типично пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*S. crassa* Kütz. – С. толстая. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапроб, феррафобный гидрофит. Л.

*S. decimina* (Müll.) Kütz. – С. десятерная. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*S. fluviatilis* Hilse – С. речная. Типично пресноводный олиго-мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*S. gracilis* (Hass.) Kütz. – С. изящная. Типично пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*S. hassallii* (Janner) Petit – С. Хассаля. Слабосолоновато-пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л.

*S. inflata* (Vauch.) Kütz. – С. вздутая. Слабосолоновато-пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*S. insignis* (Hass.) Kütz. – С. заметная. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапроб, феррафилный гидрофит. Л.

*S. irregularis* Näg. – С. неправильная. Типично пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л.

*S. majuscula* Kütz. – С. крупноватая. Слабосолоновато-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит, феррафил. Л.



*S. maxima* (Hass.) Wittr. – С. наибольшая. Условно-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*S. neglecta* (Hass.) Kütz. – С. забытая. Условно-пресноводный мезотрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*S. nitida* (Dillw.) Link – С. блестящая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. Л.

*S. pellucida* (Hass.) G. S. Weswt. – С. прозрачная. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*S. quadrata* (Hass.) Petit – С. квадратная. Типично пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л.

*S. reticulata* Nordst. – С. сетчатая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*S. setiformis* (Roth) Kütz. – С. шетинковидная. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. ЛС, Л.

*S. tenuissima* (Hass.) Kütz. – С. тончайшая. Слабосоловатово-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*S. varians* (Hass.) Kütz. – С. изменчивая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*S. weberi* Kütz. – С. Вебера. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. ЛТ.

*Sirogonium sticticum* (Engl. Bot.) Kütz. – Сирогониум испещрённый. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

#### Семейство **Ulvaceae** – Ульвовые

*Enteromorpha intestinalis* (L.) Link – Энтероморфа кишечновидная. Сильносоловатово-пресноводный мезо-евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

#### Семейство **Cladophoraceae** – Кладофоровые

*Cladophora fracta* (Müll. ex Vahl) Kütz. – Кладофора слабая. Типично пресноводный мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*C. globulina* (Kütz.) Kütz. – К. шариковая. Типично пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*C. glomerata* (L.) Kütz. – К. скученная. Эвригалинный (соляноводно-пресноводный) мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*C. rivularis* (L.) Hoek – К. речная. Условно-пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*Rhizoclonium fontanum* Kütz. – Ризоклониум ключевой. Реафильный ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Т.

*R. hieroglyphicum* (Ag.) Kütz. – Р. иероглифический. Условно-пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*R. profundum* Brand – Р. глубоинный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Т.

Семейство **Sphaeropleaceae – Сфероплеевые**

*Sphaeroplea annulina* (Roth) Ag. – Сфероплея кольчатая. Условно-пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. ЛС.

Семейство **Chaetophoraceae – Хетофоровые**

*Draparnaldia glomerata* (Vauch.) Ag. – Драпарнальдия клубочковая. Ультрапресноводный олиготрофный ксено-олигосапробный гидрофит. Л.

*D. plumosa* (Vauch.) Ag. – Д. перистая. Ультрапресноводный олиготрофный ксено-олигосапробный гидрофит. Л.

Отдел **Xanthophyta – Жёлтозелёные водоросли**

Семейство **Vaucheriaceae – Вошериевые**

*Vaucheria dichotoma* (L.) Martius – Вошерия дихотомическая. Среднесолоновато-пресноводный мезо-евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*V. geminata* (Vauch.) DC. – В. двояная. Типично пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*V. hamata* (Vauch.) DC. – В. крючковидная. Условно-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. Л.

*V. sessilis* (Vauch.) DC. – В. сидячая. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. ЛС, Л

*V. walzii* Roth – В. Вальца. Типично пресноводный мезо-евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит, феррафил. ЛС, Л.

Отдел **Bryophyta – Мохообразные**

Семейство **Marchantiaceae – Маршанциевые**

*Marchantia aquatica* (Nees) Burgeff. – Маршанция водная. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. Л.

Семейство **Ricciaceae – Риччиевые**

*Riccia fluitans* L. – Риччия плавающая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*R. rhenana* Lorb. ex K. Muell. – Р. рейнская. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. **ЛС, Л.**

*Ricciocarpos natans* (L.) Corda – Риччиокарпос плавающий. Типично пресноводный мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрофит. **С, ЛС, Л.**

Семейство **Jungermanniaceae – Юнгерманниевые**

*Gymnocolea inflata* (Huds.) Dum. – Гимноколеа вздутая. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогифит. **Л, ЛТ, Т.**

*Jungermannia pumila* With. – Юнгерманния маленькая. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный факультативно реофильный гидрогифит. **ЛТ, Т.**

*Plectocolea obovata* (Nees) Lindb. – Плектоколеа обратнойщевидная. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный реофильный гидрофит. **Л, ЛТ, Т.**

Семейство **Scapaniaceae – Скапаниевые**

*Scapania irrigua* (Nees) Nees – Скапания заливаемая. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. **Л, ЛТ, Т.**

*S. paludicola* Loeske et K. Müll. – С. болотолобивая. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрогифит. **Л, ЛТ, Т.**

*S. subalpina* (Nees ex Lindenb.) Dum. – С. субальпийская. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогифит. **Т.**

*S. uliginosa* (Lindenb.) Dum. – С. топяная. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. **Т.**

*S. undulata* (L.) Dum. – С. волнистая. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. **Л, ЛТ.**

Семейство **Cephaloziaceae – Цефалозиевые**

*Cladopodiella fluitans* (Nees) Buch – Кладоподиелла плавающая. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. **Л, ЛТ, Т.**

Семейство **Geocalycaceae – Геокаликсовые**

*Chiloscyphus pallescens* (Ehrh. ex Hoffm.) Dum. – Хилосцифус бледноватый. Ультрапресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит, феррафил. **Л.**

*S. polyanthos* (L.) Corda – Х. многоцветковый. Ультрапресноводный реофильный олиготрофный олигосапробный гидрофит. **Л.**

Семейство **Sphagnaceae – Сфагновые**

*Sphagnum angustifolium* (Russ. ex Russ.) C. Jens. – Сфагнум узколистный. Типично пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. **С, ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*S. aongstroemii* C. Hartm. – С. Онгстрёма. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогигрофит. **ЛТ, Т.**

*S. balticum* (Russ.) Russ. ex C. Jens. – С. балтийский. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*S. compactum* DC. in Lam. et DC. – С. компактный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. **Л, ЛТ, Т.**

*S. contortum* Schultz – С. скрученный. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрогигрофит. **Л, ЛТ, Т.**

*S. cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm. – С. заострённый. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогигрофит. **Л, ЛТ, Т.**

*S. fallax* (Klinggr.) Klinggr. – С. обманчивый. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрогигрофит. **С, ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*S. fimbriatum* Wils. in Wils. et Hook.f. – С. бахромчатый. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*S. flexuosum* Dozy et Molk. – С. извилистый. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрогигрофит. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*S. fuscum* (Schimp.) Klinggr. – С. бурый. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. **С, ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*S. imbricatum* Hornsch. ex Russ. – С. черепитчатый. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогигрофит. **Л, ЛТ, Т.**

*S. jenseni* H.Lindb. – С. Йенсена. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*S. lindbergii* Schimp. ex Lindb. – С. Линдберга. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. **Л, ЛТ, Т.**

*S. magellanicum* Brid. – С. магелланский. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*S. majus* (Russ.) C. Jens. – С. большой. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*S. obtusum* Warnst. – С. тупой. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапроб. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*S. orientale* L. Savicz – С. восточный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогигрофит. **Т.**

*S. papillosum* Lindb. – С. папиллозный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*S. perfoliatum* L. Savicz – С. прорезной. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогигрофит. Т.

*S. platyphyllum* (Lindeb. ex Braithw.) Sull. ex Warnst. – С. плосколистный. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ, Т.

*S. riparium* Aongstr. – С. береговой. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л, ЛТ, Т.

*S. rubellum* Wils. – С. красноватый. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ, Т.

*S. squarrosum* Crome – С. оттопыренный. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*S. subfulvum* Sjoers – С. рыжеватый. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. Л.

*S. subnitens* Russ. et Warnst. ex Warnst. – С. блестящий. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*S. subsecundum* Nees ex Sturm. – С. однобокий. Типично пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*S. teres* (Schimp.) Aongstr. ex Hartm. – С. гладкий. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*S. warnstorffii* Russ. – С. Варнсторфа. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

#### Семейство **Fissidentaceae** – Фиссиденсовые

*Fissidens adianthoides* Hedw. – Фиссиденс адиантовидный. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*F. osmundoides* Hedw. – Ф. осмундовидный. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л, ЛТ, Т.

#### Семейство **Dicranaceae** – Дикрановые

*Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp. – Диходонциум прозрачный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогигрофит. ЛТ.

#### Семейство **Grimmiaceae** – Гриммиевые

*Racomitrium aciculare* (Hedw.) Brid. – Ракомитриум иглистый. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный реофильный гидрофит. Л.

*Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch et Schimp. in B.S.G. – Схистидиум скрытоплодный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Т.

*S. rivulare* (Brid.) Podp. – С. речной. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный реофильный гидрофит. Т.

Семейство **Bryaceae – Бриевые**

*Pohlia drummondii* (C. Muell.) Andrews – Полия Драммонда. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогифит. Л, ЛТ, Т.

*P. wahlenbergii* (Web. et Mohr) Andrews in Grout – П. Валенбери. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. Л, ЛТ, Т.

*Bryum cyclophyllum* (Schwaegr.) Bruch et Schimp. in B.S.G. – Бриум круглолистный. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. Л, ЛТ, Т.

*B. neodamense* Itzigs. – Б. нейдаммский. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. Л, ЛТ, Т.

*B. pseudotriquetrum* (Hedw.) Gaertn. et al. – Б. псевдотрёхгранный. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*B. schleicheri* Schwaegr. – Б. Шлейхера. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*B. weigelii* Spreng. in Viehler – Б. Вейгеля. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

Семейство **Mniaceae – Мниевые**

*Cinclidium stygium* Sw. – Цинклидиум загрязнённый. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрогифит. Л, ЛТ, Т.

*C. subrotundum* Lindb. – Ц. закруглённый. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрогифит. Т.

*Plagiomnium ellipticum* (Brid.) T. Кор. – Плагиомниум эллиптический. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофитный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Pseudobryum cinclidioides* (Hueb.) T. Кор. – Псевдобриум цинклидиевидный. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. Л, ЛТ, Т.

*Rhizomnium andrewsianum* Steere – Ризомниум Эндрюса.  
Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогигрофит. Т.

*R. pseudopunctatum* (Bruch. et Schimp.) T. Kor. – Р. ложноточечный.  
Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гигрофит.  
ЛС, Л, ЛТ, Т.

*R. punctatum* (Bruch. et Schimp.) T. Kor. – Р. точечный.  
Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гигрофит. Л.

Семейство **Aulacomniaceae** – Аулакомниевые

*Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr. – Аулакомниум болотный. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гигрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*A. turgidum* (Wahlenb.) Schwaegr. – А. вздутый.  
Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гигрофит. Л,  
ЛТ, Т.

Семейство **Meesiaceae** – Меезиевые

*Meesia triquetra* (Richter) Aongstr. – Меезия трёхгранная.  
Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит.  
ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Paludella squarrosa* (Hedw.) Brid. – Палюделла оттопыренная  
Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный  
гидрогигрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

Семейство **Bartramiaceae** – Бартрамиевые

*Philonotis fontana* (Hedw.) Brid. – Филонотис ключевой.  
Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный реофильный  
гидрофит. Л, ЛТ, Т.

*P. tomentella* Mol. – Ф. войлочный. Ультрапресноводный олиго-  
мезотрофный олигосапробный реофильный гидрофит. Л, ЛТ, Т.

Семейство **Fontinaliaceae** – Фонтиналиевые

*Dichelyma capillaceum* (Dicks.) Mуг. – Дихелима волосовидная.  
Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л.

*D. falcatum* (Hedw.) Mуг. – Д. серповидная. Ультрапресноводный  
олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ, Т.

*Fontinalis antipyretica* Hedw. – Фонтиналис противопожарный  
Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. ЛС, Л,  
ЛТ.

*F. hypnoides* Hartm. – Ф. гипновидный. Типично пресноводный  
олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

Семейство **Helodiaceae** – Гелодиевые

*Palustriella commutata* (Hedw.) Ochyra – Палюстриелла  
изменчивая. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный  
гидрофит. Л, ЛТ.

Семейство **Cratoneuraceae** – **Кратоневровые**

*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce – Кратоневрон папоротниковидный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогифит. **Л, ЛТ.**

Семейство **Amblystegiaceae** – **Амблистегиевые**

*Calliergon cordifolium* (Hedw.) Kindb. – Каллиергон сердцевиднолистный. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*C. giganteum* (Schimp.) Kindb. – К. гигантский. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*C. megalophyllum* Mikut. – К. крупнолистный. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. **Л, ЛТ, Т.**

*C. richardsonii* (Mitt.) Kindb. – К. Ричардсона. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. **Л, ЛТ, Т.**

*C. stramineum* (Brid.) Kindb. – К. соломенно-жёлтый. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske – Каллиергонелла заострённая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*Campylium polygamum* (B.S.G.) C.Jens. – Кампилиум многодомный. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*C. stellatum* (Hedw.) C. Jens. – К. звёздчатый. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. **ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst. – Дрепанокладус крючковидный. Типично пресноводный мезо-евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрогифит. **С, ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*D. capillifolius* (Warnst.) Warnst. – Д. волосистый. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. **Л.**

*D. sendtneri* (Schimp. ex C. Muel.) Warnst. – Д. Зенднера. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный кальцефильный гидрофит. **С, ЛС, Л, ЛТ, Т.**

*Hamatocaulis lapponicus* (Norrl.) Hedenaes – Гаматокаулис лапландский. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. **Т.**



*H. vernicosus* (Mitt.) Hedenaes – Г. глянецвитый. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Hydrohypnum alpestre* (Hedw.) Loeske – Гигрогипнум приальпийский. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Т.

*H. cochlearifolium* (Vent. ex De Not.) Broth. – Г. ложковиднолистный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ, Т.

*H. duriusculum* (De Not.) Jamieson – Г. твердоватый. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Т.

*H. luridum* (Hedw.) Jenn. – Г. грязно-жёлтый. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ, Т.

*H. ochraceum* (Turn. ex Wils.) Loeske – Г. охряный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогифит. Л, ЛТ, Т.

*H. polare* (Lindb.) Loeske – Г. полярный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогифит. Л.

*Leptodictyum humile* (P. Beauv.) Ochуга – Лептодикциум низкий. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. ЛС, Л.

*L. riparium* (Hedw.) Warnst. – Л. береговой. Слабосолоновато-пресноводный мезо-евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Limprichtia cossonii* (Schimp.) Anderson et al. – Лимприхтия Коссона. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрогифит. Л, ЛТ, Т.

*L. revolvens* (Sw.) Loeske – Л. отвёрнутая. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрогифит. Л, ЛТ, Т.

*Pseudocalliergon brevifolium* (Lindb.) Hedenaes – Псевдокалиергон коротколистный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогифит. Т.

*P. lycopodioides* (Brid.) Hedenaes – П. плауновидный. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрогифит. ЛТ.

*P. trifarium* (Brid.) Hedenaes – П. трёхрядный. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрогифит. Л, ЛТ, Т.

*P. turgescens* (T. Jens.) Loeske – П. вздутый. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный кальцефильный олигосапробный гидрогифит. Т.

*Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske – Саниония крючковатая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный факультативный гидрофит (эвригидрический вид). ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Sarmentypnum sarmentosum* (Wahlenb.) Tuom. et T. Кор. – Сарментипнум лозовидный. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный реофильный гидрофит. Л, ЛТ, Т.

*Scorpidium scorpioides* (Hedw.) Limpr. – Скорпидиум скорпионовидный. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Warnstorfia exannulata* (B. S. G.) Loeske – Варнсторфия бесколечковая. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ, Т.

*W. fluitans* (Hedw.) Loeske – В. плавающая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*W. pseudostraminea* (Warnst.) Tuom. et Кор. – В. ложносоломенно-жёлтая. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогигрофит. Л, ЛТ, Т.

*W. trichophylla* (Warnst.) Tuom. et Кор. – В. волосистая. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Т.

*W. tundrae* (Arnell) Loeske – В. тундровая. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. Т.

#### Семейство **Brachytheciaceae** – **Брахитециевые**

*Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp. ex Milde – Брахитециум Мильде. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*B. rivulare* Schimp. in B. S. G. – Б. ручейный. Типично пресноводный мезо-евтрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л.

#### Семейство **Hypnaceae** – **Гипновые**

*Hypnum lindbergii* Mitt. – Гипнум Линдбери. Типично пресноводный олигомезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. Л, ЛТ, Т.

#### Отдел **Equisetophyta** – **Хвощеобразные**

##### Семейство **Equisetaceae** – **Хвощевые**

*Equisetum fluviatile* L. – Хвощ речной. Типично пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

#### Отдел **Polypodiophyta** – **Папоротникообразные**

##### Семейство **Thelypteridaceae** – **Телиптерисовые**

*Thelypteris palustris* Schott. – Телиптерис болотный. Типично пресноводный олиготрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

Семейство **Marsileaceae** – **Марсилиевые**

*Marsilea aegyptica* Willd. – Марсилия египетская. Условно-пресноводный эвтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С.

*M. strigosa* Willd. – М. щетинистая. Условно-пресноводный эвтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С.

Семейство **Salviniaceae** – **Сальвиниевые**

*Salvinia natans* (L.) All. – Сальвиния плавающая. Типично пресноводный мезо-эвтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С.

Отдел **Magnoliophyta** – **Покрытосеменные**

Семейство **Nymphaeaceae** – **Нимфейные**

*Nuphar lutea* (L.) Smith – Кубышка жёлтая. Условно-пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*N. pumila* (Timm) DC. – К. малая. Типично пресноводный олигомезотрофный огисапробный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Nymphaea candida* J. Presl – Кувшинка чисто-белая. Условно-пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*N. tetragona* Georgi. – К. малая. Типично пресноводный олигомезотрофный огисапробный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

Семейство **Ceratophyllaceae** – **Роголистниковые**

*Ceratophyllum demersum* L. – Роголистник погружённый. Типично пресноводный мезотрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*C. oryzetorum* Kom. – Р. рисовый. Условно-пресноводный мезо-эвтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*C. submersum* L. – Р. полупогружённый. Слабосолоновато-пресноводный мезо-эвтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

Семейство **Ranunculaceae** – **Лютиковые**

*Batrachium circinatum* (Sibth.) Spach – Водяной лютик жёстколистный. Условно-пресноводный мезо-эвтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*B. eradatum* (Laest.) Fries – В. л. неукореняющийся. Типично пресноводный мезо-эвтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*B. rionii* (Lagger) Nyman – В. л. Риона. Условно-пресноводный эвтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*B. trichophyllum* (Chaix) Bosch – В. л. волосолистный. Слабосолоновато-пресноводный евтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*Caltha palustris* L. – Калужница болотная. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*C. natans* Pallas ex Georgi – К. плавающая. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ, Т.

*Ranunculus gmelini* DC. – Лютик Гмелина. Типично пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. Л, ЛТ.

*R. lingua* L. – Л. языковый. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*R. natans* C. A. Meyer – Л. плавающий. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*R. polyphyllus* Waldst. et Kit. ex Willd. – Л. многолистный. Типично пресноводный мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*R. radicans* C. A. Meyer – Л. укореняющийся. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. Л, ЛТ, Т.

*R. sceleratus* L. – Л. ядовитый. Типично пресноводный мезо-евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрогигрофит (факультативный мезофит). С, ЛС, Л.

Семейство **Polygonaceae** – **Гречишные**

*Persicaria amphibia* (L.) S. F. Gray – Горец земноводный. Условно-пресноводный мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*P. lapathifolia* (L.) S. F. Gray – Г. щавелелистный. Условно-пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС.

Семейство **Elatinaceae** – **Повойничковые**

*Elatine alsinastrum* L. – Повойничек мокричный. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС.

*E. hydropiper* L. – П. согнутосемянный. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

Семейство **Primulaceae** – **Первоцветные**

*Naumburgia thyrsoflora* (L.) Reichenb. – Наумбургия кистецветная. Типично пресноводный олиго-метотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. ЛС, Л, ЛТ.

Семейство **Brassicaceae** – **Капустные**

*Rorippa amphibia* (L.) Besser – Жерушник водяной. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

Семейство **Droseraceae** – **Росянковые**

*Drosera anglica* Hudson – Росянка английская. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*D. rotundifolia* L. – Р. круглолистная. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

Семейство **Rosaceae** – **Розоцветные**

*Comarum palustre* L. – Сабельник болотный. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

Семейство **Trapaeeae** – **Рогульниковые, Водноореховые**

*Trapa natans* L. – Водяной орех обыкновенный, чилим. Типично пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С.

Семейство **Haloragaceae** – **Сланоягодниковые**

*Myriophyllum sibiricum* Kom. – Уруть сибирская. Типично-пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ.

*M. spicatum* L. – У. колосковая. Слабосолоновато-пресноводный мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*M. verticillatum* L. – У. мутовчатая. Условно-пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т

Семейство **Ariaceae** – **Сельдерейные**

*Cicuta virosa* L. – Вех ядовитый. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Oenanthe aquatica* (L.) Poiret – Омежник водяной. Типично пресноводный мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*Sium latifolium* L. – Поручейник широколистный. Условно-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*S. sisaroides* DC. – П. сизаровидный. Условно-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

Семейство **Menyanthaceae** – **Вахтовые**

*Menyanthes trifoliata* L. – Вахта трёхлистная. Типично пресноводный (условно-пресноводный) олиготрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Nymphoides peltata* (S.G. Gmelin) O. Kuntze – Болотноцветник щитолистный. Типично пресноводный (условно-пресноводный) мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

Семейство **Scrophulariaceae** – **Норичниковые**

*Limosella aquatica* L. – Лужница водяная. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*Veronica anagallis-aquatica* L. – Вероника ключевая. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

Семейство **Lentibulariaceae** – **Пузырчатковые**

*Utricularia intermedia* Haune – Пузырчатка средняя. Типично пресноводный (ультрапресноводный) олиготрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ.

*U. minor* L. – П. малая. Типично пресноводный (ультрапресноводный) олиготрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*U. vulgaris* L. – П. обыкновенная. Слабосолоновато-пресноводный мезо-евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

Семейство **Hippuridaceae** – **Хвостниковые**

*Hippuris vulgaris* L. – Хвостник обыкновенный. Условно-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

Семейство **Callitrichaceae** – **Болотниковые**

*Callitriche hermaphroditica* L. – Болотник обоеполый. Типично пресноводный олиго-мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*C. palustris* L. – Б. болотный. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

Семейство **Butomaceae** – **Сусаковые**

*Butomus umbellatus* L. – Сусак зонтичный. Типично пресноводный мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л.

Семейство **Hydrocharitaceae** – **Водокрасовые**

*Elodea canadensis* Michx. – Элодея канадская. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*Hydrilla verticillata* (L. fil.) Royle – Гидрилла мутовчатая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*Hydrocharis morsus-ranae* L. – Водокрас обыкновенный. Условно-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*Stratiotes aloides* L. – Телорез обыкновенный. Условно-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

Семейство **Alismataceae** – **Частуховые**

*Alisma gramineum* Lej. – Частуха злаковидная. Слабосолоновато-пресноводный мезо-евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрогифит. С, ЛС, Л.

*A. lanceolatum* With. – Ч. ланцетная. Условно-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогифит. С, ЛС.

*A. plantago-aquatica* L. – Ч. обыкновенная. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогифит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Damasonium alisma* Mill. – Звездплодник частуховидный. Слабосолоновато-пресноводный мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрогифит. С.

*Sagittaria natans* Pall. – Стрелолист плавающий. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогифит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*S. sagittifolia* L. – С. стрелолистный. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогифит. С, ЛС, Л.

*S. trifolia* L. – С. трёхлистный. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогифит. С, ЛС.

Семейство **Juncaginaceae** – **Ситовниковые**

*Triglochin maritimum* L. – Триостренник приморский. Среднесолоновато-пресноводный евтрофный бета-мезосапробный гифит. С, ЛС, Л.

*T. palustre* L. – Т. болотный. Слабосолоновато-пресноводный евтрофный бета-мезосапробный гифит. С, ЛС, Л.

Семейство **Potamogetonaceae** – **Рдестовые**

*Potamogeton alpinus* Balb. s. str. – Рдест альпийский. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*P. berchtoldii* Fieb. – Р. Берхтольда. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*P. compressus* L. – Р. сплюснутый. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*P. crispus* L. – Р. курчавый. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*P. filiformis* Pers. – Р. нитевидный. Типично пресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. С.

*P. friesii* Rupr. – Р. Фриза. Слабосолоновато-пресноводный мезо-евтрофный бета-мезосапроб. С, ЛС, Л, ЛТ.

*P. gramineus* L. – Р. злаковый. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*P. lucens* L. – Р. блестящий. Условно-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*P. natans* L. – Р. плавающий. Типично пресноводный (условно-пресноводный) олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*P. obtusifolius* Mert. et Koch – Р. туполистный. Условно-пресноводный (типично пресноводный) олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*P. pectinatus* L. – Р. гребенчатый. Сильносолоновато-пресноводный эвритрофный эврисапробный (олиго-альфа-мезосапробный) гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*P. perfoliatus* L. – Р. пронзеннолистный. Слабосолоновато-пресноводный мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*P. praelongus* Wulf. – Р. длиннейший. Типично пресноводный (условно-пресноводный) олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*P. pusillus* L. – Р. маленький. Типично пресноводный евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

Семейство **Ruppiaceae** – Руппиевые

*Ruppia drepanensis* Tineo – Руппия трапанинская. Среднесолоновато-соляноводный евтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*R. maritima* L. – Р. морская. Сильносолоновато-соляноводный евтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

Семейство **Zannichelliaceae** – Дзанникеллиевые

*Athenia filiformis* F. Petit – Альтения нитевидная. Сильносолоновато-соляноводный евтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

*Zannichellia palustris* L. – Дзанникеллия болотная. Среднесолоновато-пресноводный евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*Z. pedunculata* Reichenb. – Д. стебельчатая. Сильносолоновато-пресноводный евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

Семейство **Najadaceae** – Наядовые

*Caulinia minor* (All.) Coss. et Germ. – Каулиния малая. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*C. tenuissima* (A. Br. ex Magnus) Tzvel. – К. тончайшая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. ЛС.



*Najas marina* L. – Наяда морская. Слабосолоновато-пресноводный мезо-мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС.

Семейство **Сурерасеae – Сытевые**

*Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla – Клубнекамыш приморский. Среднесолоновато-пресноводный мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л.

*Carex acuta* L. – Осока острая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*C. aquatilis* Wahlenb. s. str. – О. водяная. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*C. atherodes* Spreng. – О. остистая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*C. diandra* Schrank – О. двухтычинковая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*C. dioica* L. – О. двудомная. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*C. disticha* Huds. – О. двурядная. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*C. lasiocarpa* Ehrh. – О. волосистоплодная. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*C. limosa* L. – О. топяная. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*C. omskiana* Meinsh. – О. омская. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л.

*C. pseudocyperus* L. – О. ложносытевая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*C. riparia* Curt. – О. береговая. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л.

*C. rhynchophysa* С. А. Меу. – О. вздутоносая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*C. rostrata* Stokes – О. длинноносиковая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*C. vesicaria* L. – О. пузырчатая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит (факультативный мезофит). С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Eleocharis acicularis* (L.) Roem. et Schult. – Ситняг игольчатый. Типично пресноводный олиго-мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*E. palustris* (L.) Roem. et Schult. – С. болотный. Слабосолоновато-пресноводный мезоевтрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Eriophorum gracile* Koch – Пушица стройная. Ультрапресноводный олиго-трофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*E. polystachyon* L. – П. многоколосковая. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. ЛС, Л, ЛТ, Т.

*E. russeolum* Fries – П. рыжеватая. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогигрофит. Л, ЛТ, Т.

*E. scheuchzeri* Hoppe s. str. – П. Шейхцера. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогигрофит. Л, ЛТ, Т.

*E. vaginatum* L. – П. влагалищная. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Rhynchospora alba* (L.) Vahl. – Очеретник белый. Ультрапресноводный олиготрофный олигосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Scirpus ehrenbergii* Voeck. – Камыш Эренберга. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС.

*S. lacustris* L. – К. озёрный. Слабосолоновато-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л.

*S. sylvaticus* L. – К. лесной. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л.

*S. tabernaemontani* C. C. Gmelin – К. Табернемонтана. Слабосолоновато-пресноводный мезо-евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л.

#### Семейство **Poaceae** – Мятликовые

*Agrostis stolonifera* L. – Полевица побегообразующая. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит (факультативный мезофит). С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Arctophila fulva* (Trin.) Andersson – Северюбка рыжеватая. Типично пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. Л, ЛТ.

*Glyceria fluitans* (L.) R. Br. – Манник плавающий. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. Л.

*G. maxima* (Hartman) Holmb. – М. большой. Типично пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. Л.

*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel – Тростник южный. Сильносолоновато-пресноводный эвритрофный эврисапробный (олиго-альфа-мезосапробный) гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*Scolochloa festucacea* (Willd.) Link – Тростянка овсяницева. Условно-пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

#### Семейство **Agaceae** – **Ароидные**

*Acorus calamus* L. – Аир обыкновенный. Типично пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л.

*Calla palustris* L. – Белокрыльник болотный. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

#### Семейство **Lemnaceae** – **Рясковые**

*Lemna minor* L. – Ряска маленькая. Условно-пресноводный евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*L. trisulca* L. – Р. тройчатая. Среднесолоновато-пресноводный евтрофный бета-альфа-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

*Spirodela polyrhiza* (L.) Schleiden – Многокоренник обыкновенный. Типично-пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л.

#### Семейство **Sparganiaceae** – **Ежеголовниковые**

*Sparganium angustifolium* Michx. – Ежеголовник узколистный. Ультрапресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрофит. Л, ЛТ.

*S. emersum* Rehm. – Е. всплывший. Типично-пресноводный мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

*S. erectum* L. – Е. прямой. Условно-пресноводный мезотрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л.

*S. hyperboreum* Laest. ex Beurl. – Е. северный. Ультрапресноводный олиготрофный олиго-бета-мезосапробный гидрофит. ЛТ, Т.

*S. minimum* Wallr. – Е. малый. Типично-пресноводный олиго-мезотрофный олигосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ, Т.

#### Семейство **Typhaceae** – **Рогозовые**

*Typha angustifolia* L. – Рогоз узколистный. Слабосолоновато-пресноводный мезо-евтрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л.

*T. latifolia* L. – Р. широколистный. Условно-пресноводный олиго-мезотрофный олиго-бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л, ЛТ.

*T. laxmannii* Lerech. – Р. Лаксмана. Слабосолюновато-пресноводный евтрофный бета-мезосапробный гидрогигрофит. С, ЛС, Л.

Всего в приведённом списке с учётом потенциальных видов представлено 327 видов гидромакрофитов, которые могут быть использованы в целях фитоиндикации состояния водных объектов Западно-Сибирской равнины. Распределение видов из разных систематических групп по ботанико-географическим зонам Западно-Сибирской равнины заметно различается (табл. 11).

Таблица 11

Таксономическая структура флор гидромакрофитов ботанико-географических зон Западно-Сибирской равнины (без потенциальных видов)

Отделы	Ботанико-географические зоны				
	С	ЛС	Л	ЛТ	Т
<i>Rhodophyta</i>	-	-	2	2	-
<i>Charophyta</i>	17	15	7	1	-
<i>Chlorophyta</i>	5	6	23	7	-
<i>Xanthophyta</i>	1	1	3	1	-
<i>Bryophyta</i>	8	38	94	83	87
<i>Equisetophyta</i>	1	1	1	1	1
<i>Polypodiophyta</i>	4	1	1	1	-
<i>Magnoliophyta</i>	103	115	110	72	37
Всего	139	177	241	168	125

Примечание. Ботанико-географические зоны: С – степная, ЛС – лесостепная, Л – лесная, ЛТ – лесотундровая, Т – тундровая.

Общее видовое разнообразие известных на Западно-Сибирской равнине гидромакрофитов (без потенциальных видов) возрастает от степной зоны к лесостепной и лесной, затем далее на север снижается к лесотундровой и тундровой зонам. Отчётливо заметно различие ботанико-географических зон по таксономической структуре флоры гидромакрофитов. В степной зоне структура парциальной флоры гидромакрофитов харово-цветковая, в лесостепной зоне – харово-мохово-цветковая, в лесной – мохово-цветковая с повышенным участием зелёных водорослей, в лесотундровой – мохово-цветковая, в тундровой – цветково-моховая. В связи с этим индикаторная ценность систематических групп гидромакрофитов неодинакова на разных участках Западно-Сибирской равнины. В южных районах для целей фитоиндикации возможно применение сведений об экологической толерантности в основном гидрофильных цветковых и харовых

водорослей, в северных районах – об экологической толерантности гидрофильных мхов, цветковых и, в меньшей степени, зелёных (зигнемовых) водорослей.

### 2.3. Индикаторные свойства гидромacroфитов

Применяемые в гидроэкологии феноменалистские типизации факторов водной и грунтовой сред обитания гидробионтов позволяют оценить общий уровень качественного состояния того или иного фактора (например, низкий, средний или высокий). К таким комплексным факторам принадлежат трофность и сапробность водной среды, а также аллювиальность экотопов. При исследовании состояния водных объектов методами фитоиндикации для оценки степени проявления таких факторов в настоящей монографии предложены специальные таблицы, разработанные в соответствии с подходами М. Зелинки и П. Марвана (Zelinka, Marvan, 1961, 1966). Эти таблицы представляют собой рабочие варианты прескриптивных (нормативных) фитоиндикационных систем – на основе представленной в таблицах информации возможно создавать прямые указания к оценочным действиям (алгоритмы). Таблицы содержат количественно выражаемое распределение индивидуальных валентностей индикаторных видов гидромacroфитов в общем диапазоне изменения конкретного фактора и индикаторный вес этих видов в системе оценки данного фактора.

Таблица для оценки трофности (трофии) водной среды подготовлена с учётом работ, содержащих характеристику толерантности отдельных видов гидромacroфитов к фактору трофности (Olsen, 1944; Абрамова, Савич-Любицкая, Смирнова, 1961; Голлербах, Сдобникова, 1980; Мязметс, 1980; Кокин, 1982; Голлербах, Красавина, 1983; Лукина, Смирнова, 1988; Мульдияров, 1990; Макрофиты – индикаторы..., 1993; Рундина, 1998; Садчиков, Кудряшов, 2004, 2005). Предлагаемые значения индивидуальных валентностей видов гидромacroфитов основаны также на оригинальных материалах, полученных в пределах Западно-Сибирской равнины. Индивидуальные валентности ( $v_i$ ) видов оценены как вероятности их обнаружения в экотопах, соответствующих индицируемым группам трофности (олиготрофной, мезотрофной, евтрофной). Они выражены целыми числами, сумма которых для каждого вида равна 10. В таблице использована шкала индикаторного веса ( $J_i$ ) из 5 градаций (от 1 до 5 баллов). Индикаторный вес рассчитывался для каждого вида гидромacroфитов на основе особенностей распределения индивидуальных валентностей по группам трофности (табл. 12).

