

**АКАДЕМИЯ НАУК МОЛДОВЫ
ИНСТИТУТ ЗООЛОГИИ**

На правах рукописи

УДК: 574.5 : 556.551(478) (043.2)

ФИЛИПЕНКО ЕЛЕНА

**РАЗНООБРАЗИЕ МАКРОФИТОВ И ИХ РОЛЬ В
ЭКОСИСТЕМЕ КУЧУРГАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

165.03. – ИХТИОЛОГИЯ, ГИДРОБИОЛОГИЯ

Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук

Научный
руководитель:

Зубков Елена
доктор-хабилитат биологических наук,
профессор

Автор:

Филипенко Елена

КИШИНЕВ, 2016

**ACADEMIA DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI
INSTITUTUL DE ZOOLOGIE**

Cu titlu de manuscris
C.Z.U.: 574.5 : 556.551(478) (043.2)

FILIPENCO ELENA

**DIVERSITATEA MACROFITELOR ȘI ROLUL LOR ÎN
ECOSISTEMUL LACULUI DE ACUMULARE CUCIURGAN**

165.03. – IHTIOLOGIE, HIDROBIOLOGIE

Teză de doctor în științe biologice

Conducător științific: Zubcov Elena
doctor habilitat în științe biologice, profesor

Autorul: Filipenco Elena

CHIȘINĂU, 2016

© Елена Филипенко, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| АННОТАЦИЯ (русский, румынский, английский)..... | 5 |
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ | 8 |
| ВВЕДЕНИЕ | 9 |
| 1 РАЗВИТИЕ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЕЕ РОЛЬ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ЭКОСИСТЕМ ВОДОЕМОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ ... | 16 |
| 1.1. Видовое разнообразие макрофитов водохранилищ-охладителей ТЭС..... | 26 |
| 1.2. Использование макрофитов в биологическом мониторинге водных экосистем..... | 27 |
| 1.3. Основные классификации прибрежно-водной растительности..... | 30 |
| 1.4. Выводы к главе 1..... | 33 |
| 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ | 35 |
| 2.1. Объект исследований..... | 35 |
| 2.2. Методы флористических исследований..... | 37 |
| 2.3. Техника анализа микроэлементов в биологическом материале и воде..... | 38 |
| 2.4. Выводы к главе 2..... | 41 |
| 3 ВЫСШАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ КУЧУРГАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА | 42 |
| 3.1. Многолетняя динамика биоразнообразия и биомассы высшей водной растительности до и в первые годы функционирования Молдавской ГРЭС... | 42 |
| 3.2. Динамика видового состава, распределения и биомассы высшей водной растительности в период максимальной тепловой нагрузки Молдавской ГРЭС..... | 49 |
| 3.3. Современное состояние высшей водной растительности Кучурганского водохранилища..... | 51 |
| 3.3.1. Гидрофиты погруженные..... | 53 |
| 3.3.2. Гидрофиты плавающие..... | 63 |
| 3.3.3. Гелофиты..... | 67 |
| 3.4. Выводы к главе 3..... | 83 |
| 4 РОЛЬ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В МИГРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ | 87 |
| 4.1. Биоиндикация и значимость макрофитов в определении экологического состояния гидробиоценоза..... | 87 |
| 4.2. Уровень накопления и роль высшей водной растительности в миграции микроэлементов-металлов в экосистеме водоема-охладителя..... | 96 |
| 4.3. Выводы к главе 4..... | 112 |
| ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ | 113 |
| БИБЛИОГРАФИЯ | 116 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 129 |
| Приложение 1 Акт о внедрении (Приднестровский государственный университет)..... | 130 |
| Приложение 2 Акт о внедрении (Республиканский НИИ экологии и природных ресурсов)... | 131 |
| ДЕКЛАРАЦИЯ ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ | 132 |
| CURRICULUM VITAE | 133 |

АННОТАЦИЯ

Филипенко Елена «Разнообразие макрофитов и их роль в экосистеме Кучурганского водохранилища», диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук, Кишинев, 2016 г. Состоит из введения, 4 глав, выводов и рекомендаций, библиографии из 157 источников. Изложена на 133 стр., содержит 10 табл., 29 рис. и 4 приложения. Опубликованы 18 научных работ. **Ключевые слова:** высшие водные растения, водохранилище-охладитель, зарастание, биоиндикация, накопление и миграция металлов. **Область исследований:** гидробиология. **Цель исследований:** изучить современное состояние высшей водной растительности и оценить ее роль в экосистеме Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС. **Задачи:** исследовать процессы формирования высшей водной растительности на разных этапах эксплуатации водоема-охладителя; изучить состав и характер пространственного распределения макрофитов по акватории водоема-охладителя; выявить особенности сезонной динамики основных групп высших водных растений в водоеме-охладителе; дать биоиндикационную оценку экологического состояния водоема-охладителя по макрофитам; установить закономерности накопления металлов (ванадия, молибдена, никеля, свинца, титана, алюминия, меди, цинка, марганца) водной растительностью; оценить роль высшей водной растительности в миграции и круговороте химических элементов, в процессах самоочищения и вторичного загрязнения водоема-охладителя. **Научная новизна и оригинальность.** Впервые проведено комплексное исследование высшей водной растительности, особенностей ее развития и распределения в зависимости от работы электростанции; оценена степень зарастания водоема. Установлены закономерности накопления и круговорота металлов и роль макрофитов в самоочищении и вторичном загрязнении водоема. Дана биоиндикационная оценка экологического состояния водоема по макрофитам. Установлены и описаны 2 вида растений, внесенных в Красную книгу Молдовы. **Решенная важная научная проблема состоит в определении** видового состава макрофитов, степени зарастания водоема охладителя и установлении закономерности накопления металлов высшей водной растительностью, *что позволило* количественно оценить аккумулярующую способность макрофитов, определить их толерантность, значимость в процессах самоочищения и вторичного загрязнения, *что позволяет* научно обосновать проведение мелиоративных работ в техногенно-преобразованных водных экосистемах и использование макрофитов в биоиндикации и мониторинге. **Теоретическая значимость** полученные результаты дополняют и расширяют знания о биоразнообразии высших водных растений, о процессах и закономерностях накопления и миграции металлов в водных экосистемах. Результаты обеспечивают научную основу для более эффективного использования водных растений в биологическом мониторинге и фиторемедиации загрязненных водных объектов, в том числе водоемов-охладителей. **Практическая ценность работы.** Внедрение в учебный процесс, в систему экологического мониторинга Кучурганского водохранилища и разработка мероприятий по уменьшению зарастания и биопомех для электростанции.

ADNOTARE

Filipenco Elena. “Diversitatea macrofitelor și rolul lor în ecosistemul lacului de acumulare Cuciurgan”. Teză de doctor în științe biologice, Chișinău, 2016. Teza constă din introducere, 4 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie din 157 de titluri, 4 anexe. Lucrarea este expusă pe 133 pagini text de bază, conține 10 tabele și 29 figuri. Sunt publicate 18 lucrări științifice. **Cuvinte-cheie:** plante acvatice superioare, macrofite, lac-refrigerent, acoperire cu macrofite, bioindicație, acumularea și migrația metalelor. **Domeniul de studiu:** hidrobiologie. **Scopul tezei:** studierea stării actuale a vegetației acvatice superioare și evaluarea rolului ei în ecosistemul lacului-refrigerent al CTE Moldovenești. **Obiective:** cercetarea proceselor de formare a vegetației acvatice superioare la diferite etape de exploatare a lacului-refrigerent; studierea componenței și caracterului distribuției spațiale a macrofitelor pe acvatoriul lacului-refrigerent; descifrarea particularităților dinamicii sezoniere a grupelor principale de plante acvatice superioare în lacul-refrigerent; bioindicația stării ecologice a lacului în baza macrofitelor; stabilirea legităților de acumulare a metalelor (V, Mo, Ni, Pb, Ti, Al, Cu, Zn, Mn) de către vegetația acvatică; evaluarea rolului vegetației acvatice superioare în migrația și circuitul elementelor chimice, procesele de autoepurare și poluare secundară a lacului-refrigerent. **Noutatea și originalitatea științifică.** Pentru prima oară a fost cercetată complex diversitatea vegetației acvatice superioare, particularitățile dezvoltării și distribuției ei în dependență de funcționarea CTE; estimat gradul de acoperire cu vegetație a lacului; stabilite legitățile acumulării și circuitului metalelor și rolul macrofitelor în autoepurarea și poluarea secundară a lacului; evaluată starea ecologică a lacului în baza utilizării macrofitelor drept obiect al bioindicației; identificate și descrise 2 specii de plante incluse în Cartea Roșie a Republicii Moldova. **Problema științifică importantă soluționată constă în determinarea** componenței taxonomice a vegetației care acoperă lacul-refrigerent și stabilirea legităților de acumulare a metalelor de către vegetația acvatică superioară, *ceea ce a permis* evaluarea cantitativă a capacității de acumulare a macrofitelor, determinarea toleranței și rolului lor în procesele de autoepurare și poluare secundară, *în vederea* fundamentării științifice a efectuării lucrărilor de ameliorare în ecosistemelor acvatice, supuse modificării tehnogene, și utilizarea macrofitelor în bioindicație și monitoring.

Semnificația teoretică. Rezultatele obținute completează și îmbogățesc cunoștințele privind diversitatea biologică a plantelor acvatice superioare, procesele și legitățile acumulării și migrației metalelor în ecosistemele acvatice. Rezultatele asigură baza științifică pentru o aplicare mai eficientă a plantelor acvatice în monitoringul biologic și fitoremedierea bazinelor acvatice poluate, inclusiv lacuri-refrigerente. **Valoarea aplicativă.** Rezultatele cercetării pot fi utilizate în procesul didactic, implementate în sistemul monitoringului ecologic al lacului-refrigerent Cuciurgan, aplicate la elaborarea măsurilor de reducere a suprafeței acoperite cu macrofite și diminuarea impedimentelor biologice în activitatea stației electrice.

ANNOTATION

Filipenco Elena „Diversity and role of macrophyte in the ecosystem of Cuciurgan reservoir”. Ph.D. thesis in Biology, Chisinau, 2016. The thesis consists of introduction, 4 chapters, conclusions and recommendations, bibliography (157 entries), 4 appendices. The thesis basic text contains 133 pages, 10 tables and 29 figures. The results are published in 18 scientific papers. **Keywords:** higher aquatic plants, macrophytes, cooling reservoir, overgrowing with macrophytes, bioindication, metal accumulation and migration. **Field of study:** hydrobiology. **Aim of the thesis:** to study the current state of higher aquatic vegetation and to assess its role in the ecosystem of cooling reservoir of the Moldovan Thermal Power Plant. **Objectives:** to research the formation processes of the higher aquatic vegetation at different stages of the cooling reservoir exploitation; to study the composition and patterns of spatial distribution of macrophytes on water area of cooling reservoir; to reveal the peculiarities of the seasonal dynamics of the main groups of higher aquatic plants in cooling reservoir; bioindication of the reservoir ecological status based on macrophytes; to determine the regularities of metal accumulation (V, Mo, Ni, Pb, Ti, Al, Cu, Zn, Mn) by aquatic vegetation; to assess the role of the higher aquatic vegetation in the migration and circuit of chemical elements, and the processes of self-cleaning and secondary pollution of the cooling reservoir. **Scientific novelty and originality.** A complex research of the higher aquatic vegetation peculiarities of development and distribution in dependence of the TPP operation has been carried out for the first time; the degree of reservoir overgrowing was assessed; the regularities of metal accumulation and circuit and the role of macrophytes in the self-cleaning and secondary pollution of the reservoir were determined; bioindication of the reservoir ecological status with macrophytes was applied; 2 plant species included in the Red Book of the Republic of Moldova were identified and described. **Important scientific problem solved** *consists in* determining the taxonomic structure of the overgrowing the cooling reservoir vegetation, and revealing the regularities of metal accumulation by higher aquatic vegetation, *which allowed* assessing quantitatively the macrophyte accumulation capacity, determining their tolerance and role in the reservoir self-cleaning and secondary pollution processes, *aiming to* ground scientifically the carrying out of improvement works of technogenic-modificated aquatic ecosystems and macrophyte usage in bioindication and monitoring. **Theoretical significance.** The obtained results complement and extend the knowledge on the diversity of higher aquatic plants, processes and regularities of the metal accumulation and migration in aquatic ecosystems. The results ensure the scientific basis for a more efficient use of aquatic plants in the biological monitoring and phytoremediation of polluted water bodies, including the cooling reservoirs. **Practical value.** The results can be used in teaching process, implemented in the system of ecological monitoring of Cuciurgan reservoir, applied in elaboration of measures aimed to reduce the overgrowing with macrophytes and the influence of biological impediments on TPP activity.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВОЗ - Всемирная Организация Здравоохранения

ГРЭС - Государственная районная электростанция

ЕС - Европейский Союз

ПДК - предельно допустимая концентрация

НИЛ - научно-исследовательская лаборатория

ТЭС - тепловая электростанция

АЭС - атомная электростанция

ААС - атомно-абсорбционная спектроскопия

ИСП - индуктивно - связанная плазма

ИСП-АЭС - атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Влияние антропогенной деятельности на биосферу, в том числе и водные экосистемы, с каждым годом возрастает. Водные экосистемы являются весьма чувствительным к антропогенному воздействию компонентом природной среды. Поэтому все большую актуальность приобретает изучение механизмов устойчивости гидробионтов, в том числе и макрофитов, к загрязнению водных объектов.

Высшие водные растения являются одним из основных компонентов водных экосистем. Они играют важную роль при формировании пищевых связей, формируют среду обитания многих беспозвоночных и позвоночных гидробионтов. Макрофиты поглощают значительное количество различных загрязнителей и, таким образом, активно участвуют в процессах самоочищения водоемов и повышают устойчивость водных экосистем к внешним воздействиям.

Роль высшей водной растительности значительно возрастает в водных экосистемах, подверженных усиленной антропогенной нагрузке, особенно в водоемах-охладителях тепловых и атомных электростанций.

Водоемы-охладители ТЭС и АЭС представляют собой техно-экосистемы, которые могут быть определены как совокупность биотопов природного и техно-антропогенного характера, их живого населения, объединенных системой прямых и обратных связей, потоками вещества, энергии и информации, изменяющихся в пространстве и во времени [78].

К техногенно измененным экосистемам относится и Кучурганское водохранилище, которое выполняет функцию водоема-охладителя Молдавской ГРЭС с 1964 г. Водоем расположен на юго-востоке Молдовы, на границе с Украиной. Акватория водохранилища составляет около 2730 га со средней глубиной 3,5 м., среднемноголетний объем воды составляет около 88 млн. м³.

Кучурганское водохранилище подвержено существенному антропогенному воздействию со стороны Молдавской ГРЭС, это влияние выражается как в термофикации водоема, так в изменении гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов водоема, что усиливает процессы эвтрофикации и изменению статуса экосистемы в целом [103].

Развитие погруженной водной растительности существенно снижает скорость потока воды в водозаборных системах станции [130, 143] и, следовательно, интенсивность циркуляции вод в водоемах-охладителях с оборотной системой, к которым относится и

Кучурганское водохранилище. Заращение высшей водной растительностью водоема-охладителя Молдавской ГРЭС способствует нарушению его водообмена вследствие уменьшения площади акватории, необходимой для охлаждения воды, что приводит к снижению охлаждающей способности водохранилища.

Отмершие части прикрепленных растений, плавающие растения и слабо прикрепленные формы, забивая решетки водозаборных сооружений, могут даже создать чрезвычайную ситуацию в работе системы технического водоснабжения электростанции. Таким образом, высшая водная растительность является одним из главных источников биопомех и на многих водоемах-охладителях проводятся различные мероприятия, направленные на борьбу с ней [11]. Очевидна важность прогноза возникновения подобных ситуаций и разработка мер, направленных на их предотвращение. Осуществить это можно только на основе целенаправленного изучения закономерностей развития высшей водной растительности в водоеме-охладителе.

Наряду с негативным влиянием на функционирование Кучурганского водохранилища в качестве водоема-охладителя, высшая водная растительность имеет большое значение в регуляции биологических процессов в экосистеме и в самоочищении водоема. Сообщества макрофитов в значительной степени препятствуют «цветению» воды фитопланктоном [81, 120] и, кроме этого, служат местом нереста и нагула многих фитофильных рыб.

Высшие водные растения играют важную роль среди биотических составляющих водных экосистем. Накапливая химические элементы, в том числе тяжелые металлы, они удерживают их в течение всего вегетационного периода и тем самым исключают их из круговорота в водоеме до своего отмирания и разложения. Способность растений поглощать из водной среды биогенные вещества, а также токсичные элементы, включая тяжелые металлы, активно обсуждается в работах многих исследователей [32, 39, 57, 65, 66, 76 и др.].

Учитывая тот факт, что ассоциации макрофитов Кучурганского водохранилища создают значительную часть первичной продукции растительных сообществ, и активно участвуют в миграции химических элементов, становится очевидной их роль в процессах самоочищения водоема-охладителя Молдавской ГРЭС.

Изучение адаптационных возможностей растений в условиях повышенных антропогенных нагрузок на водные экосистемы, особенно водоемов-охладителей, представляет теоретический интерес и имеет большое практическое значение, поскольку является научной основой повышения устойчивости гидроценозов и поддержания их

биологического разнообразия, их фиторемедиации, а также для биомониторинга загрязненных водных объектов, т.к., характер водной растительности водохранилищ достаточно хорошо отражает состояние водоема и может служить надежным критерием в оценке его экологического состояния.

Одной из основных экологических проблем современности является изменение климата. Водные экосистемы - исключительно удобные индикаторы изменения климата. Многие интегральные показатели состояния экосистем измеряются в водоемах проще, чем в наземных биоценозах [10]. В этом контексте водоемы-охладители представляют собой уникальный экологический объект для фундаментальных гидробиологических исследований относительно возможных изменений в гидроэкосистемах при глобальных климатических изменениях. В водоемах-охладителях существуют хорошо выраженные градиенты различных факторов, что позволяет исследовать многие общегидробиологические закономерности. В настоящее время значительно усилился инвазийный процесс, определяемый распространением гидробионтов за пределы их сложившихся ареалов. Именно термический фактор может играть ключевую роль в этом процессе [79]. В этом свете, исследования макрофитов водоемов-охладителей, их функциональных характеристик и адаптивного потенциала имеют большое теоретическое значение.

При исследованиях водоемов-охладителей ТЭС и АЭС европейской части, высшей водной растительности уделяется недостаточно внимания. В литературе имеются немногочисленные данные по макрофитам отдельных водоемов-охладителей [45, 79, 114, 121]. Наиболее полно комплексные данные о макрофитах водоемов-охладителей представлены в монографической сводке В.М. Катанской [43].

Данные о высших водных растениях Кучурганского водохранилища в различные периоды его становления приводятся в работах В.М. Шаларь [117, 118], М.В. Мырза и Г.А. Шабановой [69], З.Т. Борш [17]. Основное внимание уделялось флористическим исследованиям и, в меньшей мере, установлению значимости макрофитов в функционировании экосистемы Кучурганского водохранилища.

Описание растительности водохранилища, проведенное разными авторами, в годы с разным уровнем антропогенного воздействия показало, что состав и структура сообществ водных растений менялись в зависимости от уровня воздействия со стороны Молдавской ГРЭС. В тоже время, выводы вышеуказанных исследователей не всегда сопоставимы и даже противоречивы. В последние годы исследования макрофитов

выполнялись лишь в рамках научных контрактов между администрацией ГРЭС и Институтом зоологии АН Молдовы [52, 53]

В этой связи, значимость работ по изучению высшей водной растительности водохранилища актуально и крайне важно для установления закономерностей динамических процессов в структуре водной флоры, для оценки особенностей растительного покрова и роли макрофитов в функционировании водной экосистемы, которые, в свою очередь, являются научной основой прогноза возможных изменений, обилия и разнообразия растительности и для разработки мер по реанимированию и рациональному использованию экосистемы водоема в целом и мер по оптимизации работы Молдавской ГРЭС.

Цель исследований: изучить современное состояние высшей водной растительности и оценить ее роль в экосистеме Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС.

Задачи исследований:

- исследовать процессы формирования высшей водной растительности на разных этапах эксплуатации водоема-охладителя;
- изучить состав и характер пространственного распределения макрофитов по акватории водоема-охладителя;
- выявить особенности сезонной динамики основных групп высших водных растений в водоеме-охладителе;
- дать биоиндикационную оценку экологического состояния водоема-охладителя по макрофитам;
- установить закономерности накопления металлов (ванадия, молибдена, никеля, свинца, титана, алюминия, меди, цинка, марганца) водной растительностью;
- оценить роль высшей водной растительности в миграции и круговороте химических элементов, в процессах самоочищения и вторичного загрязнения водоема-охладителя.

Научная новизна и оригинальность. Впервые проведено комплексное исследование разнообразия высшей водной растительности, выявлены особенности ее развития и динамика распределения в зависимости от функционирования Молдавской ГРЭС; с применением современных компьютерных технологий оценена степень зарастания водоема. Установлены закономерности накопления металлов, дана количественная оценка значимости водных растений в накоплении и круговороте металлов, в процессах самоочищения и вторичном загрязнении водоема-охладителя.

Впервые дана биоиндикационная оценка экологического состояния Кучурганского водохранилища по макрофитам. Установлены и описаны 2 редких и исчезающих вида высших водных растений, внесенных в Красную книгу Республики Молдова [1].

Теоретическая значимость. Полученные результаты исследований существенно дополняют и расширяют знания о биоразнообразии высших водных растений, о процессах и закономерностях накопления и миграции металлов в водных экосистемах, о роли высшей водной растительности в круговороте вещества и энергии и роли природных и антропогенных факторов в техногенно-преобразованных водных экосистемах. Полученные результаты служат научной основой для более эффективного использования высших водных растений в целях биологического мониторинга и фиторемедиации загрязненных водных объектов, в том числе водоемов-охладителей.

Решенная важная научная проблема *состоит* определении видового состава степени зарастания водоема охладителя и установлении закономерности накопления металлов высшей водной растительностью, *что позволило* количественно оценить аккумулярующую способность макрофитов, определить их толерантность, значимость в процессах самоочищения и вторичного загрязнения, *что позволяет* научно обосновать проведение мелиоративных работ в техногенно-преобразованных водных экосистемах и использование макрофитов в биоиндикации и мониторинге.

Практическая ценность работы. Результаты исследования могут быть использованы в учебном процессе, для комплексной оценки экологического состояния Кучурганского водоема и разработки мероприятий по уменьшению зарастания макрофитами, уменьшению биопомех для станции, и разработки природоохранных мероприятий в целом. Собранный гербарий водной и околоводной флоры пополнил коллекционные фонды флористического музея Приднестровского государственного университета.

Положения, выносимые на защиту:

1. Многолетняя динамика видового разнообразия высшей водной и околоводной растительности Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС с учетом воздействия природных и антропогенных факторов.
2. Сезонная динамика, разнообразие, биомасса и продукция растительности, особенности ее распределения, доминирующие виды гидрофитов и гелофитов, формирующие зарастание акватории и прибрежной части водоема-охладителя.
3. Значимость высшей водной растительности в формировании гидробиоценоза водоемов-охладителей ТЭС (в развитии перифитона, для нереста и нагула

ихтиофауны, осаждение взвешенных веществ). Возможности использования макрофитов в биоиндикации, оценке уровня сапробности и трофности водных экосистем.