Таблица 12

Распределение индивидуальных валентностей ( $v_i$ ) по группам трофности (О, М, Е) и индикаторный вес ( $J_i$ ) видов гидромакрофитов Западно-Сибирской равнины

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_i$ ) по группам трофности			$J_i$
	О	М	Е	
<i>Batrachospermum vagum</i>	10	-	-	5
<i>B. moniliforme</i>	10	-	-	5
<i>Nitella confervacea</i>	-	8	2	4
<i>N. flexilis</i>	5	5	-	3
<i>N. gracilis</i>	5	5	-	3
<i>N. hyalina</i>	-	8	2	4
<i>N. mucronata</i>	4	6	-	3
<i>Tolypella prolifera</i>	-	8	2	4
<i>Nitellopsis obtusa</i>	7	3	-	3
<i>Chara altaica</i>	-	7	3	3
<i>C. aspera</i>	6	4	-	3
<i>C. baueri</i>	-	8	2	4
<i>C. braunii</i>	-	8	2	4
<i>C. canescens</i>	-	7	3	3
<i>C. contraria</i>	-	9	1	4
<i>C. delicatula</i>	4	6	-	3
<i>C. fragilis</i>	-	8	2	4
<i>C. kirghisorum</i>	9	1	-	4
<i>C. neglecta</i>	-	9	1	4
<i>C. schaffneri</i>	-	8	2	4
<i>C. tenuispina</i>	-	9	1	4
<i>C. tomentosa</i>	6	4	-	3
<i>C. vulgaris</i>	-	9	1	4
<i>Lamprothamnium papulosum</i>	-	5	5	3
<i>Zygnema cruciatum</i>	9	1	-	4
<i>Z. decussatum</i>	7	3	-	3
<i>Z. leiospermum</i>	7	3	-	3
<i>Z. pectinatum</i>	7	3	-	3
<i>Z. ralfsii</i>	3	7	-	3
<i>Z. stellinum</i>	3	7	-	3
<i>Z. vaucheri</i>	9	1	-	4
<i>Mougeotia depressa</i>	9	1	-	4
<i>M. elegantula</i>	8	2	-	4
<i>M. genuflexa</i>	9	1	-	4
<i>M. laetevirens</i>	4	6	-	3
<i>M. nummuloides</i>	9	1	-	4
<i>M. parvula</i>	9	1	-	4

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_i$ ) по группам трофности			$J_i$
	O	M	E	
<i>Mougeotia quadrangulata</i>	9	1	-	4
<i>M. scalaris</i>	4	6	-	3
<i>M. thylespora</i>	9	1	-	4
<i>M. varians</i>	9	1	-	4
<i>M. viridis</i>	9	1	-	4
<i>Spirogyra bellis</i>	4	6	-	3
<i>S. cateniformis</i>	1	9	-	4
<i>S. condensata</i>	1	9	-	4
<i>S. crassa</i>	1	9	-	4
<i>S. decimina</i>	1	9	-	4
<i>S. fluviatilis</i>	4	6	-	3
<i>S. gracilis</i>	1	9	-	4
<i>S. hassallii</i>	9	1	-	4
<i>S. inflata</i>	-	8	2	4
<i>S. insignis</i>	6	4	-	3
<i>S. irregularis</i>	9	1	-	4
<i>S. majuscula</i>	1	8	1	4
<i>S. maxima</i>	1	9	-	4
<i>S. neglecta</i>	1	9	-	4
<i>S. nitida</i>	3	7	-	3
<i>S. pellucida</i>	4	6	-	3
<i>S. quadrata</i>	9	1	-	4
<i>S. reticulata</i>	7	3	-	3
<i>S. setiformis</i>	1	9	-	4
<i>S. tenuissima</i>	1	9	-	4
<i>S. varians</i>	3	7	-	3
<i>S. weberi</i>	3	7	-	3
<i>Sirogonium sticticum</i>	3	7	-	3
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	-	7	3	3
<i>Cladophora fracta</i>	1	7	2	3
<i>C. globulina</i>	1	7	2	3
<i>C. glomerata</i>	-	5	5	3
<i>C. rivularis</i>	1	9	-	4
<i>Rhizoclonium fontanum</i>	10	-	-	5
<i>R. hieroglyphicum</i>	1	9	-	4
<i>R. profundum</i>	10	-	-	5
<i>Sphaeroplea annulina</i>	-	7	3	3
<i>Draparnaldia glomerata</i>	9	1	-	4
<i>D. plumosa</i>	9	1	-	4
<i>Vaucheria dichotoma</i>	1	6	3	3
<i>V. geminata</i>	-	7	3	3

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_i$ ) по группам трофности			$J_i$
	О	М	Е	
<i>Vaucheria hamata</i>	1	9	-	4
<i>V. sessilis</i>	1	9	-	4
<i>V. walzii</i>	1	7	2	3
<i>Marchantia aquatica</i>	7	3	-	3
<i>Riccia fluitans</i>	2	7	1	3
<i>R. rhenana</i>	2	7	1	3
<i>Ricciocarpos natans</i>	-	8	2	4
<i>Gymnocolea inflata</i>	9	1	-	4
<i>Jungermannia pumila</i>	9	1	-	4
<i>Plectocolea obovata</i>	9	1	-	4
<i>Scapania irrigua</i>	8	2	-	4
<i>S. paludicola</i>	8	2	-	4
<i>S. subalpina</i>	9	1	-	4
<i>S. uliginosa</i>	8	2	-	4
<i>S. undulata</i>	8	2	-	4
<i>Cladopodiella fluitans</i>	9	1	-	4
<i>Chiloscyphus pallescens</i>	1	9	-	4
<i>C. polyanthos</i>	9	1	-	4
<i>Sphagnum angustifolium</i>	9	1	-	4
<i>S. aongstroemii</i>	9	1	-	4
<i>S. balticum</i>	9	1	-	4
<i>S. compactum</i>	9	1	-	4
<i>S. contortum</i>	8	2	-	4
<i>S. cuspidatum</i>	9	1	-	4
<i>S. fallax</i>	8	2	-	4
<i>S. fimbriatum</i>	8	2	-	4
<i>S. flexuosum</i>	8	2	-	4
<i>S. fuscum</i>	9	1	-	4
<i>S. imbricatum</i>	9	1	-	4
<i>S. jenseni</i>	9	1	-	4
<i>S. lindbergii</i>	9	1	-	4
<i>S. magellanicum</i>	9	1	-	4
<i>S. majus</i>	9	1	-	4
<i>S. obtusum</i>	8	2	-	4
<i>S. orientale</i>	9	1	-	4
<i>S. papillosum</i>	9	1	-	4
<i>S. perfoliatum</i>	9	1	-	4
<i>S. platyphyllum</i>	8	2	-	4
<i>S. riparium</i>	8	2	-	4
<i>S. rubellum</i>	9	1	-	4
<i>S. squarrosum</i>	5	5	-	3



Виды	Индивидуальные валентности ( $v_i$ ) по группам трофности			$J_i$
	О	М	Е	
<i>Sphagnum subfulvum</i>	8	2	-	4
<i>S. subnitens</i>	8	2	-	4
<i>S. subsecundum</i>	1	9	-	4
<i>S. teres</i>	4	6	-	3
<i>S. warnstorffii</i>	4	6	-	3
<i>Fissidens adianthoides</i>	6	4	-	3
<i>F. osmundoides</i>	6	4	-	3
<i>Dichodontium pellucidum</i>	9	1	-	4
<i>Racomitrium aciculare</i>	9	1	-	4
<i>Schistidium apocarpum</i>	9	1	-	4
<i>S. rivulare</i>	9	1	-	4
<i>Pohlia drummondii</i>	9	1	-	4
<i>P. wahlenbergii</i>	8	2	-	4
<i>Bryum cyclophyllum</i>	8	2	-	4
<i>B. neodamense</i>	8	2	-	4
<i>B. pseudotriquetrum</i>	8	2	-	4
<i>B. schleicheri</i>	9	1	-	4
<i>B. weigeli</i>	8	2	-	4
<i>Cinclidium stygium</i>	8	2	-	4
<i>C. subrotundum</i>	8	2	-	4
<i>Plagiomnium ellipticum</i>	8	2	-	4
<i>Pseudobryum cinclidioides</i>	8	2	-	4
<i>Rhizomnium andrewsianum</i>	9	1	-	4
<i>R. pseudopunctatum</i>	8	2	-	4
<i>R. punctatum</i>	8	2	-	4
<i>Aulacomnium palustre</i>	8	2	-	4
<i>A. turgidum</i>	8	2	-	4
<i>Meesia triquetra</i>	8	2	-	4
<i>Paludella squarrosa</i>	8	2	-	4
<i>Philonotis fontana</i>	8	2	-	4
<i>P. tomentella</i>	8	2	-	4
<i>Dichelyma capillaceum</i>	9	1	-	4
<i>D. falcatum</i>	9	1	-	4
<i>Fontinalis antipyretica</i>	9	1	-	4
<i>F. hypnoides</i>	8	2	-	4
<i>Palustriella commutata</i>	9	1	-	4
<i>Cratoneuron filicinum</i>	9	1	-	4
<i>Calliargon cordifolium</i>	7	3	-	3
<i>C. giganteum</i>	7	3	-	3
<i>C. megalophyllum</i>	8	2	-	4
<i>C. richardsonii</i>	8	2	-	4

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_i$ ) по группам трофности			$J_i$
	О	М	Е	
<i>Calliergon stramineum</i>	8	2	-	4
<i>Calliergonella cuspidata</i>	8	2	-	4
<i>Campylium polygamum</i>	8	2	-	4
<i>C. stellatum</i>	8	2	-	4
<i>Drepanocladus aduncus</i>	1	7	2	3
<i>D. capillifolius</i>	3	6	1	3
<i>D. sendtneri</i>	4	6	-	3
<i>Hamatocaulis lapponicus</i>	6	4	-	3
<i>H. vernicosus</i>	6	4	-	3
<i>Hygrohypnum alpestre</i>	3	6	1	3
<i>H. cochlearifolium</i>	9	1	-	4
<i>H. duriusculum</i>	9	1	-	4
<i>H. luridum</i>	9	1	-	4
<i>H. ochraceum</i>	9	1	-	4
<i>H. polare</i>	10	-	-	5
<i>Leptodictyum humile</i>	6	4	-	3
<i>L. riparium</i>	1	7	2	3
<i>Limprichtia cossonii</i>	6	4	-	3
<i>L. revolvens</i>	6	4	-	3
<i>Pseudocalliergon brevifolius</i>	9	1	-	4
<i>P. lycopodioides</i>	8	2	-	4
<i>P. trifarium</i>	8	2	-	4
<i>P. turgescens</i>	8	2	-	4
<i>Sanionia uncinata</i>	8	2	-	4
<i>Sarmentypnum sarmentosum</i>	9	1	-	4
<i>Scorpidium scorpioides</i>	8	2	-	4
<i>Warnstorfia exannulata</i>	9	1	-	4
<i>W. fluitans</i>	6	4	-	3
<i>W. pseudostraminea</i>	9	1	-	4
<i>W. trichophylla</i>	9	1	-	4
<i>W. tundrae</i>	10	-	-	5
<i>Brachythecium mildeanum</i>	7	3	-	3
<i>B. rivulare</i>	1	7	2	3
<i>Hypnum lindbergii</i>	8	2	-	4
<i>Equisetum fluviatile</i>	1	9	-	4
<i>Thelypteris palustris</i>	9	1	-	4
<i>Marsilea aegyptica</i>	-	1	9	4
<i>M. strigosa</i>	-	1	9	4
<i>Salvinia natans</i>	-	8	2	4
<i>Nuphar lutea</i>	1	9	-	4
<i>N. pumila</i>	8	2	-	4

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_i$ ) по группам трофности			$J_i$
	О	М	Е	
<i>Nymphaea candida</i>	1	9	-	4
<i>N. tetragona</i>	8	2	-	4
<i>Ceratophyllum demersum</i>	-	9	1	4
<i>C. oryzetorum</i>	-	7	3	3
<i>C. submersum</i>	-	3	7	3
<i>Batrachium circinatum</i>	-	5	5	3
<i>B. eradicatum</i>	-	7	3	3
<i>B. rionii</i>	-	1	9	4
<i>B. trichophyllum</i>	-	1	9	4
<i>Caltha palustris</i>	1	9	-	4
<i>C. natans</i>	6	4	-	3
<i>Ranunculus gmelini</i>	4	6	-	3
<i>R. lingua</i>	1	9	-	4
<i>R. natans</i>	1	7	2	3
<i>R. polyphyllus</i>	-	8	2	4
<i>R. radicans</i>	-	8	2	4
<i>R. sceleratus</i>	-	4	6	3
<i>Persicaria amphibia</i>	-	8	2	4
<i>P. lapathifolia</i>	2	8	-	4
<i>Elatine alsinastrum</i>	1	9	-	4
<i>E. hydropiper</i>	3	7	-	3
<i>Naumburgia thyrsoflora</i>	4	6	-	3
<i>Rorippa amphibia</i>	1	9	-	4
<i>Drosera anglica</i>	10	-	-	5
<i>D. rotundifolia</i>	10	-	-	5
<i>Comarum palustre</i>	6	4	-	3
<i>Trapa natans</i>	1	9	-	4
<i>Myriophyllum sibiricum</i>	3	7	-	3
<i>M. spicatum</i>	-	8	2	4
<i>M. verticillatum</i>	3	7	-	3
<i>Cicuta virosa</i>	6	4	-	3
<i>Oenanthe aquatica</i>	-	8	2	4
<i>Sium latifolium</i>	-	9	1	4
<i>S. sisaroides</i>	-	9	1	4
<i>Menyanthes trifoliata</i>	9	1	-	4
<i>Nymphoides peltata</i>	1	9	-	4
<i>Limosella aquatica</i>	1	9	-	4
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	1	9	-	4
<i>Utricularia intermedia</i>	9	1	-	4
<i>U. minor</i>	10	-	-	5
<i>U. vulgaris</i>	1	6	3	3

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_i$ ) по группам трофности			$J_i$
	О	М	Е	
<i>Hippuris vulgaris</i>	1	9	-	4
<i>Callitriche hermaphroditica</i>	2	8	-	4
<i>C. palustris</i>	1	9	-	4
<i>Butomus umbellatus</i>	-	8	2	4
<i>Elodea canadensis</i>	1	9	-	4
<i>Hydrilla verticillata</i>	2	8	-	4
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	-	10	-	5
<i>Stratiotes aloides</i>	-	10	-	5
<i>Alisma gramineum</i>	-	8	2	4
<i>A. lanceolatum</i>	-	9	1	4
<i>A. plantago-aquatica</i>	1	9	-	4
<i>Damasonium alisma</i>	-	8	2	4
<i>Sagittaria natans</i>	7	3	-	3
<i>S. sagittifolia</i>	-	10	-	5
<i>S. trifolia</i>	1	9	-	4
<i>Triglochin maritimum</i>	-	1	9	4
<i>T. palustre</i>	-	1	9	4
<i>Potamogeton alpinus</i>	7	3	-	3
<i>P. berchtoldii</i>	1	8	1	4
<i>P. compressus</i>	1	8	1	4
<i>P. crispus</i>	3	7	-	3
<i>P. filiformis</i>	9	1	-	4
<i>P. friesii</i>	1	7	2	3
<i>P. gramineus</i>	4	6	-	3
<i>P. lucens</i>	-	10	-	5
<i>P. natans</i>	6	4	-	3
<i>P. obtusifolius</i>	7	3	-	3
<i>P. pectinatus</i>	2	5	3	3
<i>P. perfoliatus</i>	-	8	2	4
<i>P. praelongus</i>	6	4	-	3
<i>P. pusillus</i>	-	1	9	4
<i>Ruppia drepanensis</i>	-	1	9	4
<i>R. maritima</i>	-	1	9	4
<i>Althenia filiformis</i>	-	1	9	4
<i>Zannichellia palustris</i>	-	1	9	4
<i>Z. pedunculata</i>	-	1	9	4
<i>Caulinia minor</i>	1	9	-	4
<i>C. tenuissima</i>	3	7	-	3
<i>Najas marina</i>	-	7	3	3
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	-	5	5	3
<i>Carex acuta</i>	2	8	-	4

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_i$ ) по группам трофности			$J_i$
	О	М	Е	
<i>Carex aquatilis</i>	8	2	-	4
<i>C. atherodes</i>	4	6	-	3
<i>C. diandra</i>	4	6	-	3
<i>C. dioica</i>	4	6	-	3
<i>C. disticha</i>	4	6	-	3
<i>C. lasiocarpa</i>	8	2	-	4
<i>C. limosa</i>	9	1	-	4
<i>C. omskiana</i>	-	9	1	4
<i>C. pseudocyperus</i>	6	4	-	3
<i>C. riparia</i>	1	9	-	4
<i>C. rhynchospora</i>	4	6	-	3
<i>C. rostrata</i>	4	6	-	3
<i>C. vesicaria</i>	4	6	-	3
<i>Eleocharis acicularis</i>	3	7	-	3
<i>E. palustris</i>	1	7	2	3
<i>Eriophorum gracile</i>	9	1	-	4
<i>E. polystachyon</i>	6	4	-	3
<i>E. russeolum</i>	9	1	-	4
<i>E. scheuchzeri</i>	9	1	-	4
<i>E. vaginatum</i>	10	-	-	5
<i>Rhynchospora alba</i>	9	1	-	4
<i>Scirpus ehrenbergii</i>	1	9	-	4
<i>S. lacustris</i>	-	9	1	4
<i>S. sylvaticus</i>	4	6	-	3
<i>S. tabernaemontani</i>	-	7	3	3
<i>Agrostis stolonifera</i>	1	9	-	4
<i>Arctophila fulva</i>	7	3	-	3
<i>Glyceria fluitans</i>	3	7	-	3
<i>G. maxima</i>	1	8	1	4
<i>Phragmites australis</i>	2	5	3	3
<i>Scolochloa festucacea</i>	2	8	-	4
<i>Acorus calamus</i>	-	10	-	5
<i>Calla palustris</i>	8	2	-	4
<i>Lemna minor</i>	-	1	9	4
<i>L. trisulca</i>	-	1	9	4
<i>Spirodela polyrhiza</i>	-	10	-	5
<i>Sparganium angustifolium</i>	8	2	-	4
<i>S. emersum</i>	1	9	-	4
<i>S. erectum</i>	-	9	1	4
<i>S. hyperboreum</i>	9	1	-	4
<i>S. minimum</i>	6	4	-	3

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_i$ ) по группам трофности			$J_i$
	О	М	Е	
<i>Typha angustifolia</i>	1	6	3	3
<i>T. latifolia</i>	3	7	-	3
<i>T. laxmannii</i>	-	1	9	4

Примечание. Группы трофности: О – олиготрофная, М – мезотрофная, Е – евтрофная.

Таблица для оценки сапробности водной среды составлена с учётом обобщающей работы С.С. Бариновой, Л.А. Медведевой, О.В. Анисимовой (2006). Значения индивидуальных сапробных валентностей видов также учитывают многолетние гидрохимические материалы, полученные при изучении гидромакрофитов Западно-Сибирской равнины. При подготовке таблицы индивидуальные валентности ( $v_s$ ) индикаторных видов рассматривались как вероятности обнаружения этих видов в экотопах соответствующих групп сапробности (ксеносапробной, олигосапробной, бета-мезосапробной, альфа-мезосапробной, полисапробной). Значения сапробных валентностей ( $v_s$ ) выражены целыми числами, сумма которых равна 10 для каждого вида. В таблице использована шкала индикаторного веса ( $J_s$ ), который указан для каждого вида в баллах от 1 до 5. Индикаторный вес ( $J_s$ ) для видов установлен на основе особенностей распределения индивидуальных валентностей по группам сапробности (табл. 13).

Таблица 13

Распределение индивидуальных валентностей ( $v_s$ ) по группам сапробности ( $x$ ,  $o$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $p$ ) и индикаторный вес ( $J_s$ ) видов гидромакрофитов Западно-Сибирской равнины

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_s$ ) по группам сапробности					$J_s$
	$x$	$o$	$\beta$	$\alpha$	$p$	
<i>Batrachospermum vagum</i>	1	9	-	-	-	4
<i>B. moniliforme</i>	1	9	-	-	-	4
<i>Nitella confervacea</i>	-	3	7	-	-	3
<i>N. flexilis</i>	-	10	-	-	-	5
<i>N. gracilis</i>	-	4	6	-	-	3
<i>N. hyalina</i>	-	3	7	-	-	3
<i>N. mucronata</i>	-	-	10	-	-	5
<i>Tolypella prolifera</i>	-	2	8	-	-	4
<i>Nitellopsis obtusa</i>	1	9	-	-	-	4
<i>Chara altaica</i>	-	2	8	-	-	4

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_s$ ) по группам сапробности					$J_s$
	$x$	$o$	$\beta$	$\alpha$	$p$	
<i>Chara aspera</i>	-	6	4	-	-	3
<i>C. baueri</i>	-	3	7	-	-	3
<i>C. braunii</i>	-	2	8	-	-	4
<i>C. canescens</i>	-	3	7	-	-	3
<i>C. contraria</i>	-	3	7	-	-	3
<i>C. delicatula</i>	-	5	5	-	-	3
<i>C. fragilis</i>	-	4	6	-	-	3
<i>C. kirghisorum</i>	2	8	-	-	-	4
<i>C. neglecta</i>	-	3	7	-	-	3
<i>C. schaffneri</i>	-	3	7	-	-	3
<i>C. tenuispina</i>	-	3	7	-	-	3
<i>C. tomentosa</i>	-	5	5	-	-	3
<i>C. vulgaris</i>	-	2	8	-	-	4
<i>Lamprothamnium papulosum</i>	-	-	10	-	-	5
<i>Zygnema cruciatum</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Z. decussatum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Z. leiospermum</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Z. pectinatum</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Z. ralfsii</i>	-	-	10	-	-	5
<i>Z. stellinum</i>	1	4	5	-	-	3
<i>Z. vaucheri</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Mougeotia depressa</i>	-	10	-	-	-	5
<i>M. elegantula</i>	-	6	4	-	-	3
<i>M. genuflexa</i>	-	3	7	-	-	3
<i>M. laetevirens</i>	-	4	6	-	-	3
<i>M. nummuloides</i>	-	10	-	-	-	5
<i>M. parvula</i>	-	10	-	-	-	5
<i>M. quadrangulata</i>	-	10	-	-	-	5
<i>M. scalaris</i>	-	4	6	-	-	3
<i>M. thylespora</i>	-	10	-	-	-	5
<i>M. varians</i>	-	10	-	-	-	5
<i>M. viridis</i>	-	8	2	-	-	4
<i>Spirogyra bellis</i>	-	4	6	-	-	3
<i>S. cateniformis</i>	-	4	6	-	-	3
<i>S. condensata</i>	-	4	6	-	-	3
<i>S. crassa</i>	-	-	10	-	-	5
<i>S. decimina</i>	-	-	10	-	-	5
<i>S. fluviatilis</i>	1	1	8	-	-	4
<i>S. gracilis</i>	-	4	6	-	-	3
<i>S. hassallii</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. inflata</i>	-	7	3	-	-	3

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_s$ ) по группам сапробности					$J_s$
	$x$	$o$	$\beta$	$\alpha$	$p$	
<i>Spirogyra insignis</i>	-	4	6	-	-	3
<i>S. irregularis</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. majuscula</i>	-	1	9	-	-	4
<i>S. maxima</i>	-	1	9	-	-	4
<i>S. neglecta</i>	-	-	8	2	-	4
<i>S. nitida</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. pellucida</i>	-	4	6	-	-	3
<i>S. quadrata</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. reticulata</i>	-	4	6	-	-	3
<i>S. setiformis</i>	-	-	10	-	-	5
<i>S. tenuissima</i>	-	1	9	-	-	4
<i>S. varians</i>	-	2	7	1	-	3
<i>S. weberi</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Sirogonium sticticum</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	-	-	8	2	-	4
<i>Cladophora fracta</i>	-	-	10	-	-	5
<i>C. globulina</i>	-	5	5	-	-	3
<i>C. glomerata</i>	-	-	10	-	-	5
<i>C. rivularis</i>	-	6	4	-	-	3
<i>Rhizoclonium fontanum</i>	2	8	-	-	-	4
<i>R. hieroglyphicum</i>	-	6	4	-	-	3
<i>R. profundum</i>	2	8	-	-	-	4
<i>Sphaeroplea annulina</i>	-	2	8	-	-	4
<i>Draparnaldia glomerata</i>	2	8	-	-	-	4
<i>D. plumosa</i>	2	8	-	-	-	4
<i>Vaucheria dichotoma</i>	-	-	8	2	-	4
<i>V. geminata</i>	-	6	4	-	-	3
<i>V. hamata</i>	-	1	9	-	-	4
<i>V. sessilis</i>	-	1	9	-	-	4
<i>V. walzii</i>	-	-	8	2	-	4
<i>Marchantia aquatica</i>	1	8	1	-	-	4
<i>Riccia fluitans</i>	-	7	3	-	-	3
<i>R. rhenana</i>	-	3	7	-	-	3
<i>Riccocarpos natans</i>	-	2	8	-	-	4
<i>Gymnocolea inflata</i>	2	8	-	-	-	4
<i>Jungermannia pumila</i>	1	8	1	-	-	4
<i>Plectocolea obovata</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Scapania irrigua</i>	1	8	1	-	-	4
<i>S. paludicola</i>	1	8	1	-	-	4
<i>S. subalpina</i>	1	8	1	-	-	4
<i>S. uliginosa</i>	1	8	1	-	-	4



Виды	Индивидуальные валентности ( $v_s$ ) по группам сапробности					$J_s$
	$x$	$o$	$\beta$	$\alpha$	$p$	
<i>Scapania undulata</i>	1	8	1	-	-	4
<i>Cladopodiella fluitans</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Chiloscyphus pallescens</i>	-	7	3	-	-	3
<i>C. polyanthos</i>	1	9	-	-	-	4
<i>Sphagnum angustifolium</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. aongstroemii</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. balticum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. compactum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. contortum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. cuspidatum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. fallax</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. fimbriatum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. flexuosum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. fuscum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. imbricatum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. jenseni</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. lindbergii</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. magellanicum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. majus</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. obtusum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. orientale</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. papillosum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. perfoliatum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. platyphyllum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. riparium</i>	-	7	3	-	-	3
<i>S. rubellum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. squarrosum</i>	-	7	3	-	-	3
<i>S. subfulvum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. subnitens</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. subsecundum</i>	-	7	3	-	-	3
<i>S. teres</i>	-	7	3	-	-	3
<i>S. warnstorfi</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Fissidens adianthoides</i>	-	7	3	-	-	3
<i>F. osmundoides</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Dichodontium pellucidum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Racomitrium aciculare</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Schistidium apocarpum</i>	-	9	1	-	-	4
<i>S. rivulare</i>	-	9	1	-	-	4
<i>Pohlia drummondii</i>	-	10	-	-	-	5
<i>P. wahlenbergii</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Bryum cyclophyllum</i>	-	7	3	-	-	3

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_s$ ) по группам сапробности					$J_s$
	$x$	$o$	$\beta$	$\alpha$	$p$	
<i>Bryum neodamense</i>	-	7	3	-	-	3
<i>B. pseudotriquetrum</i>	-	5	5	-	-	3
<i>B. schleicheri</i>	-	10	-	-	-	5
<i>B. weigelii</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Cinclidium stygium</i>	-	10	-	-	-	5
<i>C. subrotundum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Plagiomnium ellipticum</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Pseudobryum cinclidioides</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Rhizomnium andrewsianum</i>	2	8	-	-	-	4
<i>R. pseudopunctatum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>R. punctatum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Aulacomnium palustre</i>	-	10	-	-	-	5
<i>A. turgidum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Meesia triquetra</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Paludella squarrosa</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Philonotis fontana</i>	1	9	-	-	-	4
<i>P. tomentella</i>	1	9	-	-	-	4
<i>Dichelyma capillaceum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>D. falcatum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Fontinalis antipyretica</i>	1	8	1	-	-	4
<i>F. hypnoides</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Palustriella commutata</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Cratoneuron filicinum</i>	1	9	-	-	-	4
<i>Calliergon cordifolium</i>	-	6	4	-	-	3
<i>C. giganteum</i>	-	6	4	-	-	3
<i>C. megalophyllum</i>	-	8	2	-	-	4
<i>C. richardsonii</i>	-	8	2	-	-	4
<i>C. stramineum</i>	-	6	4	-	-	3
<i>Calliergonella cuspidata</i>	-	8	2	-	-	4
<i>Campylium polygamum</i>	-	8	2	-	-	4
<i>C. stellatum</i>	-	8	2	-	-	4
<i>Drepanocladus aduncus</i>	-	2	6	2	-	2
<i>D. capillifolius</i>	-	6	4	-	-	3
<i>D. sendtneri</i>	-	6	4	-	-	3
<i>Hamatocaulis lapponicus</i>	-	6	4	-	-	3
<i>H. vernicosus</i>	-	6	4	-	-	3
<i>Hygrohypnum alpestre</i>	-	8	2	-	-	4
<i>H. cochlearifolium</i>	-	10	-	-	-	5
<i>H. duriusculum</i>	2	8	-	-	-	4
<i>H. luridum</i>	1	9	-	-	-	4
<i>H. ochraceum</i>	3	7	-	-	-	3

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_s$ ) по группам сапробности					$J_s$
	$x$	$o$	$\beta$	$\alpha$	$p$	
<i>Hygrohypnum polare</i>	2	8	-	-	-	4
<i>Leptodictyum humile</i>	-	6	4	-	-	3
<i>L. riparium</i>	-	1	7	2	-	3
<i>Limprichtia cossonii</i>	-	10	-	-	-	5
<i>L. revolvens</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Pseudocalliergon brevifolius</i>	-	10	-	-	-	5
<i>P. lycopodioides</i>	-	10	-	-	-	5
<i>P. trifarium</i>	-	10	-	-	-	5
<i>P. turgescens</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Sanionia uncinata</i>	-	6	4	-	-	3
<i>Sarmentypnum sarmentosum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Scorpidium scorpioides</i>	-	5	5	-	-	3
<i>Warnstorfia exannulata</i>	2	8	-	-	-	4
<i>W. fluitans</i>	-	10	-	-	-	5
<i>W. pseudostraminea</i>	-	10	-	-	-	5
<i>W. trichophylla</i>	2	8	-	-	-	4
<i>W. tundrae</i>	2	8	-	-	-	4
<i>Brachythecium mildeanum</i>	-	5	5	-	-	3
<i>B. rivulare</i>	-	8	2	-	-	4
<i>Hypnum lindbergii</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Equisetum fluviatile</i>	1	6	3	-	-	3
<i>Thelypteris palustris</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Marsilea aegyptica</i>	-	1	9	-	-	4
<i>M. strigosa</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Salvinia natans</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Nuphar lutea</i>	-	4	5	1	-	3
<i>N. pumila</i>	-	9	1	-	-	4
<i>Nymphaea candida</i>	-	6	4	-	-	3
<i>N. tetragona</i>	-	9	1	-	-	4
<i>Ceratophyllum demersum</i>	-	1	7	2	-	3
<i>C. oryzetorum</i>	-	-	8	2	-	4
<i>C. submersum</i>	-	-	6	4	-	3
<i>Batrachium circinatum</i>	-	-	6	4	-	3
<i>B. eradicatum</i>	-	1	9	-	-	4
<i>B. rionii</i>	-	1	9	-	-	4
<i>B. trichophyllum</i>	-	-	10	-	-	5
<i>Caltha palustris</i>	-	1	8	1	-	4
<i>C. natans</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Ranunculus gmelini</i>	-	4	6	-	-	3
<i>R. lingua</i>	-	-	10	-	-	5
<i>R. natans</i>	-	2	8	-	-	4

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_s$ ) по группам сапробности					$J_s$
	$x$	$o$	$\beta$	$\alpha$	$p$	
<i>Ranunculus polyphyllus</i>	-	-	10	-	-	5
<i>R. radicans</i>	-	4	6	-	-	3
<i>R. sceleratus</i>	-	-	5	5	-	3
<i>Persicaria amphibia</i>	-	1	7	2	-	3
<i>P. lapathifolia</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Elatine alsinastrum</i>	-	1	9	-	-	4
<i>E. hydropiper</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Naumburgia thyrsoflora</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Rorippa amphibia</i>	-	-	10	-	-	5
<i>Drosera anglica</i>	-	10	-	-	-	5
<i>D. rotundifolia</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Comarum palustre</i>	-	6	4	-	-	3
<i>Trapa natans</i>	-	2	8	-	-	4
<i>Myriophyllum sibiricum</i>	-	6	4	-	-	3
<i>M. spicatum</i>	-	1	8	1	-	4
<i>M. verticillatum</i>	-	5	4	1	-	3
<i>Cicuta virosa</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Oenanthe aquatica</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Sium latifolium</i>	-	-	10	-	-	5
<i>S. sisaroides</i>	-	-	10	-	-	5
<i>Menyanthes trifoliata</i>	-	8	2	-	-	4
<i>Nymphoides peltata</i>	-	1	8	1	-	4
<i>Limosella aquatica</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Utricularia intermedia</i>	-	7	3	-	-	3
<i>U. minor</i>	-	8	2	-	-	4
<i>U. vulgaris</i>	-	1	7	2	-	3
<i>Hippuris vulgaris</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Callitriche hermaphroditica</i>	-	1	9	-	-	4
<i>C. palustris</i>	-	-	9	1	-	4
<i>Butomus umbellatus</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Elodea canadensis</i>	-	1	8	1	-	4
<i>Hydrilla verticillata</i>	-	3	7	-	-	3
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	-	1	8	1	-	4
<i>Stratiotes aloides</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Alisma gramineum</i>	-	-	8	2	-	4
<i>A. lanceolatum</i>	-	-	10	-	-	5
<i>A. plantago-aquatica</i>	-	-	9	1	-	4
<i>Damasonium alisma</i>	-	-	9	1	-	4
<i>Sagittaria natans</i>	-	8	2	-	-	4
<i>S. sagittifolia</i>	-	1	8	1	-	4

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_s$ ) по группам сапробности					$J_s$
	$x$	$o$	$\beta$	$\alpha$	$p$	
<i>Sagittaria trifolia</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Triglochin maritimum</i>	-	-	9	1	-	4
<i>T. palustre</i>	-	-	9	1	-	4
<i>Potamogeton alpinus</i>	-	8	2	-	-	4
<i>P. berchtoldii</i>	-	1	9	-	-	4
<i>P. compressus</i>	-	-	10	-	-	5
<i>P. crispus</i>	-	2	8	-	-	4
<i>P. filiformis</i>	-	9	1	-	-	4
<i>P. friesii</i>	-	-	10	-	-	5
<i>P. gramineus</i>	-	3	7	-	-	3
<i>P. lucens</i>	-	1	9	-	-	4
<i>P. natans</i>	-	3	7	-	-	3
<i>P. obtusifolius</i>	-	6	4	-	-	3
<i>P. pectinatus</i>	-	2	5	2	1	2
<i>P. perfoliatus</i>	-	1	7	1	1	2
<i>P. praelongus</i>	-	5	5	-	-	3
<i>P. pusillus</i>	-	1	4	5	-	3
<i>Ruppia drepanensis</i>	-	-	9	1	-	4
<i>R. maritima</i>	-	-	9	1	-	4
<i>Athenia filiformis</i>	-	-	9	1	-	4
<i>Zannichellia palustris</i>	-	-	7	3	-	3
<i>Z. pedunculata</i>	-	-	7	3	-	3
<i>Caulinia minor</i>	-	1	9	-	-	4
<i>C. tenuissima</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Najas marina</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Carex acuta</i>	-	3	7	-	-	3
<i>C. aquatilis</i>	-	6	4	-	-	3
<i>C. atherodes</i>	-	2	8	-	-	4
<i>C. diandra</i>	-	6	4	-	-	3
<i>C. dioica</i>	-	6	4	-	-	3
<i>C. disticha</i>	-	6	4	-	-	3
<i>C. lasiocarpa</i>	-	6	4	-	-	3
<i>C. limosa</i>	-	9	1	-	-	4
<i>C. omskiana</i>	-	-	10	-	-	5
<i>C. pseudocyperus</i>	-	1	9	-	-	4
<i>C. riparia</i>	-	-	10	-	-	5
<i>C. rhynchophysa</i>	-	4	6	-	-	3
<i>C. rostrata</i>	-	4	6	-	-	3
<i>C. vesicaria</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Eleocharis acicularis</i>	-	1	9	-	-	4

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_s$ ) по группам сапробности					$J_s$
	$x$	$o$	$\beta$	$\alpha$	$p$	
<i>Eleocharis palustris</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Eriophorum gracile</i>	-	7	3	-	-	3
<i>E. polystachyon</i>	-	6	4	-	-	3
<i>E. russeolum</i>	-	9	1	-	-	4
<i>E. scheuchzeri</i>	-	9	1	-	-	4
<i>E. vaginatum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Rhynchospora alba</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Scirpus ehrenbergii</i>	-	1	9	-	-	4
<i>S. lacustris</i>	-	-	10	-	-	5
<i>S. sylvaticus</i>	-	4	6	-	-	3
<i>S. tabernaemontani</i>	-	-	8	2	-	4
<i>Agrostis stolonifera</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Arctophila fulva</i>	-	5	5	-	-	3
<i>Glyceria fluitans</i>	-	1	9	-	-	4
<i>G. maxima</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Phragmites australis</i>	1	2	4	2	1	1
<i>Scolochloa festucacea</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Acorus calamus</i>	-	2	8	-	-	4
<i>Calla palustris</i>	-	9	1	-	-	4
<i>Lemna minor</i>	-	1	6	3	-	3
<i>L. trisulca</i>	-	1	7	2	-	3
<i>Spirodela polyrhiza</i>	-	2	7	1	-	3
<i>Sparganium angustifolium</i>	1	9	-	-	-	4
<i>S. emersum</i>	-	5	5	-	-	3
<i>S. erectum</i>	-	1	9	-	-	4
<i>S. hyperboreum</i>	1	7	2	-	-	3
<i>S. minimum</i>	-	9	1	-	-	4
<i>Typha angustifolia</i>	-	1	9	-	-	4
<i>T. latifolia</i>	-	6	4	-	-	3
<i>T. laxmannii</i>	-	1	8	1	-	4

Примечание. Группы сапробности:  $x$  – ксеносапробная,  $o$  – олигосапробная,  $\beta$  – бета-мезосапробная,  $\alpha$  – альфа-мезосапробная,  $p$  – полисапробная.

Таблица для оценки аллювиальности гидроэкотопов подготовлена по оригинальным материалам с учётом информации, представленной в работе Л.Г. Раменского с соавт. (1956). Индивидуальные валентности ( $v_a$ ) индикаторных видов были оценены в соответствии с вероятностью обнаружения этих видов в условиях, соответствующих индицируемому группам аллювиальности (мезоаллювиальной, ортоаллювиальной,

гипераллювиальной). Значения индивидуальных валентностей ( $v_a$ ) выражены целыми числами, сумма которых для вида равна 10. В таблице использована шкала индикаторного веса ( $J_a$ ), который оценивался для каждого вида гидромакрофитов в баллах от 1 до 5. Индикаторный вес ( $J_a$ ) для видов рассчитан на основе особенностей распределения индивидуальных валентностей по группам аллювиальности (табл. 14).

Таблица 14

Распределение индивидуальных валентностей ( $v_a$ ) по группам аллювиальности местообитаний (М, О, Г) и индикаторный вес ( $J_a$ ) видов гидромакрофитов-аллювиафилов Западно-Сибирской равнины

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_a$ ) по группам аллювиальности местообитаний			$J_a$
	М	О	Г	
<i>Tolypella prolifera</i>	10	-	-	5
<i>Chara aspera</i>	10	-	-	5
<i>C. canescens</i>	10	-	-	5
<i>C. fragilis</i>	10	-	-	5
<i>C. tomentosa</i>	10	-	-	5
<i>C. vulgaris</i>	10	-	-	5
<i>Vaucheria dichotoma</i>	8	2	-	4
<i>Fontinalis antipyretica</i>	8	2	-	4
<i>F. hypnoides</i>	10	-	-	5
<i>Hygrohypnum ochraceum</i>	8	2	-	4
<i>Equisetum fluviatile</i>	2	6	2	2
<i>Nuphar lutea</i>	8	2	-	4
<i>N. pumila</i>	10	-	-	5
<i>Ceratophyllum demersum</i>	10	-	-	5
<i>Batrachium circinatum</i>	8	2	-	4
<i>B. eradicatum</i>	8	2	-	4
<i>B. rionii</i>	8	2	-	4
<i>B. trichophyllum</i>	8	2	-	4
<i>Ranunculua lingua</i>	10	-	-	5
<i>R. polyphyllus</i>	10	-	-	5
<i>R. radicans</i>	10	-	-	5
<i>Persicaria amphibia</i>	-	8	2	4
<i>P. lapathifolia</i>	10	-	-	5
<i>Rorippa amphibia</i>	-	1	9	4
<i>Trapa natans</i>	2	7	1	3
<i>Myriophyllum spicatum</i>	8	2	-	4
<i>M. verticillatum</i>	8	2	-	4
<i>Oenanthe aquatica</i>	8	2	-	4

Виды	Индивидуальные валентности ( $v_a$ ) по группам аллювиальности местообитаний			$J_a$
	М	О	Г	
<i>Sium latifolium</i>	10	-	-	5
<i>S. sisaroides</i>	10	-	-	5
<i>Nymphoides peltata</i>	1	8	1	4
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	10	-	-	5
<i>Hippuris vulgaris</i>	3	6	1	3
<i>Callitriche hermaphroditica</i>	10	-	-	5
<i>C. palustris</i>	8	2	-	4
<i>Butomus umbellatus</i>	1	2	7	3
<i>Elodea canadensis</i>	10	-	-	5
<i>Hydrilla verticillata</i>	4	5	1	3
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	10	-	-	5
<i>Stratiotes aloides</i>	6	4	-	3
<i>Alisma gramineum</i>	1	6	3	3
<i>A. lanceolatum</i>	5	5	-	3
<i>A. plantago-aquatica</i>	2	7	1	3
<i>Sagittaria natans</i>	8	2	-	4
<i>S. sagittifolia</i>	1	6	3	3
<i>S. trifolia</i>	1	6	3	3
<i>Potamogeton alpinus</i>	1	5	4	3
<i>P. berchtoldii</i>	10	-	-	5
<i>P. compressus</i>	10	-	-	5
<i>P. crispus</i>	10	-	-	5
<i>P. filiformis</i>	10	-	-	5
<i>P. friesii</i>	10	-	-	5
<i>P. gramineus</i>	6	3	1	3
<i>P. lucens</i>	2	5	3	2
<i>P. obtusifolius</i>	8	2	-	4
<i>P. pectinatus</i>	2	4	4	2
<i>P. perfoliatus</i>	2	4	4	2
<i>P. pusillus</i>	10	-	-	5
<i>Zannichellia palustris</i>	8	2	-	4
<i>Caulinia minor</i>	10	-	-	5
<i>C. tenuissima</i>	10	-	-	5
<i>Najas marina</i>	10	-	-	5
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	1	5	4	3
<i>Carex acuta</i>	1	4	5	3
<i>Eleocharis acicularis</i>	8	2	-	4
<i>E. palustris</i>	2	6	2	2
<i>Scirpus ehrenbergii</i>	-	3	7	3
<i>S. lacustris</i>	2	5	3	2



Виды	Индивидуальные валентности ( $v_a$ ) по группам аллювиальности местообитаний			$J_a$
	М	О	Г	
<i>Scirpus tabernaemontani</i>	8	2	-	4
<i>Agrostis stolonifera</i>	10	-	-	5
<i>Arctophila fulva</i>	10	-	-	5
<i>Glyceria fluitans</i>	10	-	-	5
<i>G. maxima</i>	10	-	-	5
<i>Phragmites australis</i>	6	3	1	3
<i>Acorus calamus</i>	10	-	-	5
<i>Sparganium angustifolium</i>	1	7	2	3
<i>S. emersum</i>	2	6	2	2
<i>S. erectum</i>	7	3	-	3
<i>Typha angustifolia</i>	8	2	-	4
<i>T. laxmannii</i>	10	-	-	5

Примечание. Группы местообитаний по аллювиальности: М – мезоаллювиальные (мощность аллювия 0,2–2,0 см), О – ортоаллювиальные (2,1–5,0 см), Г – гипераллювиальные – (более 5 см).

Для фитоиндикации факторов водной среды, оцениваемых в стандартных единицах измерения (общая минерализация, общая жёсткость, активная реакция) в настоящей монографии предложена прескриптивная таблица. В данной таблице материалы по толерантности видов к минерализации и общей жёсткости представлены преимущественно в форме верхних (предельных) значений диапазонов их выносливости к этим факторам в связи с тем, что нижние пределы этих диапазонов у большинства видов расположены в ультрапресных мягких водах. Исключительно для соляноводных видов указаны полные диапазоны выносливости к факторам минерализации (солёности, галобности) и общей жёсткости воды.

Количественные границы толерантности к рассматриваемым факторам приведены на основе оригинальных данных, полученных при исследовании гидромакрофитов и гидрохимических условий среды их обитания в водных объектах Западно-Сибирской равнины (Свириденко, Свириденко, 1985, 1986, 1997 в, 2004 б, 2006, 2007, 2008 а, 2009 а–в, 2010; Свириденко, 2000; Свириденко, Юрлов, 2005; Свириденко, Ефремов, Шипицина, 2006; Sviridenko, Sviridenko, 2003). Учтены также опубликованные сведения других авторов по экологии гидромакрофитов и гидрохимии водных объектов региона (Катанская, 1970, 1982, 1986; Dierssen, 2001; Бабушкин, Московченко, Пикунов, 2007) (табл. 15).

Таблица 15

Толерантность к минерализации ( $\Sigma u \text{ max}$ ), общей жёсткости ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) и активной реакции воды (pH) видов гидромакрофитов Западно-Сибирской равнины

Виды	$\Sigma u \text{ max}$ , г/дм <sup>3</sup>	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , мг-экв/дм <sup>3</sup>	pH
<i>Batrachospermum vagum</i>	0,1	1,2	5,4–6,5
<i>B. moniliforme</i>	0,1	1,2	5,4–6,5
<i>Nitella confervacea</i>	0,3	2,2	7,2
<i>N. flexilis</i>	0,3	2,8	7,2–8,6
<i>N. gracilis</i>	0,2	1,9	7,2
<i>N. hyalina</i>	0,7	5,7	7,6–8,4
<i>N. mucronata</i>	1,1	6,2	7,2–8,4
<i>Tolypella prolifera</i>	0,6	6,0	7,2–8,0
<i>Nitellopsis obtusa</i>	0,3	2,7	7,2–7,6
<i>Chara altaica</i>	8,0	37,3	7,2–8,6
<i>C. aspera</i>	0,7	9,3	7,2–8,2
<i>C. baueri</i>	0,3	3,5	7,2
<i>C. braunii</i>	0,3	1,5	7,2–7,6
<i>C. canescens</i>	8,0	61,1	7,2–9,2
<i>C. contraria</i>	5,1	23,2	7,2–8,0
<i>C. delicatula</i>	0,6	4,1	7,2–8,2
<i>C. fragilis</i>	3,9	12,1	7,2–9,2
<i>C. kirghisorum</i>	0,9	6,0	7,2–8,7
<i>C. neglecta</i>	0,9	19,8	7,2–8,7
<i>C. schaffneri</i>	1,7	11,2	7,2–8,0
<i>C. tenuispina</i>	0,9	9,3	7,2–8,0
<i>C. tomentosa</i>	2,8	13,2	7,2–9,2
<i>C. vulgaris</i>	4,1	37,3	7,2–8,4
<i>Lamprothamnium papulosum</i>	44,9	351,0	9,8–10,2
<i>Zygnema cruciatum</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>Z. decussatum</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>Z. leiospermum</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>Z. pectinatum</i>	1,2	6,7	7,2–8,4
<i>Z. ralfsii</i>	3,1	23,8	7,2–8,4
<i>Z. stellinum</i>	1,2	6,7	7,2–8,4
<i>Z. vaucheri</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>Mougeotia depressa</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>M. elegantula</i>	1,2	6,7	7,2–8,4
<i>M. genuflexa</i>	0,3	2,7	6,6–7,8
<i>M. laetevirens</i>	1,1	6,2	7,2–8,4
<i>M. nummuloides</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>M. parvula</i>	0,3	2,7	6,6–7,6

Виды	$\Sigma u \text{ max,}$ г/дм <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> , мг-экв/дм <sup>3</sup>	pH
<i>Mougeotia quadrangulata</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>M. scalaris</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>M. thylespora</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>M. varians</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>M. viridis</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>Spirogyra bellis</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>S. cateniformis</i>	1,2	2,7	7,2–8,4
<i>S. condensata</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>S. crassa</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>S. decimina</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>S. fluviatilis</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>S. gracilis</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>S. hassallii</i>	3,2	24,4	7,2–8,4
<i>S. inflata</i>	3,2	24,4	7,2–8,4
<i>S. insignis</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>S. irregularis</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>S. majuscula</i>	3,2	24,4	7,2–8,4
<i>S. maxima</i>	1,2	6,7	7,2–8,4
<i>S. neglecta</i>	1,2	6,7	7,2–8,4
<i>S. nitida</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>S. pellucida</i>	0,3	2,7	6,6–7,2
<i>S. quadrata</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>S. reticulata</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>S. setiformis</i>	0,3	2,7	6,6–7,8
<i>S. tenuissima</i>	3,2	24,4	7,2–8,6
<i>S. varians</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>S. weberi</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>Sirogonium sticticum</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	12,6	59,5	6,6–8,6
<i>Cladophora fracta</i>	1,1	6,2	7,2–8,4
<i>C. globulina</i>	0,5	3,9	7,2–8,4
<i>C. glomerata</i>	79,7	420,5	6,6–10,2
<i>C. rivularis</i>	1,1	6,2	7,2–8,2
<i>Rhizoclonium fontanum</i>	0,2	1,9	7,0–8,0
<i>R. hieroglyphicum</i>	1,1	6,2	6,6–8,2
<i>R. profundum</i>	0,2	1,9	7,0–8,0
<i>Sphaeroplea annulina</i>	1,2	6,7	7,2–8,4
<i>Draparnaldia glomerata</i>	0,2	1,9	6,6–8,0
<i>D. plumosa</i>	0,2	1,9	6,6–8,0
<i>Vaucheria dichotoma</i>	5,1	34,2	6,6–9,2
<i>V. geminata</i>	1,0	6,1	7,2–8,2
<i>V. hamata</i>	1,2	6,7	6,6–8,2

Виды	$\Sigma u \text{ max,}$ г/дм <sup>3</sup>	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+},$ мг-экв/дм <sup>3</sup>	pH
<i>Vaucheria sessilis</i>	1,0	6,1	6,6–8,2
<i>V. walzii</i>	1,0	6,1	6,6–8,2
<i>Marchantia aquatica</i>	0,3	2,7	5,7–7,5
<i>Riccia fluitans</i>	0,5	2,1	4,9–7,5
<i>R. rhenana</i>	0,3	2,7	5,7–7,5
<i>Ricciocarpos natans</i>	0,5	1,5	5,7–8,2
<i>Gymnocolea inflata</i>	0,2	1,9	3,4–5,6
<i>Jungermannia pumila</i>	0,2	1,9	4,1–8,2
<i>Plectocolea obovata</i>	0,2	1,9	6,0–8,2
<i>Scapania irrigua</i>	0,2	1,9	4,1–7,5
<i>S. paludicola</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>S. subalpina</i>	0,2	1,9	4,9–5,6
<i>S. uliginosa</i>	0,2	1,9	4,1–5,6
<i>S. undulata</i>	0,2	1,9	3,4–7,5
<i>Cladopodiella fluitans</i>	0,2	1,9	3,4–5,6
<i>Chiloscyphus pallescens</i>	0,2	1,9	4,1–7,5
<i>C. polyanthos</i>	0,1	1,2	4,9–7,5
<i>Sphagnum angustifolium</i>	0,3	2,7	3,4–7,5
<i>S. aongstroemii</i>	0,2	1,9	4,1–5,6
<i>S. balticum</i>	0,2	1,9	3,4–4,8
<i>S. compactum</i>	0,2	1,9	3,4–4,8
<i>S. contortum</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>S. cuspidatum</i>	0,2	1,9	3,4–4,8
<i>S. fallax</i>	0,2	0,2	3,4–7,5
<i>S. fimbriatum</i>	0,2	1,9	3,4–7,5
<i>S. flexuosum</i>	0,2	0,2	3,4–7,5
<i>S. fuscum</i>	0,2	1,9	3,4–7,5
<i>S. imbricatum</i>	0,2	1,9	3,4–7,5
<i>S. jensenii</i>	0,2	1,9	3,4–5,6
<i>S. lindbergii</i>	0,2	1,9	3,4–4,8
<i>S. magellanicum</i>	0,2	1,9	3,4–7,5
<i>S. majus</i>	0,2	1,9	3,4–4,8
<i>S. obtusum</i>	0,2	1,9	4,9–5,6
<i>S. orientale</i>	0,2	1,9	4,9–5,6
<i>S. papillosum</i>	0,2	1,9	3,4–7,5
<i>S. perfoliatum</i>	0,2	1,9	4,9–5,6
<i>S. platyphyllum</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>S. riparium</i>	0,3	2,7	3,4–5,6
<i>S. rubellum</i>	0,2	1,9	3,4–5,6
<i>S. squarrosum</i>	0,5	2,0	4,1–7,5
<i>S. subfulvum</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>S. subnitens</i>	0,2	1,9	3,4–7,5

Виды	$\Sigma u \text{ max,}$ г/дм <sup>3</sup>	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+},$ мг-экв/дм <sup>3</sup>	pH
<i>Sphagnum subsecundum</i>	0,3	2,7	4,9–7,5
<i>S. teres</i>	0,5	2,0	4,9–7,2
<i>S. warnstorffii</i>	0,3	2,7	4,9–7,6
<i>Fissidens adianthoides</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>F. osmundoides</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>Dichodontium pellucidum</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>Racomitrium aciculare</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>Schistidium apocarpum</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>S. rivulare</i>	0,1	1,2	5,7–7,5
<i>Pohlia drummondii</i>	0,2	1,9	3,4–7,5
<i>P. wahlenbergii</i>	0,2	1,9	4,1–7,5
<i>Bryum cyclophyllum</i>	0,2	1,9	4,9–5,6
<i>B. neodamense</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>B. pseudotriquetrum</i>	0,3	2,7	4,1–7,5
<i>B. schleicheri</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>B. weigeli</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>Cinclidium stygium</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>C. subrotundum</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>Plagiomnium ellipticum</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>Pseudobryum cinclidioides</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>Rhizomnium andrewsianum</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>R. pseudopunctatum</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>R. punctatum</i>	0,2	1,9	4,1–7,5
<i>Aulacomnium palustre</i>	0,2	1,9	4,1–7,5
<i>A. turgidum</i>	0,2	1,9	4,1–7,5
<i>Meesia triquetra</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>Paludella squarrosa</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>Philonotis fontana</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>P. tomentella</i>	0,2	1,9	4,1–7,5
<i>Dichelyma capillaceum</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>D. falcatum</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>Fontinalis antipyretica</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>F. hypnoides</i>	0,5	2,1	5,7–7,5
<i>Palustriella commutata</i>	0,2	1,9	4,1–7,5
<i>Cratoneuron filicinum</i>	0,2	1,9	7,2–8,2
<i>Calliergon cordifolium</i>	0,3	2,7	3,4–7,5
<i>C. giganteum</i>	0,3	2,7	4,9–7,5
<i>C. megalophyllum</i>	0,2	1,9	5,6–7,2
<i>C. richardsonii</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>C. stramineum</i>	0,2	0,2	4,1–7,5
<i>Calliergonella cuspidata</i>	0,3	2,7	4,1–7,5
<i>Campylium polygamum</i>	0,3	2,7	5,7–7,5

Виды	$\Sigma u \text{ max}$ , г/дм <sup>3</sup>	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , мг-экв/дм <sup>3</sup>	pH
<i>Campylium stellatum</i>	0,3	2,7	5,7–7,5
<i>Drepanocladus aduncus</i>	0,4	1,4	4,9–8,2
<i>D. capillifolius</i>	0,3	2,7	5,7–7,5
<i>D. sendtneri</i>	0,7	4,6	5,7–8,2
<i>Hamatocaulis lapponicus</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>H. vernicosus</i>	0,2	1,9	4,9–7,8
<i>Hygrohypnum alpestre</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>H. cochlearifolium</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>H. duriusculum</i>	0,2	1,9	4,9–7,5
<i>H. luridum</i>	0,2	1,9	4,1–7,8
<i>H. ochraceum</i>	0,2	1,9	3,4–7,5
<i>H. polare</i>	0,1	1,2	5,7–7,5
<i>Leptodictyum humile</i>	0,3	2,7	4,9–7,5
<i>L. riparium</i>	3,9	9,2	5,7–8,6
<i>Limprichtia cossonii</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>L. revolvens</i>	0,2	1,9	4,1–7,5
<i>Pseudocalliergon brevifolius</i>	0,2	1,9	6,6–7,8
<i>P. lycopodioides</i>	0,2	1,9	6,0–7,8
<i>P. trifarium</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>P. turgescens</i>	0,2	1,9	5,7–7,5
<i>Sanionia uncinata</i>	0,3	2,7	4,1–7,5
<i>Sarmentypnum sarmentosum</i>	0,2	1,9	3,4–7,5
<i>Scorpidium scorpioides</i>	0,3	2,7	5,7–7,5
<i>Warnstorfia exannulata</i>	0,2	1,9	4,1–7,5
<i>W. fluitans</i>	0,3	4,5	3,3–7,0
<i>W. pseudostraminea</i>	0,2	1,9	4,9–5,6
<i>W. trichophylla</i>	0,2	1,9	4,1–6,0
<i>W. tundrae</i>	0,1	1,2	4,9–7,5
<i>Brachythecium mildeanum</i>	0,3	2,7	5,7–7,5
<i>B. rivulare</i>	0,3	2,7	4,9–7,0
<i>Hypnum lindbergii</i>	0,3	2,7	4,1–7,5
<i>Equisetum fluviatile</i>	0,6	5,4	6,6–8,4
<i>Thelypteris palustris</i>	1,0	6,1	6,6–7,8
<i>Marsilea aegyptica</i>	1,0	6,1	8,2–8,4
<i>M. strigosa</i>	1,2	7,8	8,2–8,4
<i>Salvinia natans</i>	0,4	3,1	7,2–8,6
<i>Nuphar lutea</i>	0,9	9,5	7,2–8,0
<i>N. pumila</i>	0,9	11,7	7,2–7,6
<i>Nymphaea candida</i>	2,7	13,2	7,2–8,0
<i>N. tetragona</i>	0,9	11,8	7,2–7,6
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1,6	11,7	7,2–8,4
<i>C. oryzitorum</i>	2,2	18,0	8,4–8,8

Виды	$\Sigma u_{max}$ , г/дм <sup>3</sup>	$Ca^{2+} + Mg^{2+}$ , мг-экв/дм <sup>3</sup>	pH
<i>Ceratophyllum submersum</i>	5,1	23,2	7,6–9,2
<i>Batrachium circinatum</i>	1,6	9,2	7,6–8,4
<i>B. eradicatum</i>	0,6	5,8	7,8–8,0
<i>B. rionii</i>	1,7	11,2	7,0–7,6
<i>B. trichophyllum</i>	3,4	14,0	7,0–8,6
<i>Caltha palustris</i>	0,5	1,5	7,0–8,2
<i>C. natans</i>	0,2	1,9	7,0–8,2
<i>Ranunculus gmelini</i>	0,2	1,9	7,0–8,2
<i>R. lingua</i>	0,2	1,5	7,0–8,2
<i>R. natans</i>	0,2	1,9	7,0–8,2
<i>R. polyphyllus</i>	0,4	4,5	7,2–8,2
<i>R. radicans</i>	0,3	2,7	7,2–8,2
<i>R. sceleratus</i>	1,0	6,1	7,2–8,2
<i>Persicaria amphibia</i>	1,9	18,0	7,2–9,2
<i>P. lapathifolia</i>	1,1	6,2	7,0–8,6
<i>Elatine alsinastrum</i>	0,3	3,6	7,2–8,2
<i>E. hydropiper</i>	0,3	2,7	7,2–7,6
<i>Naumburgia thyrsoiflora</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>Rorippa amphibia</i>	0,7	5,4	7,2–8,2
<i>Drosera anglica</i>	0,2	1,9	5,6–7,0
<i>D. rotundifolia</i>	0,2	1,9	5,6–7,0
<i>Comarum palustre</i>	0,3	2,7	5,6–7,4
<i>Trapa natans</i>	0,3	2,5	7,0–8,2
<i>Myriophyllum sibiricum</i>	0,3	2,7	6,6–7,6
<i>M. spicatum</i>	4,1	17,5	7,2–9,2
<i>M. verticillatum</i>	2,7	15,0	6,6–7,6
<i>Cicuta virosa</i>	0,3	2,7	5,6–7,4
<i>Oenanthe aquatica</i>	1,0	5,4	7,6–8,4
<i>Sium latifolium</i>	1,1	18,7	7,0–8,2
<i>S. sisaroides</i>	1,3	7,1	7,2–8,4
<i>Menyanthes trifoliata</i>	1,1	6,4	6,6–7,6
<i>Nymphoides peltata</i>	0,8	5,8	7,2–8,4
<i>Limosella aquatica</i>	0,6	4,2	7,2–8,2
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	0,3	2,7	7,0–7,8
<i>Utricularia intermedia</i>	0,3	1,5	6,6–7,2
<i>U. minor</i>	0,3	1,2	6,6–8,2
<i>U. vulgaris</i>	4,0	24,2	6,6–9,2
<i>Hippuris vulgaris</i>	1,3	6,9	6,6–7,6
<i>Callitriche hermaphroditica</i>	0,8	5,8	7,6–8,3
<i>C. palustris</i>	0,3	2,5	7,2–7,6
<i>Butomus umbellatus</i>	1,0	5,8	6,6–8,2
<i>Elodea canadensis</i>	0,7	5,7	7,2–8,4

Виды	$\Sigma u \text{ max}$ , г/дм <sup>3</sup>	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , мг-экв/дм <sup>3</sup>	pH
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,4	3,1	7,2–8,6
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	1,3	11,7	7,2–8,2
<i>Stratiotes aloides</i>	2,7	13,2	6,6–8,2
<i>Alisma gramineum</i>	4,1	37,3	7,6–8,6
<i>A. lanceolatum</i>	1,2	6,7	7,6–8,6
<i>A. plantago-aquatica</i>	1,0	5,1	7,2–8,4
<i>Damasonium alisma</i>	3,2	24,4	7,6–9,2
<i>Sagittaria natans</i>	0,3	2,7	6,4–7,8
<i>S. sagittifolia</i>	0,9	6,5	7,2–8,4
<i>S. trifolia</i>	0,3	2,7	7,2–8,2
<i>Triglochin maritimum</i>	6,6	42,0	7,6–9,2
<i>T. palustre</i>	3,2	24,4	7,6–9,2
<i>Potamogeton alpinus</i>	0,3	2,7	6,4–7,6
<i>P. berchtoldii</i>	0,7	4,9	6,8–8,2
<i>P. compressus</i>	0,6	4,7	7,2–7,8
<i>P. crispus</i>	0,8	5,7	7,6–8,4
<i>P. filiformis</i>	1,2	6,0	7,2–8,2
<i>P. friesii</i>	3,9	13,2	7,6–9,2
<i>P. gramineus</i>	0,6	4,7	6,6–7,6
<i>P. lucens</i>	2,7	13,2	6,6–8,6
<i>P. natans</i>	1,1	6,4	6,6–7,6
<i>P. obtusifolius</i>	1,4	8,1	6,6–8,4
<i>P. pectinatus</i>	16,2	106,3	7,2–9,2
<i>P. perfoliatus</i>	5,1	37,3	6,6–9,2
<i>P. praelongus</i>	1,1	6,4	7,2–7,6
<i>P. pusillus</i>	0,9	5,7	6,6–8,4
<i>Ruppia drepanensis</i>	8,0–79,7	67,1–420,5	9,8–10,2
<i>R. maritima</i>	16,3–79,7	106,3–388,8	9,8–10,2
<i>Althenia filiformis</i>	22,5–79,7	113,0–420,5	9,8–10,2
<i>Zannichellia palustris</i>	5,7	42,3	7,2–8,6
<i>Z. pedunculata</i>	16,3	91,9	7,2–9,6
<i>Caulinia minor</i>	0,4	4,1	7,2–7,6
<i>C. tenuissima</i>	0,6	6,4	7,2–7,6
<i>Najas marina</i>	5,1	23,2	8,0–8,6
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	5,7	41,7	7,2–9,2
<i>Carex acuta</i>	1,0	6,1	6,6–8,6
<i>C. aquatilis</i>	0,3	2,7	6,2–7,2
<i>C. atherodes</i>	0,7	4,6	6,6–8,6
<i>C. diandra</i>	0,3	2,7	6,6–8,6
<i>C. dioica</i>	0,3	2,7	6,6–8,6
<i>C. disticha</i>	0,3	2,7	6,6–8,6
<i>C. lasiocarpa</i>	0,2	1,9	5,6–7,0



Виды	$\Sigma u \text{ max}$ , г/дм <sup>3</sup>	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , мг-экв/дм <sup>3</sup>	pH
<i>Carex limosa</i>	0,2	1,9	6,6–8,6
<i>C. omskiana</i>	1,0	6,1	6,6–8,6
<i>C. pseudocyperus</i>	0,6	4,1	6,6–7,6
<i>C. riparia</i>	0,9	5,6	6,4–8,2
<i>C. rhynchophysa</i>	0,9	5,6	5,6–7,6
<i>C. rostrata</i>	0,6	4,1	5,6–7,2
<i>C. vesicaria</i>	0,6	4,1	5,6–7,2
<i>Eleocharis acicularis</i>	0,5	5,7	7,2–8,4
<i>E. palustris</i>	4,1	37,3	7,2–8,3
<i>Eriophorum gracile</i>	0,2	1,9	5,6–7,0
<i>E. polystachyon</i>	0,2	1,9	5,6–7,0
<i>E. russeolum</i>	0,2	1,9	5,6–7,0
<i>E. scheuchzeri</i>	0,2	1,9	5,6–7,0
<i>E. vaginatum</i>	0,2	1,9	5,6–7,0
<i>Rhynchospora alba</i>	0,2	1,9	5,6–7,0
<i>Scirpus ehrenbergii</i>	0,6	5,5	7,2–8,0
<i>S. lacustris</i>	4,1	17,5	6,6–8,4
<i>S. sylvaticus</i>	0,7	1,8	6,6–7,2
<i>S. tabernaemontani</i>	3,9	18,0	7,6–9,2
<i>Agrostis stolonifera</i>	0,6	4,1	6,6–8,0
<i>Arctophila fulva</i>	0,3	2,7	6,6–7,2
<i>Glyceria fluitans</i>	0,4	3,2	7,2–8,2
<i>G. maxima</i>	0,5	3,8	7,2–8,2
<i>Phragmites australis</i>	16,3	106,3	6,6–9,2
<i>Scolochloa festucacea</i>	3,9	13,2	6,6–8,6
<i>Acorus calamus</i>	0,4	4,6	7,2–7,6
<i>Calla palustris</i>	0,1	0,3	6,6–7,2
<i>Lemna minor</i>	1,9	18,0	7,6–9,2
<i>L. trisulca</i>	5,1	23,2	6,6–8,6
<i>Spirodela polyrhiza</i>	1,0	11,7	7,2–8,4
<i>Sparganium angustifolium</i>	0,2	1,9	6,0–7,6
<i>S. emersum</i>	0,6	5,4	6,2–8,0
<i>S. erectum</i>	1,1	12,1	6,6–8,4
<i>S. hyperboreum</i>	0,2	1,9	5,6–7,0
<i>S. minimum</i>	0,3	1,5	6,6–7,2
<i>Typha angustifolia</i>	4,1	37,3	6,6–9,2
<i>T. latifolia</i>	2,7	13,2	6,6–8,2
<i>T. laxmannii</i>	3,9	15,8	7,2–9,2

Примечание.  $\Sigma u \text{ max}$  – верхний предел диапазона галотолерантности (для видов пресноводного комплекса) или общий диапазон галотолерантности (для видов соляноводного комплекса);  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  – верхний предел толерантности к общей жёсткости (для видов пресноводного комплекса) или общий диапазон

толерантности к общей жёсткости (для видов соляноводного комплекса); рН – диапазон толерантности к активной реакции воды.

На основании экологической толерантности и индикационных свойств видов, представленных в таблицах 12–15, в последующей главе 3 приводятся алгоритмы оценки показателей среды по альфа-, бета- и гамма-разнообразию гидромакрофитного растительного покрова водных объектов Западно-Сибирской равнины.

### Глава 3. МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОМАКРОФИТОВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Важной характеристикой состояния водной экосистемы является биологическое разнообразие. Согласно Р. Уиттекеру (Whittaker, 1972, 1977), понятие «биологические разнообразие экосистемы» включает 3 уровня: альфа-разнообразие таксономического уровня (число видов, родов, семейств из различных отделов), бета-разнообразие фитоценотического уровня (разнообразие растительных сообществ) и гамма-разнообразие биогеографического уровня (разнообразие гиперценологических единиц – фитохорий). Фитохорией низшего уровня может считаться растительный покров одного сектора акватории конкретного водного объекта, представленный микро- или мезокомбинацией фитоценозов. Одному сектору акватории обычно соответствует одна мезокомбинация растительных группировок. В малых водных объектах (с акваторией до 1 км<sup>2</sup>) нередко имеется небольшое число таких элементарных фитохорий (также иногда всего одна). В средних и крупных объектах (более 1 км<sup>2</sup>) таких фитохорий низшего ранга может быть много. Фитохориями более высокого уровня является растительный покров какого-либо крупного водного объекта – например, системы оз. Чаны (Новосибирская обл.), Ик-Салтаим-Тенинской озёрно-речной системы (Омская обл.) или же какого-либо региона (например, Западно-Сибирской равнины).

Таксономический состав каждой фитохории сформирован под комплексным воздействием абиотических и биотических (включая антропогенные) условий. Иерархический порядок фитохорий предполагает, что закономерности, выявленные на низших уровнях, отражают общие закономерности фитохорий более высокого ранга (Баринаева, Медведева, Анисимова, 2006).

Общее биологическое разнообразие определяется вкладом этих 3 уровней (Krassilov, 2003). В модели, предложенной В.А. Красиловым (Krassilov, 1996; Красилов, 1997), высокое разнообразие является следствием устойчивого развития экосистем в относительно стабильных условиях. Разнообразие служит показателем эффективности использования энергетических и других ресурсов экотопа, возрастающей в процессе экологической сукцессии. Эффективность тем больше, чем меньше численность, достаточная для устойчивого воспроизведения популяции. В связи с ростом эффективности происходит сокращение плотности популяции до определенного предела, который контролируется стабильностью условий. При частых

воздействиях разрушительного характера популяции требуется резервная численность, сокращение которой создает опасность внезапного вымирания. Сохранение резервной численности тормозит рост разнообразия, который останавливается на относительно низком уровне. Один из прогнозов этой модели заключается в том, что сокращение разнообразия в условиях стресса происходит путём задержки биологической сукцессии на ранних или промежуточных стадиях (Баринаова, Медведева, Анисимова, 2006).

Биологическое разнообразие определяется многими параметрами природной экосистемы, среди которых следует выделить экологическую ёмкость среды (способность обеспечить ресурсами определённое число видов), возраст системы (продолжительность существования и стадия сукцессии) и общие размеры. Антропогенное воздействие на экосистему, по замечанию С.С. Бариновой, Л.А. Медведевой, О.В. Анисимовой (2006), часто рассматривается как фактор сокращения биологического разнообразия, хотя известны противоположные примеры. Биологическое разнообразие сообществ организмов отражает изменение показателей среды, в свою очередь, преобразуя их. Взаимообусловленные показатели среды и сообщества организмов характеризуют состояние экосистемы, существующее в определённом диапазоне изменения этих показателей. При оценке состояния экосистемы наряду с интегральными показателями часто выделяют показатели её функциональных составляющих (продуцентов, консументов и редуцентов) и в каждом из них определяют наиболее чувствительные элементы, по которым можно оценивать состояние всей экосистемы. На популяционно-видовом и биогеоценотическом уровнях для характеристики состояния автотрофной составляющей части экосистемы, в том числе и гидромacroфитов, используются структурные и функциональные показатели. К структурным показателям, характеризующим состояние продуцентов-фотоавтотрофов, относятся: таксономический состав сообществ, ценотический состав и гиперценотическая организация растительности, количественное развитие и продуктивность видов, пространственно-временная изменчивость.

### **3.1. Изучение биологического разнообразия гидромacroфитов**

Исследование таксономического разнообразия различных групп гидромacroфитов выполняют в соответствии с общепринятыми методиками (Савич, Ладыженская, 1936; Голлербах, Полянский, 1951; Абрамова, Савич-Любичская, 1961; Савич-Любичская, Смирнова, 1968,

1970; Воронов, 1973; Корчагин, 1976; Шляков, 1976, 1979–1982; Голлербах, Сдобникова, 1980; Катанская, 1981; Голлербах, Красавина, 1983; Катанская, Распопов, 1983; Топачевский, Масюк, 1984; Рундина, 1998).

В пределах малых водных объектов (до 1 км<sup>2</sup>) часто применяют тотальное обследование таксономического, ценотического и гиперценотического состава гидромакрофитной растительности. В более крупных водных объектах применяют метод экологических профилей, если невозможно организовать тотальное обследование. В этом случае необходимо дифференцировать акваторию водного объекта на секторы, соответствующие различным сочетаниям типов литорали, и провести исследование на экологических профилях, проложенных в каждом секторе (Свириденко, 2000, 2001 а, б).

Совокупность видов гидромакрофитов водного объекта составляет его флору. Анализ гидромакрофитной флоры водного объекта как системы совместно обитающих и взаимодействующих популяций видов, согласно взглядам Б.А. Юрцева (1975, 1982), проводится на основе видового разнообразия, отражённого в списочном составе. Необходимо отметить условность применения термина «флора» для обозначения видового (таксономического) состава гидромакрофитов какого-либо водного объекта или группы объектов. Согласно А.И. Толмачёву (1974), представление о флоре имеет географическое, но не топографическое или формационное содержание. При таком подходе низшим уровнем применения этого понятия может служить флора ландшафта (Вынаев, 1987). Для обозначения флористических систем экотопологического, или внутриландшафтного уровня, к которым и принадлежат водные объекты любой территории, считается более точным использование термина «парциальная флора» (Юрцев, 1975, 1982, 1987; Юрцев, Сёмкин, 1980). Поэтому очевидно, что, например, под флорой водных объектов Западно-Сибирской равнины подразумевается лишь одна из парциальных флор этого региона. Флористические системы синтаксономического уровня (например, совокупности видов какого-то типа растительности, класса или формации) принято обозначать понятием «ценофлора» (Лавренко, 1965). Изучение ценофлор перспективно при высоком ранге синтаксонов, которым они принадлежат (формации, классы, типы растительности), особенно если эти синтаксоны имеют экологическую и экотопическую привязку (Юрцев, 1987; Юрцев, Камелин, 1987; Седельников, 1987; Намзалов, 1994).

В целом парциальная флора водных объектов Западно-Сибирской равнины гетерогенна в фитоценотическом отношении, так как сложена

видами из составов группировок, которые принадлежат двум типам растительности – континентальноводному и болотному. Общим для этих типов является определяющая роль гидросферы (гидротопической среды) в их формировании. Нередко рассматривают водно-болотные комплексы видов, водно-болотную флору и растительность как единый, целостный объект исследований. Существующий континуум между водным и болотным фитоценозами и в целом между этими типами растительности отражается в наличии довольно значительной общей группы видов. Однако расчёт мер включения выявляет умеренный уровень взаимного проникновения этих двух флористических выборок (до 36–40%). На основе уравнения Престона (Миркин, Розенберг, 1983; Малышев, 1987) установлено, что данные выборки не являются частями единого целого (величина  $z = 0,7$ , то есть превышает критическое значение  $z_0 = 0,27$ ) (Свириденко, 2000). В связи с этим информация о биологическом разнообразии собственно водных экосистем и болотных экосистем анализируется обычно отдельно.

Биоразнообразие гидромакрофитов, выраженное числом видов (альфа-разнообразие), используется для анализа во флористическом аспекте (Шмидт, 1974). Таксономическая структура – важный показатель флоры как географического комплекса видов (Толмачёв, 1974). В связи с невысоким биоразнообразием гидромакрофитов конкретных водных объектов или систем таких объектов какой-либо территории принято анализировать структуру гидромакрофитной флоры в целом. Результаты анализа используются для оценки качества среды водного объекта и для целей сравнительной флористики.

При флористических исследованиях необходимо проведение разносезонных сборов неоднократно на протяжении всего безледоставного периода, что обеспечивает более полное выявление биологического разнообразия и, соответственно, более точную оценку комплексного состояния водного объекта. Необходимо учитывать все таксономические группы гидромакрофитов (представителей разных отделов водорослей, мхов, сосудистых растений), не ограничивая исследования искусственно, например, только сосудистыми гидрофитами. Количество систематических отделов растений, имеющих макроскопических представителей в водных объектах Западно-Сибирской равнины обычно не превышает восьми. Распределение видового состава по крупным таксонам – отделам является существенной характеристикой, позволяющей выявить широтно-зональные различия водных объектов.

Результатом полевого сбора фактических данных о таксономическом составе гидромакрофитов водного объекта является

общий список видов, на основании которого составляются таблицы или строятся графические зависимости распределения числа видов по числу родов, семейств, отделов. При графическом выражении зависимостей используют различные типы диаграмм. Графические методы описания информативны и наглядно выражают существенные характеристики структуры флоры.

В сравнительной флористике принято выделять значимую часть флоры на уровне крупных таксонов (семейств, отделов), суммарный видовой состав которых включает более 50% видов всей анализируемой флоры. Статистическими методами эта существенная часть выделяется через среднеквадратичное отклонение – сигму ( $\sigma$ ) (Песенко, 1982; Зайцев, 1984). На оси ординат столбчатой диаграммы видового богатства откладывают значение сигмы. Таксоны, численные значения видового состава которых отсекаются горизонтальной линией на уровне сигмы, составляют значимую часть флористического списка.

В число значимых отделов в степной ботанико-географической зоне Западно-Сибирской равнины входит только отдел Magnoliophyta (сигма равна 21). Для всех остальных зон значимыми являются отделы Magnoliophyta и Bryophyta (в лесостепной зоне сигма равна 27, в лесной – 36, в лесотундровой – 28, в тундровой – 23) (рисунки 48, 49).

В то же время на уровне семейств в южных ботанико-географических зонах Западно-Сибирской равнины в число значимых входят некоторые семейства из отделов низших растений (Charophyta, Chlorophyta). В табл. 16 включено 19 семейств, в составе которых в регионе имеется 4 или более видов. Построенные по этой таблице диаграммы позволяют выделить значимые семейства в сложении гидромакрофитной парциальной флоры региона (рисунки 50, 51).

В степной зоне (рис. 50, С) в числе значимых семейств выделены *Characeae*, *Alismataceae*, *Potamogetonaceae*, *Cyperaceae* (сигма равна 4).

В лесостепной зоне (рис. 50, ЛС) к значимым семействам относятся *Characeae*, *Sphagnaceae*, *Amblystegiaceae*, *Alismataceae*, *Potamogetonaceae*, *Cyperaceae* (сигма равна 5).

В лесной зоне (рис. 51, Л) значимыми являются *Spirogyraceae*, *Sphagnaceae*, *Bryaceae*, *Amblystegiaceae*, *Ranunculaceae*, *Potamogetonaceae*, *Cyperaceae* (сигма равна 6).

В лесотундровой зоне (рис. 51, ЛТ) к значимым принадлежат *Sphagnaceae*, *Amblystegiaceae*, а также *Potamogetonaceae*, *Cyperaceae* (сигма равна 6).

В тундровой зоне (рис. 51, Т) в число значимых семейств входят только *Sphagnaceae*, *Amblystegiaceae* и *Cyperaceae* (сигма равна 6).

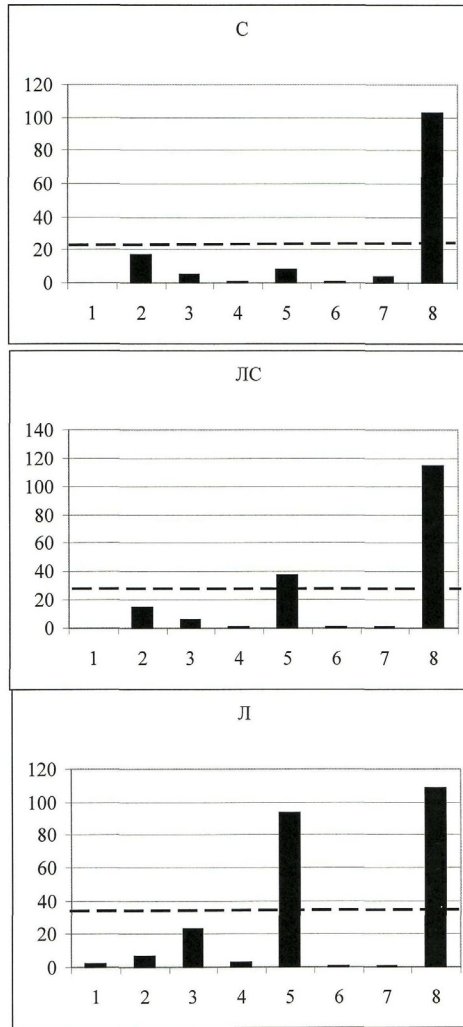


Рис. 48. Выделение значимой части флоры гидромакрофитов на уровне отделов для степной (С), лесостепной (ЛС) и лесной (Л) ботанико-географических зон Западно-Сибирской равнины. По оси абсцисс – отделы: 1 – Rhodophyta, 2 – Charophyta, 3 – Chlorophyta, 4 – Xanthophyta, 5 – Bryophyta, 6 – Equisetophyta, 7 – Polypodiophyta, 8 – Magnoliophyta. По оси ординат – число видов. Значение сигмы указано горизонтальной пунктирной линией



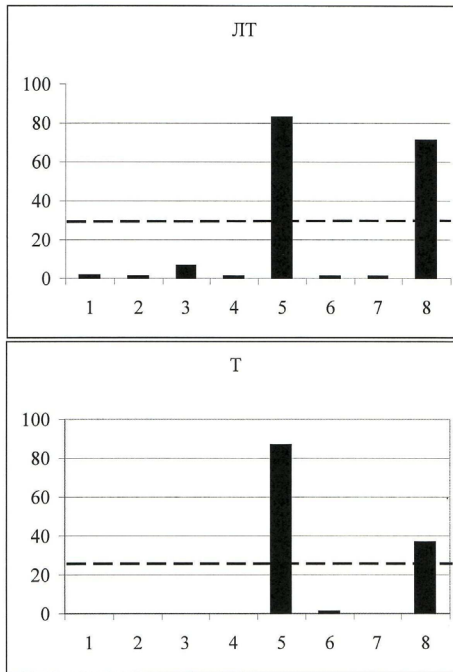


Рис. 49. Выделение значимой части флоры гидромакрофитов на уровне отделов для лесотундровой (ЛТ) и тундровой (Т) ботанико-географических зон Западно-Сибирской равнины. Обозначения как на рис. 48

Выявление значимых таксонов ранга семейств или отделов указывает на высокую вероятность включения представителей именно этих таксонов в число индикаторных видов при оценке состояния водных объектов соответствующих ботанико-географических зон. Однако остальные таксоны, не включённые в число значимых на уровне семейств и отделов, в локальных водных объектах могут иметь не меньшее применение в фитоиндикационных целях.

В ходе последующего экологического анализа списка гидромакрофитов (парциальной флоры) устанавливается связь видов с местообитаниями, выявляются индикаторные виды по отношению к различным факторам среды, подсчитывается число видов-индикаторов существенных параметров состояния водного объекта: активной реакции воды (рН), галобности, сапробности, трофности.