4. Закономерности накопления металлов высшей водной растительностью, аккумулярующая способность макрофитов и их роль в миграции и круговороте химических веществ, в процессах самоочищения и вторичного загрязнения водных экосистем.
5. Рекомендации по фиторемидации, рациональному использованию водных ресурсов и оптимизации использования Кучурганского водохранилища в качестве охладителя Молдавской ГРЭС.

Внедрение научных результатов. Результаты исследований включены в курсы лекций следующих дисциплин: «гидробиология», «ботаника», «флора родного края», «гидробиология», «гидроэкология», «биоэкологический мониторинг», «химия окружающей среды», которые читаются на кафедрах Зоологии и общей биологии, Биоэкологии, Химии и методики преподавания химии Естественно-географического факультета Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко, а также в систему экологического мониторинга Кучурганского водохранилища.

Апробация научных результатов. Исследования являются составной частью институциональных проектов лаборатории гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии АН Молдовы. Материалы работы представлены и обсуждены на заседаниях лаборатории Гидробиологии и экотоксикологии и ученого совета Института зоологии АН Молдовы, НИЛ «Биомониторинг» и кафедры зоологии и общей биологии Приднестровского государственного университета, а также на научных конференциях и симпозиумах: «Бассейн реки Днестр: экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами» (Тирасполь, 2010), «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья» (Тирасполь, 2009, 2012, 2014), «16th International Conference on Heavy Metals in the Environment» (Rome, Italy, 2012), «Управление бассейном трансграничного Днестра в рамках нового бассейнового Договора» (Кишинэу, 2013), «Природні та антропогенно трансформовані екосистеми прикордонних територій у постчорнобильський період» (Чернігів, 2014), «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве» (Тирасполь, 2015), Академику Л.С. Бергу – 140 лет (Бендеры, 2016), «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» (Белоруссия, Минск, 2016).

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ (в том числе 7 - без соавторов): статьи в зарубежных журналах - 2, статьи в журналах, включенных в *Национальный регистр профильных научных журналов* категории В – 1, статьи в других журналах - 1, публикации в международных / национальных сборниках – 8/3, тезисы в международных сборниках – 2/1.

Объем и структура работы. Диссертация представлена на 128 страницах основного текста, который включает: резюме (на русском, английском и румынском языках), введение, 4 главы, общие выводы и рекомендации. Работа содержит список литературы, включающий 152 наименования, 10 таблиц, 29 рисунков и 4 приложения.

Ключевые слова: высшие водные растения, макрофиты, водохранилище-охладитель, зарастание, биоиндикация, накопление и миграция металлов.

1. РАЗВИТИЕ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЕЕ РОЛЬ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ЭКОСИСТЕМ ВОДОЕМОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ

В гидрботанической литературе растения, связанные своим существованием с водной средой объединяются многими терминами: «водные растения», «макрофиты», «высшие водные растения», «водные сосудистые растения», «водные цветковые растения», «водные трахеофиты», «аквафлора» и др. [86, 87]. В нашей работе мы применяем понятия «высшие водные растения (растительность)» и «макрофиты».

Высшая водная растительность, благодаря своим морфологическим, биологическим и экологическим особенностям, занимает обособленное положение в растительном мире. Специфические условия среды обитания привели к появлению у водных растений особых черт организации. Они могут расти в самых разнообразных условиях - в пресных и в засоленных водах, непосредственно в водной среде и в виде наземных форм - во влажных местах [23].

Среди высших водных растений преобладают многолетние растения, однолетних видов не много.

Для водных растений характерно слабое развитие механических элементов в листьях и стеблях, а также увеличение поверхности тела в сравнении с их массой, в основном за счет листовых пластинок, что облегчает поглощение минеральных веществ, кислорода и других газов, которых в воде содержится гораздо меньше, чем в воздухе. Макрофиты отличаются вариабельностью листьев, часто воздушные, плавающие и подводные листья одного и того же растения сильно различаются как по внешнему виду, так и по внутреннему строению. Так, подводные листья не имеют устьиц; у листьев, плавающих на поверхности воды, устьица находятся только на верхней стороне, у воздушных листьев устьица имеются на обеих сторонах [86].

Развитие в водной среде способствовало слабому развитию корневой системы макрофитов, часто у них образуются водные корни, которыми они поглощают питательные вещества непосредственно из воды. В тоже время у многих высших водных растений хорошо развиты корневища.

Водные растения размножаются как половым путем, так и вегетативно. Большинство из них цветет и плодоносит над водой, другие (наяды морская, роголистник) опыляются под водой. Семена водных растений приспособились к периодическому высыханию водоемов и могут достаточно долго находиться в воде без потери всхожести.

Являясь одним из основных компонентов экосистем водоемов-охладителей, высшие водные растения в полной мере подвержены влиянию тех условий среды обитания, которые сформировались в водоемах-охладителях под воздействием электростанций и которые значительно отличаются от условий естественных водоемов этих же климатических зон.

Необходимо отметить, что условия обитания гидробионтов в водохранилищах-охладителях во многом зависят от типа водоема. В случае, если тепловая электростанция построена вблизи реки и снабжена прямоточной системой водоснабжения для охлаждения агрегатов станций, когда вода через систему охлаждения проходит лишь один раз, воздействие на водную экосистему не столь значительно, нежели в качестве водоема-охладителя служит зарегулированный водоем с оборотной системой водоснабжения, как это имеет место в случае Кучурганского водохранилища [102].

Воздействие работы тепловых электростанций на качество водной среды и, соответственно, на жизнедеятельность гидробионтов, в том числе и макрофитов, может быть как прямым, так и косвенным. Наиболее значимым прямым воздействием на экосистему водоемов-охладителей является сброс подогретых вод и поступление в водоем химических загрязнений. В случае Кучурганского водохранилища, которое является водоемом-охладителем с оборотной системой водоснабжения, сброс подогретых вод приводит к повышению средней температуры воды и, как следствие к сдвигу фенологических фаз растений, к ускорению процессов продукции и деструкции органического вещества. Функционирование Молдавской ГРЭС, помимо термофикации, привело к загрязнению воды водоема-охладителя ванадием, молибденом, никелем, кадмием, марганцем, а донных отложений также свинцом, цинком и медью. Увеличение концентраций металлов в воде и донных отложениях привело к росту их накопления в тканях растительных и животных гидробионтов [35].

Следствием нарушения гидрологического режима водохранилища и высокой степени эвтрофирования стали фиксируемые в летнее время на акватории водоема зоны с пониженным содержанием кислорода и массовым развитием синезеленых водорослей [95]. Это имеет негативные последствия для биоты водохранилища, т.к. во время «цветения» синезеленых водорослей в воде появляются токсические соединения и большое количество органических веществ. Возникает дефицит растворенного кислорода, который расходуется на дыхание водорослей и разложение отмершей органической массы. Недостаток кислорода приводит к летним заморам рыб и других

гидробионтов, а также тормозит процессы самоочищения и минерализации органического вещества.

Косвенное воздействие Молдавской ГРЭС проявляется в изменении гидрохимии водоема-охладителя под воздействием термофикации в условиях зарегулирования стока. В Кучурганском водохранилище изменение термического режима водоема привело к увеличению испарения с водной поверхности и, как следствие - интенсификации процессов его минерализации, которая в настоящее время на отдельных участках превышает 1200 мг/л [97].

Водоемы-охладители представляют собой техно-экосистемы, которые могут быть определены как совокупность биотопов природного и техно-антропогенного характера, их живого населения, объединенных системой прямых и обратных связей, потоками вещества, энергии и информации, изменяющихся в пространстве и во времени. Водоемы-охладители тепловых и атомных электростанций подвержены усиленному антропогенному воздействию, что накладывает свой отпечаток на развитие их экосистем и, в первую очередь, на рост и развитие водных растений планктонных и бентосных беспозвоночных и позвоночных животных [78].

Одной из проблем функционирования водоемов-охладителей, как техно-экосистем, является нарушение их гидрологических параметров и, в особенности, уменьшение их водообмена, что в свою очередь ведет к увеличению прозрачности воды, интенсивному их зарастанию высшей водной растительностью и изменению в целом гидрохимического и гидробиологического режимов. Зарастание этих водоемов макрофитами и околоводными растениями, в свою очередь, уменьшает площадь акватории, часто водные растения блокируют работу водоподводящих каналов из-за обрастания гидротехнических сооружений, и тем самым, снижается охлаждающая способность водохранилища; оторвавшиеся растения и их части скапливаются на сетках водозаборных сооружений. Зарастание водоемов-охладителей высшей водной растительностью, приводящее к уменьшению активной поверхности теплообмена, изменениям в гидродинамическом режиме относится к биопомехам I типа, возникающим при эксплуатации водоемов-охладителей [80].

В случае массового развития макрофитов в водохранилище затрудняется горизонтальная циркуляция воды; нарушается также вертикальное перемешивание ее слоев, в результате чего у дна водоема создаются условия, неблагоприятные для жизни рыб, донных беспозвоночных животных.

После отмирания макрофитов в осенне-зимний периоды провоцируются процессы гниения, при которых значительная масса накопленных питательных элементов возвращается обратно в водные слои, или иловые отложения, нарушая нормальный физико-химический режим водоема и могут вызвать заморные явления [51].

Среди антропогенных факторов, оказывающих влияние на формирование сообществ высшей водной растительности водоемов-охладителей, следует выделить сброс подогретых вод, формирование циркуляционных течений в результате водозабора и водоотведения теплых вод, увеличение минерализации вод за счет повышения температуры и постоянного испарения воды.

Искусственное повышение температуры до определенного предела стимулирует развитие макрофитов, но дальнейшее увеличение температуры вызывает их отмирание. Термофикация водоемов, как правило, меняет соотношение видов в водоемах. Одним из ярких примером могут служить изменения, происшедшие в водоеме-охладителе Смоленской АЭС, где валлиснерия спиральная, теплолюбивый вид макрофитов вытеснил с больших площадей водоема-охладителя рдеста курчавый – вид, который также отличается достаточно выраженной термофильностью [44, 45].

Другой причиной, обуславливающей неоднозначность воздействия умеренного подогрева, является нарушение фенологии развития. Более ранние сроки начала вегетации часто сопровождаются и более ранним отмиранием макрофитов. Среди представителей погруженной растительности наиболее заметные фенологические изменения отмечаются у теплолюбивых форм [45].

Влияние подогрева на сезонное развитие погруженных растений отчетливо отражается и в динамике их фитомассы. Так, в ряде случаев развитие рдестов на необогреваемых участках акватории водоемов-охладителей достигает максимума в то время, когда в районах сброса подогретых вод заросли этих видов отмирают. Эти особенности наблюдались нами и в Кучурганском водохранилище. В последние десятилетия снизился уровень термофикации водохранилища, приведшее к тому, что с начала 2000-х годов имело место усиление зарастания акватории водохранилища в весенне-летний период, особенно рдестом курчавым [105].

На сообществах макрофитов в значительной мере сказывается воздействие экстремального повышения температуры воды, значительно превышающего пороговые для жизнедеятельности растений показатели, равные 39–41 °С. Интересно, но факт, что более выносливыми являются не теплолюбивые, а эвритермные формы водных растений. Так, в Десногорском водохранилище наблюдалось отмирание теплолюбивого рдеста

курчавого при температуре воды 32–35 °С, при этом эвритермные растения сохранились полностью [44, 45].

Наряду с термофикацией водоемов на формирование сообществ высшей водной растительности оказывают влияние гидрологические и гидрохимические факторы. Структура водных масс водоемов-охладителей имеет характерные черты, отличающие их от водных масс водоемов других типов [13]. Так, нагрев воды всегда создает предпосылки для повышения концентрации солей в воде [49], которые, в свою очередь, оказывают влияние и на сообщества макрофитов водоемов-охладителей.

Проблеме зарастания Кучурганского водохранилища с момента преобразования его в водоем-охладитель Молдавской ГРЭС всегда уделялось большое внимание [17, 52, 92, 124]. С одной стороны это обусловлено снижением охлаждающей способности водохранилища, помехами в работе системы технического водоснабжения электростанции, а с другой – усилением эвтрофирования водоема в результате отмирания высшей водной растительности. Первичный материал по зарастанию водохранилища обязателен и в рамках крупной проблемы современности – антропогенного влияния на окружающую среду.

В настоящее время в зарастании акватории Кучурганского водохранилища среди макрофитов в большей степени участвует рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L.), а береговой линии - тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.)) [98, 100, 103, 105, 149].

Интенсивность зарастания акватории такова, что препятствует не только нормальному водообмену водохранилища, но и прохождению моторизированных плавсредств. Летом рдесты отмирают и, осаждаясь в большом количестве на дне водохранилища, способствуют его эвтрофированию. Этот аспект очень важен, т.к. продукция погруженных макрофитов, как правило, выше продукции воздушно-водных макрофитов [113].

Зарастание водоемов - процесс естественный. Умеренное зарастание, до 20% площади водоема, благоприятно влияет на развитие его прибрежной флоры и фауны [86].

Среди надводных макрофитов Кучурганского водохранилища, тростник южный является самым мощным эдификатором, сообщества которого, с одной стороны, способны вытеснять другие растения, а с другой формируют свой особый биотоп. В настоящее время площадь зарастания Кучурганского водохранилища тростником составляет 19% всей площади водохранилища-охладителя [100]. Таким образом, можно отметить, что Кучурганское водохранилище подвержено умеренной степени зарастания тростником [105].

Наряду с проблемой зарастания, создаваемой макрофитами для экосистем водоемов-охладителей, водная и околоводная растительность имеет большое функциональное значение в процессе самоочищения водоемов и в регулировании биологических процессов. Сообщества водных растений в значительной степени препятствуют цветению воды и кроме этого служат местом нереста и нагула многих фитофильных рыб [12, 15].

Положительная роль макрофитов связана с их участием в процессах самоочищения водоемов, где их заросли выполняют, с одной стороны, механическую очистительную функцию, задерживая взвешенные и слаборастворимые органические вещества, с другой – окислительную функцию минерализации и детоксикации органических веществ. Так, например, по некоторым оценкам растительность низовий Волги накапливает до 5% всех загрязняющих веществ, поступающих со стоком реки, что соизмеримо с эффектом работы очистных сооружений в бассейне р. Волги [39].

Под влиянием фитофльтрации увеличивается прозрачность воды, снижается ее минерализация. Основная роль в этом процессе принадлежит прибрежным (тростнику, рогозу, камышу, маннику и др.) и погруженным растениям (рдестам, элодее, роголистнику, урути и др.) [86].

Гидробиологами отмечено, что в зоне зарослей погруженных и воздушно-водных макрофитов продукционные характеристики фитопланктона практически всегда ниже, по сравнению с открытыми участками водоема, а в зарослях рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.) удельная валовая продукция фитопланктона, в том числе и сине-зеленых водорослей, в течение всего вегетационного сезона может быть на порядок ниже по сравнению с открытой частью водоема.

Ингибирующее влияние макрофитов на продукционные показатели фитопланктона обусловлены с одной стороны перехватом биогенных элементов макрофитами, а другой механизм ингибирования может быть связан с влиянием прижизненных выделений макрофитов [15, 86, 113].

Будучи местом нереста и нагула рыб-фитофилов, обилие водных растений, в частности в Кучурганском водохранилище, способствует массовому развитию ряда непромысловых видов рыб (красноперка, густера и др.), а также щуки, что может оказывать вредное влияние на состояние популяций ценных видов рыб [53].

Макрофиты в водоемах играют важную роль при формировании трофических цепей. К примеру, с зарослями тростника трофические связи имеют 85 видов беспозвоночных и позвоночных животных, рогоз широколистный трофически связан с 56 видами гидробионтов, рогоз узколистный – с 16 видами. Исключительно разнообразны пищевые

контакты гидробионтов с зарослями рдестов: с рдестом пронзеннолистным трофически связаны 34 вида животных, рдестом гребенчатым – 19 видов. Биомасса животных в зарослях рдестов самая высокая по сравнению с другими растительными сообществами водоемов. Не меньшее значение для животных имеют и другие погруженные и плавающие растения – уруть питаются 53 вида гидробионтов, роголистником – 42 вида, рясками – 24 вида [74].

В Кучурганском водохранилище высшие водные растения служат кормовой базой растительноядных рыб, особенно облигатного фитофага - белого амура. Экспериментальными исследованиями было установлено, что для прироста 1 кг массы тела белый амур потребляет 50-55 кг мягких погруженных водных растений (рдестов, валлиснерии, роголистника и др.). Суточное же потребление амуром макрофитов в Кучурганском водохранилище составляет 0,6-0,7 кг растительной массы на 1 кг живого веса рыбы. Следовательно, белый амур весом 1 кг может за вегетационный период потребить более 140 кг водных растений и при этом прибавить около 2 кг ихтиомассы. Многолетние ихтиологические исследования водоема-охладителя подтвердили данные расчеты контрольными уловами, в которые попадали 4-5-летние белые амурсы весом 3,5-6,0 кг; 9-10-летние – весом 16-18 кг и 14-16-летние – весом 30-40 кг [53].

По экспериментальным данным, белый амур весом 31 кг в лабораторных условиях при температуре 17° съедает за сутки растений 42% своего веса, а при температуре 25°С - 100 % своего веса. При температуре воды 26-28 °С килограммовый амур в сутки может съесть 2 кг растений, среди которых предпочитает рдест, ряску, элодею, а также молодые побеги тростника.

Белый амур успешно используется в качестве биологического мелиоратора для борьбы с зарастанием водоемов, в том числе и водохранилищ-охладителей. Хорошие результаты применения биологического способа борьбы с зарастанием были получены на Верхнетагильской ГРЭС, где в результате вселения в Верхнетагильское водохранилище белого амура площадь зарастания через два года сократилась до 2 % [33]. Положительные результаты борьбы с зарастанием водоема путем вселения белого амура были получены в водоёме-охладителе Балаковской АЭС, где за два года после вселения растительноядных рыб площадь, занятая мягкой погруженной растительностью уменьшилась с 45 % до 23 % [15].

Макрофиты, с одной стороны, формируют биотоп для разнообразных групп беспозвоночных и позвоночных гидробионтов, а с другой - являются одной из разновидностей твердого субстрата для перифитона. А.А. Протасов [77] отмечает:

«Высшие водные растения один из наиболее распространенных субстратов перифитона», И.А. Скальская и др. [90] подчеркивают: «Население макрофитов – наиболее заметная и разнообразная часть перифитона».

Мы также исследовали тростник, как субстрат перифитона, установили его состав и биомассу в Кучурганском водоеме-охладителе [75]. Схожий фаунистический состав перифитона отмечен на тростнике и рогозе в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС, где в видовом составе доминировали личинки хирономид и малощетинковые черви, остальные группы были представлены личинками ручейников и поденок, брюхоногими моллюсками, губками, круглыми червями, кишечнополостными, пиявками, ракушковыми ракообразными и дрейссеной. Видовой состав беспозвоночных на тростниках и на рогозе был более богат, чем на стеблях камыша, где отмечено лишь 2 вида беспозвоночных [79].

Макрофиты изменяют физико-химические параметры среды в процессе фотосинтеза, поглощают и выделяют биогенные элементы и растворенные органические вещества из воды, выносят их из донных отложений в водную толщу, концентрируют микроэлементы в тканях и клетках [19, 55].

Макрофиты также способны извлекать и накапливать металлы, не только растворенные в воде, но и присутствующие во взвешенно-коллоидном материале водной массы и на поверхности листьев [24].

Ионы металлов (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, V и др.), так называемых биометаллов, входят в состав тканей растительных организмов, принимают участие в основных жизненных функциях и естественным образом накапливаются в растениях. В тоже время, в условиях возрастания уровня антропогенного загрязнения происходит значительное накопление металлов растениями, в том числе тяжелых. Концентрация металлов в растительных тканях может в сотни (Fe), тысячи (Hg, Cu, Cd, Co) и даже сотни тысяч раз (Zn, Mn) превышать их содержание в воде [59, 60, 73, 147].

Тяжелые металлы попадая в растения из донных отложений и воды, передвигаясь по трофической цепи в итоге оказывают токсичный эффект на животное население водоемов. Ряд металлов при высоких концентрациях становятся токсичными и для растений. Ртуть остается в ризосфере и связывается с компонентами клеточного сока. Кадмий ослабляет фотосинтез. Избыток кобальта ингибирует прорастание семян. Никель способствует накоплению фенолов в растениях и влияет на метаболические процессы их разложения. Мышьяк и ртуть являются ферментными ядами. Фтор не относится тяжелым металлам, но также токсичен. Он вызывает нарушение пигментного аппарата и хлороз растений [122].

Биогенная миграция микроэлементов относится к числу важных факторов, оказывающих значительное влияние на их содержание в природных водах. Высшие водные растения обладают различной способностью к аккумуляции, т.е. коэффициентом биологического накопления металлов.

На современном уровне знаний о высших водных растениях механизмы накопления растительностью многих веществ не вполне ясны. Достоверно установлено, что поглощение зависит от вида макрофитов (экологических и физиологических их особенностей), сезона года, состава самого вещества. При этом уровень накопления не имеет прямой зависимости от концентрации вещества во внешней среде. Содержание тяжелых металлов в растениях от их концентрации в воде может различаться в десятки, сотни и десятки тысяч раз, что объясняется существованием видов-концентраторов и деконцентраторов элементов [40].

Плавающая растительность накапливает минимальное количество металлов, так как в силу физиологических и анатомических особенностей аккумулирует их только из воды. Погруженная растительность может накапливать в 2–3 раза больше металлов по сравнению с прибрежно-водной [40, 48, 67, 86, 119, 153], а по некоторым данным, даже в 10 раз больше, чем прибрежно-водные растения.

Отличия аккумулирующей способности различных групп макрофитов обусловлены различными механизмами детоксикации тяжелых металлов в организмах растений, которые определяются либо преимущественным связыванием металлов клеточными стенками корней (воздушно-водные растения), либо комплексированием ионов металлов при участии различных соединений, синтезируемых в клетках листа (погруженные растения) [73, 96, 131, 147].

Поглощение макрофитами марганца и меди и аккумуляция их в донных отложениях имеют огромное значение в процессах их извлечения из воды [39]. Содержание марганца в различных видах макрофитов составляет в среднем 485 мг на 1 кг воздушно-сухой массы с колебаниями от 66 до 2900 мг. Повышенной способностью накапливать марганец обладает водяной орех, рдест красноватый. Полностью погруженные растения содержат в 2-3 раза больше марганца, чем земноводные и надводные [46]. Помимо биогенного накопления, водные растения способствуют осаждению меди, железа (в виде гидроокиси) и цинка (в виде сорбций тонкодисперсными взвешенными частицами).

Высокая способность макрофитов накапливать тяжелые металлы перспективна в контексте фиторемедиации, т.е. использовании высших водных растений для очистки вод от токсикантов [70, 85, 125, 141, 145, 148].

Высшие водные растения Кучурганского водохранилища активно участвуют в накоплении и миграции металлов, главным образом Mn, Pb, Al, Ti, Ni, Mo, V, Cu и Zn [156, 157].