Таблица 16

Число видов в ведущих семействах флоры гидромакрофитов ботанико-географических зон Западно-Сибирской равнины (без потенциальных видов)

Семейство	Ботанико-географические зоны				
	С	ЛС	Л	ЛТ	Т
<i>Nitellaceae</i>	2	5	3	1	-
<i>Characeae</i>	14	12	4	-	-
<i>Spirogyraceae</i>	-	-	10	3	-
<i>Cladophoraceae</i>	4	4	4	1	-
<i>Scapaniaceae</i>	-	-	3	3	4
<i>Sphagnaceae</i>	3	14	25	25	25
<i>Bryaceae</i>	-	-	7	6	4
<i>Mniaceae</i>	-	2	5	4	6
<i>Fontinaliaceae</i>	-	1	4	3	1
<i>Amblystegiaceae</i>	4	6	27	25	31
<i>Nymphaeaceae</i>	2	4	4	2	2
<i>Ranunculaceae</i>	9	9	10	6	3
<i>Apiaceae</i>	4	4	3	3	1
<i>Hydrocharitaceae</i>	4	4	4	-	-
<i>Alismataceae</i>	7	6	4	2	2
<i>Potamogetonaceae</i>	13	13	13	11	4
<i>Cyperaceae</i>	20	25	26	17	17
<i>Poaceae</i>	3	3	6	4	2
<i>Sparganiaceae</i>	3	3	3	3	3
Всего	92	115	165	119	105

Примечание. Ботанико-географические зоны: С – степная, ЛС – лесостепная, Л – лесная, ЛТ – лесотундровая, Т – тундровая

Для объективной оценки экологического состояния водного объекта представляют процентное соотношение групп индикаторных организмов по этим параметрам среды. Соотношение числа видов внутри каждой категории индикаторных организмов является характерным для определённого типа водного объекта, для его гидробиологического статуса.

Индикаторные системы объединяют виды, толерантные к широкому диапазону изменений показателя природной среды. Поэтому в ходе анализа выделяют экологические группы по отношению к факторам среды и выстраивают эти группы в порядке возрастания их толерантности к соответствующему фактору. Это позволяет построить линии трендов, которые выражают распределение индикаторных видов водного объекта или парциальной флоры региона в целом. Таким образом, для каждой системы индикаторов строят гистограммы

распределения числа видов. Экологические группы на графиках организуют по вектору возрастания конкретного фактора среды.

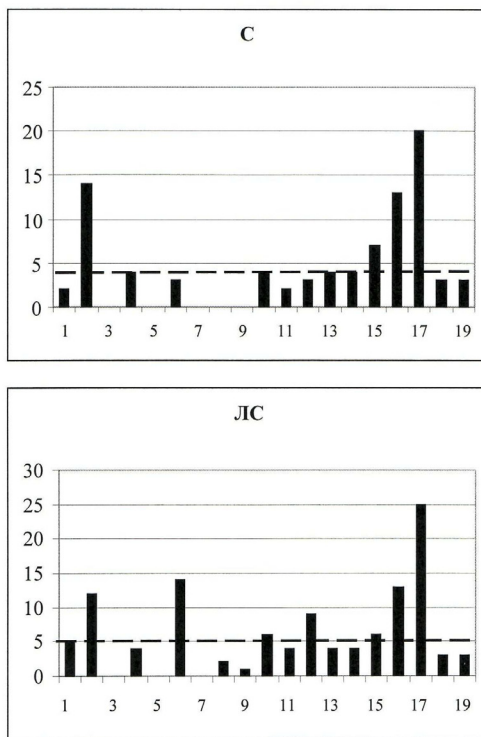


Рис. 50. Выделение значимых семейств флоры гидромакрофитов для степной (С) и лесостепной (ЛС) ботанико-географических зон Западно-Сибирской равнины. По оси абсцисс – семейства: 1 – *Nitellaceae*, 2 – *Characeae*, 3 – *Spirogyraceae*, 4 – *Cladophoraceae*, 5 – *Scapaniaceae*, 6 – *Sphagnaceae*, 7 – *Bryaceae*, 8 – *Mniaceae*, 9 – *Fontinaliaceae*, 10 – *Amblystegiaceae*, 11 – *Nymphaeaceae*, 12 – *Ranunculaceae*, 13 – *Apiaceae*, 14 – *Hydrocharitaceae*, 15 – *Alismataceae*, 16 – *Potamogetonaceae*, 17 – *Cyperaceae*, 18 – *Poaceae*, 19 – *Sparganiaceae*. По оси ординат – число видов. Значение сигмы указано горизонтальной пунктирной линией

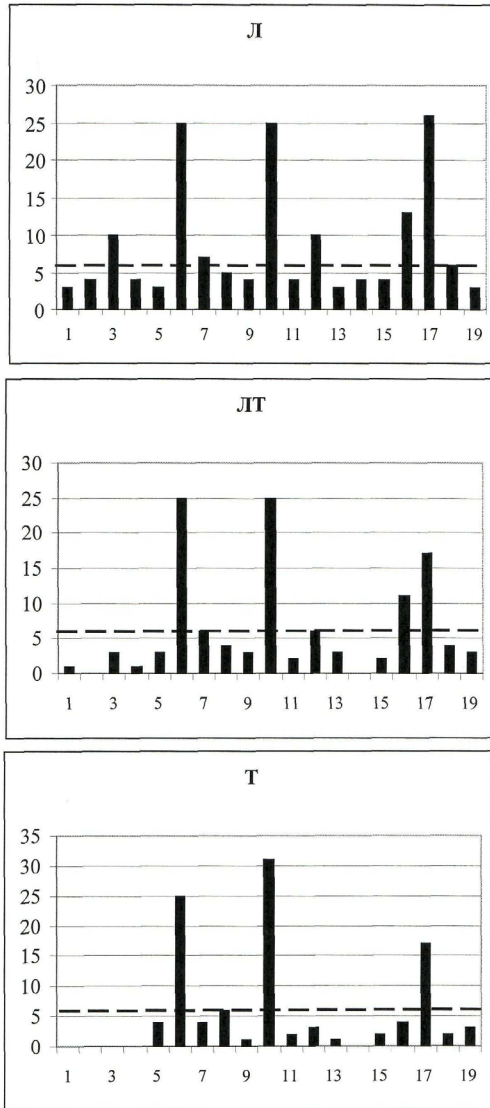


Рис. 51. Выделение значимых семейств парциальной флоры гидромакрофитов для лесной (Л), лесотундровой (ЛТ) и тундровой (Т) ботанико-географических зон Западно-Сибирской равнины. Обозначения как на рис. 50

На основе распределения видов по вектору роста рассматриваемого фактора строят также линейные графики с применением статистических функций Microsoft EXCEL. Такие линейные графики выражают тренды (тенденции) изменения биологического разнообразия по векторам экологических факторов (Баринаова, Медведева, Анисимова, 2006).

### 3.2. Оценка трофности водной среды

Алгоритм оценки трофности водных объектов представляется возможным рассмотреть на примере материалов, полученных при изучении гидромакрофитов озёр части Барабинской равнины в Новосибирской обл. (степная зона) и водных объектов долины р. Глубокий Сабун в восточной части Сибирских увалов, пересекающих Западно-Сибирскую равнину с запада на восток (лесная зона).

В 2000 и 2003 гг. исследована система оз. Чаны и группа озёр, расположенных южнее оз. Малые Чаны. Всего зарегистрировано 46 видов гидромакрофитов (Свириденко, Свириденко, 2004 б; Свириденко, Юрлов, 2005). Озёра Барабинской равнины отличаются обширными акваториями, прогревом в летнее время, разнообразием по величине минерализации воды, типам донных грунтов, глубинам. По данным об индивидуальных валентностях ( $v_i$ ) видов гидромакрофитов и их индикаторном весе ( $J_i$ ), приведённым в табл. 12, рассчитаны средневзвешенные валентности ( $V_i$ ) по группам трофности для изученных озёр Барабинской равнины на основе полученного флористического списка (табл. 17) по формуле:

$$V_i = \Sigma(v_i J_i) / \Sigma(J_i)$$

Таблица 17

Оценка трофности водной среды озёр Барабинской равнины по средневзвешенной валентности ( $V_i$ ) на основе индивидуальных валентностей ( $v_i$ ) по группам трофности и индикаторного веса ( $J_i$ ) видов гидромакрофитов

Индикаторные виды	Индивидуальные валентности ( $v_i$ ) по группам трофности			$J_i$
	О	М	Е	
<i>Vaucheria dichotoma</i>	1	6	3	3
<i>Cladophora glomerata</i>	-	5	5	3
<i>C. fracta</i>	1	7	2	3
<i>C. rivularis</i>	1	9	-	4
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	-	7	3	3
<i>Chara altaica</i>	-	7	3	3
<i>C. aspera</i>	6	4	-	3

<i>C. canescens</i>	-	7	3	3
<i>C. fragilis</i>	-	8	2	4
<i>C. tomentosa</i>	6	4	-	3
<i>C. vulgaris</i>	-	9	1	4
<i>Ricciocarpos natans</i>	-	8	2	4
<i>Ceratophyllum submersum</i>	-	3	7	3
<i>Batrachium trichophyllum</i>	-	1	9	4
<i>Persicaria amphibia</i>	-	8	2	4
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	3	7	-	3
<i>Sium latifolium</i>	-	9	1	4
<i>Utricularia vulgaris</i>	1	6	3	3
<i>Hippuris vulgaris</i>	1	9	-	4
<i>Butomus umbellatus</i>	-	8	2	4
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	-	10	-	5
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	1	9	-	4
<i>Triglochin maritimum</i>	-	1	9	4
<i>Potamogeton pectinatus</i>	2	5	3	3
<i>P. perfoliatus</i>	-	8	2	4
<i>P. pusillus</i>	-	1	9	4
<i>Ruppia maritima</i>	-	1	9	4
<i>Najas marina</i>	-	7	3	3
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	-	5	5	3
<i>Carex acuta</i>	2	8	-	4
<i>C. riparia</i>	1	9	-	4
<i>C. rhynchophysa</i>	4	6	-	3
<i>Eleocharis palustris</i>	1	7	2	3
<i>Scirpus lacustris</i>	-	9	1	4
<i>S. tabernaemontani</i>	-	7	3	3
<i>Agrostis stolonifera</i>	1	9	-	4
<i>Phragmites australis</i>	2	5	3	3
<i>Scolochloa festucacea</i>	2	8	-	4
<i>Lemna minor</i>	-	1	9	4
<i>L. trisulca</i>	-	1	9	4
<i>Sparganium erectum</i>	-	9	1	4
<i>Typha angustifolia</i>	1	6	3	3
<i>T. latifolia</i>	3	7	-	3
<i>T. laxmannii</i>	-	1	9	4
$\Sigma(v_i J_i)$	129	980	461	$\Sigma J_i = 157$
$V_i$	0,8	6,2	3,0	

Примечание. Группы трофности: О – олиготрофная, М – мезотрофная, Е – евтрофная.

Изучение водоёмов долины р. Глубокий Сабун выполнено в 2006–2007 гг. Всего выявлен 51 вид гидромакрофитов (Свириденко,

Свириденко, 2007, 2008 а, 2009 а, б). Условия обитания гидромакрофитов в водоёмах природного парка «Сибирские Увалы» отличаются коротким вегетационным периодом, невысокими летними температурами воды, малой обеспеченностью биогенными элементами, промерзанием озёрной литорали до дна на значительных участках акваторий, довольно быстрым течением в реках, выраженным аллювиальным процессом.

На основании значений индивидуальных валентностей индикаторных видов по группам трофности, представленным в табл. 12, подсчитаны средневзвешенные валентности для изученных водных объектов природного парка «Сибирские Увалы» (табл. 18).

По значениям средневзвешенных валентностей, представленных в таблицах 17, 18, для двух изучаемых групп водных объектов построены линии трендов трофности (рис. 52). Эти материалы позволяют оценивать водные объекты степного участка Западно-Сибирской равнины (озёра Барабинской равнины) как евтрофно-мезотрофные, так как по средневзвешенным валентностям эти группы явно преобладают над олиготрофной группой. Водные объекты лесного участка Западно-Сибирской равнины (водоёмы долины р. Глубокий Сабун в природном парке «Сибирские Увалы»), в отличие от предыдущих, по преобладающим средневзвешенным валентностям определённо относятся к мезотрофно-олиготрофным.

Таблица 18

Оценка трофности воды водных объектов долины р. Глубокий Сабун по средневзвешенной валентности ( $V_t$ ) на основе индивидуальных валентностей ( $v_i$ ) по группам трофности и индикаторного веса ( $J_i$ ) видов гидромакрофитов

Индикаторные виды	Индивидуальные валентности ( $v_i$ ) по группам трофности			$J_i$
	О	М	Е	
<i>Vaucheria dichotoma</i>	1	6	3	3
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i>	1	9	-	4
<i>Nitella flexilis</i>	5	5	-	3
<i>Chiloscyphus pallescens</i>	1	9	-	4
<i>Sphagnum platyphyllum</i>	8	2	-	4
<i>S. riparium</i>	8	2	-	4
<i>S. squarrosom</i>	5	5	-	3
<i>Fontinalis antipyretica</i>	9	1	-	4
<i>F. hypnoides</i>	9	1	-	4
<i>Calliergon giganteum</i>	7	3	-	3
<i>Warnstorfia fluitans</i>	6	4	-	3
<i>Drepanocladus aduncus</i>	1	7	2	3

<i>Leptodictyum riparium</i>	1	7	2	3
<i>Hygrohypnum ochraceum</i>	9	1	-	4
<i>Equisetum fluviatile</i>	1	9	-	4
<i>Nuphar pumila</i>	8	2	-	4
<i>Nymphaea tetragona</i>	8	2	-	4
<i>Ceratophyllum demersum</i>	-	9	1	4
<i>Ranunculus gmelinii</i>	4	6	-	3
<i>Comarum palustre</i>	6	4	-	3
<i>Myriophyllum sibiricum</i>	3	7	-	3
<i>Cicuta virosa</i>	6	4	-	3
<i>Menyanthes trifoliata</i>	9	1	-	4
<i>Callitriche palustris</i>	1	9	-	4
<i>Utricularia intermedia</i>	9	1	-	4
<i>U. vulgaris</i>	1	6	3	3
<i>Hippuris vulgaris</i>	1	9	-	4
<i>Sagittaria natans</i>	7	3	-	3
<i>Potamogeton alpinus</i>	7	3	-	3
<i>P. berchtoldii</i>	1	8	1	4
<i>P. compressus</i>	1	8	1	4
<i>P. gramineus</i>	4	6	-	3
<i>P. natans</i>	6	4	-	3
<i>P. obtusifolius</i>	7	3	-	3
<i>P. perfoliatus</i>	-	8	2	4
<i>P. pusillus</i>	-	1	9	4
<i>Carex acuta</i>	2	8	-	4
<i>C. aquatilis</i>	8	2	-	4
<i>C. lasiocarpa</i>	8	2	-	4
<i>C. limosa</i>	9	1	-	4
<i>C. rhynchophysa</i>	4	6	-	3
<i>C. rostrata</i>	4	6	-	3
<i>C. vesicaria</i>	4	6	-	3
<i>Calla palustris</i>	8	2	-	4
<i>Lemna minor</i>	-	1	9	4
<i>Sparganium angustifolium</i>	8	2	-	4
<i>S. emersum</i>	1	9	-	4
<i>S. minimum</i>	6	4	-	3
$\Sigma(v_i J_i)$	801	791	122	$\Sigma J_i = 171$
$V_i$	4,7	4,6	0,7	

Примечание. Группы трофности: О – олиготрофная, М – мезотрофная, Е – евтрофная.



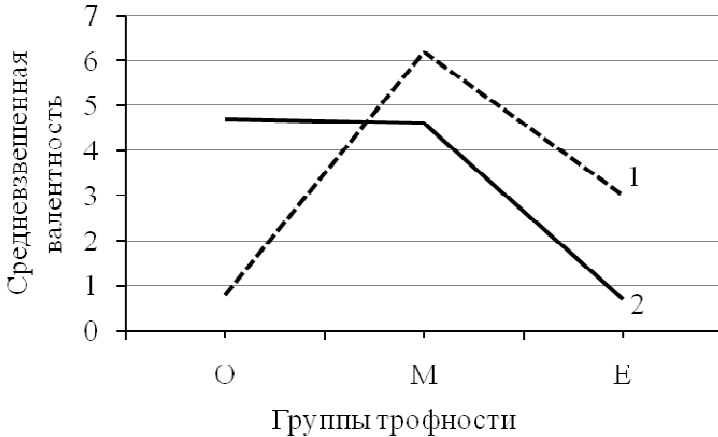


Рис. 52. Линии трендов распределения средневзвешенных валентностей индикаторных видов гидромакрофитов по группам трофности: 1 – для озёр участка Барабинской равнины, 2 – для водоёмов долины р. Глубокий Сабун. Группы трофности: О – олиготрофная, М – мезотрофная, Е – евтрофная

### 3.3. Оценка сапробности водной среды

В основу общей оценки уровня сапробности водных объектов с применением сведений о видовом составе гидромакрофитов предлагается применить методику, которую разработали М. Зелинка и П. Марван (Zelinka, Marvan, 1961, 1966), использовавшие в качестве индикаторных видов представителей других таксономических групп гидробионтов. По методике М. Зелинки и П. Марвана основной искомым показатель – средневзвешенная сапробная валентность ( $V_s$ ) сообщества видов гидробионтов (и, соответственно, сапробность среды обитания этих организмов). Этот показатель рассчитывается по формуле, которая включает индивидуальную валентность ( $v_s$ ) по группам сапробности, индикаторный вес ( $J_s$ ) и относительную численность видов ( $h$ ):

$$V_s = \Sigma(v_s J_s h) / \Sigma(J_s h)$$

Для выражения численности организмов, кроме подсчёта абсолютного числа особей считается возможным применение относительных показателей: балльной оценки или процентного отношения. В гидробиотических работах принято выражать относительное количественное развитие видов в фитоценозах через

проективное покрытие (ПП). Результат оценки проективного покрытия представляют в процентах или в условных баллах. В геоботанике применяют различные шкалы проективного покрытия – с асимметричной и симметричной градацией (Миркин, Розенберг, 1983). Однако все шкалы отличает одна особенность – в них отражены не абсолютные значения, а диапазоны значений измеряемого показателя, что не позволяет использовать напрямую эти шкалы в расчётах на основе приведённой выше формулы М. Зелинки и П. Марвана. В данном случае возможно перейти от процентного выражения проективного покрытия к балльному (табл. 19).

Таблица 19

Балльная оценка проективного покрытия (ПП) видов на основе шкал И.Р. Сернандера, Л.Г. Раменского, Т.А. Работнова

Проективное покрытие по шкалам	Баллы						
	1	2	3	4	5		
ПП (%) по Сернандеру	<5		5–10	10–20	20–50		>50
ПП (%) по Раменскому	<2,5	2,5–5	5–10	10–15	15–25	25–50	>50
ПП (%) по Работнову	<1	1–5	5–10	10–20	20–50		>50

Примечание. Градации шкал в процентах приведены по: Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг (1983).

Следует обратить внимание на тот факт, что при включении любого показателя количественного развития видов в формулу для расчёта средневзвешенной сапробной валентности ( $V_s$ ) всегда более высокое индикаторное значение получают доминанты, поскольку они имеют проективное покрытие, выраженное десятками процентов (или 2–5 баллами по табл. 19). Таким образом, при учёте относительной численности видов оценка сапробности по данной методике строится в основном на доминирующих видах. Редкие и малочисленные виды сообщества при таком подходе слабо влияют на значение средневзвешенной сапробной валентности ( $V_s$ ). Поэтому в некоторых случаях, чтобы уравнивать индикаторное значение всех видов сообщества (или водного объекта) возможно проводить расчёты средневзвешенной сапробной валентности ( $V_s$ ) только на основе показателей индивидуальных валентностей ( $v_s$ ) и индикаторного веса ( $J_s$ ):

$$V_s = \Sigma(v_s J_s) / \Sigma(J_s)$$

Приводим пример оценки сапробности на основе данных об индивидуальных валентностях видов и их индикаторном весе,

представленных в табл. 13, по альфа-разнообразию гидромакрофитов водных объектов долины р. Глубокий Сабун (Ханты-Мансийский автономный округ) (табл. 20) и двух крупных озёр Ик-Салтаим-Тенисской озёрно-речной системы (Омская обл.) (таблицы 21, 22).

Таблица 20

Оценка сапробности воды водных объектов долины р. Глубокий Сабун по средневзвешенной валентности ( $V_s$ ) на основе индивидуальных валентностей ( $v_s$ ) по группам сапробности и индикаторного веса ( $J_s$ ) видов гидромакрофитов

Индикаторные виды	Индивидуальные валентности ( $v_s$ ) по группам сапробности					$J_s$
	$x$	$o$	$\beta$	$\alpha$	$p$	
<i>Vaucheria dichotoma</i>	-	-	8	2	-	4
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i>	-	6	4	-	-	3
<i>Nitella flexilis</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Chiloscyphus pallescens</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Sphagnum platyphyllum</i>	-	10	-	-	-	5
<i>S. riparium</i>	-	7	3	-	-	3
<i>S. squarrosum</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Fontinalis antipyretica</i>	1	8	1	-	-	4
<i>F. hypnoides</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Calliergon giganteum</i>	-	6	4	-	-	3
<i>Warnstorfia fluitans</i>	-	10	-	-	-	5
<i>Drepanocladus aduncus</i>	-	2	6	2	-	2
<i>Leptodictyum riparium</i>	-	1	7	2	-	3
<i>Hygrohypnum ochraceum</i>	3	7	-	-	-	3
<i>Equisetum fluviatile</i>	1	6	3	-	-	3
<i>Nuphar pumila</i>	-	9	1	-	-	4
<i>Nymphaea tetragona</i>	-	9	1	-	-	4
<i>Ceratophyllum demersum</i>	-	1	7	2	-	3
<i>Ranunculus gmelinii</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Comarum palustre</i>	-	6	4	-	-	3
<i>Myriophyllum sibiricum</i>	-	6	4	-	-	3
<i>Cicuta virosa</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Menyanthes trifoliata</i>	-	8	2	-	-	4
<i>Callitriche palustris</i>	-	-	9	1	-	4
<i>Utricularia intermedia</i>	-	7	3	-	-	3
<i>U. vulgaris</i>	-	1	7	2	-	3
<i>Hippuris vulgaris</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Sagittaria natans</i>	-	8	2	-	-	4
<i>Potamogeton alpinus</i>	-	8	2	-	-	4
<i>P. berchtoldii</i>	-	1	9	-	-	4

<i>P. compressus</i>	-	-	10	-	-	5
<i>P. gramineus</i>	-	3	7	-	-	3
<i>P. natans</i>	-	3	7	-	-	3
<i>P. obtusifolius</i>	-	6	4	-	-	3
<i>P. perfoliatus</i>	-	1	7	1	1	2
<i>P. pusillus</i>	-	1	4	5	-	3
<i>Carex acuta</i>	-	1	9	-	-	4
<i>C. aquatilis</i>	-	6	4	-	-	3
<i>C. lasiocarpa</i>	-	6	4	-	-	3
<i>C. limosa</i>	-	9	1	-	-	4
<i>C. rhynchophysa</i>	-	4	6	-	-	3
<i>C. rostrata</i>	-	4	6	-	-	3
<i>C. vesicaria</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Calla palustris</i>	-	9	1	-	-	4
<i>Lemna minor</i>	-	1	6	3	-	3
$\Sigma(v_s J_s)$	16	812	650	60	2	$\Sigma J_s = 154$
$V_s$	0,1	5,3	4,2	0,4	0,0	

Примечание. Группы сапробности: *x* – ксеносапробная, *o* – олигосапробная,  $\beta$  – бета-мезосапробная,  $\alpha$  – альфа-мезосапробная, *p* – полисапробная.

Таблица 21

Оценка сапробности воды оз. Ик по средневзвешенной валентности ( $V_s$ ) на основе индивидуальных валентностей ( $v_s$ ) по группам сапробности и индикаторного веса ( $J_s$ ) видов гидромакрофитов

Индикаторные виды	Индивидуальные валентности ( $v_s$ ) по группам сапробности					$J_s$
	<i>x</i>	<i>o</i>	$\beta$	$\alpha$	<i>p</i>	
<i>Cladophora glomerata</i>	-	-	10	-	-	5
<i>Ceratophyllum submersum</i>	-	-	6	4	-	3
<i>Persicaria amphibia</i>	-	1	7	2	-	3
<i>Rorippa amphibia</i>	-	-	10	-	-	5
<i>Sium latifolium</i>	-	-	10	-	-	5
<i>Oenanthe aquatica</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Utricularia vulgaris</i>	-	1	7	2	-	3
<i>Butomus umbellatus</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	-	1	8	1	-	4
<i>Alisma gramineum</i>	-	-	10	-	-	5
<i>A. plantago-aquatica</i>	-	-	9	1	-	4
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	-	1	8	1	-	4
<i>Triglochin maritimum</i>	-	-	9	1	-	4
<i>Potamogeton pectinatus</i>	-	2	5	2	1	2
<i>P. perfoliatus</i>	-	1	7	1	1	2
<i>P. pusillus</i>	-	1	4	5	-	3
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	-	1	9	-	-	4

<i>Carex acuta</i>	-	1	9	-	-	4
<i>C. atherodes</i>	-	2	8	-	-	4
<i>C. riparia</i>	-	-	10	-	-	5
<i>C. rhynchophysa</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Eleocharis palustris</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Scirpus lacustris</i>	-	-	10	-	-	5
<i>S. tabernaemontani</i>	-	-	8	2	-	4
<i>Agrostis stolonifera</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Phragmites australis</i>	1	2	4	2	1	1
<i>Scolochloa festucacea</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Lemna minor</i>	-	1	6	3	-	3
<i>L. trisulca</i>	-	1	7	2	-	3
<i>Sparganium erectum</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Typha angustifolia</i>	-	1	9	-	-	4
<i>T. latifolia</i>	-	6	4	-	-	3
<i>T. laxmannii</i>	-	1	8	1	-	4
$\Sigma(v_s J_s)$	1	117	1007	90	5	$\Sigma J_s = 122$
$V_s$	0,0	1,0	8,3	0,7	0,0	

Примечание. Группы сапробности: *x* – ксеносапробная, *o* – олигосапробная,  $\beta$  – бета-мезосапробная,  $\alpha$  – альфа-мезосапробная, *p* – полисапробная.

Таблица 22

Оценка сапробности воды оз. Салтаим по средневзвешенной валентности ( $V_s$ ) на основе индивидуальных валентностей ( $v_s$ ) по группам сапробности и индикаторного веса ( $J_s$ ) видов гидромакрофитов

Индикаторные виды	Индивидуальные валентности ( $v_s$ ) по группам сапробности					$J_s$
	<i>x</i>	<i>o</i>	$\beta$	$\alpha$	<i>p</i>	
<i>Cladophora glomerata</i>	-	-	10	-	-	5
<i>Thelypteris palustris</i>	-	7	3	-	-	3
<i>Ceratophyllum submersum</i>	-	-	6	4	-	3
<i>Comarum palustre</i>	-	6	4	-	-	3
<i>Sium latifolium</i>	-	-	10	-	-	5
<i>Oenanthe aquatica</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Utricularia vulgaris</i>	-	1	7	2	-	3
<i>Butomus umbellatus</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	-	1	8	1	-	4
<i>Stratiotes aloides</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	-	-	9	1	-	4
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	-	1	8	1	-	4
<i>Potamogeton pectinatus</i>	-	2	5	2	1	2
<i>P. perfoliatus</i>	-	1	7	1	1	2
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	-	1	9	-	-	4

<i>C. acuta</i>	-	1	9	-	-	4
<i>C. atherodes</i>	-	2	8	-	-	4
<i>C. pseudocyperus</i>	-	1	9	-	-	4
<i>C. riparia</i>	-	-	10	-	-	5
<i>C. rhynchophysa</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Eleocharis palustris</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Scirpus lacustris</i>	-	-	10	-	-	5
<i>Agrostis stolonifera</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Phragmites australis</i>	1	2	4	2	1	1
<i>Scolochloa festucacea</i>	-	4	6	-	-	3
<i>Lemna minor</i>	-	1	6	3	-	3
<i>L. trisulca</i>	-	1	7	2	-	3
<i>Sparganium emersum</i>	-	5	5	-	-	3
<i>S. erectum</i>	-	1	9	-	-	4
<i>Typha angustifolia</i>	-	1	9	-	-	4
<i>T. latifolia</i>	-	6	4	-	-	3
$\Sigma(v_s J_s)$	1	169	882	55	5	$\Sigma J_s = 111$
$V_s$	0,0	1,5	8,0	0,5	0,0	

Примечание. Группы сапробности: *x* – ксеносапробная, *o* – олигосапробная, *β* – бета-мезосапробная, *α* – альфа-мезосапробная, *p* – полисапробная.

Распределение значений средневзвешенных сапробных валентностей ( $V_s$ ) по группам сапробности для этих водных объектов представлено в виде линейных трендов (рис. 53).

Согласно этим данным бета-мезо-олигосапробные водные объекты долины р. Глубокий Сабун существенно отличаются более низкой сапробностью от бета-мезосапробных озёр Ик и Салтаим.

Река Глубокий Сабун берёт начало в незаселённой местности и протекает по природному парку «Сибирские Увалы», не затронутому нефтегазодобычей или промышленной вырубкой лесов. Напротив, озёра Ик и Салтаим расположенные в аграрной лесостепной зоне, имеют в значительной степени распаханные водосборные бассейны.

При сравнении по сапробности озёр Ик и Салтаим, связанных протокой, можно отметить значительное сходство их по этому показателю. Однако данная методика позволяет установить также слабые различия средневзвешенных валентностей для олигосапробной и альфа-мезосапробной групп в этих озёрах (таблицы 21, 22; рис. 53). Фитоиндикационная методика отражает, в частности для оз. Салтаим более высокую средневзвешенную валентность в олигосапробной группе и менее высокую – в альфа-мезосапробной группе в сравнении с оз. Ик.

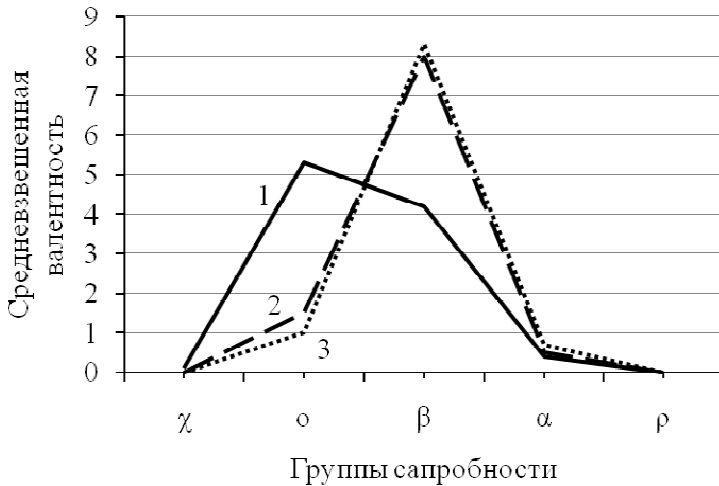


Рис. 53. Линии трендов распределения средневзвешенных валентностей индикаторных видов гидромакрофитов по группам сапробности: 1 – для водных объектов долины р. Глубокий Сабун; 2 – для оз. Ик; 3 – для оз. Салтаим. Группы сапробности:  $\chi$  – ксеносапробная,  $о$  – олигосапробная,  $\beta$  – бета-мезосапробная,  $\alpha$  – альфа-мезосапробная,  $\rho$  – полисапробная

Более высокая сапробность воды в оз. Ик связана с расположением на его берегах трёх населённых пунктов с общей численностью жителей до 10 тысяч. Напротив, у оз. Салтаим малые населённые пункты расположены в отдалении от берегов, вся периферическая часть озера заболочена. Сток воды из оз. Ик после частичного её самоочищения происходит по протоке Китерма в оз. Салтаим, что выражается в снижении показателя сапробности.

### 3.4. Оценка аллювиальности гидроэкотопов

Фактор аллювиальности отчётливо выражен в речных экосистемах всей Западно-Сибирской равнины, а также на участках акваторий крупных озёр и водохранилищ, расположенных преимущественно в её южной части. Согласно работе А.А. Земцова (1976), реки Западно-Сибирской равнины во всех зонах характеризуются настолько исключительной активностью боковой эрозии и аккумуляции

наносов, что эти процессы определяют современный облик речных долин.

Мощные аллювиальные отложения в пределах акваторий водных объектов представляют собой лимитирующий фактор, ограничивающий возможность существования многих видов гидробионтов, в том числе и различных гидромакрофитов.

Типичные аллювиобионты среди гидромакрофитов разных таксономических групп малочисленны или же полностью отсутствуют. Растения, выдерживающие только слабый уровень аллювиальности, относятся к аллювиафобам (Раменский с соавт., 1956). Немногие аллювиафилы, способные заселять в течение вегетационного сезона постоянно переотлагаемые, умеренные по мощности наносы, могут использоваться для целей индикации режима средне-, сильно- и резкоаллювиальных условий. Экотопы с высоким уровнем действия фактора аллювиальности (катастрофически аллювиальные по Л.Г. Раменскому с соавт., 1956), где мощность ежегодных аллювиальных отложений составляет 10–15 см и более (10 ступень), совершенно не пригодны для формирования гидромакрофитных сообществ.

Поскольку виды-аллювиафилы растут также и при отсутствии фактора аллювиальности, то на уровне альфа-разнообразия (разнообразия видов) использовать их индикаторные свойства неэффективно. Индикаторное значение гидромакрофитов-аллювиафилов проявляется только в том случае, если они получают преимущество перед аллювиафобами в условиях действия фактора аллювиальности и начинают доминировать в ценозах, формируют специфические сообщества, характерные для акваторий с повышенной аллювиальностью. Таким образом, индикаторные свойства аллювиафилов проявляются на уровне бета-разнообразия (разнообразия фитоценозов).

Алгоритм оценки аллювиальности местообитаний рассмотрим на примере трёх 5-километровых модельных участков рек Западно-Сибирской равнины – р. Таз (между устьями р. Мангазея и р. Хуттыяха) в Ямало-Ненецком автономном округе, р. Обь в окрестностях г. Нефтеюганска Ханты-Мансийского автономного округа и протоки р. Иртыш южнее г. Омска. Растительность этих участков рек была изучена в 2009–2010 гг. На основе информации об индивидуальной валентности ( $v_a$ ) и индикаторном весе ( $J_a$ ) видов-доминантов этих участков (табл. 14) составлены таблицы 23–25, которые необходимы для определения уровня аллювиальности местообитаний по рассчитанной средневзвешенной валентности ( $V_a$ ):

$$V_a = \Sigma(v_a J_a) / \Sigma(J_a)$$



Таблица 23

Оценка аллювиальности местообитаний участка р. Таз по средневзвешенной валентности ( $V_a$ ) на основе индивидуальных валентностей ( $v_a$ ) и индикаторного веса ( $J_a$ ) видов гидромакрофитов-аллювиофилов (эдификаторов)

Индикаторные виды	Индивидуальные валентности ( $v_a$ ) по группам аллювиальности			$J_a$
	М	О	Г	
<i>Equisetum fluviatile</i>	2	6	2	2
<i>Hippuris vulgaris</i>	3	6	1	3
<i>Sagittaria natans</i>	8	2	-	4
<i>Potamogeton gramineus</i>	6	3	1	3
<i>P. pectinatus</i>	2	4	4	2
<i>Carex acuta</i>	1	4	5	3
<i>Eleocharis acicularis</i>	8	2	-	4
<i>E. palustris</i>	2	6	2	2
<i>Agrostis stolonifera</i>	10	-	-	5
$\Sigma(v_a J_a)$	156	87	37	$\Sigma J_a = 28$
$V_a$	5,6	3,1	1,3	

Примечание. Экологические группы по аллювиальности: М – мезоаллювиофиты (мощность аллювия 0,2–2,0 см), О – ортоаллювиофиты (2,1–5,0 см), гипераллювиофиты (более 5 см).

Таблица 24

Оценка аллювиальности местообитаний участка протоки р. Обь по средневзвешенной валентности ( $V_a$ ) на основе индивидуальных валентностей ( $v_a$ ) и индикаторного веса ( $J_a$ ) видов гидромакрофитов-аллювиофилов (эдификаторов)

Индикаторные виды	Индивидуальные валентности ( $v_a$ ) по группам аллювиальности			$J_a$
	М	О	Г	
<i>Equisetum fluviatile</i>	2	6	2	2
<i>Rorippa amphibia</i>	-	1	9	4
<i>Carex acuta</i>	1	4	5	3
<i>Eleocharis palustris</i>	2	6	2	2
$\Sigma(v_a J_a)$	11	40	59	$\Sigma J_a = 11$
$V_a$	1,0	3,6	5,4	

Примечание. Экологические группы по аллювиальности: М – мезоаллювиофиты (мощность аллювия 0,2–2,0 см), О – ортоаллювиофиты (2,1–5,0 см), гипераллювиофиты (более 5 см).

Таблица 25

Оценка аллювиальности местообитаний участка протоки р. Иртыш по средневзвешенной валентности ( $V_a$ ) на основе индивидуальных валентностей ( $v_a$ ) и индикаторного веса ( $J_a$ ) видов гидромacroфитов-аллювиафилов (эдификаторов)

Индикаторные виды	Индивидуальные валентности ( $v_a$ ) по группам аллювиальности			$J_a$
	М	О	Г	
<i>Equisetum fluviatile</i>	2	6	2	2
<i>Rorippa amphibia</i>	-	1	9	4
<i>Oenanthe aquatica</i>	8	2	-	4
<i>Butomus umbellatus</i>	1	2	7	3
<i>Hydrilla verticillata</i>	4	5	1	3
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	1	6	3	3
<i>S. trifolia</i>	1	6	3	3
<i>Potamogeton gramineus</i>	6	3	1	3
<i>P. perfoliatus</i>	2	4	4	3
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	1	5	4	3
<i>Carex acuta</i>	1	4	5	3
<i>Eleocharis palustris</i>	2	6	2	2
<i>Scirpus ehrenbergii</i>	-	3	7	3
<i>Agrostis stolonifera</i>	10	-	-	5
<i>Acorus calamus</i>	10	-	-	5
$\Sigma(v_a J_a)$	191	150	149	$\Sigma J_a = 49$
$V_a$	3,9	3,1	3,0	

Примечание. Экологические группы по аллювиальности: М – мезоаллювиафиты (мощность аллювия 0,2–2,0 см), О – ортоаллювиафиты (2,1–5,0 см), гипераллювиафиты (более 5 см).

По рассчитанным значениям средневзвешенных валентностей гидромacroфитов-ценозообразователей для трёх сравниваемых модельных участков рек построены линии трендов, отражающие распределение значений средневзвешенных валентностей видов-аллювиафилов – эдификаторов формаций по группам аллювиальности (рис. 54).

Фитоиндикационная оценка режима аллювиальности показала, что на модельных участках р. Таз и протоки р. Иртыш степень аллювиальности в основном умеренная (соответствует среднеаллювиальным и сильноаллювиальным условиям). На модельном участке р. Обь поддерживается преимущественно очень высокая или высокая степень аллювиальности (соответствует резкоаллювиальным и сильноаллювиальным условиям).

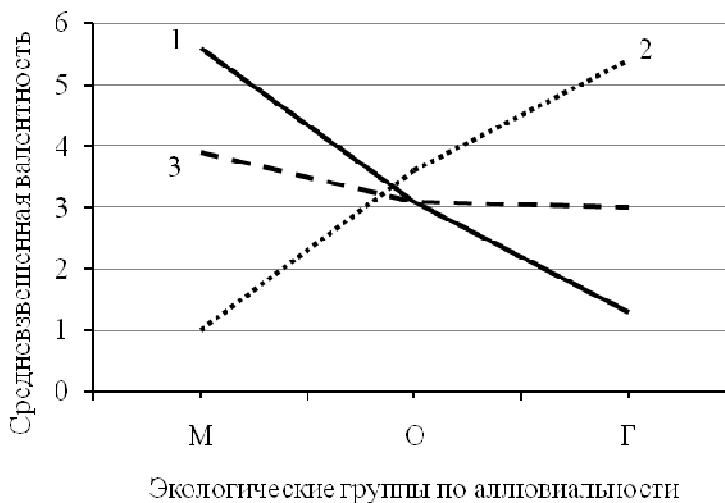


Рис. 54. Линии трендов распределения средневзвешенных валентностей индикаторных видов гидромacroфитов по группам аллювиальности: 1 – для участка р. Таз, 2 – для участка р. Обь, 3 – для участка протоки р. Иртыш. Группы по аллювиальности: М – мезоаллювиафиты, О – ортоаллювиафиты, гипераллювиафиты

Можно отметить, что в северных районах (р. Таз) участки акватории с сильноаллювиальными условиями, вероятно, становятся уже непригодными для заселения гидромacroфитами в связи с комплексным влиянием группы факторов, которые приближаются к пороговым значениям (кроме аллювиальности – низкая летняя температура воды, бедность биогенными элементами, короткий вегетационный период, слабая обеспеченность световой энергией).

### 3.5. Оценка минерализации и общей жёсткости воды

Минерализация и общая жёсткость поверхностных вод Западно-Сибирской равнины подвержены значительной пространственно-временной динамике. Глобальной пространственной закономерностью является уменьшение этих показателей в широтном направлении от степной ботанико-географической зоны к тундровой зоне. Соответственно, в этом направлении уменьшаются диапазоны минерализации и жёсткости воды в экотопах гидромacroфитов. На

рис. 55 показано зональное изменение диапазонов минерализации воды в экотопах видов пресноводного флористического комплекса. В степной и лесостепной зонах за счёт видов соляноводного флористического комплекса общий диапазон минерализации воды, пригодный для развития гидромикрофитов составляет от ультрапресных значений до 79,7 г/дм<sup>3</sup>.

Существенную амплитуду имеют сезонные и многолетние изменения минерализации и общей жёсткости воды. Сезонная динамика выражается в закономерном постепенном уменьшении значений минерализации и общей жёсткости за счёт поступления пресной талой воды с водосборной площади в весеннее половодье и в столь же постепенном росте этих показателей в течение последующих сезонов года к концу зимнего сезона. В вегетационный период обычно наблюдается постепенный рост минерализации и общей жёсткости воды от весны к осени. Особенно выражено увеличение минерализации и жёсткости воды в южных районах равнины, где испарение с водной поверхности бессточных прогреваемых озёр за летний сезон может достигать 0,7–1,0 м.

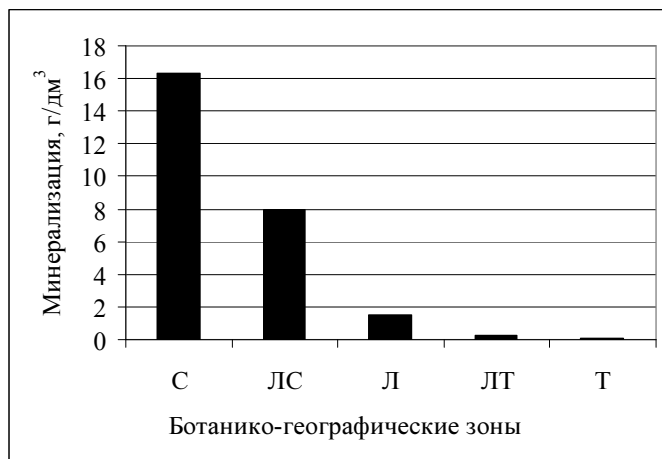


Рис. 55. Диапазоны минерализации воды в экотопах гидромикрофитов пресноводного флористического комплекса разных ботанико-географических зон Западно-Сибирской равнины. Ботанико-географические зоны: С – степная, ЛС – лесостепная, Л – лесная, ЛТ – лесотундровая, Т – тундровая

По мере уменьшения глубины водных объектов вследствие испарения происходит концентрирование растворённых солей. За счёт

этого испарительного концентрирования вода конкретного озера за летний сезон может последовательно меняться от типично пресной до условно-пресной и солоноватой. По общей жёсткости при этом вода изменяется от мягкой (концентрация катионов кальция и магния менее 4 мг-экв/дм<sup>3</sup>) или средней жёсткости (4–8 мг-экв/дм<sup>3</sup>) в начале летнего сезона до жёсткой (8–12 мг-экв/дм<sup>3</sup>) или очень жёсткой (12 мг-экв/дм<sup>3</sup> и более) к концу зимы (Руководство..., 1977). Соответственно, солоноватые жёсткие воды вследствие испарительного концентрирования в летний сезон могут переходить в категорию очень жёстких соляных вод.

Сезонные изменения минерализации и жёсткости воды накладываются на более продолжительные во времени и обычно более значительные по амплитуде многолетние изменения этих показателей, связанные с циклическими многолетними (внутривековыми и многовековыми) динамическими изменениями увлажнённости, характерными для южной части Западно-Сибирской равнины (Шнитников, 1950, 1963, 1969, 1970, 1975). Поэтому состав гидромакрофитов (альфа- и бета-разнообразие) отражает определённое динамическое состояние и специфический гидрохимический режим водных объектов.

В северных районах Западно-Сибирской равнины водные объекты существуют в условиях высокой водообеспеченности в течение всего года и малого летнего испарения с водной поверхности (до 0,5 м). Сезонная и многолетняя динамика минерализации и общей жёсткости воды выражены здесь значительно слабее. Большинство водных объектов этой части региона имеют ультрапресную и типично пресную мягкую, реже – средней жёсткости воду во все сезоны года в течение многолетних периодов.

Пространственная динамика минерализации и общей жёсткости воды в пределах акваторий большинства водных объектов выражена слабо. За счёт стока воды или при ветровом перемешивании происходит выравнивание концентраций солей по всей акватории водного объекта. Однако имеются противоположные примеры среди крупных бессточных озёрных систем с равнинным речным питанием. К таким системам относится оз. Чаны – самый крупный бессточный водоём Обь-Иртышского междуречья. Основное питание оз. Чаны получает за счёт стока рек Каргат и Чулым, впадающих в озеро с юго-востока.

Оз. Чаны имеет сложную форму: в его состав входят Яркоковский, Тагано-Казанцевский, Чиняихинский плёсы, озёра Яркуль и Малые Чаны, соединённые с Чиняихинским плёсом. Все водные объекты системы находятся в тесном гидрологическом взаимодействии. Одной из

особенностей гидрохимического режима озера является неоднородность минерализации и ионного состава воды по акватории, что объясняется морфологией его котловины, бессточностью, низким водообменом между частями озера, и распресняющим действием вод рек Чулым и Каргат (Савкин с соавт., 2005).

Алгоритм определения минерализации и общей жёсткости воды на основе индикаторных свойств гидромакрофитов можно представить на примере водных объектов системы оз. Чаны. В ходе гидробиотанического изучения этой системы, проведённого в 2001 и 2003 гг. были получены материалы о распределении видов гидромакрофитов по акватории (Свириденко, Юрлов, 2005). По каждому из пяти модельных участков (рис. 56) были составлены списки видов гидромакрофитов (табл. 26).

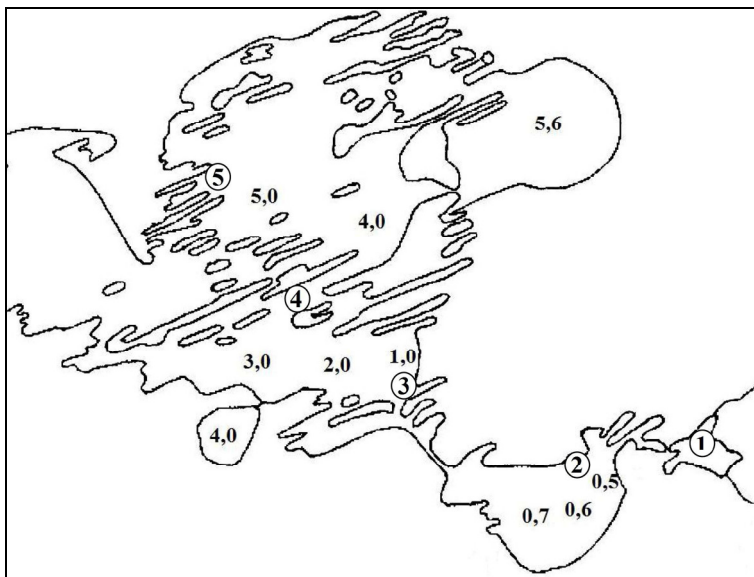


Рис. 56. Схема оз. Чаны. Значения минерализации воды (г/дм<sup>3</sup>) показаны числами до десятых долей (по: Савкин с соавт, 2005). В кружках цифрами отмечены модельные участки: 1 – устье р. Каргат, 2 – оз. Малые Чаны (восточная часть), 3 – Чиняихинский плёс (восточная часть), 4 – Чиняихинский плёс (северная часть), 5 – Тагано-Казанцевский плёс (юго-западная часть)

Для всех видов в списках указана галотолерантность в форме верхних предельных значений минерализации – то есть максимальных значений сумм основных ионов ( $\sum u_{max}$ ) в соответствии с табл. 15.

Определение минерализации воды на модельных участках выполнялось по наименьшему из всех приведённых верхних предельных значений минерализации в списке индикаторных видов каждого участка. Виды гидромакрофитов, отличающиеся минимальной толерантностью к повышенной минерализации воды, выполняют основную индикаторную роль по отношению к этому фактору водной среды гидроэкотопа.

Таблица 26

Оценка минерализации воды модельных участков (1–5) системы оз. Чаны по наименьшему из верхних предельных значений минерализации ( $\sum u_{max}$ ) для индикаторных видов гидромакрофитов

Индикаторный вид	Верхние предельные значения минерализации ( $\sum u_{max}$ ), г/дм <sup>3</sup>				
	1	2	3	4	5
<i>Chara altaica</i>	-	8,0	8,0	8,0	8,0
<i>C. fragilis</i>	-	-	3,0	-	-
<i>C. tomentosa</i>	-	2,8	2,8	2,8	-
<i>C. vulgaris</i>	-	4,1	4,1	-	-
<i>Cladophora glomerata</i>	79,7	79,7	79,7	79,7	79,7
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6
<i>Ricciocarpos natans</i>	0,5	0,5	-	-	-
<i>Ceratophyllum submersum</i>	1,6	1,6	1,6	-	-
<i>Persicaria amphibia</i>	1,9	1,9	1,9	-	-
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	2,7	2,7	2,7	-	-
<i>Sium latifolium</i>	1,1	1,1	1,1	-	-
<i>Utricularia vulgaris</i>	4,0	4,0	4,0	-	-
<i>Hippuris vulgaris</i>	1,3	1,3	1,3	-	-
<i>Butomus umbellatus</i>	1,0	1,0	1,0	-	-
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	1,3	1,3	1,3	-	-
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	4,1	4,1	4,1	4,1	-
<i>Triglochin maritimum</i>	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
<i>Potamogeton pectinatus</i>	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2
<i>P. perfoliatus</i>	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
<i>P. pusillus</i>	0,9	0,9	0,9	-	-
<i>Najas marina</i>	-	5,1	5,1	5,1	-
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
<i>Carex acuta</i>	1,0	1,0	1,0	-	-
<i>C. riparia</i>	0,9	0,9	0,9	-	-
<i>C. rhynchophysa</i>	0,9	0,9	0,9	-	-
<i>Eleocharis palustris</i>	4,1	4,1	4,1	4,1	-

<i>Scirpus lacustris</i>	4,1	4,1	4,1	4,1	-
<i>S. tabernaemontani</i>	3,9	3,9	3,9	3,9	-
<i>Agrostis stolonifera</i>	0,6	0,6	0,6	-	-
<i>Phragmites australis</i>	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3
<i>Scolochloa festucacea</i>	3,9	3,9	3,9	-	-
<i>Lemna minor</i>	1,9	1,9	1,9	-	-
<i>L. trisulca</i>	5,1	5,1	5,1	5,1	-
<i>Sparganium erectum</i> в	1,1	1,1	1,1	-	-
<i>Typha angustifolia</i>	4,1	4,1	4,1	4,1	-
<i>T. latifolia</i>	2,7	2,7	2,7	-	-
<i>T. laxmannii</i>	3,9	3,9	3,9	3,9	-
Наименьшее значение в столбце	0,5	0,5	0,6	2,8	5,1
Минерализация (г/дм <sup>3</sup> ) (по: В.М. Савкин с соавт., 2005)	0,5	0,6	1,0	3,0	5,0

Примечание. Модельные участки системы оз. Чаны: 1 – устье р. Каргат, 2 – оз. Малые Чаны (восточная часть), 3 – Чиняихинский плёс (восточная часть), 4 – Чиняихинский плёс (северная часть), 5 – Тагано-Казанцевский плёс (юго-западная часть).

В рассматриваемом примере для модельного участка в устье р. Каргат (1) и для модельного участка в восточной части оз. Малые Чаны (2) индикаторное значение имеет *Ricciocarpos natans*, который в списке выделяется наименьшим (0,5 г/дм<sup>3</sup>) из приведённых верхних предельных значений минерализации.

Для модельного участка (3) в восточной части Чиняихинского плёса роль основного индикаторного вида выполняют *Agrostis stolonifera* (наименьшее значение минерализации 0,6 г/дм<sup>3</sup>). Для участка (4) в северной части Чиняихинского плёса индикаторным значением отличается *Chara tomentosa* (наименьшее значение минерализации 2,8 г/дм<sup>3</sup>), для участка (5) в юго-западной части Тагано-Казанцевского плёса – *Potamogeton perfoliatus* (наименьшее значение минерализации 5,1 г/дм<sup>3</sup>).

Точность оценки минерализации по фитоиндикационной методике составляет 60–100%. Корреляция приведённых значений минерализации воды, рассчитанных на основе фитоиндикационной методики со значениями минерализации, полученными прямыми гидрохимическими исследованиями (Савкин с соавт., 2005), равна 0,996. Неполное совпадение сравниваемых значений минерализации связано с различными сроками полевых ботанических и гидрохимических исследований: ботанические исследования выполнены в 2001 и 2003 гг., гидрохимические – в 2002 г.



Ниже приведён пример расчёта минерализации воды по наименьшему из верхних предельных значений этого показателя для индикаторных видов гидромакрофитов, сопровождаемый прямым гидрохимическим анализом проб из модельных озёр южной окраины Западно-Сибирской равнины: Загонное, Большой Тарангул, Малый Тарангул, Половинное, Лебяжье (Казахстан). Эти модельные озёра были исследованы в 1984 г. ботаническими и гидрохимическими методами одновременно. Для каждого модельного озера установлен видовой состав гидромакрофитов и на основании сведений о верхней предельной минерализации воды для индикаторных видов по табл. 15 выявлены наименьшие значения минерализации (табл. 27). Точность определения минерализации воды по фитоиндикационной методике в этих модельных озёрах достигает 88–100%.

Таблица 27

Оценка минерализации воды модельных озёр (1–5) южной окраины Западно-Сибирской равнины по наименьшему из верхних предельных значений минерализации ( $\sum u_{max}$ ) для индикаторных видов гидромакрофитов

Индикаторный вид	Верхние предельные значения минерализации ( $\sum u_{max}$ ), г/дм <sup>3</sup>				
	1	2	3	4	5
<i>Nitella confervacea</i>	0,3	-	-	-	-
<i>N. hyalina</i>	-	0,7	-	-	-
<i>Tolypella prolifera</i>	-	0,6	-	-	-
<i>Chara altaica</i>	-	-	8,0	-	8,0
<i>C. aspera</i>	-	0,7	-	-	-
<i>C. canescens</i>	-	8,0	8,0	8,0	-
<i>C. contraria</i>	-	5,1	-	5,1	-
<i>C. fragilis</i>	3,9	3,9	-	-	-
<i>C. neglecta</i>	-	0,9	-	-	-
<i>C. tenuispina</i>	-	0,9	-	-	-
<i>C. vulgaris</i>	-	4,1	-	-	-
<i>Cladophora glomerata</i>	79,7	79,7	79,7	79,7	-
<i>Batrachium circinatum</i>	-	1,6	-	-	-
<i>Myriophyllum spicatum</i>	-	4,1	-	-	-
<i>Utricularia vulgaris</i>	-	4,0	-	-	-
<i>Callitriche hermaphroditica</i>	-	0,8	-	-	-
<i>Butomus umbellatus</i>	-	1,0	-	-	-
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	1,3	-	-	-	-
<i>Alisma gramineum</i>	-	4,1	4,1	-	-
<i>A. plantago-aquatica</i>	1,0	-	-	-	-
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	-	0,9	-	-	-
<i>Potamogeton crispus</i>	-	0,8	-	-	-

<i>P. gramineus</i>	0,6	-	-	-	-
<i>P. pectinatus</i>	-	16,2	16,2	16,2	16,2
<i>P. perfoliatus</i>	5,1	5,1	-	-	-
<i>P. pusillus</i>	0,9	0,9	-	-	-
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	-	5,7	5,7	5,7	-
<i>Eleocharis palustris</i>	-	4,1	4,1	-	-
<i>Scirpus tabernaemontani</i>	-	3,9	3,9	-	-
<i>S. lacustris</i>	-	4,1	-	-	-
<i>Phragmites australis</i>	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3
<i>Lemna trisulca</i>	5,1	-	-	5,1	-
<i>Sparganium erectum</i>	1,1	-	-	-	-
<i>Typha angustifolia</i>	4,1	-	-	-	-
<i>T. laxmannii</i>	-	3,9	-	-	-
Наименьшее значение в столбце	0,3	0,6	3,9	5,1	8,0
Минерализация воды по данным прямого анализа, (г/дм <sup>3</sup> )	0,3	0,7	3,9	5,1	8,0

Примечание. Модельные озёра южной окраины Западно-Сибирской равнины: 1 – Загонное, 2 – Большой Тарангул, 3 – Малый Тарангул, 4 – Половинное, 5 – Лебяжье.

Данная методика оценки минерализации предполагает полное выявление видового состава гидромакрофитов исследуемого водного объекта. Как видно из таблиц 26 и 27, в число значимых для фитоиндикационных целей входит в большинстве случаев только 1–2 вида для каждого водного объекта (участка акватории). При неполном флористическом обследовании и отсутствии таких значимых видов в анализируемых списках точность оценки минерализации воды фитоиндикационным методом существенно снижается. Следует учитывать также, что данная методика расчёта минерализации воды основана в настоящее время на относительно ограниченной базе фактических данных о галотолерантности гидромакрофитов, поэтому развитие количественной экологии водных растений позволит в дальнейшем выполнить необходимые уточнения.

Алгоритм оценки общей жёсткости воды по наименьшему из верхних предельных значений этого показателя для индикаторных видов гидромакрофитов на основании данных, представленных в табл. 15 подобен алгоритму оценки минерализации. В то же время, основываясь на прямолинейной положительной зависимости общей жёсткости воды от минерализации, возможно оценить величину жёсткости воды модельных озёр расчётным способом, используя уравнение регрессии:

$$y = 5,0x + 1,2$$

где  $y$  – общая жёсткость, мг-экв/дм<sup>3</sup>,  $x$  – минерализация, г/дм<sup>3</sup>.

Приводим также уравнения регрессии для более точного расчёта общей жёсткости воды в разных диапазонах минерализации:

до 0,2 г/дм<sup>3</sup> ( $y = 4,2x + 0,8$ ),

от 0,3 до 1,0 г/дм<sup>3</sup> ( $y = 4,6x + 2,8$ ),

от 1,1 до 3,0 г/дм<sup>3</sup> ( $y = 5,0x + 0,6$ ),

от 3,1 до 25,0 г/дм<sup>3</sup> ( $y = 5,2x + 7,8$ ),

более 25,0 г/дм<sup>3</sup> ( $y = 5,6x + 50,1$ ).

Эти уравнения рассчитаны по эмпирическим данным гидрохимического анализа поверхностных вод, полученным в пределах Западно-Сибирской равнины.

В табл. 28 проведено сравнение результатов расчёта показателя общей жёсткости воды (через величину минерализации по данным фитоиндикации) с результатом прямого гидрохимического анализа проб воды модельных озёр. Точность определения общей жёсткости воды по фитоиндикационной методике в этих модельных озёрах достигает 69–90%, при этом категория жёсткости воды оценивается тождественно.

Таблица 28

Общая жёсткость воды модельных озёр южной окраины Западно-Сибирской равнины по данным фитоиндикации и результатам прямого гидрохимического анализа

Модельные озёра	Общая жёсткость воды			
	по данным фитоиндикации		по данным прямого анализа	
	мг-экв/дм <sup>3</sup>	категория	мг-экв/дм <sup>3</sup>	категория
Загонное	2,7	мягкая	2,2	мягкая
Большой Тарангул	4,2	средне жёсткая	4,9	средне жёсткая
Малый Тарангул	20,7	очень жёсткая	15,8	очень жёсткая
Половинное	26,7	очень жёсткая	23,2	очень жёсткая
Лебяжье	41,2	очень жёсткая	37,3	очень жёсткая

### 3.6. Оценка режима активной реакции воды

Величину рН водной среды эффективно и экономично определяют прямыми аналитическими методами. Однако известно, что этот показатель среды поверхностных водных объектов весьма

динамичен во времени и пространстве. Для комплексной оценки состояния водного объекта важно выявить не только конкретное абсолютное значение водородного показателя в момент обследования водного объекта, но также необходимо оценить общий режим изменений этого показателя в суточном, сезонном и многолетнем плане.

Тип динамики показателя рН возможно оценивать методом фитоиндикации по толерантности видов гидромакрофитов к режиму активной реакции среды, поскольку за длительный период времени в водной экосистеме происходит подбор видов, толерантных к определённому типу гидрохимического режима. Расчёт вероятных изменений значений рН в гидрэкотопе предлагается проводить по максимальному совпадению диапазонов толерантности видов гидромакрофитов к величине активной реакции среды на основе значений, приведённых в табл. 15.

На примере оз. Чаны построена таблица значений диапазонов толерантности рН для видов, обнаруженных на 5 модельных участках (см. рис. 56). По максимальному совпадению диапазонов толерантности к активной реакции среды всех видов модельного участка установлены наиболее вероятные диапазоны изменений рН воды на этих участках (табл. 29, рис. 57).

Таблица 29

Оценка режима рН воды модельных участков (1–5) системы оз. Чаны по максимальному совпадению диапазонов толерантности индикаторных видов гидромакрофитов к активной реакции среды

Индикаторный вид	Диапазоны толерантности видов к активной реакции воды (рН)				
	1	2	3	4	5
<i>Chara altaica</i>	-	7,2–8,6	7,2–8,6	7,2–8,6	7,2–8,6
<i>C. fragilis</i>	-	-	7,2–9,2	-	-
<i>C. tomentosa</i>	-	7,2–9,2	7,2–9,2	7,2–9,2	-
<i>C. vulgaris</i>	-	7,2–8,4	7,2–8,4	-	-
<i>Cladophora glomerata</i>	6,6–10	6,6–10	6,6–10	6,6–10	6,6–10
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	6,6–8,6	6,6–8,6	6,6–8,6	6,6–8,6	6,6–8,6
<i>Ricciocarpos natans</i>	5,7–8,2	5,7–8,2	-	-	-
<i>Ceratophyllum submersum</i>	7,6–9,2	7,6–9,2	7,6–9,2	-	-
<i>Persicaria amphibia</i>	7,2–9,2	7,2–9,2	7,2–9,2	-	-
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	6,6–7,6	6,6–7,6	6,6–7,6	-	-
<i>Stium latifolium</i>	7,0–8,2	7,0–8,2	7,0–8,2	-	-
<i>Utricularia vulgaris</i>	6,6–9,2	6,6–9,2	6,6–9,2	-	-
<i>Hippuris vulgaris</i>	6,6–7,6	6,6–7,6	6,6–7,6	-	-
<i>Butomus umbellatus</i>	6,6–8,2	6,6–8,2	6,6–8,2	-	-
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	7,2–8,2	7,2–8,2	7,2–8,2	-	-

<i>Alisma plantago-aquatica</i>	7,2–8,4	7,2–8,4	7,2–8,4	7,2–8,4	-
<i>Triglochin maritimum</i>	7,6–9,2	7,6–9,2	7,6–9,2	7,6–9,2	7,6–9,2
<i>Potamogeton pectinatus</i>	7,2–9,2	7,2–9,2	7,2–9,2	7,2–9,2	7,2–9,2
<i>P. perfoliatus</i>	6,6–9,2	6,6–9,2	6,6–9,2	6,6–9,2	6,6–9,2
<i>P. pusillus</i>	6,6–8,4	6,6–8,4	6,6–8,4	-	-
<i>Najas marina</i>	-	8,0–8,6	8,0–8,6	8,0–8,6	-
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	7,2–9,2	7,2–9,2	7,2–9,2	7,2–9,2	7,2–9,2
<i>Carex acuta</i>	6,6–8,6	6,6–8,6	6,6–8,6	-	-
<i>C. riparia</i>	6,4–8,2	6,4–8,2	6,4–8,2	-	-
<i>C. rhynchophysa</i>	5,6–7,6	5,6–7,6	5,6–7,6	-	-
<i>Eleocharis palustris</i>	7,2–8,3	7,2–8,3	7,2–8,3	7,2–8,3	-
<i>Scirpus lacustris</i>	6,6–8,4	6,6–8,4	6,6–8,4	6,6–8,4	-
<i>Scirpus tabernaemontani</i>	7,6–9,2	7,6–9,2	7,6–9,2	7,6–9,2	-
<i>Agrostis stolonifera</i>	6,6–8,0	6,6–8,0	6,6–8,0	-	-
<i>Phragmites australis</i>	6,6–9,2	6,6–9,2	6,6–9,2	6,6–9,2	6,6–9,2
<i>Scolochloa festucacea</i>	6,6–8,6	6,6–8,6	6,6–8,6	-	-
<i>Lemna minor</i>	7,6–9,2	7,6–9,2	7,6–9,2	-	-
<i>L. trisulca</i>	6,6–8,6	6,6–8,6	6,6–8,6	6,6–8,6	-
<i>Sparganium erectum</i>	6,6–8,4	6,6–8,4	6,6–8,4	-	-
<i>Typha angustifolia</i>	6,6–9,2	6,6–9,2	6,6–9,2	6,6–9,2	-
<i>T. latifolia</i>	6,6–8,2	6,6–8,2	6,6–8,2	-	-
<i>T. laxmannii</i>	7,2–9,2	7,2–9,2	7,2–9,2	7,2–9,2	-
Область максимального совпадения диапазонов pH	7,5–8,0	7,2–8,2	7,2–8,2	8,0–8,4	7,6–8,6

Примечание. Модельные участки системы оз. Чаны: 1 – устье р. Каргат, 2 – оз. Малые Чаны (восточная часть), 3 – Чиняихинский плёс (восточная часть), 4 – Чиняихинский плёс (северная часть), 5 – Тагано-Казанцевский плёс (юго-западная часть) (модельные участки те же, что на рис. 54).

Согласно данным, приведённым в табл. 29 и на рис. 57, в наиболее пресноводной части акватории оз. Чаны (модельные участки 1–3) вероятный диапазон pH по данным фитоиндикации может составлять 7,5–8,0 или 7,2–8,2.

В солоноватоводной части акватории (модельные участки 4, 5) диапазон pH несколько смещается в щелочную сторону и может составлять в соответствии с фитоиндикационной оценкой 8,0–8,4, или 7,6–8,6.

По данным В.М. Савкина с соавт. (2005), вода в оз. Чаны имеет щелочную реакцию. Особенно часто наблюдаемые значения pH равны 8,8–9,0, причём, как считают цитируемые авторы, величина pH изменяется в очень узком диапазоне в связи с высокой буферной ёмкостью воды.

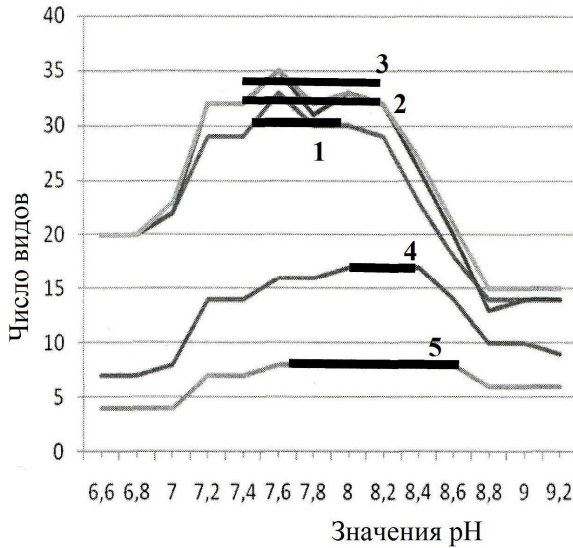


Рис. 57. Линии трендов изменения числа индикаторных видов гидромакрофитов модельных участков системы оз. Чаны в диапазонах рН-толерантности. Отрезками показаны вероятные диапазоны рН воды модельных участков, выявленные по максимальному совпадению диапазонов рН-толерантности индикаторных видов. Модельные участки: 1 – устье р. Каргат, 2 – оз. Малые Чаны (восточная часть), 3 – Чиняихинский плёс (восточная часть), 4 – Чиняихинский плёс (северная часть), 5 – Тагано-Казанцевский плёс (юго-западная часть)

Вероятно, эти данные отражают режим активной реакции среды только в открытой акватории, удалённой от прибрежий. Необходимо отметить, что оз. Чаны – чрезвычайно сложная гидролого-гидрохимическая система, разные участки которой существенно различаются по гидрохимическим параметрам (например, минерализация воды составляет в различных пунктах в многолетнем плане от 0,3 до 13,3 г/дм<sup>3</sup>). По данным Н.И. Юрловой и С.Н. Водяницкой (2005), в устьевой части р. Каргат (соответствует модельным участкам 1, 2) вода имеет рН 7,4–7,7, что полностью согласуется с приведённым результатом оценки этого параметра, основанном на фитоиндикации. Е.Н. Ядрёнкина с соавт. (2005) отмечают, что вода оз. Чаны в различных участках акватории имеет рН 7,5–9,0, что также в значительной части совпадает с выполненной нами фитоиндикационной оценкой данного показателя.

### 3.7. Оценка динамического состояния водных объектов геоботаническими и геоинформационными методами

В целях разработки методики дистанционного исследования водных объектов по их растительному покрову было изучено современное эколого-динамическое состояние крупных озёр Ик-Салтаим-Тенисской озёрно-речной системы и заболоченных модельных озёр в лесостепной зоне Западно-Сибирской равнины (Габки, Свириденко, 2004; Свириденко, Дмитриев, 2004; Свириденко с соавт., 2005; Свириденко, Дмитриев, 2007, Финиченко, Дмитриев, Свириденко, 2008, 2009). Индикаторные свойства растительного покрова позволяют проводить комплексную оценку влияния абиотических и биотических факторов на гидроморфные экосистемы. Большие возможности фитоиндикация приобретает при сочетании полевых геоботанических методов с дистанционным изучением гидроэкосистем на основе геоинформационных методик. В работе были использованы подходы к классификации водной макрофитной растительности и гиперценоотических единиц растительного покрова водоёмов, представленные в работах одного из авторов монографии (Свириденко, 2000, 2001 а, б, 2003).

Морфометрические параметры озёр Ик-Салтаим-Тенисской системы указаны весьма различно (Пинчук, 1957; Поползин, 1967), что отражает высокую динамику их состояний и различия в методах изучения (таблицы 30, 31).

Таблица 30

Морфометрические показатели озёр Ик, Салтаим и Тенис (по: А.Г. Поползин, 1967)

Озеро	Площадь, км <sup>2</sup>	Средняя глубина, м	Максимальная глубина, м
Ик	79	2,9	4,8
Салтаим	110	2,6	2,5–3
Тенис	90	2,1	2,5–3

Таблица 31

Морфометрические показатели озёр Салтаим и Тенис (по: Советский..., 1982)

Озеро	Площадь, км <sup>2</sup>	Средняя глубина, м	Максимальная глубина, м
Салтаим	146	-	1,7
Тенис	118	-	1,1

Примечание. Прочерк означает отсутствие данных.

Изучение наземными методами позволило оценить состав водной и болотной растительности озёр Ик, Салтаим и Тенис (альфа- и бета-разнообразии), а также гиперфитоценоотическую организацию растительного покрова (гамма-разнообразии). В целом альфа- и бета-разнообразии гидромикрофитобиоты этих озёр невелики. Выявленные группировки принадлежат 6 формациям (табл. 32), относящимся к типу водной (континентальноводной, гидромикрофитной) растительности и типу болотной растительности.

Таблица 32

Ценоотическое разнообразие растительности озёр Ик, Салтаим и Тенис (по: Б.Ф. Свириденко, В.В. Дмитриев, 2004)

Формация	Ассоциация
1. <i>Phragmiteta australis</i> (гидрофильная субформация)	1. <i>Phragmites australis</i> . Развивается в диапазоне глубин 0,2–1,5 (2,0) м на серых илах, заиленных песках в озёрах Ик, Салтаим, Тенис.
	2. <i>Phragmites australis</i> – <i>Lemna trisulca</i> . Ассектаторы: <i>Typha angustifolia</i> , <i>Scirpus tabernaemontani</i> , <i>Butomus umbellatus</i> , <i>Persicaria amphibia</i> , <i>Lemna minor</i> , <i>Utricularia vulgaris</i> , <i>Ceratophyllum submersum</i> , <i>Cladophora glomerata</i> . Развивается в диапазоне глубин 0,0–0,2 м на песчано-илистых грунтах в озёрах Ик, Салтаим, Тенис.
	3. <i>Phragmites australis</i> + <i>Typha angustifolia</i> – <i>Stratiotes aloides</i> – <i>Ceratophyllum submersum</i> . Ассектаторы: <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> , <i>Lemna minor</i> , <i>L. trisulca</i> , <i>Utricularia vulgaris</i> . Отмечена в малых заливах среди тростниковых сплавинов в диапазоне глубин 1,0–2,0 м на чёрных и груботетритных илах в озёрах Салтаим и Тенис.
	4. <i>Phragmites australis</i> – <i>Ceratophyllum submersum</i> . Ассектаторы: <i>Lemna trisulca</i> , <i>Utricularia vulgaris</i> . Отмечена в протоках среди тростниковых сплавинов в диапазоне глубин 1,0–2,0 м на чёрных илах в озёрах Салтаим и Тенис.
2. <i>Typheta angustifoliae</i>	1. <i>Typha angustifolia</i> . Отмечена в диапазоне глубин 0,3–1,0 м на песчано-илистых грунтах в озёрах Ик, Салтаим, Тенис.
	2. <i>Typha angustifolia</i> – <i>Ceratophyllum submersum</i> . Ассектаторы: <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> , <i>Lemna minor</i> , <i>L. trisulca</i> , <i>Utricularia vulgaris</i> . Развивается в заливах и протоках в диапазоне глубин 0,5–1,0 м на чёрных илах в озёрах Салтаим, Тенис.



3. <i>Scirpeta tabernaemontani</i>	<p>1. <i>Scirpus tabernaemontani</i>. Отмечена в диапазоне глубин 0,1–0,4 м на песчаных и песчано-илистых грунтах по периодически пересыхающим акваториям в оз. Ик.</p> <p>2. <i>Scirpus tabernaemontani</i> + <i>Phragmites australis</i>.          Ассектаторы: <i>Butomus umbellatus</i>, <i>Agrostis stolonifera</i>, <i>Alisma gramineum</i>, <i>A. plantago-aquatica</i>, <i>Eleocharis palustris</i>, <i>Triglochin maritimum</i>, <i>Carex riparia</i>, <i>Sium latifolium</i>, <i>Oenanthe aquatica</i>.          Распространена по периодически пересыхающей периферии озёр в диапазоне глубин 0,0–0,2 м на песчаных и песчано-илистых грунтах в оз. Ик.</p>
4. <i>Bolboschoeneta maritimi</i>	<p>1. <i>Bolboschoenus maritimus</i>. Ассектаторы: <i>Phragmites australis</i>, <i>Eleocharis palustris</i>, <i>Triglochin maritimum</i>, <i>Carex riparia</i>, <i>Alisma plantago-aquatica</i>, <i>Sium latifolium</i>, <i>Oenanthe aquatica</i>, <i>Potamogeton pectinatus</i>, <i>Lemna minor</i>, <i>L. trisulca</i>. Отмечена локально по периодически пересыхающим окраинам озёр в диапазоне глубин 0,0–0,4 м на песчаных и песчано-илистых грунтах в оз. Ик.</p>
5. <i>Potamogetoneta pectinati</i>	<p>1. <i>Potamogeton pectinatus</i>. Ассектаторы: <i>Potamogeton perfoliatus</i>, <i>Cladophora glomerata</i>.          Развивается на открытых плёсах в диапазоне глубин 1,0–2,5 м на серых, тёмно-серых и чёрных илах в озёрах Ик, Салтаим, Тенис.</p>
6. <i>Phragmiteta australis</i> (гигрофильная субформация)	<p>1. <i>Phragmites australis</i> – <i>Calystegia sepium</i> + <i>Thelypteris palustris</i>. Ассектаторы: <i>Stellaria crassifolia</i>, <i>Atriplex littoralis</i>, <i>Persicaria hydropiper</i>, <i>Galium palustre</i>, <i>G. ruprechtii</i>, <i>Solanum dulcamara</i>, <i>Salix cinerea</i>, <i>S. pentandra</i>, <i>Rorippa palustris</i>, <i>Lythrum salicaria</i>, <i>L. virgatum</i>, <i>Epilobium palustre</i>, <i>Utricularia vulgaris</i>, <i>Lycopus europaeus</i>, <i>Scutellaria galericulata</i>, <i>Carex pseudocyperus</i>, <i>Scolochloa festucacea</i>, <i>Typha latifolia</i>. Распространена на тростниковых торфяных сплавинах мощностью 0,2–1,5 (2,0) м в озёрах Салтаим и Тенис.</p>

В типе водной (гидромакрофитной) растительности по занимаемой площади основное значение имеют ценозы гидрофильной субформации *Phragmiteta australis* из класса гелофитной (надводной) растительности. В оз. Ик также большое значение принадлежит ценозам формаций *Typheta angustifoliae*, *Bolboschoeneta maritimi*, *Scirpeta tabernaemontani*. Из класса гидатофитной (подводной) растительности ведущее значение в озёрах имеет формация *Potamogetoneta pectinati*.

В составе типа болотной растительности распространение получили группировки из класса травяных мезо-евтрофных болотных формаций, относящиеся к гигрофильной субформации *Phragmiteta australis*. Фитоценозами этой формации заняты значительные площади в озёрах Салтаим и Тенис. Изучение этих группировок, имеющих ширину от 500 до 2000 м, наземными методами практически невозможно, так как они непроходимы ни со стороны суши, ни со стороны акватории.

Для дифференциации акваторий, занятых гелофитными (надводными) ценозами водного и болотного типов растительности нами привлечены материалы космической съёмки. В работе использовано многоканальное изображение Земли из космоса, полученное радиометром ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer), который установлен на спутнике Terra.

Радиометр ASTER состоит из 3 подсистем, принимающих излучение в разных участках спектра: VNIR – видимого и ближнего инфракрасного (ИК) излучения, SWIR – коротковолнового ИК и TIR – теплового ИК. В табл. 33 приведены длины волн, динамический диапазон и наземное разрешение всех каналов. Использованный снимок был сделан 03 сентября 2000 г. в 6 часов 51 минуту мирового времени, что соответствует 13 часам 51 минуте местного омского времени.