Е.С. Гришанцевой и др. [24] установлено, что среди погруженных макрофитов максимальные концентрации тяжелых металлов были зафиксированы в формации рдестов (рдест блестящий, рдест пронзеннолистный, рдест гребенчатый) и в роголистнике погруженном. Таким образом, формации рдестов они предлагают считать специфическим групповым концентратом тяжелых металлов и они могут быть рекомендованы в качестве основного объекта при проведении диагностического мониторинга экологического состояния водоемов. По данным других авторов [40], наибольшее содержание практически всех тяжелых металлов наблюдается у валлиснерии, роголистника погруженного и сальвинии.

Динамика накопления ряда металлов (Zn, Mn, Cu, Co, Mo и Al) носит сезонную закономерность. Так накопление металлов в стеблях и листьях тростника южного в Кучурганском водохранилище резко увеличивается с конца весны до конца лета - начала осени; осенью, с понижением температуры воды ниже 10 °С, наблюдается достаточно четкое снижение содержания металлов в надземной части растений, и небольшое увеличение в корневых частях [156].

Сезонная закономерность накопления металлов разными видами макрофитов отмечена для водоемов различных типов и различных географических зон [127, 132, 133, 136, 139].

Установлено, что в начале вегетационного периода во время высокой физиологической активности высшая водная растительность накапливает от 1,5 до 4 раз больше тяжелых металлов, чем в конце вегетационного периода, когда наступает период физиологического покоя [24].

Исследования содержания металлов в различных частях растений независимо от типов водоемов показали, что микроэлементы распределяются по органам растений неравномерно. Более высокие концентрации большинства микроэлементов обнаружены в корнях и соцветиях макрофитов [24, 126, 129, 135, 154 и др.].

Независимо от принадлежности высших водных растений к различным экологическим группам, в условиях высокого содержания тяжелых металлов они могут накапливать элементы в довольно высоких концентрациях, но до определенного предела, превышение которого может вызвать деградацию и их гибель [31].

1.1. Видовое разнообразие макрофитов водохранилищ-охладителей ТЭС.

Наиболее полный свод данных о растительности водохранилищ-охладителей ТЭС приводится в монографии В.М. Катанской [43]. К 80-м годам прошлого столетия в 37 водохранилищах, в число которых входит и Кучурганское, были отмечены 88 видов высших водных растений, относящихся к 39 родам и 25 семействам. Из них 28 видов относились к погруженным, 20 видов - к плавающим и 40 видов - к надводным растениям.

В сравнении с другими водохранилищами-охладителями, Кучурганское водохранилище отличалось *самым богатым* флористическим составом высших водных растений. В различные периоды функционирования водохранилища в нем встречалось около 70 видов высшей водной растительности, но в результате повышенного антропогенного воздействия на экосистему водоема-охладителя, видовой состав макрофитов значительно сократился и к концу 70-х годов прошлого столетия он сократился до 36-41 вида, в 80-х годах составил 36 видов гидрофитов и гелофитов, а к настоящему времени – всего 15 видов [101].

Степень распространения видовой состав растительности по водохранилищам не одинакова и зависит от различных факторов - географического расположения, гидрологии и гидрохимии, степени воздействия ТЭС на водоем-охладитель и др. Из всего многообразия макрофитов водоемов-охладителей 51 вид (57,9 % от общей водной флоры), распространены редко (до 20% водохранилищ), 17 видов (19,3 %) распространены нередко (в 20-40 % водохранилищ), 7 видов (7,9 %) – часто (в 40-60 % водохранилищ), 12 видов (13,6 %) – очень часто (в 60-80 % водохранилищ) и только 1 вид (1,1 %) – тростник южный – распространен почти повсеместно (свыше 80 % водохранилищ) [43].

Для водохранилищ-охладителей общими тенденциями в развитии высших водных растений является значительное сокращение видовой состав макрофитов с момента становления их в качестве водоемов-охладителей. Процессы, имевшие место в динамике флористического состава Кучурганского водохранилища, характерны и для близких по размерам и географическому расположению водохранилищ. Так, современный видовой состав высших водных растений водоема-охладителя Хмельницкой АЭС представлен 19 видами из 11 семейств, при этом стрелолист, рдесты сплюснутый и маленький встречались только в устье р. Гнилой Рог, т.е. на самой акватории водоема-охладителя всего 16 видов [79]. В водоеме-охладителе Лукомльской ГРЭС видовой состав высших водных растений более богат - 26 видов, в том числе 9 видов гидрофитов погруженных,

12 полупогруженных, 5 плавающих, при этом доминирующее положение занимает тростник, массово в настоящее время стал развиваться роголистник [88].

Сравнивая видовой состав макрофитов Кучурганского водохранилища с водоемами-охладителями Хмельницкой АЭС и Лукомльской ГРЭС, отметим, что общими для этих водоемов видами водных растений являются: роголистник погруженный, рдест гребенчатый, рдест пронзеннолистный, уруть колосистая, сусак зонтичный, рогоз широколистный и тростник южный. Только в Кучурганском водохранилище встречаются валлиснерия спиральная, наяда морская сальвиния плавающая и телиптерис болотный.

Если сравнить степень зарастания Кучурганского и Лукомльского водохранилищ на современном этапе, то водоем-охладитель Молдавской ГРЭС подвержен большей степени зарастания как надводной, так и погруженной водной растительностью: тростником – 19 % против 4,4 %, а погруженной растительностью – 46,9 % против 8,9 % площади водохранилища-охладителя Лукомльской ГРЭС [88, 105, 151, 152].

1.2. Использование макрофитов в биологическом мониторинге водных экосистем

Биоиндикация водоемов базируется на чувствительности гидробионтов к изменениям среды. В качестве биоиндикаторов экологического состояния водоемов чаще всего используют беспозвоночных гидробионтов – зоопланктон и зообентос. Для комплексной оценки степени загрязненности водоемов желательно включение в систему биологического мониторинга в качестве биоиндикаторов и высшие водные растения. Однако, следует отметить, что разнообразие условий формирования делает каждый водоем уникальным по абиотическим факторам и структуре биоценоза, что затрудняет выработку единых критериев оценки состояния водных сообществ [91, 112].

Специалисты постоянно делают попытки классифицировать водоемы исходя из интенсивности развития прибрежно-водной растительности с выделением наиболее характерных видов для того или иного типа вод. Однако, значительная часть водных растений обладает высокой толерантностью, что затрудняет использовать их в качестве индикаторных видов [87]. Тем не менее, об использовании высших водных растений для целей биоиндикации водной среды указано в работах многих авторов [6, 50, 62, 63, 138, 140, 142 и др.].

Макрофитам свойственна консервативность по отношению к кратковременным изменениям среды, однако изменения растительности в течение нескольких лет могут

свидетельствовать об антропогенной трансформации экосистем. Именно поэтому макрофиты являются хорошим объектом для многолетних наблюдений [38].

Важно отметить, что в последние годы во многих странах Европы внедряется Водно-Рамочная Директива ЕС (WFD) [134], в соответствии с которой проводятся широкомасштабные исследования водотоков. Видовой состав и структурные характеристики макрофитов рекомендованы к применению для оценки экологического состояния водоемов наряду с широко используемыми гидробиологическими показателями сообществ макрозообентоса и фитопланктона.

Удобство использования макрофитов в качестве биологических индикаторов обусловлено тем, что они имеют крупные размеры, их несложно учитывать и диагностировать их состояние. Многие представители макрофитов уже внесены в список видов-индикаторов и могут быть использованы для вычисления индекса сапробности и степени трофности водоёма [6, 87, 94 и др.].

Вследствие того, что интенсификация процессов эвтрофикации водоемов всегда сопровождается их зарастанием, чувствительность водных растений к обеспечению питательными веществами дает возможность рассматривать их в качестве показателя антропогенного эвтрофирования [22].

При использовании макрофитов в биоиндикации необходимо иметь в виду, что растения обладают довольно широкими географическими и экологическими ареалами, причем в различных физико-географических условиях одни и те же виды могут встречаться в водоемах различного трофического уровня и могут иметь разное индикаторное значение. Поэтому при разовых наблюдениях по присутствию или отсутствию какого-либо вида нельзя давать оценку качества среды. Кроме того, для определенного географического региона или группы водоемов необходимо выбирать виды, проявляющие индикаторные свойства в конкретных условиях. Трудность выявления видов-индикаторов у водных растений связана также с весьма скудными сведениями об экологии и физиологии большинства этих видов [84].

Были разработаны списки сапробных организмов, в котором водные растения распределены по пяти классам сапробности для пресных вод с указанием степени сапробности, сапробного индекса и индикаторного значения вида [94].

Помимо видов-индикаторов, информацию о качестве окружающей среды несут характеристики растительных сообществ водоемов, которые, по сравнению с отдельными видами растений, обладают большими индикаторными возможностями. Основными количественными характеристиками сообществ макрофитов служат занятая

растительностью площадь (% от общей площади водоема с учётом глубины), характер зарастания водоема, биомасса растений на единицу площади дна, сомкнутость, проективное покрытие, продукция, состояние растений, видовой состав и др.

Возрастающее антропогенное влияние на водоемы нередко приводит к массовому развитию отдельных видов-макрофитов. Так, обилие ряски трёхдольной (*Lemna trisulca* L.) и массовое развитие многокоренника обыкновенного (*Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.) и ряски малой (*Lemna minor* L.) свидетельствуют о эвтрофировании водоема. Локальное интенсивное развитие рясковых указывает на неблагоприятное положение в экосистеме. О наличии антропогенного воздействия на водные экосистемы свидетельствует пышное развитие стрелолиста обыкновенного (*Sagittaria sagittifolia* L.), частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica* L.), элодеи канадской (*Elodea canadensis* Michx.), телореза алоэвидного (*Stratiotes aloides* L.), роголистника погруженного (*Ceratophyllum demersum* L.) и урути колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.) [87].

Антропогенное эвтрофирование водоемов приводит к структурной перестройке сообщества гидрофитов, в результате чего изменяется видовой состав доминирующего комплекса, появляются или исчезают индикаторные виды. По мере возрастания трофности водоёма олигосапробные виды уступают место *b*-мезосапробным, которые, в свою очередь, заменяются *a*-мезосапробными видами [23].

Состав сообществ макрофитов и степень их развития в водоемах часто определяются не только концентрацией биогенных элементов, но и загрязнением водных экосистем [89]. По наличию или отсутствию макрофитов с узким экологическим ареалом можно судить о трофическом статусе водоёма [82].

В качестве биологических индикаторов при оценке экологического состояния водных объектов могут быть использованы и некоторые из структурных параметров макрофитов - линейные размеры листьев и соцветий рогоза и тростника, длина корней рясковых, плотность основных эпидермальных клеток и устьиц [42]. К примеру, для *Typha angustifolia* L. наиболее информативным признаком, который можно использовать для оценки состояния водоемов, может служить признак «длина соцветия», а для *Phragmites australis* (Cav.) таким признаком может быть «высота стебля» [93]. В условиях загрязнения водоемов тяжелыми металлами у *Lemna minor* L. наблюдается укорачивание длины корня [41].

В условиях нарастающей техногенной нагрузки на водные экосистемы повышается интерес к оценке современного состояния водоемов по уровню содержания тяжелых металлов в высшей водной растительности и выявлению видов растительности,

перспективных для использования при мониторинговых исследованиях. Способность макрофитов накапливать металлы, в том числе тяжелые, в концентрациях, превышающих фоновые значения, легла в основу при разработке методов биотестирования токсичности водной среды [18, 56, 64, 87].

Наибольшей аккумулярующей способностью обладают растения, относящиеся к группе укорененных гидатофитов, которые поглощают тяжелые металлы, как из водной среды, так и из донных отложений. Высокую поглотительную способность показывают также роголистник погруженный и уруть мутовчатая, которую многие исследователи предлагают использовать в биомониторинге водных экосистем [67, 119, 128]. В качестве биоиндикаторов загрязнения водной экосистемы тяжелыми металлами (медь, кадмий, свинец, цинк) также могут выступать *Ceratophyllum demersum* L., *Potamogeton pectinatus* L., *Potamogeton lucens* L., *Potamogeton perfoliatus* L. [144].

1.3. Основные классификации прибрежно-водной растительности

Первую классификацию прибрежно-водной растительности предложил ученик и друг Аристотеля Теофраст Эрезосский (372-287 до н.э.), который по внешнему виду подразделял водные растения на собственно водные, прибрежные, болотные и амфибийные [87]. В начале XIX века датским ботаником-географом И. Скоу (Schouw, 1823) впервые был использован термин «гидрофиты» для обозначения растений, произрастающих в водной среде. Датский эколог Е. Варминг (1901) выделил четыре группы растений, исходя из их отношения к воде: гидрофиты, ксерофиты, гелофиты и мезофиты. К. Ламперт (1900) подразделял прибрежно-водные растения на три группы: 1) растения с листьями, погруженными в воду, или подводные растения; 2) растения с листьями, плавающими на поверхности воды, - плавающие растения; 3) растения со стеблями и листьями, частично погруженными в воду и частично выступающими из воды в воздух.

Деление высших водных растений на эти три группы в том или ином виде были включены во все дальнейшие многочисленные классификации начиная с начала XX века и до настоящего времени. При этом разнообразие и обилие этих классификаций связано с их детализацией, а также с различиями в используемой терминологии и в представлениях об объеме понятия «водные растения» [72].

Специалисты чаще всего подразделяют водные растения на гидрофиты (обитающие непосредственно в водоеме) и гигрофиты (произрастающих в прибрежной зоне). В

некоторых случаях выделяют и группу прибрежных мезофитов. Прибрежно-водные растения делят на следующие группы: воздушно-водные, растения с плавающими листьями и погруженные растения. В последних двух группах выделяют прикрепленные растения и свободноплавающие. Помимо приведенных примеров, в литературе существует много иных терминов и классификаций прибрежно-водной растительности.

Оригинальную эколого-физиологическую классификацию прибрежно-водных растений в начале прошлого столетия предложил Х. Гамс, которая, с небольшими дополнениями впоследствии, делит растения на 3 группы: лемниды (свободноплавающие, не укореняющиеся растения); прикрепленные растения (водяные листостебельные мхи и харовые водоросли); укореняющиеся растения (7 групп с различиями по форме и величине стеблей, листьев) [87].

Согласно одних классификаций первой половины XX века [87], водные растения делились на две группы: гидрофиты – растения, меньшей своей частью погруженные в воду; гидатофиты – растения, полностью или большей частью погруженные в воду (гидатофиты настоящие; аэрогидатофиты погруженные; аэрогидатофиты плавающие). Другие классификации, напротив, к группе гидрофитов относили погруженные в воду растения и растения с плавающими листьями и листоподобными стеблями. Воздушно-водные растения были отнесены к гелофитам.

Согласно более поздним классификациям, растения, в зависимости от их приспособленности к условиям жизни в воде, подразделялись на следующие экологические группы:

- прибрежные – растения песчаных, каменистых и илистых отмелей;
- земноводные – растения, возвышающиеся над водой;
- водные растения – растения с плавающими на поверхности воды листьями;
- подводные растения;
- свободноплавающие растения.

Некоторые классификации макрофитов были основаны на распределении растений в толще воды по различным глубинам. В них выделялись пять экологических групп:

1. Прибрежные растения, находящиеся под периодическим воздействием затопления и обнажения.
2. Растения, прикрепленные к грунту и возвышающиеся над водой.
3. Плавающие на поверхности воды растения, корневая система которых прикреплена к грунту.
4. Растения, полностью погруженные в толщу воды.

5. Растения, свободноплавающие на поверхности и в верхней толще водоема.

Г.С. Гигевич, Б.П. Власов и Г.В. Вынаев [23] классифицируют гидрофитов по двум основным группам, которые в свою очередь подразделялись на более мелкие:

1. Гидрофиты – настоящие водные растения, постоянно растущие в воде (эугидрофиты, плейстогидрофиты, аэрогидрофиты);

2. Гигрофиты – наземные растения влажных, переувлажненных и периодически затопляемых местообитаний с высокой влажностью воздуха (эугигрофиты, гигрогелофиты).

Наибольшее распространение получила классификация В.М. Катанской [44], в соответствии с которой все водные растения по своим морфологическим и эколого-биологическим особенностям объединяются в следующие экологические группы:

1. Гидрофиты – настоящие водные растения:

1. Погруженные в воду растения – погруженные гидрофиты.

- полностью погруженные в воду (истинно водные) растения, весь цикл развития которых проходит в воде;

- полностью погруженные неукореняющиеся, плавающие в толще воды (к примеру, виды роголистника);

- полностью погруженные укореняющиеся (виды наяд, полушника и др.);

- погруженные в воду, но с воздушными генеративными органами (почти погруженные);

- погруженные, неукореняющиеся, плавающие в толще воды (виды пузырчатки);

- погруженные, укореняющиеся, с различной мощности корневой системой (у некоторых видов не развивающейся) – рдесты, уруть, элодея, лобелия.

2. Плавающие на поверхности воды растения – гидрофиты плавающие.

- свободно плавающие, неукореняющиеся (ряска малая, водокрас, сальвиния и др.);

- с плавающими листьями, укореняющиеся (кувшинка, кубышка, рдест плавающий, болотноцветник, гречиха земноводная).

Погруженные и плавающие неукореняющиеся растения прикрепляются к субстрату в тех случаях, когда нижняя часть их стеблей или водных корней находятся в рыхлой иловатой толще дна водоема.

2. Гелофиты (гидрогигрофиты) – водно-болотные растения:

Надводные растения с поднимающимися над поверхностью воды стеблями и листьями, укореняющиеся (тростник, рогоз, камыш, сусак, ежеголовник, стрелолист,

частуха и др.). Все они успешно развиваются и проходят полный цикл развития, как в воде, так и на влажных берегах водоемов.

В наших исследованиях мы придерживались классификации В.М. Катанской [44], в соответствии с которой исследованные виды высших водных растений Кучурганского водохранилища были отнесены к 3-м основным группам: гидрофиты погруженные, гидрофиты плавающие и гелофиты.

Анализ вышеизложенного послужил основой для определения цели и задач исследований.

Цель исследований: изучить современное состояние высшей водной растительности и оценить ее роль в экосистеме Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи:**

1. Исследовать процессы формирования высшей водной растительности на разных этапах эксплуатации водоема-охладителя.
2. Изучить состав и характер пространственного распределения макрофитов по акватории водоема-охладителя.
3. Выявить особенности сезонной динамики основных групп высших водных растений в водоеме-охладителе.
4. Дать биоиндикационную оценку экологического состояния водоема-охладителя по макрофитам.
5. Установить закономерности накопления металлов (ванадия, молибдена, никеля, свинца, титана, алюминия, меди, цинка, марганца) водной растительностью.
6. Оценить роль высшей водной растительности в миграции и круговороте химических элементов, в процессах самоочищения и вторичного загрязнения водоема-охладителя.

1.4. Выводы к главе 1

1. Сделан анализ и синтез литературных источников, касающихся методов исследования, биологических и экологических особенностей различных групп высшей водной растительности, их значимости в функционировании водных экосистем и, в особенности, водоемов-охладителей теплоэлектростанций.
2. Флора водоемов-охладителей представлена 88 видами макрофитов, из которых 12 распространены очень часто, а тростник южный - повсеместно. В процессе

эксплуатации водоемов-охладителей видовой состав макрофитов значительно трансформируется.

3. Вопросы оценки роли макрофитов в водных экосистемах, особенно подверженным техногенным нагрузкам, имеют как сугубо научную, так и практическую значимость в плане оценки сукцессионных процессов и развития самой водной растительности, так и научно-обоснованного менеджмента для устойчивого использования водных экосистем.
4. Роль высших водных растений многогранна, а в водоемах-охладителях имеет свою специфику, которая требует перманентного проведения комплексного научного мониторинга.
5. Менее всего изучена роль макрофитов в процессах накопления и миграции химических веществ и их значимости в процессах самоочищения и вторичного загрязнения водных экосистем.
6. В настоящее время в научной литературе отсутствует единая классификация высшей водной растительности, наибольшее распространение получила классификация В.М. Катанской.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Объект исследований

Материалами для диссертационной работы послужили результаты исследований автора 2010-2015 гг. Объект обследования – Кучурганское водохранилище-охладитель Молдавской ГРЭС, предмет исследования – макрофиты водоема-охладителя.

Кучурганское водохранилище (в прошлом лиман), расположено на границе Молдовы и Украины, и входит в эстуарную систему Днестра. До зарегулирования и превращения его в 1964 г. в водоем-охладитель Молдавской ГРЭС водоем представлял собой сохранившийся остаток когда-то большого Приднестровского лимана, в котором сохранились реликтовые гидробионты Понто-Каспийского фаунистического комплекса [102].

До середины 60-х годов XX века физико-химические особенности Кучурганского лимана мало чем отличались от других естественных водоемов. После строительства в 1964 г. Молдавской ГРЭС, берега лимана были одамбованы, плотина перекрыла естественный водообмен и Кучурганский лиман был преобразован в водохранилище-охладитель. По типу водного питания водохранилище относится к наливным водоемам с обратным водоснабжением тепловой электростанции. До перекрытия плотиной и преобразования в водохранилище, Кучурганский лиман являлся местом нереста и нагула значительной части рыб Нижнего Днестра.

Акватория водохранилища занимает около 2730 га со средней глубиной 3,5 и максимальной – 5,0 м, объем воды – 88 млн.м³. Длина водохранилища в зависимости от уровня воды достигает 14-20 км, ширина у плотины – 3 км. Акватория водоема делится на три участка: верхний, средний и нижний с площадью 580, 800 и 1350 га соответственно. Вокруг водохранилища построены 9 дамб протяженностью более 17 км.

Кучурганское водохранилище можно классифицировать как вытянутый узкий, мелководный водоем, полностью перемешанный по вертикали, с поверхностным водозабором.

Донные отложения Кучурганского водохранилища по механическому составу относятся к глинистым илам, толщина которых достигает 1 м, в прибрежной зоне дно покрыто тонким песчано-илистыми, либо песчаными наносами.

До 1965 года водохранилище не подвергалось тепловому воздействию ГРЭС, но к 1970 г. мощность электростанции повысилась до 1200 тыс. кВт/час, в результате чего резко

проявилось тепловое и гидродинамическое воздействие на водоем. В последующие годы имело место планомерное наращивание мощности МГРЭС и в 1983 г. выработка электроэнергии достигла максимального значения – 15,2 млрд. кВт/час. В дальнейшем производство электроэнергии значительно снизилось и в 1992-2009 гг. станция работала в режиме менее 30% своей мощности; с 2010 г. объемы вырабатываемой электроэнергии стали возрастать. До 1990 г. топливом для Молдавской ГРЭС служили мазут и уголь, после чего, в результате реконструкции, все энергоблоки станции были переведены на природный газ (при этом они способны работать на твердом и жидком топливе).

Зарегулирование Кучурганского водохранилища и постепенное наращивание мощности Молдавской ГРЭС существенно повлияли на физико-химические особенности водохранилища. Водоем-охладитель Молдавской ГРЭС в период максимальной мощности электростанции был отнесен к сильно перегреваемым водоемам-охладителям ТЭС. В нем температура воды в 2-3 раза превышала предельно допустимые значения [97].