Таблица 33

Характеристики радиометра ASTER

Подсистема	Номер канала	Спектральный диапазон, мкм	Пространственное разрешение, м	Динамический диапазон, бит
VNIR	1	0,52 – 0,60	15	8
	2	0,63 – 0,69		
	3	0,78 – 0,86		
	4	0,78 – 0,86		
SWIR	5	1,600 – 1,700	30	8
	6	2,145 – 2,185		
	7	2,185 – 2,225		
	8	2,235 – 2,285		
	9	2,295 – 2,365		
	10	2,360 – 2,430		
TIR	11	8,125 – 8,475	90	12
	12	8,475 – 8,825		
	13	8,925 – 9,275		
	14	10,25 – 10,95		
	15	10,95 – 11,65		

На момент съёмки горизонтальные координаты Солнца для центра кадра составляли: высота 41,1555 градусов, азимут 173,844 градуса. Момент съёмки с точностью до получаса совпадает с моментом местного полдня, то есть кадр получен при оптимальной освещённости сцены и может оказаться весьма информативным. Для изучения были использованы фрагменты кадров, охватывающие изображение прибрежной части озёр Салтаим и Тенис южнее пролива между этими озёрами, а также прибрежную восточную часть оз. Ик (рис. 58).

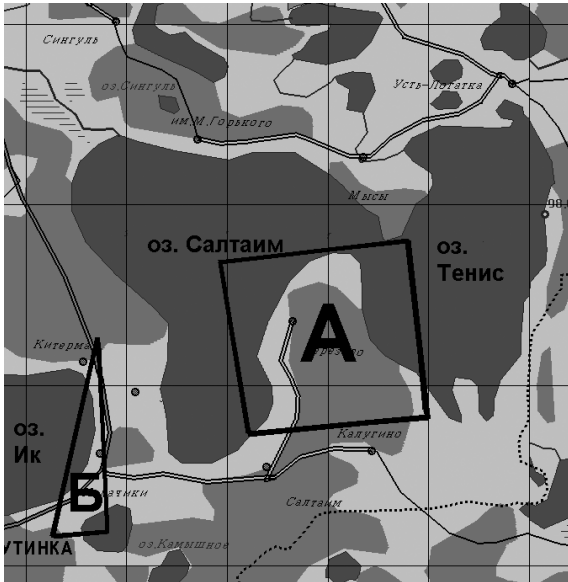


Рис. 58. Схема размещения изучаемых фрагментов кадров спутникового изображения Ик-Салтаим-Тенисской системы (А – прибрежная часть озёр Салтаим и Тенис, Б – прибрежная часть оз. Ик) (по: Б.Ф. Свириденко с соавт., 2005)

На рис. 59 приведён фрагмент изображения с наложенной координатной сеткой и масштабной линейкой. Географические координаты приведены в проекции UTM, зона N43, геоид WGS84. Фрагмент является цветосинтезированным RGB изображением, полученным с использованием трёх каналов в комбинации 2–3–1.

С использованием данного снимка В.В. Дмитриевым и А.В. Дмитриевым был разработан алгоритм автоматической классификации водной поверхности, болотной и прибрежно-водной растительности, а также лесной и луговой (включая агроценозы)

растительности суши (Свириденко с соавт., 2005). Конечной целью являлось выделение пяти основных классов поверхностей:

- 1 – открытая водная поверхность;
- 2 – тростниковые группировки водного типа растительности (*Phragmiteta australis*, гидрофильная субформация);
- 3 – тростниковые группировки болотного типа растительности (*Phragmiteta australis*, гидрофильная субформация);
- 4 – осиново-берёзовые леса на прилегающей суше;
- 5 – луговые ценозы и агроценозы на прилегающей суше.

За основу был взят метод обучаемой классификации по минимальному спектральному расстоянию (Кашкин, Сухинин, 2001). Поскольку разделяемые поверхности имеют близкие спектральные характеристики, для более уверенной классификации были созданы три дополнительных слоя: слой цифровой модели рельефа, слой буферной зоны вокруг открытой водной поверхности и слой дифференциального вегетативного индекса с использованием 2 и 3 каналов (см. табл. 33).

В окончательном варианте классификация происходила по 18 слоям. На исходном изображении были выделены модельные участки (от 2 до 7 на каждый класс поверхности), которые однозначно можно отнести к какому-либо из выделяемых классов. Разработанный алгоритм классификации был применён к спутниковому изображению территории. Для исключения ошибок дальнейшей обработке подвергалось только изображение акватории озёр и узкой полосы прилегающей суши. Полученное классифицированное изображение было подвергнуто процедуре генерализации в квадрате со стороной 7 пикселей (или 105 метров) по правилу максимума (Руководство..., 2000). Проверка работоспособности алгоритма была выполнена при классификации фрагмента спутникового изображения прибрежной части оз. Ик (рис. 60).

На основе полевого изучения было установлено, что характерной особенностью данного озера является отсутствие торфяной сляпины и тростниковых группировок болотного типа растительности, следовательно, если классификация покажет отсутствие класса 3, то алгоритм можно считать удачным. На рис. 61 приведён конечный результат – фрагмент классифицированного изображения прибрежной части озёр Салтаим и Тенис, совпадающий по области перекрытия с участком поверхности, представленным на рис. 59.

Центральная белая область на рис. 61 соответствует суше, исключенной из классификации. На рис. 62 приведён фрагмент классифицированного спутникового изображения прибрежной части оз. Ик. Изображение на рис. 62 действительно не содержит поверхности

класса 3 – тростниковых группировок болотного типа растительности (Свириденко, Дмитриев, Дмитриев, 2006).

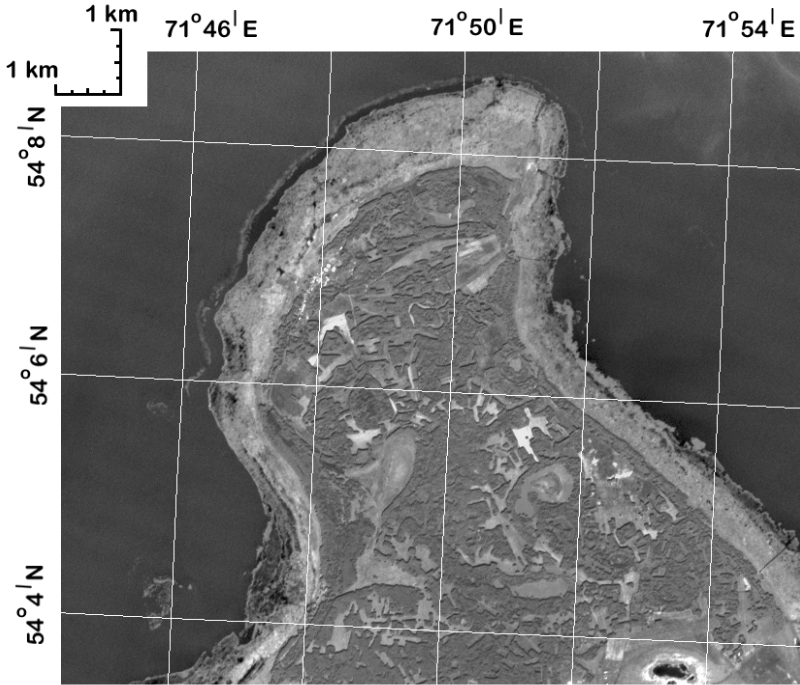


Рис. 59. Фрагмент (А) спутникового изображения озёр Салтаим и Тенис (прибрежная часть южнее пролива между озёрами) (по: Б.Ф. Свириденко, В.В. Дмитриев, А.В. Дмитриев, 2006)

Таким образом, предложенный алгоритм классификации можно считать работоспособным. Более того, классифицированное изображение показало широкое распространение тростниковых группировок водного типа растительности (тростниковой гидрофильной субформации) среди ценозов тростниковой болотной (гигрофильной) субформации и торфяных славин на озёрах Салтаим и Тенис.

Широкая полоса славин (300–2000 м) при глазомерной оценке спутниковых изображений рассматривалась как гомогенная, а в силу недоступности для наземного изучения полевые данные о реальных размерах водно-болотных тростниковых микрокомбинаций отсутствовали для большей части площади славин.

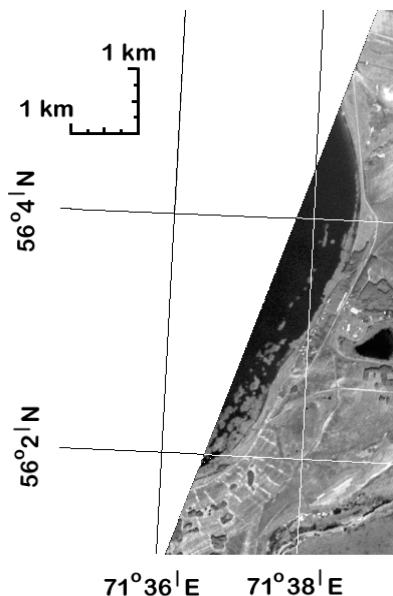


Рис. 60. Фрагмент (Б) спутникового изображения оз. Ик (прибрежная восточная часть) (по: Б.Ф. Свириденко, В.В. Дмитриев, А.В. Дмитриев, 2006)

Классы поверхности на рисунках 61 и 62 соответствуют ранее установленным: 1 – водная поверхность; 2 – тростниковые группировки водного типа растительности; 3 – тростниковые группировки болотного типа растительности; 4 – осиново-берёзовые леса, 5 – луга и агроценозы.

По результатам классификации можно определить некоторые характеристики покрытий (выделенных на снимках в процессе автоматической классификации типов контуров). С этой целью были определены площади пяти типов покрытий, присутствующих на всём использованном снимке и вошедших в выделенную прибрежную часть системы озёр Салтаим и Тенис. Кроме того, с использованием стандартной процедуры, предусмотренной в программном пакете ENVI, были оценены относительные погрешности классификации. Полученные результаты оценки погрешности при классификации поверхностей, занятых водной и болотной растительностью, приведены в табл. 34.

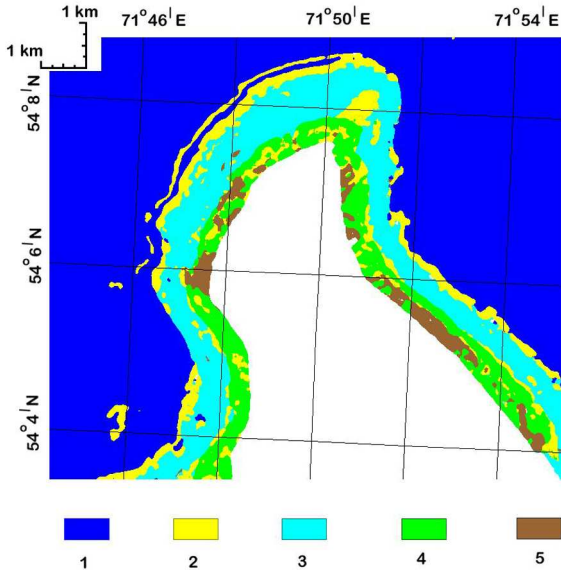


Рис. 61. Фрагмент классифицированного изображения озёр Салтаим и Тенис (прибрежная часть южнее пролива). Обозначения классов поверхности в тексте (по: Б.Ф. Свириденко с соавт., 2005)

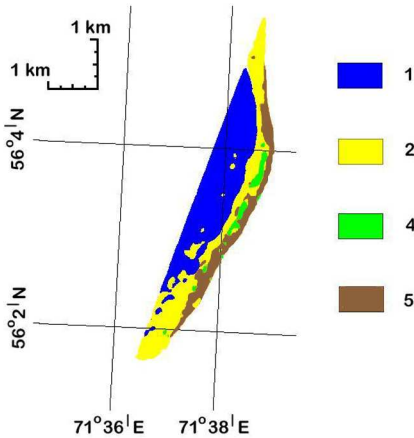


Рис. 62. Фрагмент классифицированного изображения оз. Ик (прибрежная восточная часть). Обозначения как на рис. 61 (по: Б.Ф. Свириденко с соавт., 2005)

Таблица 34

Результаты оценки погрешности процедуры классификации при определении площадей 2 и 3 классов поверхности участков озёр Салтаим и Тенис (по: Б.Ф. Свириденко с соавт., 2005)

Номер класса	Название класса	Погрешность классификации, %
2	Тростниковые группировки водного типа растительности	16,9
3	Тростниковые группировки болотного типа растительности	14,7

Относительная погрешность при классификации контуров тростниковой водной и тростниковой болотной растительности на основе программного пакета ENVI составляет не более 15–17 %.

Применение геоинформационного метода классификации поверхностей на кадрах спутникового изображения Ик-Салтаим-Тенисской системы позволило дифференцировать в пределах акваторий этих озёр 2 класса поверхности, занятых соответственно тростниковыми группировками водного типа растительности (гидрофильной субформацией) и тростниковыми группировками болотного типа растительности (гидрофильной субформацией).

Выполненная оценка эколого-динамического состояния озёр позволила уточнить современный размер их акваторий (табл. 35).

Таблица 35

Общая акватория и степень зарастания озёр Ик-Салтаим-Тенисской системы надводной растительностью (по: Б.Ф. Свириденко с соавт., 2005)

Озёра	Акватория, км <sup>2</sup>	Площадь надводной растительности, км <sup>2</sup>			Степень зарастания акватории, %
		всего	в том числе		
			водной	болотной	
Ик	74,35	5,85	5,85	-	7,7
Салтаим (без залива Челдак)	168,39	26,39	2,84	23,55	15,7
Челдак (залив)	43,64	41,77	1,68	40,09	95,7
Тенис	143,71	29,96	1,07	28,89	20,8

В результате дистанционного анализа растительного покрова озёр доказано также отсутствие заболоченных участков и тростниковых группировок болотного типа растительности по всей акватории оз. Ик, что подтверждает выявленную полевыми методами высокую сезонную



и многолетнюю динамику уровня этого озера в сравнении с более стабильными по многолетнему уровенному режиму озёрами Салтаим и Тенис.

Экологическое значение болотной растительности в озёрах Салтаим и Тенис очень велико. В первую очередь, важно наличие широкой (до 300–1000 м, а на отдельных участках и более 2000 м) полосы тростниковой сплавины (лабзы), которая является естественной преградой. Данная естественная фито-экологическая преграда ограничивает вмешательство человека в развитие Салтаим-Тенисской экосистемы. Залив Челдак в оз. Салтаим занят тростниковыми сообществами более чем на 95%, в том числе болотная тростниковая растительность занимает 92%.

Болотная растительность как труднопреодолимый барьер обеспечивает возможность существования на оз. Тенис самой северной на Западно-Сибирской равнине гнездящейся популяции кудрявого пеликана (*Pelecanus crispus*). Обширные тростниковые болота с торфяной залежью мощностью 0,5–1,5(2) м могли сформироваться в лесостепном климате не менее чем за несколько тысяч лет, поскольку скорость торфонакопления в лесостепных болотах Западной Сибири не превышает нескольких десятых долей миллиметра в год (Болота..., 1976). Важнейшим условием образования торфяника с развитой на нем болотной тростниковой растительностью является особый гидрологический режим озёр Салтаим и Тенис, для которых характерна относительно высокая естественная стабильность уровней. В многогодные фазы внутривековых и многовековых трансгрессивно-регрессивных циклов общей увлажнённости Западно-Сибирской равнины в этих озёрах не происходил существенный подъём уровня, так как излишки воды система отдавала в р. Оша. В маловодные фазы циклов эти озёра получали гарантированное количество воды по речкам-притокам с обширного, значительно залесённого водосбора, поэтому их уровень также существенно не снижался. Напротив, оз. Ик характеризуется повышенной динамикой уровня. Изменения глубины оз. Ик в течение трансгрессивно-регрессивных циклов происходили в широком диапазоне (1–3 м). В фазы максимального наполнения формировался сток из оз. Ик по р. Китерма в оз. Салтаим. Трансгрессивные фазы чередовались с фазами пересыхания, когда в обсохшей озёрной котловине сохранялся только узкий мелкий водоток. Со сменой фаз увлажнённости береговая линия смещалась внутри озёрной котловины на сотни и тысячи метров относительно современного положения, что не позволяло развиваться процессам заболачивания периферии оз. Ик.

В связи с усиливающимися попытками зарегулирования и управления уровнем озёр Ик, Салтаим и Тенис можно прогнозировать существенные нарушения сложившихся экосистем. Стабилизация высокого уровня оз. Ик приведёт к постепенному снижению рыбопродуктивности и расширению площади надводной растительности по периферии. В озёрах Салтаим и Тенис, обладающих обширными заболоченными бережьями, искусственное повышение уровня вызовет отрыв сплавины от дна. Увеличение глубины этих озёр усилит энергию волнового воздействия на сплавины со стороны открытой акватории, и произойдёт разрушение сплавины по внутреннему краю. Деграция сплавины будет сопровождаться дрейфом её фрагментов в открытую акваторию, что негативно отразится на условиях рыболовства. Именно такой процесс уже отмечен: в настоящее время происходит сокращение площади сплавин на юге оз. Тенис и дрейф фрагментов – «плавающих островов» различного размера в открытую акваторию при ветре северного и западного направлений. Деграция сплавин и общее сокращение экотопов, пригодных для гнездования пеликана, приведёт к исчезновению колонии вида на оз. Тенис.

В свою очередь, понижение уровня также вызовет деграцию сплавин вследствие увеличения скорости минерализации торфа. Более вероятным фактором разрушения торфяников станут пожары. Выгорание обсохшего верхнего слоя торфяников приведёт к негативным последствиям: резко сократится площадь защищённых экотопов для гнездования пеликана, усилится антропогенная нагрузка на озёра Салтаим и Тенис.

Другой пример изучения динамического состояния водных объектов на основе использования материалов спутниковой съёмки земной поверхности в сочетании с наземными геоботаническими методами был получен в Называевском р-не Омской обл., где фитоиндикационные данные использовались для дистанционной оценки масштабов трансгрессии заболоченных озёр (Свириденко, Дмитриев, 2007; Финиченко, Дмитриев, Свириденко, 2008, 2009).

Для южной части Западно-Сибирской равнины характерны циклические колебания увлажнённости, связанные с циклами солнечной активности. Такие смены климатических фаз оказывают огромное и разностороннее влияние на различные отрасли хозяйства региона. Особенно зависимо от них сельскохозяйственное производство, потому что от характера текущей фазы увлажнённости зависит урожайность зерновых и кормовых культур, состояние и продуктивность лугов, рост сорняков, площадь пахотнопригодных угодий, продуктивность животноводства, численность кровососущих насекомых и

заболеваемость населения туляремией (Максимов, Абашкин, 1976; Максимов, Понько, Сытин, 1979). Смена фаз увлажнённости Западно-Сибирской равнины и её хозяйственные последствия уже давно привлекают внимание исследователей, однако ранее это явление в силу значительных масштабов и отсутствия достаточного количества данных оказалось очень сложным для анализа (Панадиади, 1953; Максимов, Понько, Сытин, 1979). В современных условиях применение материалов дистанционного зондирования земной поверхности из космоса в сочетании с маркерами, полученными наземными методами, позволяет оперативно оценивать изменения площади и некоторые важные экологические параметры гидроморфных экосистем Западно-Сибирской равнины (Свириденко, Дмитриев, 2004; Свириденко с соавт., 2005; Свириденко, Дмитриев, Дмитриев, 2006).

Циклические изменения общей увлажнённости южной части Западно-Сибирской равнины отчётливо фиксируются по многолетним (внутривековым) колебаниям уровня равнинных озёр степной и лесостепной зон. Литораль местных водоёмов существует в условиях трансгрессивно-регрессивных циклов, имеющих различную временную протяжённость и амплитуду уровня (Шнитников, 1950, 1963, 1969, 1970, 1975). Каждый трансгрессивно-регрессивный цикл включает 3 основных положения уровня воды ( $H$ ): *I*.  $H = \max$ ; *II*.  $H = \text{med}$ ; *III*.  $H = \min$ ; причём к последнему положению также относится пересыхание многих мелководных водоёмов ( $H = 0$ ) (Дружинин, 1980). В ходе изменения уровня воды в озере последовательно замещаются основные динамические состояния литорали ( $I \rightarrow II \rightarrow III$ ). Состояние *I* (уровень и акватория максимальны) возникает в трансгрессивную фазу. Состояние *II* (уровень и акватория средние) наблюдается в первой половине регрессивной фазы. Состояние *III* (уровень и акватория минимальные) – характерны для второй половины регрессивной фазы (Свириденко, 2000, 2001 а, б). С началом нового трансгрессивно-регрессивного цикла, то есть с наступлением очередной трансгрессии увлажнённости территории, состояние *III* сменяется состоянием *I*, то есть происходит наполнение озёрных котловин до максимальных уровней и увеличение их акваторий. В условиях равнинного рельефа незначительное увеличение уровня озёр нередко сопровождается существенным увеличением акваторий, отчётливо различимым на спутниковых снимках.

В связи со значительным повышением увлажнённости отдельных районов Западно-Сибирской равнины в 2005–2007 гг. произошло наполнение многих озёрных котловин. В Называевском р-не Омской обл. современная трансгрессия имела столь значительную амплитуду, что

акватории озёр распространились не только на пограничные луговые экосистемы, но также заняли часть площади лесных биоценозов и агроценозов. Вокруг заболоченных депрессий, занятых в регрессивную фазу длительно формирующейся болотной растительностью (тростниковые и кустарниковые болота), возникли периферические акватории, на которых начала формироваться водная растительность, состоящая из несбалансированных группировок – проценозов. Эта особенность водной макрофитной растительности связана с высокой динамикой гидротопической среды. Неустойчивый уровенный режим, характерный для большинства местных водоёмов, является естественной причиной, вызывающей здесь формирование открытых группировок, или проценозов. Эти группировки в трансгрессивные фазы обычно занимают обширные периферические акватории озёр.

По данным В.Д. Александровой (1969, 1981), открытые растительные группировки известны во всех геоботанических областях и типах растительности. В большинстве случаев они представляют собой кратковременные образования инициальных стадий сукцессий или же наблюдаются в крайних экотопических условиях, где нередко составляют единственно возможную форму сосуществования видов. Отмечается, что ценотически неорганизованные группировки состоят из растений, между которыми ещё нет топических конкурентных отношений, представляющих важное системное качество фитоценозов. В условиях суши такие группировки характеризуются случайным систематическим составом, отсутствием сомкнутости в начале вегетации, слабым воздействием на среду, преобладанием эксплерентов и молодых особей в возрастных спектрах ценопопуляций (Василевич, 1985). В водоёмах, напротив, проценозы за 1–2 вегетационных сезона достигают высокого уровня сомкнутости. Они имеют значительную пространственную протяжённость, чётко отграничены как от стабильных гелофитных болотных фитоценозов, с которыми контактируют со стороны водоёмов, так и от наземных луговых или лесных фитоценозов, с которыми граничат со стороны суши. Поэтому гидрофмакрофитные проценозы хорошо выявляются на спутниковых снимках и могут служить индикаторами (маркерами) трансгрессивной фазы циклов увлажнения исследуемых территорий. Как известно, при классификации проценозов можно использовать доминирующие виды, оценивая их как эдификаторы или как характерные виды, то есть применение доминантного и флористического подходов при выделении растительных ассоциаций даёт сходные результаты (Василевич, 1985).

Для оценки масштабов современной трансгрессии озёр Называевского р-на были выбраны «северный» и «южный» модельные

участки, расположенные восточнее г. Называевска. Эти участки включали заболоченные озёра: «северное» – с координатами центра 51°31'16" с.ш. и 71°33'48" в.д., и «южное» – с координатами центра 51°29'03" с.ш. и 71°30'33" в.д., а также прилегающие части их водосборов. Наземными геоботаническими методами было установлено, что в этих озёрах растительные группировки сложены преимущественно гелофитами – гидрофильными и гидрогигрофильными видами, ассимиляционная поверхность которых возвышается над водой на высоту от 0,5 до 1,5 (2,5) м. Гелофитные проценозы образуют сомкнутый надводный ярус и существенно влияют на спектрально-яркостные характеристики изучаемой поверхности.

Эти группировки принадлежат к двум типам растительности: к типу водной (континентальноводной, гидромакрофитной) растительности и к типу болотной растительности. Вопрос дистанционного разделения растительных контуров, относящихся к двум данным типам, привлекает внимание исследователей в связи со спецификой гидрофильной растительности и её слабой изученностью во многих регионах. Значительный интерес представляют группировки, которые формируются на разных стадиях заболачивания водоёмов. В связи с большой пространственной протяжённостью современные гидрофильные и гидрогигрофильные ценозы имеют важное практическое и научное значение.

В целом ценотический состав растительности модельных озёр представлен приведённым ниже списком. Растительность центральных (статичных, стабильно обводнённых) частей заболоченных озёр формируют следующие формации (для эдификаторов в скобках указано проективное покрытие – ПП, %).

Тип 1. *Paludosa* – Болотная растительность.

Подтип 1. Мезо-евтрофная болотная растительность.

Класс 1. *Paludetosa herbosae* (*meso-eutrophicae*) – Травяные (мезо-евтрофные) болотные формации.

1. Субформация *Phragmiteta australis* (гигрофильная) распространена очень широко и является основной в заболоченной части изучаемых озёр. В составе формации отмечены 2 ассоциации.

1. Ассоциация *Phragmites australis* + *Scolochloa festucacea* – *Carex diandra* является переходной от водной растительности к болотной и встречается достаточно широко по периферии заболоченных депрессий. Основной ярус из *Phragmites australis* обычно негустой (ПП 10–30%), в нём также принимает участие *Scolochloa festucacea* (ПП 10–30%). В нижнем ярусе преобладает *Carex diandra* (ПП 10%). В воде нередко

присутствуют погружённые гидрофиты: *Utricularia vulgaris*, *Lemna trisulca* (рис. 63).

2. Ассоциация *Phragmites australis* – *Carex diandra* + *Thelypteris palustris* отмечена в центральной части озёр на поверхности тростниковых торфяников и грубом детрите. Ярус *Phragmites australis* негустой (ПП 10–40%). В нижнем ярусе преобладают *Carex diandra* (ПП 10%) и *Thelypteris palustris* (10–40%), встречаются *Carex pseudocyperus*, *C. lasiocarpa*, *Comarum palustre*, *Lycopus europaeus*, *Scutellaria galericulata*, *Stellaria crassifolia*, *Lythrum salicaria*.

2. Субформация *Typheta latifoliae* (гигрофильная) распространена умеренно по внутренней границе болотной растительности (по краям плёсов). В составе формации отмечена 1 ассоциация.

3. Ассоциация *Typha latifolia* – *Carex diandra* + *Comarum palustre* представлена в центре заболоченных озёр по периферии открытых плёсов. Верхний ярус образован *Typha latifolia* (ПП 20–40%). На поверхности тростникового торфа развит сплошной покров из *Carex diandra* (ПП 10–40%), *Comarum palustre* (ПП 10%) с участием *Thelypteris palustris*. В многоводные фазы в подобных фитоценозах обычны гидрофиты: *Lemna trisulca*, *Hydrocharis morsus-ranae*.

Класс 2. *Paludetosa fruticosae* – Кустарниковые (мезо-евтрофные) болотные формации.

3. Формация *Saliceta cinerea* (гигрофильная) распространена довольно широко, образуя внешний край болотной растительности. В составе формации отмечена 1 ассоциация.

4. Ассоциация *Salix cinerea* – *Carex riparia* + *Carex rostrata* + *Carex acuta* развита по окраинам болот. Верхний ярус из *Salix cinerea* (сомкнутость крон 0,3–0,4) включает подрост *Betula pubescens*, *Salix pentandra*. В травяном ярусе преобладают *Carex riparia* (ПП 30%), *C. acuta*, *C. rostrata* при участии гидатофитов: *Utricularia vulgaris*, *Lemna trisulca*.

В периферической (динамичной, вновь обводнённой) части заболоченных озёр основное значение в сложении растительного покрова имеют следующие формации.

Тип 2. *Hydromacrophytosa* – Водная (континентальноводная, гидромакрофитная) растительность.

Подтип 2. Пресноводная растительность.

Класс 3. *Nelophytetosa* – Гелофитные формации (надводная растительность).

4. Формация *Cariceta ripariae* является основной на обводнённых периферических участках озёр. Формация представлена следующей ацией.



Рис. 63. Фитоценоз *Phragmites australis* + *Scolochloa festucacea* – *Carex diandra* (класс поверхности 2)



Рис. 64. Фитоценоз *Carex riparia* + *Sparganium erectum* – *Utricularia vulgaris* + *Drepanocladus aduncus* (класс поверхности 3)

5. Ация *Carex riparia* + *Sparganium erectum* – *Utricularia vulgaris* + *Drepanocladus aduncus* встречается по окраинам обводнённых болот на участках с глубиной 0,1–0,4 м. В верхнем ярусе доминирует *Carex riparia* (ПП 30–90%) и *Sparganium erectum* (ПП 10%) при участии *Carex atherodes*, *Phragmites australis*, *Scolochloa festucacea*. В нижнем ярусе обычны *Utricularia vulgaris*, *Drepanocladus aduncus* (рис. 64).

5. Формация *Phragmiteta australis* (гидрофильная) распространена ограниченно в составе микрокомбинаций из разнотипных проценозов. В составе формации отмечены 2 ации.

6. Ация *Phragmites australis* – *Utricularia vulgaris* встречается ограниченно на вновь сформированных мелководьях в изобатном диапазоне 0,7–1,2 м. В первом ярусе доминирует *Phragmites australis* (ПП 20–40%). В ярусе свободноплавающих турионовых гидатофитов доминируют *Utricularia vulgaris* (ПП 10–20%), встречается *Lemna trisulca*.

7. Ация *Phragmites australis* – *Utricularia vulgaris* + *Drepanocladus aduncus* встречается ограниченно на вновь сформированных мелководьях в изобатном диапазоне 0,7–1,2 м. В первом ярусе доминирует *Phragmites australis* (ПП 20–40%), во втором – *Utricularia vulgaris* (ПП 10–20%) и *Drepanocladus aduncus* (ПП 10–20%).

6. Формация *Scolochloeta festucaceae* распространена довольно широко в составе гомогенной растительности или в микрокомбинациях разнотипных проценозов. В составе формации отмечена 1 ация.

8. Ация *Scolochloa festucacea* – *Utricularia vulgaris* встречается по периферии озёр. Обычно сообщества такого типа развиваются в многоводные годы при высоких уровнях трансгрессий на месте луговых сообществ. Изобатный диапазон местообитаний составляет 0,3–0,7 м. В травостое преобладает *Scolochloa festucacea* (ПП 20–40%). В ярусе свободноплавающих турионовых гидатофитов *Utricularia vulgaris* (ПП 10–20%).

7. Субформация *Typheta latifoliae* (гидрофильная) распространена довольно широко в составе гомогенной растительности или в микрокомбинациях разнотипных проценозов. В составе формации отмечена 1 ация.

9. Ация *Typha latifolia* – *Utricularia vulgaris* + *Lemna trisulca* + *Drepanocladus aduncus* встречается довольно широко по периферии озёр в диапазоне глубин 0,2–0,6 м. В первом ярусе доминирует *Typha latifolia* (ПП 20–30%), нижний ярус образуют свободноплавающие виды: *Utricularia vulgaris* (ПП 10–20%) и *Lemna trisulca* (ПП 30–80%), *Drepanocladus aduncus*.



Для дистанционного изучения модельных участков в работе было использовано изображение земной поверхности, полученное радиометром LISS-3 (Light and Infrared Satellite Sensor). Данный прибор установлен на спутниковой платформе IRS-1D (Indian Remote Sensing Satellite), запущенной 29 сентября 1996 г. ISRO (Indian Space Research Organization). Орбита околополярная солнечно-синхронная, высота в апогее – 821 км, в перигее – 737 км, наклонение орбиты –  $98,53^\circ$ , период обращения 100,56 минуты, локальное истинное солнечное время прихода в точку съёмки от 10 часов 30 минут до 10 часов 47 минут. Радиометр LISS-3 принимает сигнал по двум каналам. Канал № 1 (Red) соответствует видимому диапазону с длиной волны от 0,62 до 0,68 мкм. Канал № 2 (NIR) соответствует ближнему инфракрасному диапазону с длиной волны от 0,77 до 0,86 мкм. Пространственное разрешение на земной поверхности меняется от 21,2 до 23,5 м на один элемент (пиксель) изображения, в зависимости от текущей высоты спутника. Период повторяемости изображений составляет 25 дней для отдельных точек земной поверхности. Ширина кадра на земной поверхности меняется от 127 до 141 км, в зависимости от текущей высоты спутника. Динамический диапазон радиометра составляет 7 бит.

Использованное в работе изображение было получено 8 августа 2005 г. Время съёмки отстоит от истинного солнечного полдня на 1 час 18 минут, что является стандартным сдвигом для подобных кадров. Пространственное разрешение использованного кадра на земной поверхности после проведения геометрической коррекции составляло 23 м в пикселе. Дата съёмки была выбрана исходя из задачи исследования растительного покрова. Кадр был полностью безоблачным. Таким образом, искажающее влияние земной атмосферы может быть сведено только к избирательному поглощению в газах и аэрозолях. Влияние последнего минимизировано за счёт направленного выбора спектральных каналов (Сушкевич, 2006). Использованный кадр имел уровень обработки 1B (Level 1B). Это означает, что была выполнена радиометрическая и геометрическая коррекция изображения для устранения искажений по кадру, а также была произведена географическая привязка изображения, то есть каждой точке изображения были сопоставлены географические координаты (широта и долгота). Географическая привязка была выполнена в проекции UTM, зона N43, геоид WGS84 (Берлянт, 2001). Проекция UTM обеспечивает минимальные искажения формы и площадей наземных объектов, она удобна при автоматическом вычислении расстояний, площадей и периметров наземных объектов.

На рисунках 65 и 66 приведены фрагменты спутникового изображения для двух исследованных наземными методами заболоченных озёр. Фрагменты являются цветосинтезированными RGB изображениями, полученными с использованием двух каналов радиометра LISS-3 в комбинации 1–2–1. Для численной оценки площадей В.В. Дмитриевым был разработан алгоритм автоматической классификации и разделения земных покрытий (Свириденко, Дмитриев, 2007).

Выделялось 7 типов покрытий (классов поверхности):

1 – открытая водная поверхность в центре депрессий;  
 2 – болотные (травяные и кустарниковые) формации – на низких уровнях поверхности (в сочетании с открытой водной поверхностью и водными осоковыми, рогозовыми, тростянковыми и тростниковыми формациями в депрессиях), или луга закустаренные разнотравно-злаковые и проценозы наземные травяные (залежи) – на высоких уровнях поверхности (в сочетании с луговыми и лесными формациями на водоразделах);

3 – водные осоковые (*Carex riparia*), рогозовые, тростянковые и тростниковые формации на обводнённой периферии депрессий;

4 – пашни без растительного покрова;

5 – луговые (вейниковые, полынно-разнотравные, кострцовые, пырейные) формации;

6 – лесные (берёзовые, осиново-берёзовые) формации;

7 – лесные сосновые искусственные насаждения.

За основу был взят метод обучаемой классификации с использованием критерия максимального правдоподобия (Сухих, 2005). При этом делается достаточно естественное (для природных объектов) предположение, что классификационные характеристики выделяемых классов подчиняются нормальному (гауссову) распределению.

Далее для каждого элемента изображения рассчитывается вероятность принадлежности к каждому выделенному классу. В конечном итоге элемент изображения относится к тому классу, вероятность принадлежности к которому оказалась максимальной. Использованный дискриминантный критерий  $g_i(x)$  (критерий выбора) может быть записан в следующем виде:

$$g_i(x) = \ln(p(w_i)) - 1/2 \ln(|\Sigma_i|) - 1/2(x-m_i)^t \Sigma_i^{-1}(x-m_i),$$

где  $i$  – номер (индекс) класса,  $x$  –  $n$ -мерный вектор данных ( $n$  означает количество использованных каналов),  $p(w_i)$  – вероятность принадлежности вектора данных  $x$  к классу  $i$ ,  $|\Sigma_i|$  – определитель корреляционной матрицы для класса  $w_i$ ,  $\Sigma_i^{-1}$  – матрица обратная к  $|\Sigma_i|$ ,  $m_i$  – средний вектор данных для класса  $i$ .

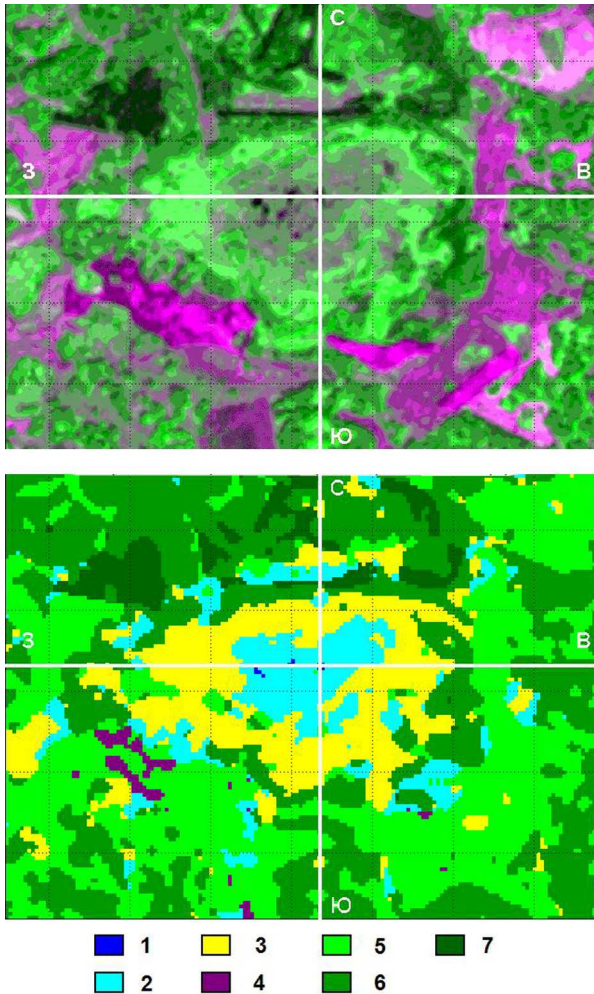


Рис. 65. Спутниковое изображение (вверху) и результаты автоматической классификации (внизу) модельного участка «северного» озера и прилегающих участков водосборного бассейна. Сетка из тёмных пунктирных линий проведена через 500 м. Обозначение классов поверхности в тексте (по: Б.Ф. Свириденко, В.В. Дмитриев, 2007)

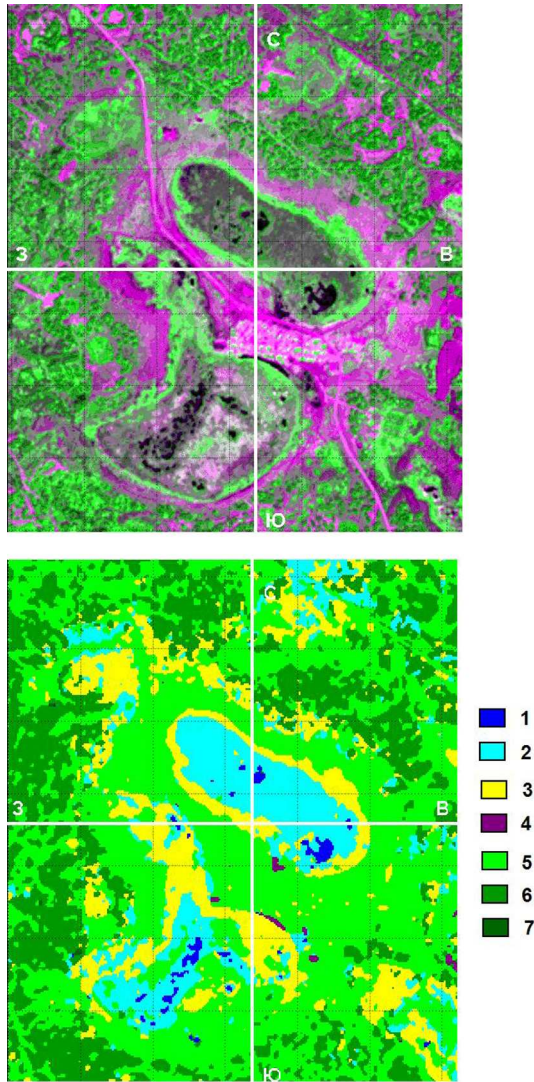


Рис. 66. Спутниковое изображение (вверху) и результаты автоматической классификации (внизу) модельного участка «южного» озера и прилегающих участков водосборного бассейна. Сетка из тёмных пунктирных линий проведена через 1000 м. Обозначение классов поверхности в тексте (по: Б.Ф. Свириденко, В.В. Дмитриев, 2007)

Поскольку разделяемые поверхности имеют близкие спектрально-яркостные характеристики, а количество используемых каналов невелико – всего два, для более уверенной классификации были созданы два дополнительных слоя: слой цифровой модели рельефа (ЦМР) и слой нормированного дифференциального вегетативного индекса (NDVI) (Сухих, 2005). Слой ЦМР был построен по данным миссии SRTM, выполненной на корабле Space Shuttle.

Пространственное разрешение исходной ЦМР составляло 90 м на земной поверхности, поэтому оригинальные данные были приведены к разрешению 23 м и конвертированы в избранную картографическую проекцию UTM для зоны N43. Относительно слоя ЦМР следует сделать следующее уточнение. По условиям его измерения определялась не высота местности по уровню почвы, а средняя высота поверхности (по квадратному участку со сторонами 90 м) с учётом высоты растительного покрова. Слой NDVI вычислялся с использованием стандартного выражения:

$$NDVI = (b_1 - b_2) / (b_1 + b_2),$$

где  $b_1$  и  $b_2$  – яркость точки в первом (Red) и втором (NIR) канале соответственно. Таким образом, в окончательном варианте классификация происходила по 4 слоям. Для «обучения» алгоритма на исходном изображении были выделены образцовые участки (до 7 на каждый класс), которые однозначно можно отнести к какому-либо из выделяемых классов (табл. 36).

Таблица 36

Оценка площадей по результатам классификации поверхностей «южного» и «северного» модельных участков (по: Б.Ф. Свириденко, В.В. Дмитриев, 2007)

Класс поверхности	«Южный» участок		«Северный» участок	
	Количество пикселей	Площадь поверхности, км <sup>2</sup>	Количество пикселей	Площадь поверхности, км <sup>2</sup>
1	622	0,33	80	0,04
2	10260	5,43	1738	0,92
3	12732	6,73	3015	1,59
4	150	0,08	168	0,09
5	42524	22,49	6648	3,52
6	21081	11,15	6890	3,64
7	37	0,02	781	0,41
Всего	87406	46,23	19320	10,21

Примечание. Классы поверхности: 1 – открытая водная поверхность; 2 – болотные (травяные и кустарниковые) формации – на низких уровнях

поверхности (в сочетании с открытой водной поверхностью и водными осоковыми, рогозовыми, тростянковыми и тростниковыми формациями в депрессиях), или луга закустаренные разнотравно-злаковые и проценозы наземные травяные (залежи) – на высоких уровнях поверхности (в сочетании с луговыми и лесными формациями на водоразделах); 3 – водные осоковые (*Carex riparia*), рогозовые, тростянковые и тростниковые формации на обводнённой периферии депрессий; 4 – пашни без растительного покрова; 5 – луговые (вейниковые, полынно-разнотравные, кострцовые, пырейные) формации; 6 – лесные (берёзовые, осиново-берёзовые) формации; 7 – лесные сосновые искусственные насаждения.

Для выявления различимости классов была произведена предварительная оценка и сравнение параметров  $g_i(x)$  для всех классов. Установлено, что при процедуре классификации сложнее всего различаются два типа поверхностей: 1 – открытая водная поверхность в центре депрессий; и 7 – лесные сосновые искусственные насаждения. Разработанный алгоритм классификации был применён к спутниковому изображению. Классифицированное изображение было подвергнуто процедуре генерализации в квадрате со стороной 3 пикселя (69 метров) по правилу максимума для повышения репрезентативности выделяемых классов. Окончательные результаты автоматической классификации приведены на рис. 65 (для «северного» озера) и рис. 66 (для «южного» озера).

Одной из задач являлась количественная оценка трансгрессии акваторий озёр по классифицированным изображениям методом сравнения площадей классов поверхности 2 и 3 (табл. 37).

Таблица 37

Результаты оценки трансгрессии акваторий модельных заболоченных озёр в 2005 г. (по: Б.Ф. Свириденко, В.В. Дмитриев, 2007)

Класс поверхности	«южное» озеро		«северное» озеро	
	Площадь, км <sup>2</sup>	Доля акватории от площади контуров класса 2, %	Площадь, км <sup>2</sup>	Доля акватории от площади контуров класса 2, %
2	2,46	100	0,91	100
3	1,08	44,0	0,74	81,6
Всего	3,54	144,0	1,65	181,6

Для оценки погрешности вычисления прироста площадей озёр (класс поверхности 3) выделенные в автоматической классификации контуры были дополнительно проверены наземными методами. Относительная погрешность вычисления площади при автоматической

классификации по классу поверхности 3 для «северного» озера составила 14,7%, для «южного» – 19,2%. Средняя относительная погрешность составила 17%.

По данным, приведённым в таблицах 36 и 37, видно, что трансгрессия акватории «северного» озера более значительна и составила 81,6%. С учётом относительной погрешности классификации диапазон прироста акватории варьирует от 69,6% до 93,6%. В абсолютных числах трансгрессия составляет  $0,74 \pm 0,11 \text{ км}^2$  к исходной акватории, равной  $0,91 \text{ км}^2$ . Увеличение акватории «южного» озера составило 44%. С учётом относительной погрешности классификации диапазон роста акватории равен от 35,5% до 52,4%. Абсолютное увеличение акватории достигло  $1,08 \pm 0,21 \text{ км}^2$  к исходной площади, равной  $2,46 \text{ км}^2$ .

Анализ распределения площадей в целом по полным тестовым фрагментам спутникового изображения поверхности (модельным участкам) показал, что для «северного» фрагмента (модельного участка) увеличение акваторий составило  $1,59 \pm 0,27 \text{ км}^2$  к исходной акватории  $0,92 \text{ км}^2$ . Исходная площадь обводнённых территорий до начала трансгрессии составляла 9,0% от площади кадра. В 2005 г. акватория занимала уже 24,6% площади кадра, то есть прирост составил 15,6% площади кадра. С учётом относительной погрешности классификации диапазон прироста акватории составляет 13,3–17,9%.

Для «южного» фрагмента (модельного участка) при протекающей трансгрессии акваторией было занято  $6,74 \pm 1,29 \text{ км}^2$  суши при исходной акватории  $5,43 \text{ км}^2$ . Исходная площадь акваторий до начала трансгрессии составляла 11,7%. Вследствие трансгрессии обводнённая территория стала занимать 26,3% площади кадра, то есть прирост акватории составил 14,6%. С учётом относительной погрешности классификации диапазон прироста акваторий достигает 11,8–17,3%.

Доли участков суши, занятых трансгрессирующими водоёмами, совпадают для «северного» и «южного» модельных участков, что позволяет считать надёжной количественную оценку масштабов трансгрессии заболоченных озёр Западно-Сибирской равнины, исследованных дистанционными и фитоиндикационными методами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обеспечение благоприятного состояния среды поверхностных водных объектов относится к числу приоритетных направлений экологических исследований и природоохранной деятельности, тесно связанных с устойчивым развитием общества. Значение природных и искусственных водных объектов Западно-Сибирской равнины чрезвычайно велико для сохранения биологического разнообразия и рационального использования биологических ресурсов этого обширного, хозяйственно важного региона Российской Федерации, для поддержания оптимальных экологических условий жизни населения, обеспечения высокого качества питьевой воды, в рекреационном отношении. Отмечаемое усиление процессов негативного изменения состояния водных объектов, связанное с хозяйственной деятельностью, требует совершенствования системы мониторинга в целях своевременного выявления и устранения факторов, способных вызвать катастрофические нарушения гидросистем. Антропогенное воздействие охватывает все элементы ландшафтов Западно-Сибирской равнины, в том числе и водные объекты: реки, озёра, болота и многие другие, в том числе искусственные водоёмы. В оценке качества среды и антропогенных изменений водных экосистем наряду с прямым определением их абиотических параметров физико-химическими методами всё большее значение приобретают методы биоиндикации. Прямое исследование абиотических параметров позволяет количественно оценить состав водной среды, её состояние и неблагоприятные изменения, но получить по ним полную характеристику среды не всегда возможно, так как реакция гидробионтов остаётся не выявленной. Новейшие антропогенные воздействия на водные объекты отличаются структурной сложностью, поэтому даже детальный физико-химический контроль многочисленных абиотических параметров не охватывает полностью все существенные экологические факторы, которые способны вызвать необратимые нарушения гидросистем, особенно при их комплексном воздействии. Методы биоиндикации в сочетании с прямыми методами изучения физико-химических параметров среды позволяют эффективно, надёжно и объективно оценивать состояние водных объектов.

Точность и объективность биоиндикации обеспечивается постоянным совершенствованием методик этого направления экологических исследований, переходом биоиндикационных методик на новый этап количественной биоэкологии, требующий выражать



экологическую толерантность индикаторных видов в стандартных единицах измерения факторов среды.

В гидроэкологии в целом широко внедрены методы фитоиндикации состояния водной среды, основанные преимущественно на сведениях о составе и экологической толерантности микроводорослей. В то же время всё шире используются для целей фитоиндикации макроскопические фотоавтотрофные организмы – гидромакрофиты.

Гидромакрофиты являются стабилизирующими компонентами водных экосистем, поскольку они образуют многолетние фитоценозы, формирующие и поддерживающие в водных объектах определённое состояние среды, обеспечивая тем самым возможность существования других групп гидробионтов. Гидромакрофиты, в отличие от микроводорослей, обладают комплексом анатомических, морфологических, физиологических, экологических адаптаций, определяющих их стабильное выживание при существенно более широких по амплитуде колебаниях факторов среды, происходящих как в течение сезонов одного года, так и в многолетнем плане. Гидромакрофитные ценозы адаптированы к режиму, который сформировался за предшествующие продолжительные временные интервалы. Этот режим выражается определёнными диапазонами изменений факторов среды, присущих каждому типу водных объектов. Эта особенность позволяет применять сведения о таксономическом составе гидромакрофитов, о составе и структуре фитоценозов для комплексной оценки состояния водных объектов. Сообщества гидромакрофитов (фитоценозы и проценозы), а также гиперфитоценотические единицы растительного покрова (микро- и мезокомбинации) отчётливо выделяются в пространстве. Высокая степень визуализации гидромакрофитной растительности, особенно её гелофитных и плейстофитных ценозов, способствует обследованию этого компонента водных объектов не только при использовании стандартных наземных полевых методов, но также и дистанционно на основе аэро- и космоснимков.

В настоящей монографии поставлена цель дополнить существующий фонд методик биоиндикации состояния водных объектов новой информацией об индикационных характеристиках гидромакрофитов, в число которых на Западно-Сибирской равнине наряду с гидрофильными и гидрогигрофильными сосудистыми растениями (*Magnoliophyta*, *Polypodiophyta*, *Equisetophyta*) входят многие виды мхов (*Bryophyta*) и макроскопических водорослей из различных систематических отделов (*Chlorophyta*, *Xanthophyta*,

*Charophyta, Rhodophyta*). Важной задачей являлось также обобщение количественных сведений о толерантности видов-индикаторов к ведущим факторам водной среды на основе опубликованных научных материалов. В числе таких приоритетных факторов рассматривались трофность и сапробность водной среды. Биоиндикация водных объектов в настоящее время основана, главным образом, на оценке их сапробности и трофности. Комплексная трофо-сапробная оценка в значительной степени определяет биоэкологический статус водных объектов.

В ходе полевых исследований получены первичные количественные данные об отношении видов гидромакрофитов к ведущим факторам водной среды: минерализации, общей жёсткости, активной реакции, условиям аллювиальности экотопов. Изучены парциальная флора гидромакрофитов региона и растительность водных объектов на ценотическом и гиперценотическом уровнях (альфа-, бета- и гамма-разнообразии), реакция растительного покрова на комплексное изменение водной среды в ходе смены динамических состояний водных экосистем, связанных с трансгрессивно-регрессивными циклами общей увлажнённости Западно-Сибирской равнины. В монографии приведён список гидромакрофитов, включающий с учётом потенциальных 327 видов, которые могут быть использованы в целях фитоиндикации состояния водных объектов Западно-Сибирской равнины. Отмечено, что распределение видов из разных систематических групп по ботанико-географическим зонам Западно-Сибирской равнины заметно различается. Общее видовое разнообразие известных в регионе гидромакрофитов возрастает от степной ботанико-географической зоны к лесостепной и далее к лесной зоне, затем снижается к лесотундровой и тундровой зонам. Отчётливо выявляется различие ботанико-географических зон по таксономической структуре флоры гидромакрофитов. В степной зоне флора гидромакрофитов является харово-цветковой, в лесостепной зоне – харово-мохово-цветковой, в лесной – мохово-цветковой с повышенным участием зелёных водорослей, в лесотундровой – мохово-цветковой, в тундровой – цветково-моховой. В связи с этими зональными различиями индикаторная ценность представителей систематических групп гидромакрофитов также изменяется на разных зональных участках Западно-Сибирской равнины.

Биоразнообразие гидромакрофитов, выраженное числом и составом видов (альфа-разнообразие), используется для экологического анализа и индикации качества среды водного объекта. Необходимо учитывать все таксономические группы гидромакрофитов, не ограничивая исследования искусственно, например, только

сосудистыми гидрофитами. Распределение видового состава по отделам является существенной характеристикой, позволяющей выявить широтно-зональные различия водных объектов.

Современные индикаторные системы объединяют виды, толерантные к широкому диапазону изменений показателя природной среды. Поэтому в ходе анализа принято выделять экологические группы по отношению к факторам среды и выстраивать эти группы в порядке возрастания их толерантности к соответствующему фактору. Это позволяет построить линии трендов, которые выражают распределение индикаторных видов водного объекта. Для объективной оценки экологического состояния водного объекта в монографии предложено представлять процентное соотношение групп индикаторных организмов по ведущим экологическим параметрам среды. Соотношение числа видов разных групп индикаторных организмов является характерным для определённого типа водного объекта, для его гидробиологического статуса.

На основе оригинальных данных и литературных материалов для всех видов списка гидромакрофитов Западно-Сибирской равнины в монографии предложены предварительные (рабочие) варианты распределения индивидуальных валентностей по группам трофности, сапробности, аллювиальности, указаны в форме количественных границ верхние предельные значения минерализации и общей жёсткости воды как показатели толерантности к этим параметрам среды, приведены диапазоны выносливости видов к величине активной реакции воды (рН-толерантность).

Алгоритм оценки трофности водных объектов рассмотрен на примере материалов, полученных при изучении гидромакрофитов озёр Барабинской равнины в Новосибирской обл. (степная зона) и водных объектов долины р. Глубокий Сабун в Ханты-Мансийском автономном округе (лесная зона). На основании значений индивидуальных валентностей и индикаторного веса видов по группам трофности подсчитаны значения средневзвешенных валентностей в целом для этих групп модельных водных объектов. По значениям средневзвешенных валентностей двух сравниваемых групп водных объектов построены линии трендов трофности. Эти материалы позволяют оценивать модельные водные объекты степного участка Западно-Сибирской равнины (озёра Барабинской равнины) как евтрофно-мезотрофные. Модельные водные объекты лесного участка Западно-Сибирской равнины (водоёмы долины р. Глубокий Сабун) по фитоиндикационной оценке определённо относятся к мезотрофно-олиготрофным.

Оценка уровня сапробности водных объектов по информации о видовом составе гидромакрофитов основана на традиционной в гидроэкологии методике использования индивидуальных валентностей видов по группам сапробности (ксено-, олиго-, бета-мезо-, альфа-мезо- и полисапробной) и индикаторного веса видов. Искомый показатель – средневзвешенная сапробная валентность сообщества гидромакрофитов (и сапробность среды) рассчитывается по формуле, которая включает также относительную численность видов. При этом доминанты получают более высокое индикаторное значение. Таким образом, при учёте численности видов оценка сапробности по данной методике строится в основном на доминирующих видах, то есть на основе данных о бета-разнообразии. Редкие и малочисленные виды сообщества в этом случае слабо влияют на значение средневзвешенной сапробной валентности. В отдельных случаях при рекогносцировочной оценке возможен также расчёт средневзвешенной сапробной валентности только по индивидуальным валентностям видов и их индикаторному весу без учёта количественного развития видов, то есть на основе альфа-разнообразия. Приведён алгоритм оценки сапробности на примере водных объектов долины р. Глубокий Сабун (Ханты-Мансийский автономный округ) и озёр Ик-Салтаим-Тенисской озёрно-речной системы (Омская обл.) Распределение значений средневзвешенных сапробных валентностей по группам сапробности для этих водных объектов представлено в виде линий трендов. Согласно выполненной оценке, бета-мезо-олигосапробные водные объекты долины р. Глубокий Сабун существенно отличаются пониженной сапробностью от типично бета-мезосапробных озёр Ик и Салтаим.

Алгоритм оценки аллювиальности местообитаний рассмотрен на примере трёх модельных участков рек Западно-Сибирской равнины: р. Таз в Ямало-Ненецком автономном округе, р. Обь в Ханты-Мансийском автономном округе, и р. Иртыш в Омской обл. Отмечено, что на уровне альфа-разнообразия использование индикаторных свойств гидромакрофитов по отношению к фактору аллювиальности неэффективно. Индикаторное значение гидромакрофитов-аллювиофилов проявляется только в том случае, если они получают преимущество перед аллювиофобами в условиях действия фактора аллювиальности, формируя специфические сообщества в гидрозотопах с повышенной аллювиальностью. То есть индикаторные свойства аллювиофилов существенны преимущественно на уровне бета-разнообразия (разнообразия фитоценозов). Для трёх сравниваемых модельных участков рек Таз, Обь и Иртыш построены линии трендов, отражающие распределение значений средневзвешенных валентностей

видов-аллювиофилов – эдификаторов формаций по группам аллювиальности. Фитоиндикационная оценка режима аллювиальности показала, что на модельных участках р. Таз и р. Иртыш степень аллювиальности умеренная (соответствует среднеаллювиальным и сильноаллювиальным условиям). На модельном участке р. Обь поддерживается очень высокая или высокая степень аллювиальности (соответствует резкоаллювиальным и сильноаллювиальным условиям). Отмечено, что в северных районах (р. Таз) акватории с сильноаллювиальными условиями становятся непригодными для заселения гидромакрофитами в связи с комплексным влиянием группы факторов, которые приближаются к пороговым значениям (кроме аллювиальности негативно влияет низкая летняя температура воды, бедность биогенными элементами, короткий вегетационный период, слабая обеспеченность световой энергией).

Алгоритмы определения минерализации и общей жёсткости воды на основе индикаторных свойств гидромакрофитов рассмотрены на примере модельных водных объектов системы оз. Чаны и группы модельных озёр южной окраины Западно-Сибирской равнины. По каждой группе водных объектов были составлены списки видов гидромакрофитов, для которых указана галотолерантность в форме верхних предельных значений минерализации. Соответственно формируются данные для фитоиндикации общей жёсткости воды. Оценку минерализации и жёсткости воды на модельных участках предложено выполнять по наименьшим из всех приведённых верхних предельных значений минерализации (или жёсткости) в списке индикаторных видов каждого исследуемого водоёма (группы водных объектов, участка акватории). Отмечено, что виды гидромакрофитов, имеющие наименьшую толерантность к минерализации и общей жёсткости воды, выполняют основную индикаторную роль по отношению к этим факторам. Данная методика оценки минерализации и общей жёсткости предполагает полное выявление видового состава гидромакрофитов исследуемого водного объекта. В число значимых для фитоиндикационных целей входит в большинстве случаев только один-два вида для каждого водного объекта. При неполном флористическом обследовании и отсутствии таких значимых видов в списках точность оценки минерализации и общей жёсткости воды фитоиндикационным методом существенно снижается. Следует учитывать также, что данная методика основана на относительно ограниченной базе фактических данных о толерантности гидромакрофитов к этим факторам, поэтому развитие количественной экологии водных растений позволит в дальнейшем выполнить необходимые уточнения.

Основываясь на прямолинейной положительной зависимости общей жёсткости воды от минерализации, возможно также расчётным способом оценить величину жёсткости воды модельных водных объектов по предложенным уравнениям регрессии.

Тип динамики показателя активной реакции воды определяется методом фитоиндикации по толерантности видов гидромакрофитов к режиму этого показателя среды, поскольку за длительный период времени в водной экосистеме происходит подбор видов, толерантных к определённому типу гидрохимического режима. Расчёт вероятных изменений значений рН в гидроэкотопе предлагается проводить по максимальному совпадению диапазонов толерантности видов гидромакрофитов к величине активной реакции среды. На примере оз. Чаны рассмотрен алгоритм оценки режима рН. Построена таблица диапазонов толерантности к активной реакции воды для видов, обнаруженных на пяти модельных участках. По максимальному совпадению диапазонов толерантности к активной реакции среды всех видов каждого модельного участка установлены наиболее вероятные диапазоны изменений рН воды на этих участках.

В целях разработки методики дистанционного исследования водных объектов по их растительному покрову было изучено современное эколого-динамическое состояние крупных озёр Омской обл.: Ик, Салтаим, Тенис. Применение геоинформационной методики классификации поверхностей на кадрах спутникового изображения Ик-Салтаим-Тенисской озёрно-речной системы позволило дифференцировать в пределах их акваторий два класса поверхностей, занятых соответственно тростниковыми группировками водного типа растительности и тростниковыми группировками болотного типа растительности, которые имеют определённое пространственное положение в мезокомбинациях растительного покрова, отражающих гамма-разнообразие системы. На основе применения дистанционных и фитоиндикационных методик доказано отсутствие заболоченных акваторий и тростниковых группировок болотного типа растительности в оз. Ик, что подтверждает выявленную полевыми методами высокую сезонную и многолетнюю динамику уровня режима этого озера в сравнении с озёрами Салтаим и Тенис, где широко распространены тростниковые ценозы болотного типа растительности.

На примере модельных заболоченных озёр Омской обл. приведён алгоритм использования материалов спутниковой съёмки земной поверхности для оценки масштабов трансгрессии водных объектов. Для дистанционной оценки масштабов внутривековой трансгрессии заболоченных озёр предложено использовать информацию о

расширении площади фитоценозов индикаторного вида *Carex riparia*, занимающих определённое положение в мезокомбинациях растительного покрова и отчётливо дешифрируемых на космических снимках. Для модельных озёр была выявлена трансгрессия акваторий, протекавшая в регионе в 2004–2005 гг. В ходе этой внутривековой трансгрессии акватории увеличились на 44–82%, что обусловило чрезмерное обводнение прилегающих пахотных земель, гибель естественных берёзово-осиновых лесов и искусственных сосновых насаждений 40–50-летнего возраста.

Таким образом, детальные исследования растительного покрова гидроэкосистем на уровне альфа-разнообразия важны для точного выявления методами фитоиндикации количественно характеризуемых параметров водной среды – минерализации, общей жёсткости, активной реакции (рН). Большое значение они имеют также для оценки таких качественно выражаемых характеристик, как сапробность и трофность водного объекта. Аллювиальность гидроэкотопов более объективно выявляется на основе информации о бета-разнообразии гидромакрофитной растительности. Дистанционные методы исследования состояния водных объектов основаны преимущественно на информации о гамма-разнообразии растительного компонента гидроморфных экосистем. Гиперфитоценоотические элементы растительного покрова, фитоценоотический состав и пространственная структура микро- и мезокомбинаций содержат ценную информацию об эколого-динамическом состоянии водных объектов Западно-Сибирской равнины.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абакумов В.А., Максимов В.Н., Ганьшина Л.А. Экологические модуляции как показатель изменения качества воды // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям: Тр. Всесоюз. конф. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – С. 117–136.

Абрамова А.Л., Савич-Любичкая Л.И., Смирнова З.И. Определитель листостебельных мхов Арктики СССР. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1961. – 714 с.

Айвазян С.А., Бажаева З.И., Староверов О.В. Классификация многомерных наблюдений. – М.: Статистика, 1974. – 240 с.

Аладин Н.В. О смещении барьера критической солёности в Каспийском и Аральском морях на примере жаброногих и ракушковых ракообразных // Зоол. журн. – 1983. – Т. 62. Вып. 5. – С. 689–694.

Александрова В.Д. Классификация растительности. Обзор принципов классификации и классификационных систем в разных геоботанических школах. – Л.: Наука, 1969. – 275 с.

Александрова В.Д. Открытые растительные группировки полярной пустыни острова Земля Александры (Земля Франца-Иосифа) и их классификация // Ботан. журн. – 1981. – Т. 66. № 5. – С. 636–649.

Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.

Алёкин О.А., Семёнов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 268 с.

Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 152 с.

Алимов А.Ф. Разнообразие, сложность, стабильность, выносливость экологических систем // Журн. общ. биол. – 1994. – Т. 55. № 3. – С. 285–302.

Аристотель. Метафизика. – М.–Л.: Соцэкгиз, 1934. – 347 с.

Бабушкин А.Г., Московченко Д.В., Пикунов С.В. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. – Новосибирск: Наука, 2007. – 152 с.

Барина С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей – индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 364 с.

Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель Авив: Pilies Studio, 2006. – 498 с.

Березина Н.А., Куликова Г.Г., Лисс О.Л., Предтеченский А.В., Скобеева Е.И., Тюремнов С.Н. Типология, районирование и пути



классификации растительного покрова болот центральной части Западно-Сибирской низменности // Типы болот СССР и принципы их классификации. – Л.: Наука, 1974. – С. 174–181.

Берлянт А.М. Картография: Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2001. – 336 с.

Биоиндикация: теория, методы, приложения. / Под ред. Г.С. Розенберга. – Тольятти: Изд-во Интер-Волга, 1994. – 266 с.

Бобров А.А., Киприянова Л.М., Чемерис Е.В. Сообщества макроскопических зелёных нитчатых и желтозелёных сифоновых водорослей (Cladophoretea) некоторых регионов России // Растительность России. – 2005. – № 7. – С. 50–58.

Богдановская-Гиенэф И.Д. Водная растительность СССР // Ботан. журн. – 1974. – Т. 59. № 12. – С. 1728–1733.

Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. / Под ред. К.Е. Иванова и С.М. Новикова. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 448 с.

Бончук А.Н. Зигнемовые водоросли (Zygnematales) в перифитоне заболоченных водоёмов Большеземельской тундры // Новости систематики низших растений. – СПб.: СПбГУ, 2005. – Т. 39. – С. 32–36.

Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоёмов. – Л.: Наука, 1983. – 150 с.

Бурдыко П.И. Харовые водоросли и некоторые особенности их экологии в водоёмах Белоруссии // Харовые водоросли и их использование в исследовании биологических процессов клетки: Материалы Всесоюз. симпозиума по изучению харовых водорослей. – Вильнюс: Изд-во Института ботан. АН Лит. ССР, 1973. – С. 60–66.

Василевич В.И. О методах классификации растительности // Ботан. журн. – 1985. – Т. 70. № 12. – С. 1596–1604.

Верниченко А.А. Обобщение гидрохимических и гидробиологических данных при осуществлении экологического мониторинга качества вод // Проблемы экологии Прибайкалья: Тез. докл. к 3 Всесоюз. науч. конф., г. Иркутск, 5–10 сентября 1988 г. – Иркутск: ВГБО АН СССР, 1988. – Ч. 2. – С. 10.

Вильгельм Я. Дополнение к изучению харовых водорослей СССР // Изв. Главн. ботан. сада СССР. – 1930. – Т. 29. Вып. 5–6. – С. 582–596.

Винберг Г.Г. Первичная продукция водоёмов. – Минск: Изд-во АН БССР, 1960. – 329 с.

Виноградова К.Л. К систематике порядка Ulvales (Chlorophyta) // Ботан. журн. – 1969. – Т. 54. № 9. – С. 1347–1354.

Виноградова К.Л. О систематическом положении и филогенезе порядка Siphonocladales (Chlorophyta) // Ботан. журн. – 1972. – Т. 57. № 10. – С. 1232–1239.

Виноградова К.Л. Ульвовые водоросли (Chlorophyta) морей СССР. – Л.: Наука, 1974. – 166 с.

Виноградова К.Л. Класс улотриковые (Ulotrichophyceae). Класс сифоновые (Siphonophyceae) // Жизнь растений. – М.: Просвещение, 1977. – Т. 3. – С. 281–308.

Виноградова К.Л. Определитель водорослей дальневосточных морей СССР. Зелёные водоросли. – Л.: Наука, 1979. – 148 с.

Виноградова К.Л. Современные классификации зелёных водорослей (Chlorophyta) и опыт построения их филогенетической системы // Ботан. журн. – 1982. – Т. 67. № 12. – С. 1600–1601.

Водный кодекс Российской Федерации. Принят Государственной Думой 18 октября 1995 г. [Электронный ресурс] URL: [http://www.medinfo.ru/ecolog/ek3\\_shtm](http://www.medinfo.ru/ecolog/ek3_shtm).

Воронихин Н.Н. Растительный мир континентальных водоёмов. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1953. – 410 с.

Воронихин Н.Н., Красноперова Л.А. Зигнемовые водоросли Боровского заповедника (Кокчетавская область) // Новости систематики низших растений. – Л.: Наука, 1970. – Т. 7. – С. 46–63.

Воронов А.Г. О бореальных элементах во флоре средней части Кустанайской области // Учёные записки МГУ. География. – М.: МГУ, 1954. – Вып. 170. – С. 121–158.

Воронов А.Г. Ключевые болота Кустанайской области как убежища бореальных элементов флоры // Биогеографические очерки Кустанайской области. – М.: МГУ, 1964. – С. 87–105.

Воронов А.Г. Геоботаника. – М.: Высшая школа, 1973. – 348 с.

Воронов А.Г., Скрябина А.А. Типы водоёмов Кустанайской области и некоторые особенности их растительности // Биогеографические очерки Кустанайской области. – М.: МГУ, 1964. – С. 61–86.

Вылцан Н.Ф. Прибрежно-водная растительность пойменных водоёмов среднего течения р. Оби (Томская область) // Вопросы биологии. – Томск: ТГУ, 1980. – С. 76–83.

Вынаев Г.В. О понятии «флора» и задачах науки о флоре // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. – Л.: Наука, 1987. – С. 28–30.

Габки Т.Л., Свириденко Б.Ф. Флора и растительность озера Ик (Крутинский район Омской области) // Естественные науки и экология. Ежегодник. – Омск: ОмГПУ, 2004. – Вып. 8. Кн. 1. – С. 88–95.

Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физико-географическое районирование СССР. Азиатская часть. – М.: Высшая школа, 1987. – 447 с.

Генкель А.А. Водная и болотная флора б. Курганского округа Западно-Сибирской лесостепи // Учёные записки Пермского университета. – Пермь: ПГУ, 1935. – Т. 1. Вып. 4. – С. 3–30.

Гигевич Г.С., Власов Б.П., Вынаев Г.В. Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана. – Минск: Изд. центр БГУ, 2001. – 231 с.

Голлербах М.М. Современное состояние изученности флоры харовых водорослей СССР // Советская ботаника. – 1940. – № 3. – С. 77–86.

Голлербах М.М. Систематический список харовых водорослей, обнаруженных в пределах СССР по 1935 г. включительно // Тр. БИН АН СССР. Споровые растения. – М.–Л.: Наука, 1950. – Серия 11. Вып. 5. – С. 20–94.

Голлербах М.М. Полянский В.И. Пресноводные водоросли и их изучение // Определитель пресноводных водорослей СССР. Общая часть. – М.: Наука. – 1951. – Вып. 1. – 200 с.

Голлербах М.М., Сдобникова Н.В. Зелёные водоросли: Сифонокладовые // Определитель пресноводных водорослей СССР. Зелёные, красные и бурые водоросли. – Л.: Наука, 1980. – Вып. 13. – С. 7–152.

Голлербах М.М., Красавина Л.К. Определитель пресноводных водорослей СССР. Харовые водоросли – Charophyta. – Л.: Наука, 1983. – Вып. 14. – 190 с.

Горленко В.М., Дубинина Г.А., Кузнецов С.И. Экология водных организмов. – М.: Наука, 1977. – 288 с.

ГОСТ 17.1.1.01-77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. – М.: Гос. ком. СССР по стандартам, 1977. – С. 23–32.

ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. – М.: Гос. ком. СССР по стандартам, 1977. – 18 с.

Дзюбан Н.А., Кузнецова С.П. О гидробиологическом контроле качества вод по зоопланктону // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям: Тр. Всесоюз. конф. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – С. 160–166.

Доброхотова К.В. Харовые водоросли в ценозах гидромакрофитов // Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва. – М., 1953. – Т. 5. – С. 258–263.

Доброхотова К.В., Ролдугин И.И., Доброхотова О.В. Водные растения. – Алма-Ата: Изд-во Кайнар, 1982. – 191 с.

Долгов Г.И., Никитинский Я.Я. Гидробиологические методы // Стандартные методы исследования питьевых и сточных вод. – М.: Мосполиграф, 1927. – С. 142–217.

Дружинин Г.В. Основные закономерности строения берегов озёр Северного Казахстана. – Л.: Наука, 1980. – 136 с.

Дурников Д.А. Роль и значение гидрофильного компонента в общей структуре растительного покрова юга Западной Сибири // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. – Барнаул: АГУ, 2002. – Вып. 8. – С. 80–83.

Дурников Д.А. Экобиоморфологическая структура гидрофильной флоры озёр Кулундинской степи // Флора и растительность Алтая: Тр. Южно-Сибирского ботан. сада. – Барнаул: АГУ, 2003 а. – Т. 8. Вып. 1. – С. 184–189.

Дурников Д.А. Структура парциальных флор водоёмов равнинной части юга Западной Сибири // Флора и растительность Алтая: Тр. Южно-Сибирского ботан. сада. – Барнаул: АГУ, 2003 б. – Т. 8. Вып. 1. – С. 176–183.

Дурников Д.А. Сравнение гидрофильных флор равнинной части юга Западной Сибири по историко-географическим связям // Гидрофильный компонент в сравнительной флористике бореальной Евразии. – Рыбинск: ОАО Рыбинский Дом печати, 2005. – С. 11–36.

Дьячков А.В. О необходимости создания универсальной классификации качества вод // Гидробиол. журн. – 1984. – Т. 20. № 3. – С. 43–45

Евженко К.С. Флора и растительность водных объектов долины р. Тара (Омская область) // Вестник ТГУ. – Томск: ТГУ, 2010. – С. 153–157.

Ермолаев В.И. Планктонные фитоценозы озера Чаны // Экология озера Чаны. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 76–88.

Ермолаев В.И. Фитопланктон водоёмов бассейна озера Сартлан. – Новосибирск: Наука, 1989. – 98 с.

Ефремов А.Н., Свириденко Б.Ф. Биолого-экологические и анатомо-морфологические особенности организации системы побегов *Stratiotes aloides* L. (Hydrocharitaceae) // Естественные науки и экология. Ежегодник. – Омск: ОмГПУ, 2006. – Вып. 10. – С. 55–62.

Жаркова А.М. К изучению торфяников Боровской лесной дачи бывшего Кокчетавского уезда Акмолинской области // Изв. Зап.-Сиб. географ. об-ва. – Омск: ОмГПИ, 1930. – С. 121–131.

Жаркова А.М. О возрасте торфяников Северного Казахстана // Учёные записки Омского педагогического института. – Омск: ОмГПИ, 1967. – Вып. 24. – С. 58–63.

Жаркова А.М. Сфагновые мхи Боровской лесной дачи (Северный Казахстан) // Вопросы биологии. – Омск: ОмГПИ, 1974. – Вып. 79. – С. 30–35.

Жукинский В.Н., Оксийок О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. Критерии комплексной оценки качества поверхностных пресных вод // Самоочищение и биоиндикация загрязнённых вод. – М.: Наука, 1980. – С. 57–63.

Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1984. – 424 с.

Зарубина Е.Ю., Дурников Д.А. Флора солёных озёр Кулундинской равнины (юг Западной Сибири) // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 2. – С. 341–351.

Зауэр Л.М. Зелёные водоросли: Сифоновые // Определитель пресноводных водорослей СССР. – Л.: Наука, 1980. – Т. 13. – С. 90–152.

Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины. Северная и центральная части. – Томск: ТГУ, 1976. – 344 с.

Зернов С.А. Общая гидробиология. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – 447 с.

Игнатов М.С., Афонина О.М. Список мхов территории бывшего СССР // Arctoa. Бриол. журн. – 1992. – Т. 1(1–2). – С. 1–86.

Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части европейской России. Т. 1. Sphagnaceae – Hedwigiaceae. – М.: Изд-во КМК, 2003. – 608 с.

Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части европейской России. Т. 2. Fontinalaceae – Amblystegiaceae. – М.: Изд-во КМК, 2004. – С. 609–944.

Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.

Израэль Ю.А., Абакумов В.А. Об экологическом состоянии поверхностных вод СССР и критериях экологического нормирования // Экологические модификации и критерии экологического нормирования. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 7–18.

Иоганзен Б.Г. Экология // Экология, биогеоценология и охрана природы. – Томск: ТГУ, 1979. – С. 5–95.

Каминский В.С. Состав и качество поверхностных вод: Понятие «качество» воды // Основы прогнозирования качества поверхностных вод. – М.: Наука, 1982. – С. 6–22.

Карпевич А.Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 432 с.

Карташёв А.Г. Биоиндикация экологического состояния окружающей среды. – Томск: Изд-во Водолей, 1999. – 192 с.

Катанская В.М. Растительность степных озёр Северного Казахстана и сопредельных с ним территорий // Озёра семиаридной зоны СССР. – Л.: Наука, 1970. – С. 92–135.

Катанская В.М. Водная растительность озёр равнинного Казахстана в связи с внутривековой изменчивостью их состояния // Озера Казахстана и Киргизии и их история. – Л.: Наука, 1975. – С. 216–228.

Катанская В.М. Растительность водохранилищ – охладителей тепловых электростанций Советского Союза. – Л.: Наука, 1979. – 279 с.

Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоёмов СССР. Методы изучения. – Л.: Наука, 1981. – 187 с.

Катанская В.М. Высшая водная растительность // Пульсирующее озеро Чаны. – Л.: Наука, 1982. – С. 216–234.

Катанская В.М. Высшая водная растительность озера Чаны // Экология озера Чаны. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 88–104.

Катанская В.М., Распопов И.М. Методы изучения высшей водной растительности // Руководство по методам гидробиологического анализа вод и донных отложений. – Л.: Наука, 1983. – С. 129–218.

Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений. Учебное пособие. – М.: Изд-во Логос, 2001. – 320 с.

Кемкин В.Н. Категория «состояние» в научном познании. М.: Наука, 1983 а. – 136 с.

Кемкин В.Н. Состояние // Философский энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1983 б. – С. 627–628.

Кимстач В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. – 48 с.

Киприянова Л.М. Современное состояние водной и прибрежно-водной растительности Чановской системы озёр // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 2. Т. 12 – С. 201–213.

Киприянова Л.М. Водная и прибрежно-водная растительность озёр Барабинской низменности и Кулундинской равнины (Западная Сибирь): синтаксономия и экология сообществ // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Материалы Всеросс. конф., г. Петрозаводск, 22–27 сентября 2008 г. – Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2008. – Ч. 5 – С. 137–139.

Киприянова Л.М. Разнообразие и экология сообществ харовых водорослей в равнинных озёрах юга Западной Сибири (Новосибирская область) // X съезд гидробиол. общества РАН, г. Владивосток, 28

сентября – 2 октября 2009 г. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – С. 184–185.

Коган Ш.И. Растительность озёр Ташаузской области // Изв. АН Туркменской ССР. – 1955. – №. 5. – С. 63–69.

Кокин К.А. Экология высших водных растений. – М.: МГУ, 1982. – 160 с.

Комаренко Л.Е., Васильева И.И. Пресноводные зелёные водоросли Якутии. – М.: Наука, 1978. – 284 с.

Комплексные оценки качества поверхностных вод / Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 139 с.

Константинов А.С. Общая гидробиология. – М.: Высшая школа, 1972. – 472 с.