Повышение температуры воды в водохранилище-охладителе привело к определенному изменению параметров других абиотических факторов – растворенных газов, биогенных элементов и органического вещества, ионного состава и минерализации воды, а так же к увеличению скорости оборачиваемости основных питательных элементов (азота, фосфора), накоплению и превращению органических веществ.

Кучурганское водохранилище, несмотря на то, что подвержено усиленному антропогенному воздействию и, в первую очередь, термофикации, играет исключительно важную роль в поддержании биологического разнообразия водно-болотных угодий бассейна нижнего Днестра, в том числе и раритетных видов биоты.

Для учета состава флоры и распространения отдельных видов растений водохранилища на современном этапе были использованы собственные сборы водной и околоводной флоры водоема-охладителя. Изучены и обобщены все доступные литературные источники по флоре и растительности Кучурганского водохранилища в различные периоды его функционирования по настоящее время.

Для изучения накопления металлов в макрофитах производился одновременный сбор растений в водохранилище с дальнейшим химическим анализом в лаборатории гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии АН Молдовы.

2.2. Методы флористических исследований

Сбор флористических данных проводили на Кучурганском водохранилище с помощью лодки, а также в ходе маршрутных исследований береговой линии водоема-охладителя с использованием традиционных методик [5, 6, 44, 84]. Исследования проводились ежегодно с апреля по октябрь.

Для сбора высших водных растений применялись копалки, ножи, водяные грабельки, гидробиологический сачок. В полевых условиях растения для гербария закладывались в гербарную папку. Редкие растения не собирались, только фотографировались.

Т.к. макрофиты, извлеченные из воды, быстро теряют влагу, в лабораторию для исследования накопления металлов они доставлялись в емкостях с водой из водохранилища.

Определение видового состава растений производилось классическим сравнительно-морфологическим методом с использованием ряда определителей [21, 25, 26, 28, 58, 61, 83, 111]. Принадлежность водных растений к биологическому типу приводится по В.М. Катанской [44].

Таксономический состав и обилие макрофитов на наиболее характерных по зарастанию участках водоема исследовали с помощью трансект, на которых производится описание и учет высшей водной растительности [5, 44, 84], что соответствует последним методикам [6], разработанным сотрудниками Института зоологии АНМ.

Изучение динамики фитоценозов водохранилища проводилось путем сравнения описаний растительных сообществ, сделанных на одних и тех же участках, но в разные годы, а также путем ежегодного глазомерного, схематического, крупномасштабного картирования растительных сообществ, в процессе маршрутного обследования водохранилища.

Для количественного учета растительности (подсчета количества стеблей, определения проективного покрытия и взятия укосов) в сообществах всех групп растений закладывались площадки с использованием рам из деревянных реек площадью 0,25 м². Каждый укос разбирался по видам, подсчитывалось число побегов. Для каждого таксона в сыром и воздушно-сухом виде рассчитывалась фитомасса в пересчете 1 м².

Для расчета площади зарастания водоема макрофитами использованы спутниковые фотографии водохранилища «Google Карты», обработанные с помощью пакета прикладных программ MATLAB («Matrix Laboratory»), предназначенных для решения задач технических вычислений.

Полученное с «Google Карты» изображение водоема в высоком разрешении (5000 на 21000 пикселей) было обработано в графическом редакторе Adobe Photoshop следующим образом:

1. Области водохранилища, покрытые тростником, были закрашены черным цветом;
2. Чистая водная гладь закрашена белым цветом;
3. Береговая линия закрашена серым цветом (чтобы отделить области, не относящиеся к водоему).

На основе отрисованной карты водохранилища, программа MATLAB создала матрицу 5000x21000, элементы которой – числа, зависящие от цвета пикселя изображения. Так белому пикселю соответствовал элемент равный 0, черному – 1, серому – 0,5. Процент зарастания водоема был рассчитан программой, как отношение числа элементов матрицы равных единице, к общему числу элементов не равных 0,5:

$$\% \text{ зарастания} = \frac{n}{n + m} \times 100\%, \text{ где:}$$

n – число элементов матрицы, равных единице, m - число элементов матрицы, равных нулю.

Для оценки экологического состояния Кучурганского водохранилища по макрофитам использовались виды-индикаторы, которые были использованы для вычисления индекса сапробности и степени трофности водоёма [6, 87, 94]. Для расчета сапробности Кучурганского водохранилища по макрофитам мы использовали индекс сапробности Пантле и Букка, основанный на учете относительного обилия видов-индикаторов.

2.3. Техника анализа микроэлементов в биологическом материале и воде.

Собранные образцы водных растений, использованных для анализа содержания в них металлов промывались природной водой, ополаскивались дистиллированной водой, подсушивались на фильтровальной бумаге, взвешивались. Затем для определения абсолютной влажности высушивались до постоянного веса в термостате при температуре не выше 80 °С. Высушенные растения измельчались до состояния пудры с использованием мельницы с агатовой ступкой - *Homogenizer Fritch Mortar Grinder Pulvirisette-2*. Определенная навеска - от 50 до 100 мкг пробы для исследования подвергалась «мокрой» кислотной минерализации смесью азотной и соляной кислот. Использовали метод микроволнового разложения [146], с использованием *Speed Wave four*

SW-4, Berghof, Германия, который позволяет сократить время подготовки пробы за счет высоких температур и давления реакционной смеси, получаемых в поле микроволнового излучения от нескольких часов, а иногда и суток, до 15-45 минут. Кроме того герметичность автоклавов позволяет исключить испарение и минимизировать потери летучих компонентов, неизбежных в случае классического кислотного разложения.

Пробы воды, после фильтрации подкисляли азотной кислотой (0,5 мл концентрированной азотной кислоты на 50 мл воды) и упаривали до 10 мл в термоблоке Hot Block SC 154, Environmental Express [4].

Анализировали образцы атомно-абсорбционным спектрофотометром (ААС) с применением электротермического атомизатора [2] и атомно-эмиссионным с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) спектроскопическими методами [3]. Атомно-абсорбционный (ААС) метод анализа основан на поглощении излучения оптического диапазона свободными атомами. В связи с тем, что в оптическом диапазоне, соответствующем энергиям валентных электронов, свободные атомы и многоатомные частицы дают различные спектры. Поэтому важнейшей предпосылкой ААС определений является перевод определяемого вещества в атомный пар. Для этого используется источник высокой температуры – атомизатор, в данном случае атомизатором служит графитовая печь.

Метод ААС с применением электротермического атомизатора обеспечивает рекордно низкие пределы обнаружения по многим элементам. Их численные значения колеблются для разных элементов от десятых до десятитысячных долей нанограмма в одном миллилитре раствора пробы. Столь высокая абсолютная чувствительность метода достигается благодаря импульсному характеру испарения всей пробы и формированию поглощающего слоя атомов в пространстве, ограниченном стенками печи. Для обеспечения воспроизводимых результатов этого метода прибор, использованный нами *AAAnalyst 400 Perkin Elmer, США*, оснащен автоматизированной системой дозированного введения раствора в атомизатор и регулирования температур.

Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) это самый высокочувствительный экспрессный метод идентификации и количественного определения химических элементов в жидких и твердых веществах, в том числе и в высокочистых [3]. Метод основан на измерении интенсивности излучения света, испускаемого на определенных длинах волн атомами, возбужденными индуктивно-связанной аргонной плазмой.

Количественное определение ИСП-АЭС связано с количеством электромагнитного излучения, которое испускается, тогда как качественная информация (какие элементы присутствуют) связана с длиной волны испускаемого излучения. В атомной эмиссионной спектроскопии образец подвергается действию высоких температур, достаточных не только для диссоциации на атомы, но и для реализации значительного числа столкновений, вызывающих возбуждение (и ионизацию) атомов пробы. Атомы и ионы в состоянии возбуждения могут путем термических и радиационных (эмиссионных) передач энергии переходить в состояния с меньшей энергией.

Образец пробы в автоматическом режиме вносится в прибор в виде потока жидкой пробы. Внутри прибора жидкость проходит стадию распыления до аэрозоли и поступает в плазму, где испаряется, атомизируется и возбуждается и/или ионизируется плазмой. В таком состоянии атомы и ионы испускают характерные для них излучение, которое концентрируется устройством, сортирующим излучение по длинам волн. Излучение детектируется и преобразуется в электронные сигналы, которые для аналитика преобразуются в информацию о концентрациях исследованных химических элементов. Использовали спектрометр *Thermo Scientific iCAP 6200 Duo, Thermo Fisher Scientific, Великобритания*.

Индуктивно-связанная плазма (ИСП) характеризуется высокой стабильностью, низким уровнем шумов и малой величиной фонового сигнала. Химические влияния и матричные эффекты, а также мешающие влияния со стороны материалов атомизатора практически отсутствуют.

Важным достоинством атомно-эмиссионной спектроскопии по сравнению с другими оптическими спектральными, а также многими химическими и физико-химическими методами анализа, являются возможности бесконтактного, одновременного количественного определения большого числа элементов в широком интервале концентраций с надежной точностью и с использованием малых объемов или навески анализируемых образцов.

Главное аналитическое преимущество ИСП над другими источниками эмиссии исходит из способности ИСП испарять, атомизировать, возбуждать и ионизировать эффективно и постоянно обширный ряд элементов, представленных в самых различных типах образцов. Одной из важных причин преимущества ИСП-АЭС над пламенной или электротермической АЭС состоит в высокой температуре внутри плазмы. В то время, как верхний предел температур пламени печей находится в районе 3300 К, температура газа в центре ИСП составляет около 6800 К. Кроме повышения эффективности возбуждения и

ионизации более высокая температура ИСП также уменьшает или исключает многие из химических помех, встречающихся в ААС методах.

Все аналитические работы были выполнены в Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии Академии наук Молдовы.

2.4. Выводы к главе 2

1. Дано общее описание объекта исследования – Кучурганского водохранилища-охладителя Молдавской ГРЭС и методов исследования, использованных в процессе выполнения данной работы.
2. Флористические исследования проводились с использованием общепринятых методик в гидробиологии, адаптированных к стандартам ЕС-ИСО. Определение растений выполнено согласно классическим методам с использованием определителей-руководств. Площадь зарастания макрофитами рассчитывалась по спутниковым фотографиям с помощью пакета прикладных программ MATLAB.
3. Оценка экологического состояния водохранилища по макрофитам проводилась с использованием видов-индикаторов, сапробность рассчитывалась по индексу сапробности Пантле и Букка.
4. Уровень накопления металлов выполнено с применением современных методов ААС с применением электротермического атомизатора и (ИСП-АЭС) с использованием соответствующего оборудования *AAnalyst 400 Perkin Elmer* и *Thermo Scientific iCAP 6200 Duo, Thermo Fisher Scientific*.

3. ВЫСШАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ КУЧУРГАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

3.1. Многолетняя динамика биоразнообразия и биомассы высшей водной растительности до и в первые годы функционирования Молдавской ГРЭС

В период, когда Кучурганское водохранилище было фактически одним из причерноморских лиманов в гидрологическом бассейне реки Днестр, в нем отмечалось обилие естественной водной и околоводной растительности, характерной для типичных лиманов и периодически затапливаемых болотистых территорий. В большинстве случаев береговая линия водоема зарастала узкой полосой тростника (*Phragmites australis* (Cav.)), дно покрывалось харой (*Chara fragilis* Desv.), урутью колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.) и роголистником погруженным (*Ceratophyllum demersum* L.), в южной части водоема преобладали водяной орех (*Trapa natans* L.), а по акватории водоема - заросли рдестов пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.) и гребенчатого (*Potamogeton pectinatus* L.), урути мутовчатой (*Myriophyllum verticillatum* L.), шелковника закрученного (*Batrachium divaricatum* (Schrank)). В районе с. Лиманское наблюдались заросли нимфеи белой (*Nymphaea alba* L.), кубышки желтой (*Nuphar luteum* L.), телореза (*Stratiotes aloides* L.), ряски многокоренной (*Lemna polyrrhiza* L.) и ряски тройчатой (*Lemna trisulca* L.) [124].

Фактически наблюдалось многообразие высшей подводной, плавающей и надводной растительности. На протяжении 2/3 периметра побережья верхняя часть лимана была покрыта тростниковыми зарослями (*Phragmites australis* (Cav.)), а на открытых частях были замечены куртины рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.), телореза (*Stratiotes aloides* L.). Между ними обильно, сплошным ковром, водную гладь занимали ряски *Lemna polyrrhiza* L. и *Lemna trisulca* L., в толще воды – роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.) и рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.). Дно зарастало пузырчаткой обыкновенной (*Utricularia vulgaris* L.), урутью мутовчатой (*Myriophyllum verticillatum* L.), водяным лютиком завитым (*Batrachium circinatum* (Sibth)), реже – телорезом (*Stratiotes aloides* L.), украшали водоем пятна нимфеи белой (*Nymphaea alba* L.) и кубышки желтой (*Nuphar luteum* L.) [47, 101, 124].

Заросли *Phragmites australis* (Cav.), занимающие самые большие прибрежно-водные площади водоема, покрывали дно лимана на 80-90 % и их биомасса составляла в среднем 2360 г/м² - 2975 г/м² в пересчете на абсолютно сухую массу, рогоз узколистный (*Typha*

angustifolia L.), который окаймлял узкой полосой заросли тростника или произрастал в виде пятен имел биомассу 1060 г/м², а камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.) покрывал дно отдельными пятнами от 10 до 60-70 % [124].

Чаще всего в южной части Кучурганского лимана были развиты заросли водяного ореха или чилима (*Trapa natans* L.), узовника кувшинковидного (*Nymphoides coreana* (Levl.)), сусака зонтичного (*Butomus umbellatus* L.), на мелководьях был распространен рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.), водяная чума (*Elodea canadensis* Michx.), роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum* L.) и местами - валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.). В северной же части лимана преобладали водяной лютик (*Batrachium foeniculaceum* (Gilib.)), ряска многокоренная и трехдольная (*Lemna polyrrhiza* L. и *Lemna trisulca* L.), а также островки телореза (*Stratiotes aloides* L.). Среди макрофитов с плавающими листьями на глубине до 1 м встречались кувшинки белые (*Nymphaea alba* L.) и кубышки (*Nuphar luteum* L.) [47].

Для мелководья лимана были характерны заросли элодеи (*Elodea canadensis* Michx.), роголистника погруженного (*Ceratophyllum demersum* L.) и урути мутовчатой (*Myriophyllum verticillatum* L.). Берега и северная часть акватории водоема массово зарастали тростником (*Phragmites australis* (Cav.)), роголистником (*Ceratophyllum demersum* L.) и урутью мутовчатой (*Myriophyllum verticillatum* L.) с включениями рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.) и широколистного (*Typha latifolia* L.), сусака зонтичного (*Butomus umbellatus* L.), касатика желтого (*Iris pseudacorus* L.), частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica* L.) и ланцетной (*Alisma lanceolatum*), а по правому берегу – в большом количестве и стрелолиста обыкновенного (*Sagittaria sagittifolia* L.), во многих местах отмечались чистые заросли камыша озерного (*Scirpus lacustris* L.) [47].

Строительство и пуск в эксплуатацию Дубоссарской ГЭС привели к изменению гидрологического режима нижнего участка Днестра, в том числе протока Турунчук, в результате чего сток и скорость течения воды заметно уменьшились, интенсифицировались процессы пересыхания заливаемых территорий гирл, соединяющих лиман с протоком Турунчук, и все это способствовало существенному изменению разнообразия высшей водной растительности в лимане. К этому времени в водоеме были зарегистрированы 31 вид высшей водной растительности, из которых - 10 видов жестких надводных растений и 21 вид погруженных мягких растений. Из жестких надводных растений самыми распространенными являлись тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.)), рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L.) и рогоз широколистный (*Typha*

latifolia L.), клубнекамыш морской (*Bolboschoenus maritimus* L.). Из мягкой подводной растительности - рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.) и гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.), уруть мутовчатая (*Myriophyllum verticillatum* L.), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.) и валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.). При этом распределение, разнообразие и биомасса высшей водной растительности по акватории водоема была не одинаковой и очень не равномерной [123].

Но самые большие изменения в составе, распределении, численности и биомассе высших водных растений случились после отделения лимана плотиной и зарегулирования водоема, т.е. после создания зарегулированного водоема-охладителя Молдавской ГРЭС. В первые годы становления водоема-охладителя в большей степени покрытым макрофитами оказался верхний участок водоема (около 75% от общей площади). Здесь, среди жестких полупогруженных макрофитов, на мелководье преобладал ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L.), дальше от берегов – камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.), сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), клубнекамыш морской (*Bolboschoenus maritimus* L.) и тростник (*Phragmites australis* (Cav.)) вперемешку с рогозом узколистным (*Typha angustifolia* L.). На открытых участках водохранилища доминировали уруть мутовчатая (*Myriophyllum verticillatum* L.), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.). Биомасса жесткой надводной растительности в период цветения была 2500-3000 г/м², или 25-30 т/га, местами сырая биомасса тростниковых зарослей достигала 3500 - 4700 г/м², а подводной мягкой растительности – 1500–1600 г/м² а.с.м. [123].

Достаточно наглядно прослежено изменение разнообразия и биомассы высшей водной растительности на примере отдельных участков водоема. К примеру, если до сооружения плотины в районе с. Лиманское (верхнее левобережье водоема), зарослями высшей водной растительности было покрыто 390 га, то в течение 5 лет площадь зарастания достигла уже 497 га. При этом преобладающим стали тростниковые заросли, площадь которых составляла 90-95 %, местами 97 % с фитомассой 3400-4761 г/м² (здесь и далее в пересчете на абсолютно сухую биомассу – а.с.м.), или группировки преобладающего тростника (*Phragmites australis* (Cav.)) и рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.), с фитомассой рогоза 619–854 г/м² а.с.м. Флору надводных растений составляли, главным образом, тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.)), рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L.), камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.), осоки, белокрыльник болотный (*Calla palustris* L.). Из макрофитов с плавающими листьями и погруженных в воду - роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum* L.), уруть

мутовчатая (*Myriophyllum verticillatum* L.), телорез (*Stratiotes aloides* L.), пузырчатка обыкновенная (*Utricularia vulgaris* L.), рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.) и рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), ряска трехдольная (*Lemna trisulca* L.), водокрас (*Hydrocharis morsus-ranae* L.), кувшинка белая (*Nymphaea alba* L.). В самом верховье лимана отмечалось много луговой растительности, а на заболоченных местах западного и восточного берегов были распространены рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L.), камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.), сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), стрелолист плавающий (*Sagittaria natans* Pall.) [121].

Средний участок водохранилища был более скудным по зарастанию макрофитами, т.к. большая его часть (около 80 %) была открытой. Заросли тростника (*Phragmites australis* (Cav.)) шириной 10-20 м здесь окаймляли береговую зону прерывистой полосой и местами содержали рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), роголистник (*Ceratophyllum demersum* L.), уруть мутовчатую (*Myriophyllum verticillatum* L.). Но в нижней части среднего участка (выше водозабора ГРЭС) прибрежная площадь зарастания водоема увеличилась от 110 га до 136 га и сырая фитомасса погруженных растений достигла 3,9-4,9 кг/м² [92, 121].

В нижнем участке водоема нужно выделить 3 зоны - первая открытая часть водоема от водозабора ГРЭС до устья сбросного канала, здесь по правому берегу водоема простиралась тростниковые заросли с небольшими участками рогоза (*Typha angustifolia* L.) и камыша (*Scirpus lacustris* L.). Вблизи тростниковых зарослей встречались чаще всего группировки рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.), несколько реже роголистника темно-зеленого (*Ceratophyllum demersum* L.) и немного урути мутовчатой (*Myriophyllum verticillatum* L.), лютика, а местами – кувшинки (*Nymphaea alba* L.) и кубышки (*Nuphar luteum* L.), на дне наблюдались скопления валлиснерии спиральной (*Vallisneria spiralis* L.) и нитчатых водорослей. Фитомасса рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.) за 5 лет удвоилась - от 2200-3000 г/м² в сыром виде, до 4600-6200 г/м² [121].

Вторая часть нижнего участка водоема, которая на 90%, а местами до 96% были покрыты зарослями тростника, а их сырая масса составляла 8,25-11,2 кг/м², претерпели существенные изменения. В первые 5 лет в результате повышения уровня воды и мелиоративных работ по удалению растительности из водоема, биомасса тростниковых зарослей снизилась на 34 % - с 4190 г/м² а.с.м. до 2790 г/м² а.с.м. Среди зарослей тростника (*Phragmites australis* (Cav.)) встречался рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L.), а на участках, где не развивалась надводная растительность, произрастали

погруженные и плавающие растения *Potamogeton pectinatus* L., *Ceratophyllum demersum* L. и немного урути (*Myriophyllum verticillatum* L.), *Lemna trisulca* L., *Hydrocharis morsus-ranae* L. Характерной особенностью этого района было то, что тростниковые заросли развивались здесь при значительных глубинах [117, 121].

Приплотинная часть нижнего участка водоема до строительства плотины и оградительных дамб, представляла собой периодически затапливаемую территорию, покрытую лесо-кустарниковой растительностью (в 1964 г. были вырублены деревья и кустарники на 220 га). Эта часть водоема, из-за довольно благоприятных условий (обилия биогенных веществ, высокой прозрачности воды и оптимальной температуры), очень быстро начала зарастать макрофитами и уже через год появились надводные растения: рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L.), тростник (*Phragmites australis* (Cav.)), камыш (*Scirpus lacustris* L.), ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L.), манник водный (*Glyceria maxima* (Hartm.)), стрелолист стрелолистный (*Sagittaria sagittifolia* L.), сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.). Из погруженной водной растительности преобладал роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum* L.) и, в меньшей степени, распространены пузырчатка (*Utricularia vulgaris* L.), элодея канадская (*Elodea canadensis* Michx.), телорез (*Stratiotes aloides* L.), водяной лютик (*Ranunculus aquatilis* L.). На водной глади обильно встречались ряска малая (*Lemna minor* L.) и ряска тройчатая (*Lemna trisulca* L.), местами кувшинки (*Nymphaea alba* L.) и кубышки (*Nuphar luteum* L.), водокрас лягушачий (*Hydrocharis morsus-ranae* L.), а на дне – валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.) [117, 121].

В общей сложности площади зарастания макрофитами Кучурганского водоема заметно увеличились с 11 км² до 18,6 км². Особое развитие получили теплолюбивые водные растения *Vallisneria spiralis* L. и *Najas marina* L. К примеру, *Vallisneria spiralis* L. распространялась на площади до 500 га, с сырой биомассой до 0,4 кг/м². Площади зарастания макрофитами акватории водохранилища в этот период составляли примерно 700–800 га с общей сырой биомассой во время их цветения до 30 тыс. т. Очень большие изменения претерпел нижний участок водоема, где тростниковые заросли составили до 200 га, при средней биомассе 3–4 кг/м² [121, 123].

Увеличению площади зарастания высшей водной растительностью способствовали увеличение продолжительности вегетационного периода за счет повышения температуры воды, особенно на участке ниже сбросного канала ГРЭС, а также изменение химического состава воды.

Полная изоляция Кучурганского лимана и окончательное преобразование его в водоем-охладитель Молдавской ГРЭС привели к увеличению температуры воды в среднем за год на 7-8 °С, а ее минерализации примерно в три раза (до 1200-1250 мг/л) и, как следствие, к резкому увеличению видового разнообразия, численности и биомассы всех групп растений. Для поддержания недопущения осолонения и резкой эвтрофикации водоема, начиная с 1974 г. ежегодного производился принудительный обмен около 1/3 объема воды водохранилища с днестровской [101].