Константинова Н.А., Потемкин А.Д., Шляков Р.Н. Список печёночников и антоцеротовых территории бывшего СССР // Арктоа. Бриол. журн. – 1992. – Т. 1 (1–2). – С. 87–127.

Королюк А.Ю., Киприянова Л.М. Растительные сообщества Центральной Барабы (район озера Чаны) // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 2. – С. 193–200.

Корчагин А.А. Строение растительных сообществ // Полевая геоботаника. – Л.: Наука, 1976. – Т. 5. – 320 с.

Красилов В.А. Метаэкология. Закономерности развития природных и духовных систем. – М.: Палеонтологический институт РАН, 1997. – 208 с.

Криволуцкий Д.А. Биоиндикация в системе наук о состоянии окружающей человека среды // Проблемы экологии: Первое учредит. совещ. академий наук соц. стран по проблеме «Экология», Суздаль. – Петрозаводск: Изд-во Карелия, 1990. – С. 42–69.

Криволуцкий Д.А., Степанов А.М., Тихомиров Ф.А., Фёдоров Е.А. Экологическое нормирование на примере радиоактивного и химического загрязнения экосистем // Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. – М.: Наука, 1988. – С. 4–16.

Кузнецов С.И. Микрофлора озёр и ее гидрохимическая деятельность. – Л.: Наука, 1970. – 440 с.

Кузьмина Е.Ю., Чернядьева И.В. Листостебельные мхи бассейна р. Сабун (среднее течение р. Обь, Западная Сибирь) // Новости систематики низших растений. – СПб.: Изд-во РАН, 2005. – Т. 38. – С. 340–356.

Лавренко Е.М. О некоторых основных задачах изучения географии и истории растительного покрова субаридных и аридных районов СССР // Ботан. журн. – 1965. – Т. 50. № 9. – С. 1260–1267.

- Лапшина Е.Д. Флора болот юго-востока Западной Сибири. – Томск: ТГУ, 2003. – 296 с.
- Лезин В.П. Озёра Центрального Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 188 с.
- Лисицина Л.И., Папченков В.Г. Флора водоёмов России. Определитель сосудистых растений. – М.: Наука, 2000. – 238 с.
- Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. – М.: МГУ, 2001. – 584 с.
- Лукина Л.Ф., Смирнова И.Н. Физиология высших водных растений. – Киев: Наукова думка, 1988. – 199 с.
- Лукинская А.Ф. Конспект флоры конъюгат (Streptophyta, Zygnematorphyceae) севера России // Новости систематики низших растений. – СПб: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – Т. 40. – С. 49–82.
- Макрофиты – индикаторы изменений природной среды / Под ред. С. Гейны, К. М. Сытник. – Киев: Наукова думка, 1993. – 434 с.
- Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. – Л.: Изд-во ЗИН АН СССР, 1974. – 60 с.
- Максимов А.А., Абашкин С.А. Климатические циклы Барабы // За науку в Сибири. – Новосибирск, 1976. – № 10. – 7 с.
- Максимов А.А., Понько В.А., Сытин А.Г. Смена фаз увлажнения Барабы (характеристика и прогноз). – Новосибирск: Наука, 1979. – 65 с.
- Мальшев Л.И. Современные подходы к количественному анализу и сравнению флор // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. – Л.: Наука, 1987. – С. 13–28.
- Мамонтов Ю.С. Материалы к изучению бриофлоры Омской области // Новости систематики низших растений. – СПб.: Изд-во РАН, 2006. – Т. 40. – С. 310–320.
- Мамонтов Ю.С. Флора моховидных Омской области. Автореф. дис.... канд. биол. наук. – Томск: ТГУ, 2007 а. – 18 с.
- Мамонтов Ю.С. Дополнения к флоре моховидных Омской области // Вестник ТГУ. – Томск: ТГУ, 2007 б. – № 305. – С. 122–126.
- Мамонтов Ю.С., Косачева Л.А., Переладова Ю.А., Пипченко Е.Н. Моховидные (Bryophyta) лесостепи Омской области // Омская биологическая школа. Ежегодник. – Омск: ОмГПУ, 2006. – Вып. 3. – С. 3–8.
- Мамонтов Ю.С., Косачёва Л.А., Свириденко Б.Ф. Бриофлора окрестностей посёлка Междуречье Тарского района Омской области //



Естественные науки и экология. – Омск: ОмГПУ, 2003. – Вып. 7. – С. 62–66.

Мамонтов Ю.С., Косачёва Л.А., Свириденко Б.Ф., Переладова Ю.А. Бриофлора Большереченского участка долины реки Иртыш в пределах Национального археологического и природного парка «Батаково» (Омская область) // Новое в археологии Среднего Прииртышья. – Омск: ОмГУ, 2007. – Вып. 4. – С. 134–145.

Масленникова В.В., Скорняков В.А. Картографирование качества поверхностных вод // Вестник МГУ. – 1993. – Серия биол. – № 2. – С. 50–57.

Мезенцев В. С., Карнацевич И. В. Увлажнённость Западно-Сибирской равнины. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 168 с.

Методические указания по разработке и научному обоснованию предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водоёмов. № 1296-75. – М.: Минздрав СССР, 1976. – 78 с.

Методические указания к экспериментальному изучению процессов трансформации химических веществ при их гигиеническом регламентировании в воде. № 2966-84. – М.: Минздрав СССР, 1984. – 24 с.

Методические указания по изучению мутагенной активности химических веществ при обосновании их ПДК в воде. № 4110-86. – М.: Минздрав СССР, 1986. – 23 с.

Методические указания по определению концентраций химических веществ в воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения: Сб. методических указаний. – М.: Информ.-изд. центр Минздрава России, 1997. – 112 с.

Методические указания по обоснованию гигиенических нормативов химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. МУ 2.1.5.720-98. – М.: Информ.-изд. центр Минздрава России 1998. – 44 с.

Методы биотестирования качества водной среды. / Под ред. О.Ф. Филенко. – М.: МГУ, 1989. – 124 с.

Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Толковый словарь современной фитоценологии. – М.: Наука, 1983. – 134 с.

Михайлов В.Н., Добровольский А.Д. Общая гидрология. – М.: Высшая школа, 1991. – 368 с.

Мульдьяров Е.Я. Определитель листостебельных мхов Томской области. – Томск: ТГУ, 1990. – 207 с.

Мячкова Н.А. Климат СССР. – М.: МГУ, 1983. – 192 с.

Мязметс А.А. Изменения высшей водной растительности // Антропогенное воздействие на малые озёра. – Л.: Наука, 1980. – С. 77–85.

Намзалов Б.-Ц.Б. Степи Южной Сибири. – Новосибирск–Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1994. – 308 с.

Науменко Ю.В. К изучению альгофлоры природного парка «Сибирские Увалы» // Биологические ресурсы и природопользование: Сб. науч. тр. – Сургут: Изд-во Дефис, 2006. – Вып. 9 – С. 159–175.

Никаноров А.М. Гидрохимия: учебное пособие. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 351 с.

Николаевский В.С. Биомониторинг, его значение и роль в системе экологического мониторинга и охране окружающей среды // Методологические и философские проблемы биологии. – Новосибирск: Наука, 1981. – С. 341–354.

Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология. – М.: СИНТЕГ, 2007. – 668 с.

Окуловская А.Г., Свириденко Б.Ф. Зигнемовые водоросли (*Zygnematales*) северных районов Западно-Сибирской равнины // Тр. ТГУ. Серия биологическая. Фундаментальные и прикладные аспекты современной биологии: Материалы первой Всеросс. молодёж. конф., посвящ. 125-летию биол. исследований в ТГУ, г. Томск, 6–9 октября 2010 г. – Томск: ТГУ, 2010. – Т. 275. – С. 64–66.

Определитель растений Новосибирской области / И.М. Красноров, М.Н. Ломоносова Д.Н. Шауло и др. – Новосибирск: Наука, Сибирское предприятие РАН, 2000. – 492 с.

Определитель растений Кемеровской области / И.М. Красноров, Э.Д. Крапивкина, М.Н. Ломоносова и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 477 с.

Определитель растений Ханты-Мансийского автономного округа / И.М. Красноров, Д.Н. Шауло, М.Н. Ломоносова и др. – Новосибирск–Екатеринбург: Изд-во Баско, 2006. – 304 с.

Панадиади А.Д. Барабинская низменность. – М.: Географгиз, 1953. – 231 с.

Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 287 с.

Петрова И.А. Высшая водная растительность озёр Южного Урала с различной степенью минерализации // Гидробиол. журн. – 1978. – Т. 14. Вып. 5. – С. 12–18.

Пинчук А.И. Большие Крутинские озёра. // Известия Омского отдела географического общества Союза ССР. – Омск, 1957. – Вып. 2 (9). – С. 132–133.

Покровская Т.Н. Устойчивость продукционно-функциональной организации макрофитных озёр и признаки её нарушения //

Макрофитные озёра и их евтрофирование. – М.: Наука, 1983. – С. 135–148.

Поляков П.П. Макрофлора // Справочник по водным ресурсам СССР. – Л.: Изд-во АН СССР, 1933. – Т. 13. Гл. 4. – С. 44–48.

Поляков П.П. К биологии водных растений степного Казахстана // Ботан. журн. – 1952. – Т. 2. №. 5. – С. 678–682.

Попова Т.Г. Основные черты распределения и состава водорослевого населения озёр Чаны и Яркуль в период многоводья 1947–1948 гг. // Водоросли, грибы и лишайники юга Сибири. – М.: Наука, 1980. – С. 3–45.

Поползин А.Г. Озёра юга Обь-Иртышского бассейна. – Новосибирск: Зап.-Сиб. книжное изд-во, 1967. – 351 с.

Попченко В.И. Фауна донных беспозвоночных высокогорных водоёмов Эльбруса // Научные основы оценки качества природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 72–95.

Потёмкин А.Д., Софронова Е.В. Печёночники и антоцеротовые России. – СПб. – Якутск: Изд-во Бостон-Спектр, 2009. – Т. 1. – 386 с.

Правила охраны поверхностных вод. – М.: Госкомитет СССР по охране природы, 1991. – 34 с.

Прокопьев Е.П. Экология растений (особи, виды, экогруппы, жизненные формы). – Томск: ТГУ, 2001. – 340 с.

Радкевич В.А. Экология. – Минск: Вышэйшая школа, 1998. – 159 с.

Разумовский О.С. Вариационные принципы как способ выражения связи состояний в физике // Современный детерминизм и наука. – Новосибирск: Наука, 1975. – Т. 1. – С. 293–319.

Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. – М.: Сельскохозяйственная литература, 1956. – 472 с.

Распопов И.М. Высшая водная растительность больших озёр Северо-Запада СССР. – Л.: Наука, 1985. – 198 с.

Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.

Руководство пользователя программного пакета ENVI (The Environment for Visualizing Images) v.3.4. – CD, Research System, Inc., Copyright ©, 2000.

Рундина Л.А. Зигнемовые водоросли России (Chlorophyta: Zygnematomycetes, Zygnematales). – СПб.: Наука, 1998. – 353 с.

Савич Л.И., Ладыженская К.И. Определитель печёночных мхов севера Европейской части СССР. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1936. – 309 с.

Савич-Любичская Л.И., Смирнова З.Н. Определитель сфагновых мхов СССР. – Л.: Наука, 1968. – 112 с.

Савич-Любичская Л.И., Смирнова З.Н. Определитель листостебельных мхов СССР. Верхоплодные мхи. – Л.: Наука, 1970. – 824 с.

Савкин В.М., Двуреченская С.Я., Сапрыкина Я.В., Марусин К.В. Основные гидролого-морфометрические и гидрохимические характеристики озера Чаны // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 2. – С. 183–192.

Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности. – М.: Изд-во НИИ–Природа, РЭФИА, 2004. – 220 с.

Садчиков А.П., М.А. Кудряшов. Гидробиотика: Прибрежно-водная растительность. – М.: Изд. центр Академия, 2005. – 240 с.

Салазкин А.А. Основные типы озёр гумидной зоны СССР и их биопродукционная характеристика // Изв. ГосНИОРХ. – 1976. – Т. 108. – 194 с.

СанПиН 2.1.5.980-00. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – М.: Минздрав России, 2000. – 24 с.

СанПиН 2.1.4.1074-01. Санитарные правила и нормы. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Минздрав России, 2002. – 103 с.

Сафонова Т.А. Харовые водоросли (Charophyta) в водоёмах Западной Сибири // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: Материалы Второй междунар. науч.-практич. конф., г. Барнаул, 23–25 августа 2003. – Барнаул: Изд-во АзБука, 2003. – С. 87–89.

Свириденко Б.Ф. Харовые водоросли – индикатор урановых вод // Ботан. журн. – 1993. – Т. 78. № 7. – С. 29–37.

Свириденко Б.Ф. Флора и растительность водоёмов Северного Казахстана. – Омск: ОмГПУ, 2000. – 196 с.

Свириденко Б.Ф. Эколого-динамическая типология литорали водоёмов Северного Казахстана в целях гидробиотаники // Современные проблемы географии и природопользования. – Барнаул: АГУ, 2001а. – Вып. 5–6. – С. 180–188.

Свириденко Б.Ф. Эколого-динамическая типология литорали как основа изучения фитоценозов водоёмов Северного Казахстана // География и природопользование в современном мире: Материалы

Междунар. конф., г. Барнаул, 10–12 мая 2001. – Барнаул: АГУ, 2001 б. – С. 134–135.

Свириденко Б.Ф. Ботанические аспекты изучения и сохранения экосистем крупных пресных и солоноватых озёр Центральной Азии // Природные условия, история и культура Западной Монголии и сопредельных регионов: Тез. докл. 6 Междунар. науч. конф., г. Ховд, Монголия, 18–22 сентября 2003 г. – Томск: ТГУ, 2003. – С. 110–111.

Свириденко Б.Ф., Дмитриев В.В. Растительность Ик-Салтаим-Тенисской озёрно-речной системы (Омская область) как индикатор многолетнего уровня режима озёр // Проблемы и перспективы мелиорации и водного хозяйства Западной Сибири в современных социально-экономических условиях: Материалы Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 75-летию факультета водохозяйственного строительства ОмГАУ, г. Омск, 2–3 декабря 2004 г. – Омск: ОмГАУ, 2004. – С. 20–24.

Свириденко Б.Ф., Дмитриев В.В. Изучение трансгрессии заболоченных водоёмов Называевского района Омской области (Западная Сибирь) по материалам фитоиндикации и спутниковой съёмки // Омская биологическая школа. Ежегодник. – Омск: ОмГПУ, 2007. – Вып. 4. – С. 14–23.

Свириденко Б.Ф., Дмитриев В.В., Дмитриев А.В. Возможности использования материалов космической съёмки для изучения водной и болотной растительности в озёрах Омской области (на примере Ик-Салтаим-Тенисской озёрно-речной системы) // Гидробиотаника 2005: Материалы 6 Всеросс. школы-конф. по водным макрофитам, г. Борок, 11–16 октября 2005 г. – Рыбинск: ОАО Рыбинский дом печати, 2006. – С. 167–180.

Свириденко Б.Ф., Дмитриев В.В., Дмитриев А.В., Габки Т.Л., Вурдова О.В. Оценка экологического состояния водоёмов Ик-Салтаим-Тенисской озерно-речной системы (Омская область) на основе флористико-геоботанических и геоинформационных методов // Омская биологическая школа. Ежегодник. – Омск: ОмГПУ, 2005. – Вып. 2. – С. 13–28.

Свириденко Б.Ф., Ефремов А.Н., Шипицина И.Н. Оценка экологического состояния некоторых водоёмов Тарского района Омской области на основе изучения флоры, ценотического состава и пространственной организации их растительного покрова // Омская биологическая школа. Ежегодник. – Омск: ОмГПУ, 2006. – Вып. 3. – С. 15–32.

Свириденко Б.Ф., Мамонтов Ю.С. Гидрофильные мхи Западно-Сибирской равнины. – Омск: Изд-во Амфора, 2010. – 134 с.

Свириденко Б.Ф., Окуловская А.Г. Материалы по флоре и экологии зигнемовых водорослей (*Zygnematales*) водных объектов в бассейнах рек Пур и Таз (Ямало-Ненецкий автономный округ) // Проблемы экологии. Чтения памяти профессора М.М. Кожова, г. Иркутск, 20–25 сентября 2010 г. – Иркутск: ИГУ, 2010. – С. 300.

Свириденко Б.Ф., Окуловская А.Г., Свириденко Т.В. Зигнемовые водоросли (*Zygnematales*) рекреационного водохранилища Сайма в городе Сургут // Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы: Материалы V Междунар. науч.-практич. конф., г. Ишим, 25–26 марта 2010 г. – Ишим: ИГПИ, 2010 а. – С. 253–256.

Свириденко Б.Ф., Окуловская А.Г., Свириденко Т.В. Материалы по зигнемовым водорослям (*Zygnematales*) Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области // Гидробиотаника 2010: Материалы I (VII) Междунар. конф. по водным макрофитам., п. Борок, 9–13 октября 2010 г. – Ярославль: Изд-во Принт-Хаус, 2010 б. – С. 267–270.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Харовые водоросли (*Charophyta*) во флоре Северо-Казахстанской и Кустанайской областей. – Алма-Ата, 1985. – Деп. в КазНИИНТИ 12.06. 85. – № 990 Ка-85 Деп. – 22 с.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Солевыносливость водных макрофитов Северного Казахстана. – Алма-Ата, 1986. – Деп. в КазНИИНТИ 17.02. 86. – № 1186. – 25 с.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Харовые водоросли (*Charophyta*) Северного Казахстана // Ботан. журн. – 1990. – Т. 75. № 4. – С. 564–570.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Новые находки харовых водорослей (*Charophyta*) в Северном Казахстане // Ботан. журн. – 1995. – Т. 80. № 9. – С. 111–116.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Жизненные формы харовых водорослей (*Charophyta*) Северного Казахстана // Вестник ОмГУ. – Омск: ОмГУ, 1997 а. – № 2(4). – С. 32–35.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Ценолитическое значение харовых водорослей (*Charophyta*) в Северном Казахстане // Состояние и перспективы развития Гербариев Сибири. – Томск: ТГУ, 1997 б. – С. 109–112.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Экология гидромакрофитов Северного Казахстана // Учёные зап. биол. ф-та ОмГПУ. – Омск: ОмГПУ, 1997 в. – Вып. 2. Ч. 2. – С. 82–109.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Харовые водоросли (*Charophyta*) Баянаульского национального парка (Республика

Казахстан) // Естественные науки и экология. Ежегодник. – Омск: ОмГПУ, 2004 а. – Вып. 8. Кн. 1. – С. 117–120.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Редкие растительные сообщества водоёмов Барабинской равнины (Новосибирская область) // Природное наследие России: Материалы Междунар. науч. конф. – Тольятти, 2004 б. – С. 244–245.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Макроскопические водоросли оз. Толбо-Нуур (Западная Монголия) // Природные условия, история и культура Западной Монголии и сопредельных регионов: Материалы VII Междунар. конф., г. Кызыл, 19-23 сентября 2005 г. – Кызыл, 2005 а. – С. 283–286.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Харовые водоросли (Charophyta) в Омской области // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: Материалы III Междунар. науч. конф., посвящ. 120-летию Гербария им. П.Н. Крылова Томского гос. ун-та, г. Томск, 16-18 ноября 2005 г. – Томск: ТГУ, 2005 б. – С. 185–186.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Флора и растительность водоёмов долины реки Глубокий Сабун // Биологические ресурсы и природопользование: Сб. науч. тр. – Сургут: Изд-во Дефис, 2006. – Вып. 9. – С. 109–144.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Растительный покров водоёмов долины реки Глубокий Сабун (Ханты-Мансийский автономный округ, природный парк «Сибирские Увалы») // Омская биологическая школа. Ежегодник. – Омск: ОмГПУ, 2007. – Вып. 4. – С. 24–38.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Фитогеографические особенности водных объектов долины реки Глубокий Сабун в Ханты-Мансийском автономном округе // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана. Лекции и материалы докладов Всеросс. школы-конф., Борок, 18–21 ноября 2008 г. – Ярославль: ООО Принтхауз, 2008 а. – С. 258–261.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Фототрофный компонент экосистемы водохранилища на реке Сайма (г. Сургут) // Северный регион: наука, образование, культура. – Сургут: СурГУ, 2008 б. – № 2 (18). – С. 89–99.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Фитомониторинг водных объектов природного парка «Сибирские Увалы» // Человек и Север: Антропология, археология, экология: Материалы Всеросс. конф., г. Тюмень, 24-26 марта 2009 г. – Тюмень: Изд-во Института проблем освоения Севера СО РАН, 2009 а. – Вып. 1. – С. 271–275.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Итоги изучения растительного покрова водных объектов долины реки Глубокий Сабун в пределах природного парка «Сибирские Увалы» // Эколого-географические исследования восточной части Сибирских увалов: Сб. науч. статей. – Нижневартовск: НГГУ, 2009 б – Вып. 4. – С. 62–83.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Макроскопические водоросли Западно-Сибирской равнины: учебное пособие по определению и изучению макроскопических водорослей. – Омск: Изд-во Амфора, 2009 в. – 90 с.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В. Макроскопические водоросли Западно-Сибирской равнины: учебное пособие. – Сургут: Изд. центр СурГУ, 2010. – 90 с.

Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В., Окуловская А.Г. Материалы по зигнемовым водорослям (*Zygnematales*) северных районов Западно-Сибирской равнины (Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа) // Сб. науч. тр. биол. ф-та СурГУ. – Сургут: Изд. центр СурГУ, 2010. – С. 10–20.

Свириденко Т.В., Свириденко Б.Ф. Особенности начальной стадии развития фототрофного компонента экосистемы водохранилища в урбанизированной среде (на примере водохранилища Сайма в г. Сургут Ханты-Мансийского автономного округа) // Урбоэкосистемы: Проблемы и перспективы: Материалы 4 Междунар. науч.-практич. конф., г. Ишим, 19–20 марта 2009 г. – Ишим: Тюменский изд. дом, 2009 а. – С. 37–41.

Свириденко Т.В., Свириденко Б.Ф. Гербарные материалы харовых водорослей (*Charophyta*) лаборатории гидроморфных экосистем НИИ природопользования и экологии Севера Сургутского государственного университета // Биологические ресурсы и природопользование: Сб. научн. тр. – Сургут: Изд-во Дефис, 2009 б. – Вып. 11. – С. 64–100.

Свириденко Т.В., Свириденко Б.Ф. Зональное распределение харовых водорослей (*Charophyta*) на Западно-Сибирской равнине // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: Матер. IV Междунар. науч. конф., посвящ. 125-летию Гербария им. П.Н. Крылова ТГУ и 160-летию со дня рожд. П.Н. Крылова, г. Томск, 1–3 ноября 2010 г. – Томск: ТГУ, 2010 а. – С. 310–312.

Свириденко Т.В., Свириденко Б.Ф. Особенности зонального распределения харовых водорослей (*Charophyta*) на Западно-Сибирской равнине // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Всеросс. науч.-практич. конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию со дня рожд. проф. Э.А.Штиной, г. Киров, 11–15 октября 2010 г. – Киров: Вятская ГСХА, 2010 б. – С. 255–260.



Свириденко Т.В., Токарь О.Е., Евженко К.С., Ефремов А.Н., Свириденко Б.Ф. Новые местонахождения харовых водорослей (Charophyta) на Западно-Сибирской равнине // Экология и природопользование в Югре: Материалы науч.-практич. конф. – Сургут: СурГУ, 2009. – С. 99–100.

Свириденко Б.Ф., Юрлов А.К. Гиперценотическая организация растительности озёр Барабинской равнины (Новосибирская область) // Естественные науки и экология. Ежегодник. – Омск: ОмГПУ, 2005. – Вып. 9. – С. 48–57.

Седельников В.П. Ценотическая структура высокогорной флоры Алтае-Саянской горной области // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. – Л.: Наука, 1987. – С. 128–134.

Сёмкин Б.И. Теоретико-графовые методы в сравнительной флористике // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. – Л.: Наука, 1987. – С. 149–163.

Симанов А. Л. Понятие «состояние» как философская категория. – Новосибирск: Наука, 1982. – 128 с.

Советский энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1982. – 1600 с.

Соколов В.Е., Чернов Ю.И., Решетников Ю.С. Национальная программа России по сохранению биоразнообразия // Биоразнообразие: Степень таксономической изученности: Всесоюзн. совещ., Москва, 1991. – М.: Наука, 1994. – С. 4–12.

Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 392 с.

Сухих В.В. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 412 с.

Сушкевич Т.А. Математические модели переноса излучения. – М.: БИНОМ, 2006. – 661 с.

Таран Г.С. Водная растительность (Lemnetaea, Potametea) поймы р. Оби (в пределах Александровского района Томской области) // Растительность России. – 2008. – № 12. – С. 68–75.

Таран Г.С., Казановский С.Г., Мульдьяров Е.Я. Бриофлора Вах-Тымского отрезка Оби в пространстве растительных сообществ // Биологические ресурсы и природопользование. – Сургут: Изд-во Дефис, 2006. – Вып. 9. – С. 80–108.

Таубаев Т.Т. Флора и растительность водоёмов Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1970. – 492 с.

Титов И.А. Взаимодействие растительных сообществ и условий среды. – М.: Советская наука, 1952. – 470 с.

Токарь О. Е. Флора, растительность и фитоиндикация состояния водных экотопов реки Ишим и пойменных озёр в пределах Тюменской области. – Ишим: ИГПИ, 2006. – 208 с.

Токарь О.Е., Свириденко Б.Ф. Состав и структура макрофитной растительности реки Ишим (в пределах Тюменской области) // Естественные науки и экология. Ежегодник. – Омск: ОмГПУ, 2003. – Вып. 7. – 208 с.

Толмачёв А.И. Введение в географию растений. – Л.: ЛГУ, 1974. – 244 с.

Топачевский А.В., Масюк Н.П. Пресноводные водоросли Украинской ССР. – Киев: Наукова думка, 1984. – 334 с.

Уварова В.И. Современное качество воды р. Оби в пределах Тюменской области // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2000. – Вып. 1. – С. 18–26.

Унифицированные методы исследования качества вод. – Ч. 3. Методы биологического анализа вод. – М.: Изд-во СЭВ, 1977. – 175 с.

Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» / Принят Государственной Думой 20 декабря 2001 г., одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 г. – 31 с.

Федченко Б.А. Высшие растения // Жизнь пресных вод. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – Т. 2. – С. 311–338.

Фёдоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. – М.: МГУ, 1980. – 464 с.

Филенко О.Ф. Взаимосвязь биотестирования с нормированием и токсикологическим контролем загрязнения водоёмов // Водные ресурсы. – 1985. – № 3. – С. 130–134.

Финиченко Е.Н., Дмитриев В.В., Свириденко Б.Ф. Изучение спектрально-яркостных характеристик водно-болотной растительности для отслеживания трансгрессии заболоченных водоёмов // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс–14–2008: 14 Междунар. науч.-практич. конф., г. Томск, 6–8 октября 2008. – Омск–Томск: САН-ВШ, В-Спектр, 2008. – С. 31–34.

Финиченко Е.Н., Дмитриев В.В., Свириденко Б.Ф. Метод спутниковой фитоиндикации для исследования трансгрессии водоёмов Западной Сибири // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Сб. науч. статей. – М.: Институт космических исследований РАН, 2009. – Т. 2. № 6. – С. 466–473.

Флора Сибири. – Новосибирск: Наука, 1988–2003. – ТТ. 1–14.

Форш Т.Б. Гидрохимическая характеристика озёр Северного Казахстана в связи с условиями их существования // Озёра полуаридной зоны. – М.–Л.: Наука, 1963. – С. 75–117.

Хлебович В.В. Критическая солёность биологических процессов. – Л.: Наука, 1974. – 236 с.

Цвелёв Н.Н. *Althenia* Petit. – новый для флоры СССР род водных растений // Ботан. журн. – 1975. – Т. 60. № 3. – С. 389–392.

Чернядьева И.В. Род *Hygrohypnum* (Amblystegiaceae, Musci) в России // Агстоа. Бриол. журн. – 2003. – Т. 12. – С. 25–58.

Шанцер Е.В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит // Тр. института геол. наук АН СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – Геол. серия – Вып. 135. – 274 с.

Шаркинене И.Б., Трайнаускайте И.Ю. Экология харовых водорослей Литовской ССР // Харовые водоросли и их использование в исследовании биологических процессов клетки: Материалы к Всесоюз. симпоз. по изучению харовых водорослей. – Вильнюс: Изд-во Института ботан. АН Лит. ССР, 1973. – С. 104–118.

Шенников А.П. Экология растений. – М.: Советская наука, 1950. – 375 с.

Шехов А.Г. Воздействие осолонения на гидромакрофиты кубанских лиманов // Экология. – 1974. – № 5. – С. 62–67.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

Шишкина Л.А. Гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 288 с.

Шляков Р.Н. Печёночные мхи Севера СССР. – Л.: Наука, 1976. – Т. 1. – 91 с.

Шляков Р.Н. Печёночные мхи Севера СССР. – Л.: Наука, 1976, 1979–1982. – ТТ. 1–5.

Шмидт В.М. Количественные показатели в сравнительной флористике // Ботан. журн. – 1974. – Т. 59. № 7. – С. 929–940.

Шнитников А.В. Внутривековые колебания уровня степных озёр Северного Казахстана и Западной Сибири и их зависимость от колебаний климата // Тр. Лаборатории озероведения АН СССР. – Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – Т. 1. – 129 с.

Шнитников А.В. Озёра Западной Азии – индикаторы колебаний общей увлажнённости их бассейнов // Озёра полуаридной зоны. – Л.: Наука, 1963. – С. 4–74.

Шнитников А.В. Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажнённости. – Л.: Наука, 1969. – 244 с.

Шнитников А.В. Влияние внутривековой изменчивости увлажнённости бассейнов озёр на развитие их депрессий // Озёра семиаридной зоны СССР. – Л.: Наука, 1970. – С. 5–19.

Шнитников А.В. Из истории озёр Северного Казахстана // Озёра Казахстана и Киргизии и их история. – Л.: Наука, 1975. – С. 5–27.

Шуйский В.Ф., Евдокимов И.И., Михнин А.Е., Белов М.М. Количественная оценка многофакторного воздействия на сообщества макрозообентоса // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1995. – Вып. 314. – С. 87–100.

Шуйский В.Ф., Максимова Т.В., Петров Д.С. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений // Экология и развитие Северо-Запада России: Сб. науч. докл. VII Междунар. конф., СПб., 2–7 августа. 2002 г. – СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2002. – С. 432–451.

Шумилова Л.В. Ботаническая география Сибири. – Томск: ТГУ, 1962. – 440 с.

Юрлова Н.И., Водяницкая С.Н. Многолетние изменения видового состава и численности лёгочных моллюсков (Gastropoda, Pulmonata) в озере Чаны (юг Западной Сибири) // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 2. – С. 255–266.

Юрцев Б.А. Координация исследовательских программ разной интенсивности как подход к комплексному изучению биосферы // Изв. АН СССР. – 1975. – Серия биол. – № 4. – С. 618–623.

Юрцев Б.А. Флора как природная система // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1982. – Т. 87. – Вып. 4. – С. 3–22.

Юрцев Б.А. Флора как базовое понятие флористики: содержание понятия, подходы к изучению // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. – Л.: Наука, 1987. – С. 13–28.

Юрцев Б.А., Камелин Р.В. Очерк системы основных понятий флористики // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. – Л.: Наука, 1987. – С. 242–266.

Юрцев Б.А., Сёмкин Б.И. Изучение конкретных и парциальных флор с помощью математических методов // Ботан. журн. – 1980. – Т. 65. № 12. – С. 1706–1718.

Ядрёнкина Е.Н., Интересова Е.А., Ядрёнкин А.В., Хакимов Р.М. К вопросу о пространственной дифференциации популяций карповых рыб озера Чаны (Западная Сибирь). Особенности изменчивости остеометрических признаков речной и озёрной групп язя *Leuciscus idus* и плотвы *Rutilus rutilus* (сем. *Cyprinidae*) // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 2. – С. 293–304.

Boedeker Ch. Phylogenetic, taxonomic and biogeographical studies in the Phitophoraceae (Cladophorales, Chlorophyta). – Leiden: Woehrmann Print Servise, 2010 – 223 p.

Braun A., Nordstedt O. Fragmente einer Monographie der Characeen. – Berlin, 1882. – T. 1–7. – 211 S.

Charophytes of the Baltic Sea / Edited by Y. Schubert, I. Blindow. – Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G., 2003. – 330 p.

Corillion R. Les Charophycées de France et d' Europe occidentale // Bull. Soc. sci. Bretagne, 1957. – № 32. – 499 p.

Corillion R. Flore des Charophytes (Characées) du Massif armoricain et des contrées voisines d' Europe occidentale // Flore et végétation du Massif Armoricain. Paris: Jouve Editeurs, 1975. – T. IV. – 216 p.

Czernyadjeva I.V. Moss flora of Yamal Peninsula (West Siberian Arctic) // Arctoa. Бриол. журн. – 2001. – Vol. 10. – P. 121–150.

Damsholt K. Illustrated Flora of Nordic Liverworts and Hornworts. – Lund: Nord. Bryol. Soc., 2002. – 840 p.

Dell'Uomo A. Use of algae for monitoring rivers in Italy: current situation and perspectives // Use of algae for monitoring rivers: Agence de l'Eau Artois-Picardie Press, Douai Cedex, 1999. – Vol. III. – P. 165–179.

Dierssen K. Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes. – Bryophytorum Bibliotheca. – Berlin – Stuttgart: Cramer, 2001. Bd. 56. – 289 p.

Dubois A. Observations sur la morphologie et la biologie des formes naines de *Lamprothamnium papulosum* J. Groves. (Characées) // Naturalia Monspeliensia, ser. Bot. – 1968. – № 19. – P. 37–41.

Gessner F. Hydrobotanik. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1955. – Bd. 1. – 517 S.

Gessner F. Hydrobotanik. – Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1959. – Bd. 2. – 701 S.

Guerlesquin M. Systématique et biogéographie du genre *Lamprothamnium* (Characées). Caractéristique des biotopes aquatiques saumâtres // Revue des sciences de l'eau. – 1992. – № 5(3). – P. 415–430.

Guerlesquin M., Podlejski V. Characées et végétaux submergés et flottants associés dans quelques milieux Camarguais // Naturalia Monspeliensia, ser. Bot. – 1980. – № 36. – P. 1–20.

Hill M.O., Preston C.D., Bosanquet S.D.S., Roy D.B. BRYOATT: Attributes of British and Irish Mosses, Liverworts and Hornworts. With Information on Native Status, Size, Life Form, Life History, Geography and Habitat // Norwich: Saxon Print Group, 2007. – 88 p.

Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. Бриол. журн. – 2006. – Vol. 15. – P. 1–130.

Kock U.V. Fließgewässer – Makrophyten als Bioindikatoren der Wasserqualität des Flieth-Bache (Dübener-Heide) // *Limnologia*. – 1981. – Bd. 13. № 2. – S. 501–510.

Kolkwitz R., Marsson M. Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna // *Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin*. – 1902. – H. 1. – S. 33–72.

Konstantinova N.A., Bakalin V.A. Check-list of liverworts (Marchantiophyta) of Russia // *Арктоа. Бриол. журн.* – 2009. – Vol. 18. – P. 1–63.

Krassilov V.A. Ecosystem and ecosystem evolution. – Sophia–Moscow: Pensoft Publ., 1996. – 172 p.

Krassilov V.A. Terrestrial palaeoecology and global changes. – Sophia–Moscow: Pensoft Publ, 2003. – 464 p.

Krause W. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Charales (Charophyceae). – Jena; Stuttgart; Lübek; Ulm: G. Fischer, 1997. – Bd.18. – 202 S.

Langangen A., Sviridenko B.F. Chara baueri A. Br., a charophyte with a disjunct distribution // *Cryptogamie, Algologie*. – Parish, 1995. – № 16 (2). – P. 125–132.

Lindstrøm E.-A., Brettum P., Mjelde M., Johansen S.W. Freshwater vegetation in Norway. Tolerance limits to acidification and effects of liming. – Oslo: Norwegian Institute for Water Research. – 2004. – № 4821. – 125 p.

Migula W. Characeae Rossicae ex herbario Horti Petropolitani. – *Тр. Императорского СПб. ботан. сада. – СПб.*, 1904. – Т. 23. Вып. 3. – С. 535–539.

Nyholm E. Illustrated Moss flora of Fenoscandia. II. Musci. – Lund Sweden, 1954. – P. 250–695

Olsen S. Danish Charophyta. Chorological, ecological, and biological investigations. – København: I Kommission Hos Ejnar Munksgaard, 1944. – 244 p.

Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und Darstellung der Ergebnisse // *Gas- und Wasserwach*, 1955. – Bd. 96. – № 8. S. 1–604.

Penning W.E., Dudley B., Mjelde M., Hellsten S., Hanganu J., Kolada A., van den Berg M., Poikane S., Phillips G., Willby N., Ecke F. Using aquatic macrophyte community indices to define the ecological status of European lakes // *Aquatic Ecology*. – 2008. – № 42. – P. 253–264.

Sládeček V. The future of the saprobity system // *Hydrobiologia*. – 1965. – V. 18. –P. 518–537.

Sladeček V. System of water qualification from the biological point of view // Archiv für Hydrobiologie. Beiheft Ergebnisse der Limnologie. – 1973. – Bd. 7. – S. 1–218.

Schaumburg J., Schranz Ch., Foerster J., Gutowski A., Hofmann G., Meilinger P., Schneider S., Schmedtje U. Ecological classification of macrophytes and phytobenthos for rivers in Germany according to the Water Framework Directive // Limnologica. – 2004. – № 34, P. 283–301.

Schneider S., Melzer A. The trophic index of macrophytes (*TIM*) – a new tool for indicating the trophic state of running waters // International Review of Hydrology. – 2003. – № 88(1). – P. 49–67.

Sviridenko B.F., Sviridenko T.V. Distribution and ecology of Charophyta in the Northern Kazakhstan // Abstracts the III International Symposium on Extant and Fossil Charophytes, Najing, China, October 16-19, 2000. – Najing, 2000. – P. 32.

Sviridenko B.F., Sviridenko T.V. Distribution and ecology of Charophyta in the Northern Kazakhstan // Acta Micropalaeontologica Sinica. – Beijing: Science Press, 2003. – № 20(2). – P. 139–146.

Whittaker R. H. Evolution and Measurement of Species Diversity. – Taxon. – 1972. – 21(2/3). – P. 213–251.

Whittaker R.H. Evolution of species diversity in land communities. // Evolutionary biology. – 1977. – № 10. – P. 1–67.

Wood R.D., Imahori K. Iconograph of the Characeae (Revision of the Characeae). Icon. – Weinheim: Verlag von J. Cramer, 1964. – 395 p.

Wood R.D., Imahori K. Monograph of the Characeae. – Weinheim: Verlag von J. Cramer, 1965. – 904 p.

Zelinka M., Marvan P. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer // Archiv für Hydrobiologie. – 1961. – Bd. 57. – № 3. – S. 389–407.

Zelinka M., Marvan P. Bemerkungen zu neuen Methoden der saprobiologischen Wasserbeurteilung // Verhandlung Int. Vereinigung Limnologie. – 1966. – Bd. 16. – S. 817–822.

*Научное издание*

**СВИРИДЕНКО Борис Фёдорович,  
МАМОНТОВ Юрий Сергеевич,  
СВИРИДЕНКО Татьяна Викторовна**

**Использование гидромacroфитов  
в комплексной оценке экологического состояния  
водных объектов Западно-Сибирской равнины**

*Монография*

Печать офсетная. Формат 60x84/16.

Условных печ. листов – 13,5.

Тираж 300 экз.

Гарнитура Times New Roman.

Подписано в печать 06.12.2012 г.

Отпечатано в ООО «Студия рекламы «Матрёшка».

Адрес: ул. 30 лет Победы, 31, г. Сургут, ХМАО-Югра, 628403.

Телефоны для справок: (3462) 95-11-02, 23-92-62.