Но наряду с увеличением общей биомассы водных растений, изменившиеся условия и, особенно, повышение температуры воды, привели к исчезновению в нижнем и среднем участках водохранилища таких макрофитов, как *Elodea canadensis* Michx., *Nymphoides peltata* (S.G.Gmel.), *Nuphar luteum* L., *Potamogeton heterophyllus* Schreb., *Trapa natans* L. и др. На грани исчезновения оказались *Nymphaea alba* L., *Stratiotes aloides* L., *Batrachium divaricatum* (Schrank) и др. [118].

Процессы эвтрофикации водоема-охладителя способствовали изменению флористического состава высшей водной растительности, который, при более детальном изучении, насчитывал уже 68 видов, относящихся к 32 семействам, среди которых наибольшим разнообразием и обилием отличались осоковые (*Cyperaceae*), рдестовые (*Potamogetonaceae*) и водокрасовые (*Hydrocharitaceae*). Практически половина площади водохранилища была занята мощными подводными и надводными зарослями, при этом наибольшие площади надводных зарослей макрофитов с преобладанием *Phragmites australis* (Cav.) наблюдались в верховьях водохранилища. *Typha angustifolia* L. образовывал пятна среди тростника, а также произрастал по краям его зарослей [117].

Установлена определенная закономерность распределения макрофитов в зарослях в зависимости от глубины и состава грунта. У самого уреза воды произрастали полевица побегообразующая (*Agrostis stolonifera* L.), вербейник монетный (*Lysimachia numularia* L.), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.), встречались отдельные экземпляры вербейника обыкновенного (*Lysimachia vulgaris* L.), тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), череды трехраздельной (*Bidens tripartita* L.), жерушника австрийского (*Rorippa austriaca* (Crantz) Besser), щавелей курчавого (*Rumex crispus* L.) и конского (*R. confertus* Willd.), ситника жабьего (*Juncus bufonius* L.), осоки мохнатой (*Carex hirta* L.) и осоки сжатой (*C. compacta* Lam.) и др.

За этой неширокой полосой околководных растений в сторону уреза воды начиналась полоса, состоящая из клубнекамыша морского (*Bolboschoenus maritimus* L.), сусака зонтичного (*Butomus umbellatus* L.), болотницы обыкновенной (*Eleocharis palustris*), ириса

ложноаирового (болотного) (*Iris pseudacorus* L.), частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica* L.), стрелолиста обыкновенного (*Sagittaria sagittifolia* L.), осоки береговой (*Carex riparia* Curt.). Здесь же встречались отдельные куртины ежеголовника прямого (*Sparganium erectum* L.), аира обыкновенного (*Acorus calamus* L.), манника большого (*Glyceria maxima* (Hartm.)) и единичные экземпляры дербенника иволистного (*Lythrum salicaria* L.), поручейника сизаровидного (*Sium sisaroides* DC.), клоповника широколистного (*Lepidium latifolium* L.), омежника водного (*Oenanthe aquatica* L.), незабудки болотной (*Myosotis palustris* L.), паслена сладко-горького (*Solatum dulcamara* L.), шлемника копьелистного (*Scutellaria hastifolia* L.), зюзника европейского (*Lycopus europaeus* L.), чистеца болотного (*Stachys palustris* L.) и др. Эти растения заходили в воду до глубины 50-60 см, а сусак зонтичный обнаруживался и на большей глубине. Местами эта прибрежная полоса зарастала разрозненными куртинами камыша Табернемонтана (*Scirpus tabernaemontani* (C.C.Gmel.)) и камыша озерного (*S. lacustris* L.), среди которых сплошным ковром развивались подводные заросли хары и рдеста нитевидного (*Potamogeton filiformis* Pers.). Далее с глубины 50-60 см начинались сплошные заросли *Phragmites australis* (Cav.), заходящие в воду до глубины 180-200 см. В некоторых местах они отделялись от пояса прибрежной растительности неширокой полосой из *Typha angustifolia* L., среди которого единично встречался *Typha latifolia* L.

Общая биомасса растительности в водохранилище в сыром виде достигала до 90 тыс. тонн или в пересчете на абсолютно сухую массу - 16 тыс. тонн в сухом весе (без учета валлиснерии). Фактически в водоеме произрастало 5 т/га высшей водной растительности, с валлиснерией - 6 т/га. Основная масса приходилась на долю тростника - 12060 тонн, рогоза - 400 тонн, рдестов - 2400 тонн, валлиснерии - 1400 тонн, роголистника и урути - 800 тонн, утрикулярии - 140 тонн, и нитчатых водорослей с примесью рдестов и роголистника - 100 тонн, в сумме это - 97 % общей сухой биомассы водной растительности лимана на тот период [117].

Работа теплоэлектростанции, сброс плохо очищенных сточных вод, поверхностный сток с урбанизированных и сельскохозяйственных угодий привели к существенным изменениям экологического состояния водоема-охладителя. Наряду с повышением температуры воды, интенсифицировались процессы заиления, вторичного загрязнения, эвтрофикации, сопровождающиеся интенсивным «цветением воды», а зарастание макрофитами создавало помехи для функционирования электростанции.

Для борьбы с излишним зарастанием водоема-охладителя были предприняты химические (применение медного купороса) и механические методы воздействия на

высшие водные растения, что привело к уменьшению площади зарастания макрофитами более чем в 2 раза [116]. Параллельно с этим проводилось зарыбление водохранилища растительноядными рыбами [54] и имело место резкое поднятие уровня воды, обусловленные наводнениями, что так же способствовало обеднению видового состава макрофитов (*Potamogeton perfoliatus* L., *Vallisneria spiralis* L., *Stratiotes aloides* L., *Lemna*, *Nymphaea alba* L., *Nuphar lutea* L., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Nymphoides peltatum* (Gmel.), *Batrachium divaricatum* (Schrank), *Phragmites australis* (Cav.), *Typha angustifolia* L., *Scirpus lacustris* L.) и даже исчезновению отдельных видов, таких, как *Elodea canadensis* Michx., *Potamogeton heterophyllus* Schreb., *Trapa natans* L. [92].

К концу 70-х годов XX столетия видовой состав водных растений Кучурганского водохранилища насчитывал 41 вид гидрофитов и гелофитов, из которых 22% составляли макрофиты плавающие и с плавающими листьями.

3.2. Динамика видового состава, распределения и биомассы высшей водной растительности в период максимальной тепловой нагрузки Молдавской ГРЭС

В 80-е годы прошлого столетия общая мощность Молдавской ГРЭС достигла своего проектного максимума в 2520 МВт; достаточно отметить, что с 1981 по 1991 гг. ежегодно станция сжигала около 5 млн. тонн топлива (уголь, мазут, газ) чтобы понять, что это был период максимального воздействия на экосистему Кучурганского водоема-охладителя.

При уровне воды в Кучурганском водохранилище в восьмидесятые годы прошлого столетия на проектной отметке 3-3,5 м абс., видовой состав высшей водной растительности состоял из 36 видов. На акватории верхнего и нижнего (приплотинного) участков водоема были отмечены самые большие зарастания такими макрофитами как *Phragmites australis* (Cav.) и *Typha angustifolia* L., образующими куртины диаметром от 5 до 50 и более метров. От плотины до открытого плеса на протяжении до 750 м мелкими куртинами можно было встретить ассоциации *Scirpus lacustris* L., а в нескольких участках по левому берегу в 50 м от плотины на мелководьях произрастал *Acorus calamus* L.. Ассоциации погруженных видов растений были представлены *Potamogeton perfoliatus* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Vallisneria spiralis* L., *Najas marina* L., реже – *Potamogeton pectinatus* L., *P. lucens* L., *P. natans* L. и *Stratiotes aloides* L., которые распространялись, главным образом, по краю куртин сообществ *Phragmites australis* (Cav.). В надводном пространстве свободном от жесткой водной растительности в небольшом количестве развивались *Salvinia natans* L., *Lemna minor* L., *L. trisulca* L., а ближе к правому берегу

недалеко от плотины в единичных экземплярах встречались уже исчезающие в водохранилище виды *Nymphaea alba* L. и *Batrachium circinatum* (Sibth) [17].

От плотины вдоль левого берега до с. Лиманское практически не наблюдалось больших скоплений высших водных растений и лишь изредка вклинивались ассоциации *Phragmites australis* (Cav.), местами регистрировались небольшие скопления *Ceratophyllum demersum* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Potamogeton pectinatus* L., *Myriophyllum spicatum* L. Вдоль правого берега растительность была распространена, главным образом, выше и ниже водозаборных устройств, в заливе аглопоритового завода, ниже устья северного канала, а также напротив с. Лиманское. Доминирующими видами водной растительности были *Phragmites australis* (Cav.) с небольшими куртинами *Typha angustifolia* L., *Typha latifolia* L., а севернее от аглопоритового завода и до верховья водохранилища - единичными скоплениями произрастали *Scirpus lacustris* L., *Alisma plantago-aquatica* L., *Sagittaria sagittifolia* L., *Butomus umbellatus* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult., *Glyceria maxima* (Hartm.). Из погруженной растительности были отмечены *Vallisneria spiralis* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *P. crispus* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Myriophyllum spicatum* L., *M. verticillatum* L., *Najas marina* L., *Lemna minor* L., *L. trisulca* L.

В верховье водохранилища видовой состав макрофитов был таким же, как и по правому берегу, и был представлен *Phragmites australis* (Cav.) и *Typha angustifolia* L., а также более специфичными для данного участка видами - *Iris pseudacorus* L., *Lycopus europaeus* L., *Oenanthe aquatica* L. Около 50-60% водной площади водоема-охладителя были покрыты *Potamogeton pectinatus* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Potamogeton pusillus* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Ceratophyllum demersum* L.. Очень широкое распространение получила на этом участке водоема *Cladophora fracta* (O.F. Müller ex Vahl) Kützing. Отмирание и разложение этой водоросли, особенно из-за повышения температуры воды, провоцировали заморные явления.

В 1981 г заросли высшей водной растительности покрывали 829 га, что составляет 29,6% от общей площади Кучурганского водохранилища, биомасса которой достигала 52,7 тыс.т., из них 27,7 тыс.т приходилось на долю надводной жесткой растительности и 25 тыс. т - мягкой погруженной. В 1984 г. поверхность акватории водохранилища, занимаемая макрофитами, снизилась примерно на 6% и составила 669 га, или 23,9% от общей площади водоема-охладителя. Биомасса макрофитов уменьшилась более, чем на 40% и составила лишь 28,5 тыс. т. Столь резкое подавление роста макрофитов было напрямую обусловлено выходом на полную рабочую мощность Молдавской ГРЭС, что

привело к увеличению уровня воды в водохранилище, сбросу теплых вод не только в нижний, но и в средний участки водохранилища, и в целом изменению гидрологического режима водоема [17].

Как и прежде, в соответствии с биологическими свойствами растений, по мере удаления от берега были отчетливо выражены два пояса растительности: воздушно-водные и погруженные. В этот период оба пояса сильно сократились, как по площади, так и по видовому составу макрофитов, которые составляли, в соответствии с выводами разных авторов, 36-40 видов водной растительности [17, 69, 101].

Основная масса макрофитов была сосредоточена в узкой части верховья водохранилища от окраин с. Лиманское до устья р. Кучурган и меньше всего в низовье - у плотины, где макрофиты были сосредоточены в прерывистых полосах шириной до 450-500 м. В водоеме-охладителе в период максимальной тепловой нагрузки из состава флоры выпали такие виды, как *Nymphoides peltata* (S.G.Gmel.), *Nuphar luteum* L., *Potamogeton heterophyllus* Schreb., *Trapa natans* L. и др., а другие - *Nymphaea alba* L., *Stratiotes aloides* L. и др. очень сильно сократили свой ареал. Сокращение зарослей тростника, рогоза, камыша негативно сказались на процессе эвтрофирования водоема, разрушению береговой части водоема, изменению круговорота элементов [101].

Информация о разнообразии, облике и фитоценозе высшей водной растительности Кучурганского водохранилища за 90-е годы прошлого столетия практически отсутствуют или носит фрагментарный характер, и в основном выполнены сотрудниками Института зоологии в рамках договорных работ с Молдавской ГРЭС [52].

3.3. Современное состояние высшей водной растительности Кучурганского водохранилища

Среди современной растительности водохранилища водную флору составляют 15 видов из 11 семейств: *Ceratophyllaceae* - роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), *Hydrocharitaceae* - водокрас лягушачий (*Hydrocharis morsus-ranae* L.), валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.), *Butomaceae* - сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), *Lemnaceae* - ряска малая (*Lemna minor* L.), ряска тройчатая (*L. trisulca* L.), *Najadaceae* - наяда морская (*Najas marina* L.), *Poaceae* - тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.)), *Typhaceae* - рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.), *Potamogetonaceae* - рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L.), рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), *Haloragaceae* - уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.), *Salviniaceae* - сальвиния плавающая (*Salvinia natans* L.),

Thelypteridaceae - телиптерис болотный (*Thelypteris palustris* Schott) [99, 100, 101, 103, 104, 105, 107, 151, 152]. В соответствии с классификацией В.М. Катанской [44] исследованные виды растений относятся к 3-м основным группам: гидрофиты погруженные, гидрофиты плавающие и гелофиты (Таблица 3.1.).

Из 15 видов макрофитов, 8 видов относятся к гидрофитам погруженным, 3 вида - к гидрофитам плавающим (свободно плавающим и с плавающими листьями) и 4 вида - к гелофитам (с поднимающимися над водой стеблями и листьями).

Таблица 3.1. Высшие водные растения Кучурганского водохранилища (2010-2015 гг.).

| № | Вид, семейство | Группы | | |
|---|---|-----------------------|---------------------|----------|
| | | гидрофиты погруженные | гидрофиты плавающие | гелофиты |
| <i>Ceratophyllaceae</i> Роголистниковые | | | | |
| 1 | <i>Ceratophyllum demersum</i> L. Роголистник погруженный | + | | |
| <i>Hydrocharitaceae</i> Водокрасовые | | | | |
| 2 | <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L. Водокрас лягушачий | | + | |
| 3 | <i>Vallisneria spiralis</i> L. Валлиснерия спиральная | + | | |
| <i>Butomaceae</i> Сукаковые | | | | |
| 4 | <i>Butomus umbellatus</i> L. Сусак зонтичный | | | + |
| <i>Lemnaceae</i> Рясковые | | | | |
| 5 | <i>Lemna minor</i> L. Ряска малая | | + | |
| 6 | <i>Lemna trisulca</i> L. Ряска тройчатая | + | | |
| <i>Najadaceae</i> Наядовые | | | | |
| 7 | <i>Najas marina</i> L. Наяда морская | + | | |
| <i>Poaceae</i> - Злаки | | | | |
| 8 | <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Тростник южный | | | + |
| <i>Potamogetonaceae</i> Рдестовые | | | | |
| 9 | <i>Potamogeton crispus</i> L. Рдест курчавый | + | | |
| 10 | <i>Potamogeton pectinatus</i> L. Рдест гребенчатый | + | | |
| 11 | <i>Potamogeton perfoliatus</i> L. Рдест пронзеннолистный | + | | |
| <i>Salviniaceae</i> Сальвиниевые | | | | |
| 12 | <i>Salvinia natans</i> (L.) All. Сальвиния плавающая | | + | |
| <i>Typhaceae</i> Рогозовые | | | | |
| 13 | <i>Typha latifolia</i> L. Рогоз широколистный | | | + |
| <i>Haloragaceae</i> Сланоягодниковые | | | | |
| 14 | <i>Myriophyllum spicatum</i> L. Уруть колосистая | + | | |
| <i>Thelypteridaceae</i> Телиптерисовые | | | | |
| 15 | <i>Thelypteris palustris</i> Schott Телиптерис болотный | | | + |

Приводим краткое описание исследованных нами водных растений из водоема-охладителя Молдавской ГРЭС по трем основным группам.

3.3.1. Гидрофиты погруженные

Из *крупнолистных и широколистных погруженных растений* особое место принадлежит семейству *Potamogetonaceae* Dumort – Рдестовые.

Рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L.) из семейства Рдестовых (*Potamogetonaceae*) это довольно крупное многолетнее растение с тонким сильноветвистым, удлинненным корневищем, с очень длинным, четырехгранным стеблем. При зарастании Кучурганского водохранилища эти стебли достигают нескольких метров (чаще 2-3 метра) и довольно сильно ветвятся и переплетаются между собой, создавая плотные зарастания водоема. Листья все подводные, их длина варьирует в интервале 3-12 см и ширина - 0,5-1,8 см, с округленным основанием, чаще темно-зеленые, иногда с коричневым оттенком, по краю листья волнистые, курчавые или пилообразные (Рисунок 3.1).

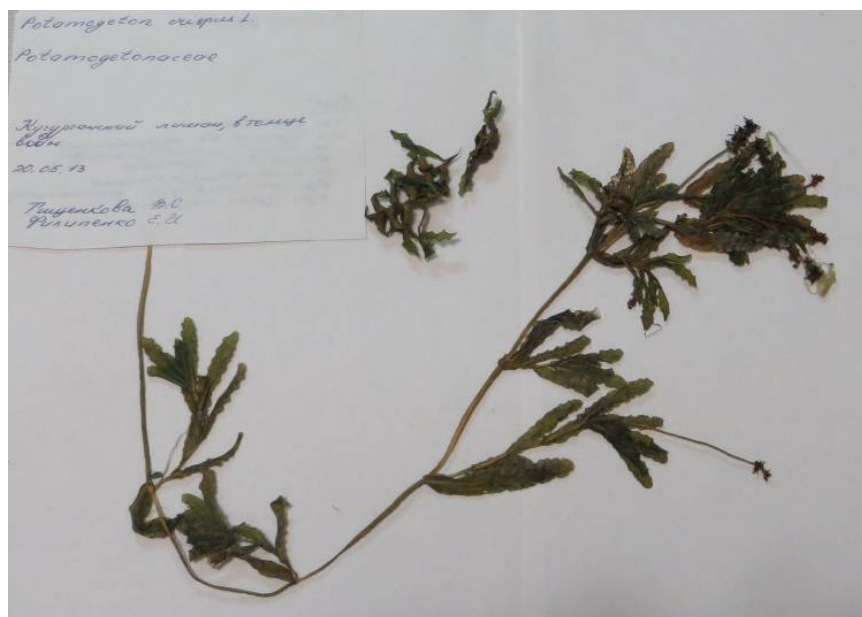


Рис. 3.1. Рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L), средний участок Кучурганского водохранилища, май 2013 г.

Соцветие рдеста курчавого во время цветения поднимается над водой, оно малоцветковое, на коротком слегка изогнутом цветоносе. Плоды мелкие длиной около 1,5 см, срастающиеся при основании, с удлинненным изогнутым носиком. Размножается рдест курчавый семенами и вегетативно.

В Кучурганском водохранилище рдест курчавый является самым массовым из всех рдестов. Период массовой вегетации приходится на первую-вторую декаду мая, иногда в апреле. Широко распространен на всей открытой акватории водохранилища, а в верхнем и нижнем его участках покрывает 80% и более площади водного зеркала [101, 152].

В Кучурганском водохранилище рдест курчавый образует густые, преимущественно простые одновидовые скопления. Фитомасса *Potamogeton crispus* L. к концу весны – началу лета достигает в среднем 3,8 кг/м² или 38 кг/га в сырой массе.

С середины июня начинается отмирание рдеста курчавого, впоследствии отмирающая биомасса рдестов осаждается в большом количестве на дне водохранилища и способствуют его эвтрофированию. Периодически наблюдаются и случаи повторного цветения в конце лета-начале осени.

Рдест пронзеннолистный (Р. стеблеобъемлющий) (*Potamogeton perfoliatus* L.) это тоже многолетнее, достаточно крупное погруженное растение с изогнутым мощным корневищем и длинными ползучими побегами. Стебли тонкие, обычно прямые округлые, и ветвистые, их длина чаще около 100-150 см, но в летнее время мы отмечали растения с длиной стеблей до 6 метров, чаще расположены они горизонтально.

Все листья подводные, достаточно яркие, оливково-зеленые, длиной 6-14 см и шириной 3,5-8 см, часто на листьях можно увидеть пузырьки воздуха, форма листьев округлая или продолговато-яйцевидная, слегка вогнутые, со стеблеобъемлющим основанием, края листьев мелкозубчатые. На листьях ярко выражены 5-9 продольных желтоватых прожилок, между ними более тонкая сеточка продольно-поперечных прожилок (Рисунок 3.2).



Рис. 3.2. Рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), средний участок Кучурганского водохранилища, август 2013 г.

Соцветия у рдеста пронзеннолистного многоцветковые, густые, зеленые, в начале цветения, чаще в июне-августе, а в последние годы и в мае-июне, цветоносы длиной до 5-10 см поднимаются над водой. После опыления цветоносы снова погружаются в воду, где происходит дозревание плодов. Плоды яйцевидной формы с килевидным утолщением на спинке и с коротким выступом на обратной стороне.

В Кучурганском водохранилище рдест пронзеннолистный распространен не равномерно. С первой декады июля, временами с мая, он спорадически встречается в прибрежной зоне, чаще среднего участка водохранилища, но значительных скоплений не образует. Необходимо отметить, что по данным Н.В. Смирновой-Гараевой [92] к середине 1970-х г., из-за непроточности водоема и повышения температуры воды до 36-38°C, рдест пронзеннолистный практически исчез из водохранилища.

В настоящее время на фоне снижения уровня термофикации водоема-охладителя, рдест пронзеннолистный, практически встречается постоянно на всей акватории водохранилища. Это позволяет сделать вывод о том, что его популяция адаптировалась к условиям среды обитания и восстановилась.

Из погруженных растений с рассеченными на мелкие доли листьями, растущих в экосистеме Кучурганского водоема-охладителя, следует выделить два семейства - *Haloragaceae* R. BR. – Сланоягодниковые (галорагидовые) и *Ceratophyllaceae* S.F. Gray – Роголистниковые.

Уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.) из семейства Сланоягодниковые (*Haloragaceae*) - многолетнее водное растение с ползучим корневищем и многочисленными тонкими корешками. Растение имеет подводные стебли, которые достигают 1-4 метров в длину, как правило, они сильноветвистые, трубчатые, прямые, от светлого до темно-зеленого цвета, иногда землянистого оттенка, с многочисленными рассеченными на мелкие доли листьями. Листья в мутовках, гребенчато-перистораздельные, с нитевидными цельнокрайними или волосовидно-перьеобразными дольками (Рисунок 3.3).

Цветки мелкие, многочисленные, собранные в мутовках, образующих колосовидные соцветия, которые поднимаются из воды. Верхние цветки в соцветии тычиночные, нижние - пестичные. Чашечка с пятью бледно-розовыми лепестками, как правило, имеет трубчатую или колокольчиковую форму. В Кучурганском водоеме-охладителе уруть колосистая цветет в мае-августе, плодоносит чаще в июле-сентябре.

В Кучурганском водохранилище *Myriophyllum spicatum* L. широко распространена по всей прибрежной зоне, на открытых участках и среди зарослей тростника и рогоза. Уруть

занимает значительную часть толщи воды, а над поверхностью возвышаются только ее соцветия. Активное участие в зарастании прибрежной зоны водоема-охладителя уруть колосистая начинает принимать с конца мая и продолжает до июля месяца, когда она является наиболее массовой наряду с роголистником погруженным. В это время фитомасса урути составляет в среднем $1,2 \text{ кг/м}^2$ или 12 кг/га в сырой массе.



Рис. 3.3. Уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.), нижний участок Кучурганского водохранилища, май 2013 г.

Уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.) растет и в текущих и стоячих водоемах и водотоках, предпочитает стоячие или медленно текущие воды богатые кальцием, чувствительна к резким перепадам температуры [26, 87].

Роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.) из семейства Роголистниковые (*Ceratophyllaceae*) - это одно из самых распространенных в Кучурганском водоеме многолетних, без корневых погруженных водных растений. В илистых местах можно найти растения, часть стеблей которых погружены в ил и, тем самым, они удерживают растения. Иногда растение прикрепляется к корневым высшим растениям или к подводным предметам. В большинстве своем это ярко-зеленое растение с длинными до 2-х и более метров тонкими стеблями. Стебли очень ломкие, шершавые и сильноветвистые. Листья жестковатые, короткие в 1,5-2 см длиной, собранные в мутовки чаще по 4, 8, 12 штук, кольцеобразно обвивая стебли. Листья, как правило, отдельные на

нитевидно – линейные доли, по краю листа имеют тонкие зубчики как округлой так заостренной формы (Рисунок 3.4).

Цветы растения однополые, с простым околоцветником, очень мелкие - около 2 мм в диаметре и расположены они в пазухах листьев. Тычиночные и пестиковые цветы развиваются в разных мутовках. У тычиночных цветков околоцветник состоит из 8-12 беловатых листочков и от 5 до 25 свободных тычинок с короткими нитями, и двугнездовыми пыльниками. У пестичных цветков околоцветник состоит из 8-10 сросшихся при основании зеленоватых листочков, пестик с одногнездной верхней завязью и длинным острым столбиком. Созревшие пыльники отрываются от тычиночных нитей и благодаря наличию воздухоносных полостей перемещаются вверх, одновременно разрываясь продольной трещиной, но пыльца практически не всплывает а, перемещаясь в сфере расположения пестичных цветков, попадает на рыльца.



Рис. 3.4. Роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), Кучурганское водохранилище, нижний участок, август 2014 г.

Плоды роголистника распространяются по водной экосистеме с током воды, а также прикрепляясь к поверхности водных животных и птиц. Зимой можно отметить наличие на растениях плотных почек, из которых весной вырастает новое растение, а прошлогодние части растения отмирают.

Роголистник погруженный в Кучурганском водоеме цветет с июня по сентябрь, плоды созревают в водном слое чаще всего в сентябре, имеют форму продолговато-овального орешка длиной до 5-6 мм с тремя выступами в форме колючковатого трезубца.

В настоящее время в Кучурганском водохранилище роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), наряду с урутью колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.), является одним из самых массовых видов макрофитов, обуславливающих зарастание водоема в летний период. По акватории водохранилища распространен повсеместно, предпочитая прибрежную зону, часто на открытых участках среди зарослей тростника и рогоза. Занимает значительную часть толщи воды. К середине лета его группировки достигают фитомассы 4-5, местами до 6 кг/м².

В прибрежных водах низовьев Днестра роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.) образует погруженные заросли вместе с роголистником полупогруженным (*Ceratophyllum submersum* L.), в Турунчуке и днестровских старицах они занимают почти всю акваторию. Хорошо переносит слабо засоленную воду и заболачивание, сопровождающееся загрязнением воды продуктами разложения органических остатков.

Большинство авторов [44, 83, 87] отмечают также, что роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.) обитает преимущественно в небольших зарастающих водоемах или заливах крупных водоемов с илистым дном до глубины 1,5-2 м, иногда глубже (4,5 м), встречается также в реках и протоках со слабым течением и только иногда на сильном течении.

Среди узколистные погруженные растения в водоеме-охладителе растут растения, относящиеся к трем семействам сем. *Potamogetonaceae* Dum. – Рдестовые, сем. *Najadaceae* Juss – Наядовые и сем. *Hydrocharitaceae* Водокрасовые

Рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.) из семейства Рдестовых *Potamogetonaceae* в Кучурганском водохранилище образует небольшие скопления на открытых участках водоема вдоль зарослей тростника. В сравнении с рдестом курчавым и другими рдестами, он встречается реже, поэтому его значимость в зарастании акватории водоема-охладителя существенно меньше. Тем не менее, биомасса рдеста гребенчатого (*Potamogeton pectinatus* L.) достигает на отдельных участках водохранилища 4 кг/м². Больше всего встречается это водное растение в конце мая - начале июня, реже - в августе-сентябре, преимущественно на нижнем и среднем участках водохранилища.

Potamogeton pectinatus L. это тоже многолетнее, достаточно крупное растение, но в Кучурганском водоеме его стебли редко превышают 1 м, хотя в прошлые годы встречались экземпляры длиной до 3 м. Корневище сильно разветвленное с клубнеобразными утолщениями, стебли в большинстве своем прямые с многочисленными тонкими ветвями с достаточно жесткими прикрепленными узкими листьями, цвет которых чаще серо-зеленый или коричневатый, редко - отчетливо зеленый, чаще в

низовье водохранилища-охладителя. Листья растения имеют разную длину от 3 до 18 см (Рисунок 3.5).

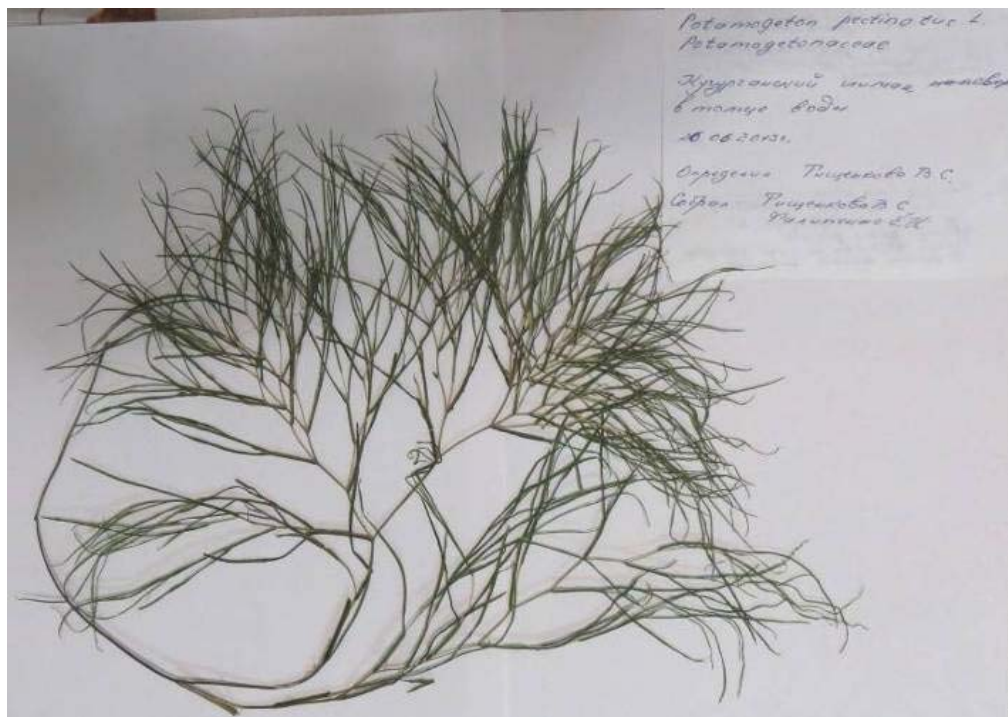


Рис. 3.5. Рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.), Кучурганское водохранилище, июнь 2013 г.

Соцветие рдеста гребенчатого (*Potamogeton pectinatus* L.) колосовидно-мутовчатое коричневатых тонов, появляется на длинном тонком цветоносе, над водой в июне-августе. Плоды крупные, широкояйцевидные. Размножается это растение семенами и вегетативно.

Чаще всего рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.) можно найти на более загрязненных участках в водах с меньшей прозрачностью, поэтому его листья часто покрыты взвесью.

Ряд авторов [44, 83, 87] отмечают, что это растение встречается в разного типа водоемах с пресной и солоноватой, со стоячей и проточной водой, с разными донными отложениями и до глубины 5-6 м.

Наяда морская (*Najas marina* L.) из семейства Наядовые (*Najadaceae*) в Кучурганском водохранилище малочисленна, встречается в толще воды вдоль береговой зоны, чаще среднего участка водохранилища. Это однолетнее водное растение большого значения в зарастании водоема-охладителя не имеет. Обычно короткие ветвистые жесткие и ломкие стебли наяды морской имеют шиповатые узлы и темно зеленого цвета

мутовчатые листья, сгруппированные по 4-6 штук, с многочисленными зубцами по краям (Рисунок 3.6).



Рис. 3.6. Наяда морская (*Najas marina* L.)

Корень маломощный иногда его нет, так как он вскоре после образования первых листьев чаще всего отрывается или отмирает. Цветы мелкие, прикрепленные в основании ветвей, одиночные или скученные. Плоды продолговатые, эллиптические или многоугольные, до 7 мм длиной, созревают в конце августа-начале сентября.

Размножается наяда морская семенами. Семена слегка согнутые, морщинистые, светло-желтых, либо коричневых тонов с тусклой ячеистой поверхностью. Наяда морская (*Najas marina* L.) обитает в толще воды, главным образом в верхнем слое стоячих или слабо проточных водах. В нижнем и среднем участках водоема-охладителя это растение чаще встречается вместе с роголистником и рдестами.

Наяда морская (*Najas marina* L.) предпочитает неглубокие участки с прозрачной водой. После прорастания и до образования листьев, растение с помощью корней прикрепляется к грунту, затем отрывается от корня и свободно плавает в воде [44, 83, 87].

Валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.) из семейства Водокрасовых (*Hydrocharitaceae*) это многолетнее растение, которое предпочитает теплые воды, где экологические условия приближаются к субтропическим, поэтому в Кучурганском водохранилище это растение чаще встречается на открытой акватории прибрежной зоны нижнего и среднего участков водоема, а также в теплых сбросных каналах Молдавской

ГРЭС. Во второй-третьей декадах июня валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.) образует одноярусные фитоценозы с высокой плотностью. В зарослях на долю этого растения приходится более 95% (Рисунок 3.7.).



Рис. 3.7. Валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.),
Кучурганское водохранилище, июнь 2012 г.

В течение вегетационного сезона наблюдаются значительные колебания биомассы валлиснерии спиральной. При средней сырой фитомассе 4,6 кг/м² в Кучурганском водоеме-охладителе максимальные значения были отмечены в августе - во время цветения растения, а минимальные – весной в мае месяце.

Валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.), в большинстве своем, это небольшое - менее 1 м растение с коротким ползучим корнем, и прямолинейным укороченным стеблем с тонкими линейными лентовидными листьями, собранными у корневой части в розетку, их длина достигает 60-70 см. Мужские цветы мелкие, прикреплены на короткой цветоножке к основанию листьев, а в период цветения в июле-августе отрываются и поднимаются на поверхность воды. Женские цветы одиночные, они имеют очень длинные спиралевидные цветоножки, которые к периоду цветения достигают поверхности воды (Рисунок 3.7.).

Заросли валлиснерии спиральной (*Vallisneria spiralis* L.) при обрастании образуют очень красивый, сплошной, постоянно меняющийся ковер истинно зеленого травянистого цвета, переливаясь от салатного до глубокого темно-зеленого цвета.

Валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.) распространена как в стоячих лимнологических экосистемах, так и в проточных неглубоких водоемах на илистых и песчаных донных отложениях до глубины 1 м (иногда и глубже). Хорошо развивается и образует густые большие заросли в теплых водах водохранилищ-охладителей, под влиянием непроточности воды и ее нагрева до 38 °С [44].

Из мелколистных погруженных растений в Кучурганском водоеме-охладителе встречаются представители семейства *Lemnaceae* S. F. Gray – Рясковые

Ряска тройчатая (*Lemna trisulca* L.) в небольших количествах наблюдается в летний период в прибрежной зоне по всему Кучурганскому водохранилищу, часто в ассоциации с ряской малой, которая в водоеме-охладителе более многочисленна. На открытой акватории встречается крайне редко. Ряска тройчатая (*Lemna trisulca* L.) в Кучурганском водохранилище самостоятельно не образует больших скоплений, а в окружении другой водной растительности образует ассоциации, заполняющие водные слои, которые свободно перемещаются по акватории.

Ряска тройчатая (*Lemna trisulca* L.) это многолетнее растение, состоящее из тонких видоизмененных стеблей в форме листочков, соединенных между собой и плавающих в водной толще. Размножается растение, чаще вегетативно, при этом дочерние стебли-ростки появляются по обе стороны материнских и создают целые цепочки в виде колоний (Рисунок 3.8.).



Рис. 3.8. Ряска тройчатая (*Lemna trisulca* L.)

Осенью на стеблях растения образуются утолщенные почки, из которых весной прорастают новые стебли-листочки молодого растения. В период цветения ряска тройчатая (*Lemna trisulca* L.) всплывает на водную поверхность. Растение цветет в

середине лета, иногда в мае, но это случается довольно редко, цветы мелкие и невзрачные. Соцветие имеет форму, похожую на кувшинку и состоит из 2-х мужских и 1 женского цветков, прикрепленных на коротком цветоносе и имеет тонкий чехол. Плодоносит ряска тройчатая крайне редко, плоды, как правило, имеет до 6 семян.

Встречается ряска тройчатая (*Lemna trisulca* L.) во всех типах водоемов. В небольших водоемах, прудах, канавах эти водные растения могут формировать скопления, часто заполняющие толщу воды. Одиночные растения легко выносятся течением [44].

3.3.2. Гидрофиты плавающие

*Из мелколистных свободно плавающих и с плавающими листьями растений в Кучурганском водоеме-охладителе следует выделить три семейства - сем. *Salviniaceae* Dum. – Сальвиниевые, сем. *Lemnaceae* S. F. Gray – Рясковые и сем. *Hydrocharitaceae* Juss. – Водокрасовые.*

Сальвиния плавающая (*Salvinia natans* (L.) All.) из семейства сальвиниевые (*Salviniaceae*) в Кучурганском водохранилище распространена в прибрежной зоне, чаще на среднем и нижнем участках водоема, где образует формации с водокрасом лягушачьим и рясками и очень редко встречается на открытой акватории водоема.

Сальвиния плавающая (*Salvinia natans* L.) это споровое однолетнее небольшое (до 15 см) растение, с тонким разветвленным стеблем, без истинных корней, с подводными и плавающими мутовчатыми листьями (Рисунок 3.9).



Рис. 3.9. Сальвиния плавающая (*Salvinia natans* L.), Кучурганское водохранилище, август 2013 г.

В Кучурганском водохранилище сальвиния образует, периодически в конце лета, характерные именно для этого растения красивые «ковровые окна» светло-салатово-зеленого цвета среди зарослей тростника и рогоза, а также скопления по краю этих зарослей. В этих скоплениях биомасса сальвинии плавающей (*Salvinia natans* L.) достигает 3,5 кг/м².

Подводные листья сальвинии рассечены на нитевидные доли (с волосками), которые висят в воде и похожи на корешки, а плавающие листья имеют бородавчатую овальной формы пластинку, снизу имеют множество волосков бурого цвета, прикреплены по 2, вместе с подводным листом к стеблю (мутовки).

Сальвиния плавающая (*Salvinia natans* L.) размножается спорами или делением растения на части. Спорокарпии (до 8 штук) шаровидной формы прикреплены у основания подводных листьев на ножках.

Следует отметить, что сальвиния плавающая (*Salvinia natans* L.) включена в Красную Книгу Республики Молдова [1].

Сальвиния плавающая (*Salvinia natans* L.) образует скопления или мелкие зарастания вместе с другими водными растениями в небольших озерах, заливах больших озер и водохранилищ, старицах, заводях рек преимущественно у берега и среди зарослей высоких растений, и при большом скоплении очень плотно покрывает поверхность воды, хорошо развивается в теплых водах [44].

Ряска малая (*Lemna minor* L.) из семейства Рясковые (*Lemnaceae*) - довольно широко распространенное многолетнее водное растения в стоячих и медленно текущих поверхностных водах Молдовы, где образует зарастания, особенно в ассоциации с прибереговыми зарослями других макрофитов. В Кучурганском водохранилище массовое развитие ряски малой (*Lemna minor* L.) наблюдается в конце лета, чаще в августе, обычно в ассоциации с сальвинией и водокрасом лягушачьим (*Hydrocharis morsus-ranae* L.). Встречается в прибрежной зоне водоема-охладителя среди зарослей надводных растений. В отличие от пойменных водоемов Днестра, в водохранилище-охладителе ряска малая не образует больших скоплений на поверхности водного зеркала. Более многочисленна на верхнем и нижнем участках водохранилища, где в отдельных зонах достигает биомассы 0,6-0,8 кг/м².

Будучи растением легко-перемещаемым воздушными и водными массами, ряска малая (*Lemna minor* L.) в Кучурганском водохранилище не образует постоянных скоплений.

Ряска малая (*Lemna minor* L.) практически безстеблевое растение, так называемые стебли, имеют формы пластинок. Листья овально-яйцевидной формы в диаметре до 5 см с гладкими краями, несколько выпуклые или килевидные с шипиком светло-зеленого цвета. Снизу листья бело-зелено-желтоватого цвета с корешками желтовато белесового цвета (Рисунок 3.10). Соцветия имеет 2 тычинки и 1 пестик, и прикреплены к стебелькам-пластинкам. Размножается ряска малая (*Lemna minor* L.) вегетативно. Зимуют растение в виде уплотненных почек.



Рис. 3.10. Ряска малая (*Lemna minor* L.), Кучурганское водохранилище, август, 2013 г.

Водокрас обыкновенный (В. лягушачий) (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) из семейства Водокрасовых (*Hydrocharitaceae*) в Кучурганском водохранилище является обычным видом, встречается на всей водной акватории, предпочитая тихие участки водоема среди зарослей тростника и рогоза, где образует формации с сальвинией и рясками. Массового развития достигает с августа месяца, в местах большого скопления достигая биомассы 1,8-2 кг/м².

Водокрас обыкновенный (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) - это красивое многолетнее растение с выступающими над водой белыми цветами на фоне истинно зеленых или желто-зеленых разноразмерных овально-круглых пластинчатых листьев с сердцевидным основанием, с длинными черешками, цельнокрайные, плавающих на поверхности водоема (Рисунок 3.11).

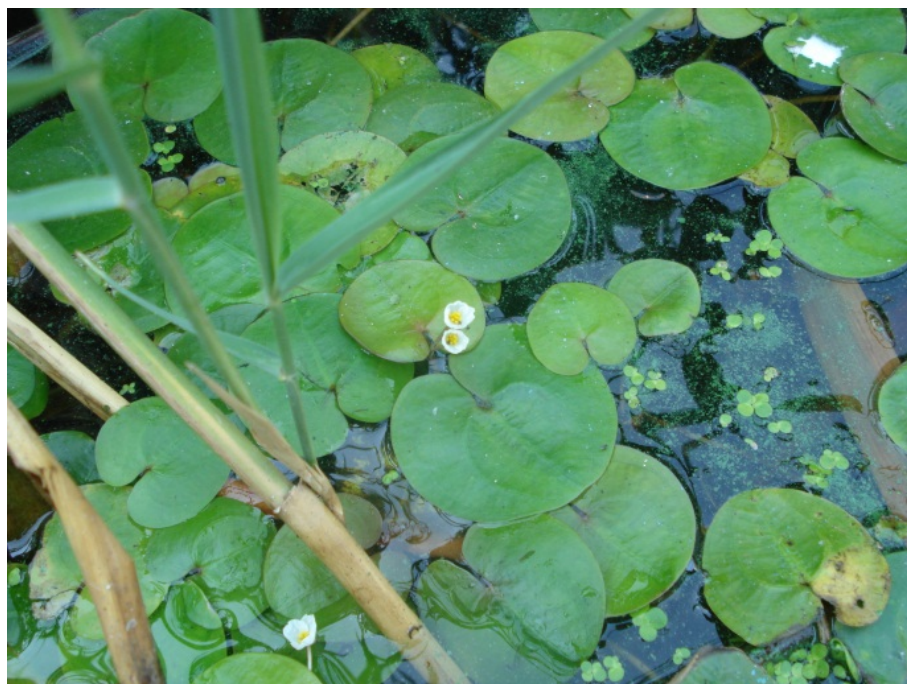


Рис. 3.11. Водокрас обыкновенный (В. лягушачий) (*Hydrocharis morsus-ranae* L.), Кучурганское водохранилище, август 2014 г.

Растение имеет достаточно развитое корневище, на котором много придаточных висячих корней, иногда прикрепленных к иловым отложениям. Стебель растения тонкий, достигает 30-40 см, с множеством развитых побегов, с пучками длинных мясистых беловато-зеленоватых водных корней в узлах и розетками листьев, которые имеют у стебля по 2 прилистника. Листья имеют разные диаметры в интервале от 2 до 6 см. В розетках растения образуются пучки побегов, на которых вырастают вначале подводные корни, а затем формируются новые растения.

Водокрас обыкновенный (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) - двудольное растение и размножается как зимующими почками, так и семенами. Зимующие почки (турионы) формируются осенью и вместе с покрывающими их чешуйчатыми листьями опускаются на дно где перезимовывают в незамерзающих слоях водоема, а весной они поднимаются в прогреваемые слои воды и из них прорастают молодые растения. Цветы водокраса обыкновенного (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) не всегда формируют семена, поэтому вегетативное размножение этого растения является преобладающим.

Водокрас обыкновенный (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) декоративное растение, распространен повсеместно, в илистых мелководных водоемах и заливах, озерах, прудах, речках с тихим течением, в заболоченных местах [26, 44, 87].

3.3.3. Гелофиты

К узколистным надводным (гелофитовым) растениям с лентовидными или линейно-ланцетными листьями, растущим в Кучурганском водоеме-охладителе относятся три семейства: *Typhaceae* Juss - Рогозовые, *Butomacea* Rich - Сусаковые и *Poaceae* Varnh. (Gramineae Juss.) - Злаковые.

Рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.) из семейства Рогозовые (*Typhaceae*) растет вдоль всей прибрежной зоны Кучурганского водоема-охладителя, больше всего он встречается в ассоциации с тростником обыкновенным в верхнем и среднем участках водохранилища. Здесь, среди тростниковых зарослей, отмечены участки до 40 м² покрытые рогозом широколистным (*Typha latifolia* L.) с биомассой 1,5-2 кг/м².

На среднем участке водохранилища встречаются одиночные растения или небольшие его группировки. Рогоз широколистный самостоятельно не способствует зарастанию акватории водохранилища.

Рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.) это крупное многолетнее растение, с толстым ползучим корневищем, его стебли в водоеме-охладителе составляют в среднем 1-2 метра, но встречаются и экземпляры до 3 м высоты, листья широколинейные, с заостренным верхом, шириной до 20 мм. Соцветие имеет цилиндрическую форму, коричнево-буроватого до темно-коричневого цвета, достигает до 20 см в длину и толщиной в 2-3 см. Соцветие включает мужские и женские цветы, в верхней части – тычиночные, а в нижней – пестичные цветки, которые практически соприкасаются, рыльца несколько длиннее околоцветных волосков (Рисунок 3.12).



Рис. 3.12. Рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.),
Кучурганское водохранилище, июнь 2012 г.

Рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.) цветет с мая по июль, плодоносит в июле-августе. Размножается рогоз, как семенами, так и делением корневищ.

Рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.) - растение, требующее соответствующего количества биогенных элементов в водной среде для своего развития, предпочитает нейтральные или слабощелочные воды. Именно состояние среды обитания и определяет размеры зарослей этого растения в водоемах и водотоках, что отмечают большинство исследователей [44, 83, 87].

Сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.) из семейства Сусаковые (*Butomaceae*) - это крупное многолетнее растение с утолщенными мясистыми, горизонтальными корневищами, со стеблями высотой до 1,5-2,0 метра, с прикорневыми, прямостоячими, при основании трехгранными и кверху линейно-мечевидными, острыми листьями. Цветки бело-розового цвета, правильные, трехчленные, из 6 листочков, 9 тычинок, 6 пестиков собраны в зонтичные соцветия на верхушке стеблей. Чашелистики красновато-фиолетовые, венчик из розовых или белых лепестков, рыльца изогнутые (Рисунок 3.13).



Рис. 3.13. Сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.),
Кучурганское водохранилище, июль 2012 г.

Цветет растение с середины лета до конца сентября. Возможно самоопыление, но чаще опылению способствуют пчелы и другие насекомые. Плоды созревают с начала августа.

Размножаются сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.) семенами и делением корневищ. Семена многочисленные, мелкие свободно держатся на воде и

распространяются течением благодаря наличию на семенах многочисленных воздушных полостей.

Сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.) встречается практически во всех водных экосистемах Молдовы, особенно на мелководьях, предпочтительно там, где есть истинные иловые или илово-глинистые донные отложения, стоячие или медленно текущие воды [83]. Обширные заросли сусака отмечены нами в плавневой зоне Турунчука. В Кучурганском водоеме-охладителе сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.) встречается в прибрежной мелководной зоне, преимущественно нижнего участка водохранилища, где растет одиночно или небольшими скоплениями, вместе с другими, чаще плавающими на поверхности макрофитами. Сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.) часто встречается и в самом верховье водоема, где, в большинстве случаев, он возвышается над плавающими мелколистными водными растениями, особенно ассоциациями с рясковыми (*Lemnaceae*) макрофитами (Рисунок 3.13).

Среди надводных гелофитовых макрофитов Кучурганского водохранилища сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.) встречается по краю зарослей на мелководьях нижнего участка.

Тростник южный (обыкновенный) (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud (=Ph. Communis Trin.) из семейства злаковые (*Poaceae* Barnh. (= *Gramineae* Juss.) - это крупное многолетнее растение с длинным (до 30 см) толстым ползучим сильноветвистым корневищем с подземными и реже надземными побегами и большими стеблями чаще от 1,3 до 3,5 метров высоты. В отдельных местах – до 6 метров высоты (Рисунок 3.14).

Длинные корневища - ползучие, подземные и надземные, стелятся по дну водоема-охладителя, расширяя границы тростниковых зарослей. Стебли прямостоячие, подводная часть стеблей, достигает 1,5 и более метров. Это растение растет как в истинно пресных так и в солоноватых водах, предпочитает открытые освещенные места, но вместе с тем это тенелюбивое растение и достигает особенно крупных размеров в тени прибрежных деревьев. Листья у тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.)) жесткие, по краям острошероховатые, широкие, линейно-ланцетные, длиннозаостренные, плоские, плотно прилегающие к стеблю. У основания листьев вместо язычка имеется пучок жестких прямых волосков 0,2-0,5 мм длиной. Растение цветет с июля по сентябрь-октябрь, колоски 3-цветковые темно- и буро-фиолетовые, реже желтоватые, 10-40 см длины. Цветы собраны в густую, реже рыхлую, крупную, раскидистую, с шероховатыми веточками многоколосковую метелку. Период цветения метелки длится 7-10 дней. Зерновки

тростника созревают осенью, но размножается тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.)) преимущественно корневищами, реже семенами.



Рис. 3.14. Тростник южный (Т. обыкновенный) (*Phragmites australis* (Cav.)), Кучурганское водохранилище, май 2012 г.

В Кучурганском водохранилище тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.)) является самым массовым растением среди жесткой надводной растительности. Распространен вдоль всей береговой зоны водоема. По акватории водохранилища степень распределения тростника не равномерна. Зарастанию тростником в большей степени подвержен верхний, мелководный участок водохранилища, в меньшей – средний. Кроме зарослей прибереговых зон водоема-охладителя в последние годы, тростник формирует отдельные тростниковые заросли различной площади на удалении до 300 м от берега. Обилие тростниковых зарослей в водоеме составляет 40-80 стеблей на 1 м² со средней биомассой в период цветения 3-3,5 кг/м² или 30-35 т/га.

Тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.)) в Молдове произрастает повсеместно у берегов озер, водохранилищ, рек, на разных донных отложениях, канавах, по болотистым лугам, до глубины 2-3 (5) м и глубже. Образует обширные частые заросли. Предпочитает стоячие и мелкотекущие воды [83].

Среди приземистых растений гелофитов следует выделить семейство *Thelypteridaceae* – Телиптерисовые.

Телиптерис болотный (*Thelypteris palustris* Schott) - представитель вышеуказанного семейства, растущий в Кучурганском водоеме-охладителе. Это очень редкое многолетнее растение, с тонким, ползучим, темным корневищем, прямостоячими стеблями высотой 30-100 см, перистыми листьями на длинном черешке. Это растение имеет продолговатые, с линейными дольками бесплодные листья и спороносные листья продолговато-треугольной формы с завороченными краями (Рисунок 3.15).

Спороносят листья с июня до сентября. Но растение размножается больше делением корневищ нежели спорами.



Рис. 3.15. Телиптерис болотный (*Thelypteris palustris* Schott), Кучурганское водохранилище, июль 2014 г.

Телиптерис болотный (*Thelypteris palustris* Schott) - очень редкое папоротниковое растение, которое внесено Красную книгу Молдовы [1].

В Кучурганском водохранилище мы впервые обнаружили телиптерис болотный (*Thelypteris palustris* Schott) в 2014 году, при обследовании нижнего участка водоема с лодки, среди прибрежных зарослей тростника (Рисунок 3.15).

Таким образом, можно сделать вывод, что среди макрофитов Кучурганского водохранилища в зарастании его акватории в большей степени участвует рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L.), а береговой линии - тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.)). Массовое зарастание акватории Кучурганского водохранилища рдестом курчавым имеет место в первой-второй декадах мая. В это время порядка 80 % площади водного зеркала нижнего и верхнего участков покрыты его длинными стеблями с поднимающимися над поверхностью воды соцветиями растений (Рисунок 3.16).



Рис. 3.16. Заращение рдестом курчавым (*Potamogeton crispus* L.) акватории Кучурганского водохранилища в весенний период, 2013 г.

На стеблях рдеста нами отмечены многочисленные сеголетки дрейссены, которые используют его в качестве первичного субстрата после оседания велигеров моллюска.

В летний период отмирающая биомасса рдестов осаждается в большом количестве на дне водохранилища и способствуют его эвтрофированию.

Если на открытой акватории водохранилища массово развивается рдест курчавый, то в «окнах» среди прибрежных зарослей тростника и рогоза – в основном уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.) и роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.). Эти растения занимают значительную часть толщи воды, над поверхностью возвышаются только соцветия урути (Рисунок 3.17).

В конце мая – начале июня преобладающими видами, обуславливающими заращение водохранилища, также является рдест курчавый, затем роголистник погруженный, уруть колосистая и рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.).

Во второй-третьей декадах июня активную роль в заращении Кучурганского водохранилища принимают такие виды растений, как роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.) и рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.), а также уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.) и валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.).

В первой декаде июля наиболее массовые виды макрофитов представлены роголистником погруженным (*Ceratophyllum demersum* L.) и урутью колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.) с небольшой долей участия рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.).

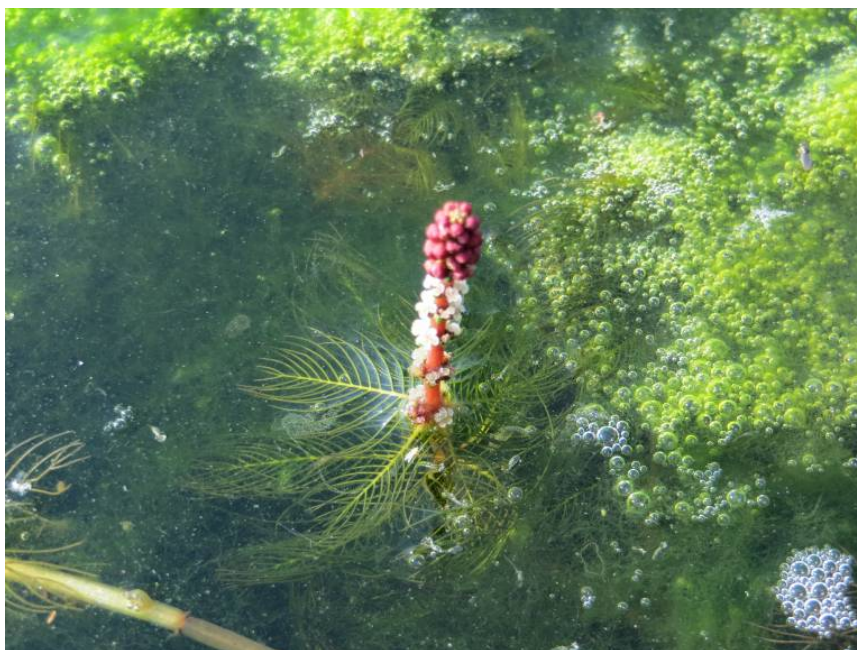


Рис. 3.17. Цветение урути колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.) в Кучурганском водохранилище, 2013 г.

В августе, с первой по вторую декады, в прибрежной зоне водохранилища, среди плотных зарослей тростника (*Phragmites australis* (Cav.)), местами образуются «окна», сплошь заросшие, внесенным в Красную книгу Молдовы [1] видом - сальвинией плавающей (*Salvinia natans* L. и водокрасом лягушачьим (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) (Рисунок 3.18), с примесью ряски малой (*Lemna minor* L.) и ряски тройчатой (*Lemna trisulca* L.). По краям зарослей тростника и рогоза сальвиния плавающая также образует небольшие скопления.



Рис. 3.18. Заросли сальвинии (*Salvinia natans* L.) на Кучурганском водохранилище, 2012 г.

Третья декада августа отмечена наличием в небольшом количестве сальвинии плавающей и рясками.

Как было отмечено выше, в июле 2014 г нами, впервые за последние десятилетия наблюдений на Кучурганском водохранилище, отмечен редкий краснокнижный вид - телиптерис болотный (*Thelypteris palustris* Schott). Папоротник был обнаружен на нижнем участке водохранилища на сплавнине среди прибрежных зарослей тростника [102].

Среди жесткой надводной высшей растительности Кучурганского водохранилища доминирует тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.)). Визуальные наблюдения, а также снимки со спутников, показывают, что степень распределения тростника по акватории водохранилища не равномерна. Верхний участок водохранилища характеризуется наибольшей степенью зарастания в сравнении с средним и нижним участками водоема. Вся береговая линия образует сплошные заросли тростника (*Phragmites australis* (Cav.)) шириной до 30 м и местами до 100 метров. Начиная от северного сбросного канала теплых вод в сторону верховья водохранилища наблюдается множество островков тростниковых зарослей площадью около 100 м², многие из которых удалены от береговой линии на расстоянии до 300 м. Узкая часть верхнего водохранилища, практически вся заросла тростником (*Phragmites australis* (Cav.)), здесь ширина зарослей достигает 1000-1500 метров [152].

Средний участок водохранилища подвержен зарастанию тростником (*Phragmites australis* (Cav.)) в меньшей степени, чем верхний и нижний участки водоема. Ширина зарастания береговой линии в пределах 5-10 м, местами более 15. Ближе к верхнему участку водохранилища ширина тростниковых зарослей вдоль береговой линии доходит до 25-30 м [98, 101].

Нижний участок водохранилища, а именно его береговая линия, зарастает тростником (*Phragmites australis* (Cav.)) в большей степени, чем средний участок и в меньшей, чем верхний. Ширина тростниковых зарослей в среднем составляет 35-40 м. Среди тростника встречаются вкрапления небольших групп рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.) площадью до 40 м², значимость которого в зарастании акватории водоема-охладителя незначительна [98, 101].

На протяжении всей береговой линии, за исключением части территории правого берега в районе расположения пляжа и лодочной станции, тростник (*Phragmites australis* (Cav.)) растет сплошной стеной, исключая возможность выхода на берег со стороны водной глади. Описанные визуальные наблюдения с лодки подтверждаются спутниковыми фотографиями «Google Карты», на основе которых нами нарисована карта Кучурганского водохранилища с площадями зарастания жесткой надводной растительностью (Рисунок 3.19).



Рис. 3.19. Площадь зарастания Кучурганского водохранилища жесткой надводной растительностью, 2013 г.

С помощью пакета прикладных программ MATLAB была обработана отредактированная на компьютере карта Кучурганского водохранилища и рассчитана площадь его зарастания (выделенная серым цветом). Компьютерные расчеты показали, что площадь зарастания Кучурганского водохранилища тростником составляет 498 га, что составляет 19% всей площади водохранилища-охладителя [100, 106, 150, 152].

Обилие тростника (*Phragmites australis* (Cav.)) в водохранилище составляет 40-80 стеблей на 1 м² со средней биомассой в период цветения 3-3,5 кг/м² или 30-35 т/га. Кучурганское водохранилище способно продуцировать от 14 940 до 17 430 т фитомассы тростника, в период активной его вегетации [105].

Площадь зарастания водохранилища погруженной водной растительностью в настоящее время составляет около 1280 га, в том числе: низовья – 950 га; средний участок – 200 га; верховья – 130 га (Таблица 3.2).

Таблица 3.2. Площади зарастания Кучурганского водохранилища и продукция биомассы погруженной водной растительности на различных его участках

| Участки водоема | Средняя плотность фитомассы, кг/м ² | | | Площади зарастания, га | | | Продукция биомассы, тыс. тонн | | |
|-----------------|--|-----------|-----------|------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|-----------|-----------|
| | 1984 | 2004-2007 | 2010-2014 | 1984 | 2004-2007 | 2010-2014 | 1984 | 2004-2007 | 2010-2014 |
| Верхний | 2,9 | 3,9 | 4,1 | 15,6 | 120 | 130 | 0,45 | 4,68 | 5,33 |
| Средний | 2,7 | 3,1 | 3,5 | 26,2 | 180 | 200 | 0,71 | 5,58 | 7,0 |
| Нижний | 4,1 | 4,7 | 4,9 | 153,1 | 900 | 950 | 6,28 | 42,3 | 46,5 |
| Водоем в целом | 3,8 | 4,4 | 4,5 | 194,9 | 1200 | 1280 | 7,44 | 52,56 | 58,83 |

Примечание: данные за 1984 – З.Т. Борц (1988), 2004-2007 гг. - Крепис О., Усатый М., Стругуля О., Усатый (2008); 2010-2014 гг. – наши данные

По сравнению с 1984 г, который характеризовался усиленным прессингом МГРЭС на флору водохранилища, в настоящее время продукция биомассы погруженной

растительности возросла на нижнем, самом большом по площади участке, в 7,4 раза, на среднем участке в 9,8 раз, а в верховьях – в 11,8 раз и составляет для всего водоема более 58 тысяч тонн.

Сравнивая интенсивность зарастания Кучурганского водохранилища погруженной водной растительностью за последнее десятилетие, можно отметить, что с начала 2000-х годов имело место усиление зарастания акватории водохранилища в весенне-летний период, особенно рдестом курчавым. Основной причиной интенсивного зарастания акватории водохранилища погруженными макрофитами явился стабильный, невысокий уровень воды, дающий возможность рдестам успешно вегетировать, цвести и давать массу семян, усиливающих зарастание водоема на следующий год [105].

Согласно данным Н.В. Смирновой-Гараевой [92] в восьмидесятые годы прошлого столетия из-за непроточности водоема и потепления воды до 36-38 °С из водоема-охладителя полностью исчез рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), вместо которого развился массив зарослей валлиснерии (*Vallisneria spiralis* L.). К настоящему времени (1991-2015 гг.) рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.) достаточно неплохо адаптировался к экологическим условиям водохранилища и спорадически встречается здесь, но значительных скоплений не образует.

Д.В. Дубина [30] разработала несколько схем ассоциаций зарастания водных экосистем Украины, так как Кучурганское водохранилище является трансграничным с Украиной водоемом, некоторые схемы вполне характерны для исследованного нами водоема-охладителя в частности такие как:

- для пойменных водоемов степи: *Phragmites australis* (Cav.) (*Typha angustifolia* L.) > *Ceratophyllum demersum* L. > *Myriophyllum spicatum* L. > *Potamogeton pectinatus* L.
- для слабо проточных водоемов: *Phragmites australis* (Cav.) > *Myriophyllum spicatum* L. > *Potamogeton perfoliatus* L..

В тоже время, для самого Кучурганского водоема-охладителя, обобщенную схему зарастания водоема «от берега к центру водоема» мы можем отобразить следующим образом: *Phragmites australis* (Cav.) > *Ceratophyllum demersum* L. > *Myriophyllum spicatum* L. > *Vallisneria spiralis* L. > *Potamogeton pectinatus* L. > *Potamogeton crispus* L.

На наш взгляд, основными причинами интенсивного зарастания водохранилища являются: зарегулирование водоема, нарушение естественного водообмена с протокой Турунчук, термофикация, эвтрофикация, увеличение степени прозрачности воды.

Для регулирования и ограничения степени зарастания Кучурганского водохранилища погруженной водной растительностью необходимы мероприятия по

оптимизации гидрологического режима водоема-охладителя, а именно, осуществлять закачку воды из протоки Турунчук в весенний период и поддерживать ее на уровне 3-3,5 м абс., что ограничит цветение и образование семян рдестов, а сброс производить после периода цветения погруженных макрофитов. Увеличение глубины более 2-х м не позволит погруженным макрофитам дорасти до поверхности воды, нормально отцвести и дать семена. Освещенность на глубинах более 2-х метров будет недостаточной для бурного роста не только макрофитов, но и нитчатых водорослей.

Справедливости ради следует отметить, что в 2014 г. Молдавская ГРЭС начала регулировать уровень водохранилища в соответствии с указанными рекомендациями, что способствовало некоторому снижению интенсивности зарастания Кучурганского водохранилища погруженной водной растительностью в 2015 г. [105].

Помимо низкого уровня воды, к факторам, провоцирующим массовое зарастание акватории водоема погруженной растительностью можно отнести снижение проточности в зонах кольцевых течений сбросных вод и снижение уровня термофикации водоема, связанные со снижением объемов вырабатываемой МГРЭС электроэнергии, а также увеличение концентрации биогенных элементов и снижение численности растительноядных рыб водоема, особенно белого амура.

За период 2010-2015 гг. в составе водной и околоводной флоры акватории Кучурганского водохранилища и его береговой зоны нами отмечены 100 видов высших растений, относящихся к 40 семействам, в том числе 74 видов растений, не описанных и не систематизированных исследователями водных и околоводных растений данного региона (Таблица 3.3).

Наиболее многочисленными семействами являются *Asteraceae* - 25 видов, *Fabaceae* – 9 видов, *Lamiaceae* – 10 видов, остальные семейства представлены 2-3 видами. Нами создан гербарий собранных растений, который уже используется с успехом в учебном процессе для подготовки специалистов в области биологии и экологии.

Общее число видов растений за период исследований флоры Кучурганского водохранилища и его береговой зоны составило 155 видов из 48 семейств.

| | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | <i>Potamogeton perfoliatus</i> (Linnaeus, 1753) Рдест пронзённолистный | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 15 | <i>Potamogeton pusillus</i> (Linnaeus, 1753) Рдест маленький | + | | | + | | | | + | |
| 7 Najadaceae Наядовые | | | | | | | | | | |
| 16 | <i>Najas marina</i> (Linnaeus, 1753) Наяда морская | | | | | | | + | + | + |
| 8 Alismataceae Частуховые | | | | | | | | | | |
| 17 | <i>Alisma plantago-aquatica</i> (Linnaeus, 1753) Частуха подорожниковая | + | | | + | + | + | + | + | |
| 18 | <i>Alisma lanceolatum</i> (With., 1796) Частуха ланцетная | | | | + | + | | + | | |
| 19 | <i>Sagittaria sagittifolia</i> (Linnaeus, 1753) Стрелолист стрелолистный | + | | + | + | + | + | + | + | |
| 9 Butomaceae Сусаковые | | | | | | | | | | |
| 20 | <i>Butomus umbellatus</i> (Linnaeus, 1753) Сусак зонтичный | + | | + | + | + | + | + | + | + |
| 10 Hydrocharitaceae Водокрасовые | | | | | | | | | | |
| 21 | <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> (Linnaeus, 1753) Водокрас лягушачий | | | | | | | + | + | + |
| 22 | <i>Stratiotes aloides</i> (Linnaeus, 1753) Телорез обыкновенный, или алоэвидный | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| 23 | <i>Elodea canadensis</i> (Michaux, 1803) Водяная чума или Элодея канадская | + | | + | + | + | + | + | | |
| 24 | <i>Vallisneria spiralis</i> (Linnaeus, 1753) Валлиснерия спиральная | + | | + | + | + | + | + | + | + |
| 11 Poaceae Злаковые | | | | | | | | | | |
| 25 | <i>Crypsis aculeata</i> (Linnaeus, 1753) Скрытница колючая | | | | | + | | + | | |
| 26 | <i>Alopecurus geniculatus</i> (Linnaeus, 1753) Лисохвост коленчатый | | | | | | + | | + | |
| 27 | <i>Agrostis stolonifera</i> (Linnaeus, 1753) Полевица побегообразующая | | | | | | | + | | |
| 28 | <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud., 1841 Тростник обыкновенный или южный | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 29 | <i>Glyceria aquatica</i> (Linnaeus, 1753) Манник водяной | | | | | + | + | + | + | |
| 30 | <i>Lolium perenne</i> (Linnaeus, 1753) Плевел многолетний | | | | | | | | | + |
| 12 Cyperaceae Осоковые | | | | | | | | | | |
| 31 | <i>Cyperus fuscus</i> (Linnaeus, 1753) Сыть черно-бурая | | | | | | + | | + | |
| 32 | <i>Cyperus glomeratus</i> (Linnaeus, 1753) Сыть скученная | | | | | | + | | + | |
| 33 | <i>Bulboschoenus maritimus</i> (Linnaeus, 1753) Клубнекамыш морской | | | | | | + | + | + | + |
| 34 | <i>Schoenoplectus lacustris</i> (Linnaeus, 1753) Камыш озерный | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 35 | <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> (C.C.Gmel.) (Palla, 1888) | | | | | | + | + | + | + |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Камыш Табернемонтана | | | | | | | | | |
| 36 | <i>Eleocharis palustris</i> (Linnaeus, 1753) Болотница болотная | | | | | + | + | + | + | |
| 37 | <i>Carex hirta</i> (Linnaeus, 1753) Осока коротковолосистая | | | | | + | + | + | | |
| 38 | <i>Carex riparia</i> (Curtis, 1783) Осока береговая | | | | | + | + | + | | |
| 39 | <i>Carex compacta</i> (Lamarck, 1779) Осока сжатая | | | | | + | + | + | | |
| 13 Araceae Айрные | | | | | | | | | | |
| 40 | <i>Acorus calamus</i> (Linnaeus, 1753) Аир обыкновенный | | | | | + | + | + | + | |
| 14 Lemnaceae Рясковые | | | | | | | | | | |
| 41 | <i>Lemna polyrrhiza</i> (Linnaeus, 1753) Многокоренник обыкновенный | | + | + | | | | | | |
| 42 | <i>Lemna trisulca</i> (Linnaeus, 1753) Ряска тройчатая | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 43 | <i>Lemna gibba</i> (Linnaeus, 1753) Ряска горбатая | | | | | + | + | | | |
| 44 | <i>Lemna minor</i> (Linnaeus, 1753) Ряска малая | + | | | + | + | + | + | + | + |
| 15 Juncaceae Ситниковые | | | | | | | | | | |
| 45 | <i>Juncus bufonins</i> (Linnaeus, 1753) Ситник лягушачий | | | | | + | + | + | | |
| 46 | <i>Juncus gerardii</i> (Loisel., 1809) Ситник Жерара | | | | | + | + | + | | |
| 16 Iridaceae Ирисовые | | | | | | | | | | |
| 47 | <i>Iris pseudacorus</i> (Linnaeus, 1753) Ирис болотный, или желтый, или ирис ложноаировый | + | | | + | + | + | + | + | + |
| 17 Cannabaceae Коноплевые | | | | | | | | | | |
| 48 | <i>Humulus lupulus</i> (Linnaeus, 1753) Хмель обыкновенный | | | | | | | | | + |
| 18 Urticaceae Крапивовые | | | | | | | | | | |
| 49 | <i>Urtica dioica</i> (Linnaeus, 1753) Крапива двудомная | | | | | | | | | + |
| 19 Polygonaceae Гречишные | | | | | | | | | | |
| 50 | <i>Rumex confertus</i> (Willdenow, 1809) Щавель конский | | | | | + | + | + | | + |
| 51 | <i>Rumex crispus</i> (Linnaeus, 1753) Щавель курчавый | | | | | + | + | + | | + |
| 52 | <i>Polygonum hydropiper</i> (Linnaeus, 1753) Горец перечный или водяной перец | | | | | + | | + | | + |
| 53 | <i>Polygonum aviculare</i> (Linnaeus, 1753) Горец птичий | | | | | | | | | + |
| 54 | <i>Polygonum amphibium</i> (Linnaeus, 1753) Горец земноводный | | | | | | + | | + | + |
| 20 Chenopodiaceae Маревые | | | | | | | | | | |
| 55 | <i>Chenopodium album</i> (Linnaeus, 1753) Марь белая | | | | | | | | | + |
| 21 Portulacaceae Портулаковые | | | | | | | | | | |
| 56 | <i>Portulaca oleracea</i> (Linnaeus, 1753) Портулак огородный | | | | | | | | | + |

| | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 Caryophyllaceae Гвоздичные | | | | | | | | | | |
| 57 | <i>Stellaria media</i> (Linnaeus, 1753) Звездчатка средняя | | | | | | | | | + |
| 58 | <i>Holosteum umbellatum</i> (Linnaeus, 1753) Костенец зонтичный | | | | | | | | | + |
| 23 Nymphaeaceae Кувшинковые | | | | | | | | | | |
| 59 | <i>Nymphaea alba</i> (Linnaeus, 1753) Кувшинка белая | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| 60 | <i>Nuphar luteum</i> (Linnaeus, 1753) Кубышка желтая | + | + | + | | + | + | + | | |
| 24 Ceratophyllaceae Роголистниковые | | | | | | | | | | |
| 61 | <i>Ceratophyllum demersum</i> (Linnaeus, 1753) Роголистник погруженный | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 25 Ranunculaceae Лютиковые | | | | | | | | | | |
| 62 | <i>Batrachium circinatum</i> (Sibthorp, 1794) Шелковник, Водяной лютик завитой | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| 63 | <i>Batrachium divaricatum</i> (Schrank, 1866) Шелковник волосолистный, Водяной лютик | | | | | | + | | | |
| 64 | <i>Ranunculus sceleratus</i> (Linnaeus, 1753) Лютик ядовитый | | | | | + | | + | | |
| 65 | <i>Ranunculus repens</i> (Linnaeus, 1753) Лютик ползучий | | | | | | | | | + |
| 66 | <i>Ranunculus acris</i> (Linnaeus, 1753) Лютик едкий | | | | | + | | + | | |
| 67 | <i>Thalictrum simplex</i> (Linnaeus, 1753) Василистник простой | | | | | + | + | + | | |
| 26 Brassicaceae Крестоцветные | | | | | | | | | | |
| 68 | <i>Rorippa amphibia</i> (Linnaeus, 1753) Жерушник земноводный | | | | | + | | + | | |
| 69 | <i>Rorippa austriaca</i> (Crantz) (Besser, 1822) Жерушник австрийский | | | | | + | + | + | + | |
| 70 | <i>Lepidium latifolium</i> (Linnaeus, 1753) Клоповник широколистный | | | | | + | + | + | | |
| 71 | <i>Cardaria draba</i> (Linnaeus, 1753) Кардария крупковидная | | | | | | | | | + |
| 72 | <i>Capsella bursa-pastoris</i> (Linnaeus, 1753) Пастушья сумка | | | | | | | | | + |
| 27 Rosaceae Розоцветные | | | | | | | | | | |
| 73 | <i>Rubus caesius</i> (Linnaeus, 1753) Ежевика сизая | | | | | | | | | + |
| 74 | <i>Potentilla anserina</i> (Linnaeus, 1753) Лапчатка гусиная | | | | | + | + | + | | |
| 75 | <i>Potentilla reptans</i> (Linnaeus, 1753) Лапчатка ползучая | | | | | | | | | + |
| 76 | <i>Potentilla argentea</i> (Linnaeus, 1753) Лапчатка серебристая | | | | | | | | | + |
| 28 Fabaceae Бобовые | | | | | | | | | | |
| 77 | <i>Ononis arvensis</i> (Linnaeus, 1753) Стальник пашенный | | | | | | | | | + |
| 78 | <i>Medicago sativa</i> (Linnaeus, 1753) Люцерна посевная | | | | | | | | | + |
| 79 | <i>Melilotus albus</i> (Medik., 1787) Донник белый | | | | | | | | | + |
| 80 | <i>Melilotus officinalis</i> (Linnaeus, 1753) Донник лекарственный | | | | | | | | | + |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|
| 81 | <i>Trifolium repens</i> (Linnaeus, 1753) Клевер ползучий | | | | | | | + | | + | | + |
| 82 | <i>Lotus corniculatus</i> (Linnaeus, 1753) Лядвинец рогатый | | | | | | | | | | | + |
| 83 | <i>Coronilla varia</i> (Linnaeus, 1753) Вязель изменчивый | | | | | | | | | | | + |
| 84 | <i>Lathyrus tuberosus</i> (Linnaeus, 1753) Чина клубненосная | | | | | | | | | | | + |
| 29 Simaroubaceae Симарубовые | | | | | | | | | | | | |
| 85 | <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) (Swingle, 1916) Айлант высочайший | | | | | | | | | | | + |
| 30 Malvaceae Мальвовые | | | | | | | | | | | | |
| 86 | <i>Lavatera thuringiaca</i> (Linnaeus, 1753) Лаватера тюрингенская | | | | | | | | | | | + |
| 87 | <i>Althaea officinalis</i> (Linnaeus, 1753) Алтай лекарственный | | | | | | | | | | | + |
| 31 Elaeagnaceae Лоховые | | | | | | | | | | | | |
| 88 | <i>Elaeagnus commutata</i> (Bernh. ex Rydb., 1917) Лох серебристый | | | | | | | | | | | + |
| 32 Lythraceae Дербейниковые | | | | | | | | | | | | |
| 89 | <i>Lythrum virgatum</i> (Linnaeus, 1753) Дербенник прутьевидный | | | | | | | | | | | + |
| 33 Onagraceae Кипрейные | | | | | | | | | | | | |
| 90 | <i>Epilobium hirsutum</i> (Linnaeus, 1753) Кипрей мохнатый | | | | | | | | | | | + |
| 91 | <i>Epilobium parviflorum</i> (Schreber, 1771) Кипрей мелкоцветковый | | | | | + | | + | | | | |
| 34 Trapaceae Водяные орехи | | | | | | | | | | | | |
| 92 | <i>Trapa natans</i> (Linnaeus, 1753) Водяной орех | | + | + | + | | | + | | | | |
| 35 Haloragaceae Сланоягодниковые | | | | | | | | | | | | |
| 93 | <i>Myriophyllum verticillatum</i> (Linnaeus, 1753) Уруть мутовчатая | + | + | | + | + | + | + | + | + | | |
| 94 | <i>Myriophyllum spicatum</i> (Linnaeus, 1753) Уруть колосистая | | + | | | + | + | + | + | | | + |
| 36 Apiaceae Зонтичные | | | | | | | | | | | | |
| 95 | <i>Conium maculatum</i> (Linnaeus, 1753) Болиголов пятнистый | | | | | | | | | | | + |
| 96 | <i>Sium sisaroides</i> (de Candolle, 1830) Поручейник сизаровидный | | | | | | | + | | | | |
| 97 | <i>Oenanthe aquatica</i> (Linnaeus, 1753) Омежник водный | | | | | + | + | + | + | | | |
| 98 | <i>Daucus carota</i> (Linnaeus, 1753) Морковь дикая | | | | | | | | | | | + |
| 37 Primulaceae Первоцветовые | | | | | | | | | | | | |
| 99 | <i>Lysimachia nummularia</i> (Linnaeus, 1753) Вербейник монетный | | | | | + | + | + | | | | |
| 100 | <i>Lysimachia vulgaris</i> (Linnaeus, 1753) Вербейник обыкновенный | | | | | + | + | + | | | | |
| 38 Menyanthaceae Вахтовые | | | | | | | | | | | | |
| 101 | <i>Nymphoides peltata</i> (S.G.Gmel.) (Kuntze, 1891) Болотноцветник щитолистный | | | + | + | + | + | + | | | | |
| 39 Convolvulaceae Вьюнковые | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|--|--|--|---|---|---|---|---|---|---|
| 102 | <i>Convolvulus arvensis</i> (Linnaeus, 1753) Вьюнок полевой | | | | | | | | | | | | + |
| 103 | <i>Calystegia sepium</i> (Linnaeus, 1753) Повой заборный | | | | | | | | | | | | + |
| 40 Boraginaceae Бурачниковые | | | | | | | | | | | | | |
| 104 | <i>Echium vulgare</i> (Linnaeus, 1753) Сияк обыкновенный | | | | | | | | | | | | + |
| 41 Lamiaceae Губоцветные | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | <i>Scutellaria galericulata</i> (Linnaeus, 1753) Шлемник обыкновенный | | | | | | | | | | | | + |
| 106 | <i>Glechoma hederacea</i> (Linnaeus, 1753) Будра плющелистная | | | | | | | | | | | | + |
| 107 | <i>Lamium album</i> (Linnaeus, 1753) Яснотка белая | | | | | | | | | | | | + |
| 108 | <i>Lamium amplexicaule</i> (Linnaeus, 1753) Яснотка стеблеобъемлющая | | | | | | | | | | | | + |
| 109 | <i>Lamium purpureum</i> (Linnaeus, 1753) Яснотка пурпуровая | | | | | | | | | | | | + |
| 110 | <i>Ballota nigra</i> (Linnaeus, 1753) Белокудренник черный | | | | | | | | | | | | + |
| 111 | <i>Stachys palustris</i> (Linnaeus, 1753) Чистец болотный | | | | | | + | + | + | | | | |
| 112 | <i>Origanum vulgare</i> (Linnaeus, 1753) Душица обыкновенная | | | | | | | | | | | | + |
| 113 | <i>Lycopus exaltatus</i> (Linnaeus, 1753) Зюзник высокий | | | | | | + | | | + | | | + |
| 114 | <i>Lycopus europaeus</i> (Linnaeus, 1753) Зюзник европейский | | | | | | + | + | + | + | | | + |
| 115 | <i>Mentha aquatica</i> (Linnaeus, 1753) Мята водная | | | | | | | | | | | | + |
| 42 Solanaceae Пасленовые | | | | | | | | | | | | | |
| 116 | <i>Solanum dulcamara</i> (Linnaeus, 1753) Паслён сладко-горький | | | | | | + | + | + | | | | + |
| 117 | <i>Lycium barbarum</i> (Linnaeus, 1753) Дереза | | | | | | | | | | | | + |
| 43 Scrophulariaceae Норичниковые | | | | | | | | | | | | | |
| 118 | <i>Verbascum ovalifolium</i> (Donn ex Sims, 1807) Коровяк овальнолистный | | | | | | | | | | | | + |
| 119 | <i>Verbascum blattaria</i> (Linnaeus, 1753) Коровяк тараканий | | | | | | | | | | | | + |
| 120 | <i>Linaria vulgaris</i> (Miller, 1768) Лянчанка обыкновенная | | | | | | | | | | | | + |
| 121 | <i>Veronica beccabunga</i> (Linnaeus, 1753) Вероника ручейная или поточная | | | | | | + | | | + | | | |
| 122 | <i>Veronica anagallis-aquatica</i> (Linnaeus, 1753) Вероника ключевая или береговая | | | | | | + | | | + | | | |
| 44 Lentibulariaceae Пузырчатковые | | | | | | | | | | | | | |
| 123 | <i>Utricularia vulgaris</i> (Linnaeus, 1753) Пузырчатка обыкновенная | + | + | | | | + | | | + | + | + | |
| 45 Plantaginaceae Подорожниковые | | | | | | | | | | | | | |
| 124 | <i>Plantago lanceolata</i> (Linnaeus, 1753) Подорожник ланцетолистный | | | | | | | | | | | | + |
| 125 | <i>Plantago major</i> (Linnaeus, 1753) Подорожник большой | | | | | | | | | | | | + |
| 46 Rubiaceae Мареновые | | | | | | | | | | | | | |
| 126 | <i>Galium humifusum</i> (M. Bieb, 1808) Подмаренник распростертый | | | | | | | | | | | | + |

| 47 <i>Caprifoliaceae</i> Жимолостные | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|---|---|---|--|---|
| 127 | <i>Sambucus ebulus</i> (Linnaeus, 1753) Бузина травянистая | | | | | | | | | + |
| 128 | <i>Sambucus nigra</i> (Linnaeus, 1753) Бузина черная | | | | | | | | | + |
| 48 <i>Asteraceae</i> Астровые | | | | | | | | | | |
| 129 | <i>Grindelia squarrosa</i> ((Pursh) Dunal, 1819) Гринделия растопыренная | | | | | | | | | + |
| 130 | <i>Tripolium vulgare</i> (Nees, 1832) Астра солончаковая обыкновенная | | | | | | | | | + |
| 131 | <i>Erigeron annuus</i> (Linnaeus, 1753) Мелколепестник обыкновенный | | | | | | | | | + |
| 132 | <i>Conyza canadensis</i> (Linnaeus, 1753) Кониза канадская | | | | | | | | | + |
| 133 | <i>Inula oculus-christi</i> (Linnaeus, 1753) Девясил Христов глаз | | | | | | | | | + |
| 134 | <i>Inula britannica</i> (Linnaeus, 1753) Девясил британский | | | | | | | | | + |
| 135 | <i>Cyclachaena xanthiifolia</i> ((Nutt.) Fresen., 1836) Циклахена дурнишниковлистная | | | | | | | | | + |
| 136 | <i>Ambrosia artemisiifolia</i> (Linnaeus, 1753) Амброзия полыннолистная | | | | | | | | | + |
| 137 | <i>Bidens tripartita</i> (Linnaeus, 1753) Череда трехраздельная | | | | | + | + | + | | + |
| 138 | <i>Achillea setacea</i> (Waldst. et Kit, 1802) Тысячелистник щетинистый | | | | | | | | | + |
| 139 | <i>Tanacetum vulgare</i> (Linnaeus, 1753) Пижма обыкновенная | | | | | | | | | + |
| 140 | <i>Artemisia annua</i> (Linnaeus, 1753) Полынь однолетняя | | | | | | | | | + |
| 141 | <i>Artemisia absinthium</i> (Linnaeus, 1753) Полынь горькая | | | | | | | | | + |
| 142 | <i>Artemisia vulgaris</i> (Linnaeus, 1753) Полынь обыкновенная | | | | | | | | | + |
| 143 | <i>Artemisia austriaca</i> (Jacquin, 1773) Полынь австрийская | | | | | | | | | + |
| 144 | <i>Tephrosieris palustris</i> (L.) (Reichenb., 1842) Пепельник болотный | | | | | + | | + | | |
| 145 | <i>Senecio vernalis</i> (Waldst. et Kit, 1802) Крестовник весенний | | | | | | | | | + |
| 146 | <i>Arctium lappa</i> (Linnaeus, 1753) Лопух большой | | | | | | | | | + |
| 147 | <i>Carlina vulgaris</i> (Linnaeus, 1753) Колючник обыкновенный | | | | | | | | | + |
| 148 | <i>Cirsium palustre</i> (Linnaeus, 1753) Бодяк болотный | | | | | + | | + | | |
| 149 | <i>Onopordum acanthium</i> (Linnaeus, 1753) Татарник колючий | | | | | | | | | + |
| 150 | <i>Centaurea diffusa</i> (Lamarck, 1785) Василек раскидистый | | | | | | | | | + |
| 151 | <i>Cichorium intybus</i> (Linnaeus, 1753) Цикорий обыкновенный | | | | | | | | | + |
| 152 | <i>Lactuca tatarica</i> (Linnaeus, 1753) Латук татарский | | | | | | | | | + |
| 153 | <i>Taraxacum serotinum</i> (Waldst. et Kit, 1802) Одуванчик поздний | | | | | | | | | + |
| 154 | <i>Taraxacum officinale</i> (G.H. Weber ex Wiggers, 1780) Одуванчик обыкновенный | | | | | | | | | + |
| 155 | <i>Chondrilla juncea</i> (Linnaeus, 1753) Хондрилла ситниковая | | | | | | | | | + |

В 2010-2015 гг. в составе водной и околоводной флоры Кучурганского водохранилища нами не были отмечены 55 видов из указанного списка, в том числе 6 видов рдестов: рдест Берхтольда (*Potamogeton berchtoldii* Fieb.), рдест нитевидный (*Potamogeton filliformis* Pers.), рдест злаковый (*Potamogeton gramineus* L.), рдест блестящий (*Potamogeton lucens* L.), рдест плавающий (*Potamogeton natans* L.) и рдест маленький (*Potamogeton pusillus* L.), элодея канадская (*Elodea canadensis* Michx.), многокоренник обыкновенный (*Lemna polyrrhiza* L.), ряска горбатая (*Lemna gibba*), кувшинка белая (*Nymphaea alba* L.), кубышка желтая (*Nuphar luteum* L.), водяной орех (*Trapa natans* L.), омежник водный (*Oenanthe aquatica* L.), болотноцветник щитолистный (*Nymphoides peltata* (S.G.Gmel.)). При этом, впервые для Кучурганского водохранилища, нами выявлен редкий, внесенный в Красную книгу Молдовы [1] папоротник телиптерис болотный (*Thelypteris palustris* Schott).

Обобщенная структура флоры экосистемы Кучурганского водохранилища представлена в таблице 3.4.

Таблица 3.4. Структура флоры Кучурганского водохранилища за период исследований 1924-2015 гг.

| Показатели | Водная флора | Околоводная флора | Флора в целом |
|--|--------------|-------------------|---------------|
| Число семейств | 11 | 37 | 48 |
| Число родов | 12 | 100 | 112 |
| Число видов | 43 | 112 | 155 |
| Среднее число видов в семействе | 1,4 | 3,6 | 3,1 |
| Среднее число видов в роде | 1,25 | 1,33 | 1,32 |
| Число семейств, представленных одним видом | 8 | 13 | 21 |
| Число родов, представленных одним видом | 10 | 76 | 86 |

3.4. Выводы к главе 3

1. Исследована многолетняя динамика биологического разнообразия, распределения и степени зарастания Кучурганского водохранилища высшей водной растительностью. Разнообразие и биомасса высшей водной растительности является отражением изменений гидрологических, гидрохимических, гидробиологических режимов и в целом статуса самого водоема: лиман – водохранилище - водоем-охладитель с разной степенью термофикации.
2. Если в лимане встречалось около 70 видов высшей растительности, то к концу 70-х годов XX столетия видовой состав водных растений уже водоема-охладителя

насчитывал лишь 36-41 вид гидрофитов и гелофитов, из которых 22% составляли макрофиты плавающие и с плавающими листьями.

3. Термофикация водоема, химическая борьбы с «цветением» воды и механическое удаление зарослей растительности существенно изменили структуру и соотношение видов, а также степень зарастания водоема. Самый большой антропогенный пресс на рост и развитие высшей водной растительности приходится на 1985-1991 годы.
4. В период максимальной тепловой нагрузки из состава флоры выпали такие виды, как *Nymphoides peltata* (S.G.Gmel.), *Nuphar luteum* L., *Potamogeton heterophyllus* Schreb., *Trapa natans* L., а *Nymphaea alba* L., *Stratiotes aloides* L. и др. очень сильно сократили свой ареал. Сокращение зарослей тростника, рогоза, камыша негативно сказались на процессе эвтрофирования водоема.
5. Среди современной растительности водохранилища водную флору составляют 15 видов из 11 семейств: *Ceratophyllum demersum* L., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Vallisneria spiralis* L., *Butomus umbellatus* L., *Lemna minor* L., *Lemna trisulca* L., *Najas marina* L., *Phragmites australis* (Cav.), *Typha latifolia* L., *Potamogeton crispus* L., *Potamogeton pectinatus* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Salvinia natans* L., *Thelypteris palustris* Schott - редкий вид. Среди не обнаруженных нами высших водных и околоводных растений насчитывается 55 видов.
6. Даны детальное описание, распределение и биомасса 15 видов макрофитов, из которых 8 относятся к гидрофитам погруженным, 3 вида - к гидрофитам плавающим и 4 вида - к гелофитам.
7. В зарастании акватории водоема в большей степени участвует *Potamogeton crispus* L., а береговой линии - *Phragmites australis* (Cav.). Площадь зарастания составляет около 1280 га, в том числе в низовье – 950 га, на середине – 200 га и в верховье – 130 га. *Phragmites australis* (Cav.) покрывает 498 га, или 19% всей площади водоема-охладителя.
8. Обилие *Phragmites australis* (Cav.) составляет 40-80 стеблей на 1 м² со средней биомассой в период цветения 3-3,5 кг/м²; его фитомасса составляет 14 940 - 17 430 т.
9. Систематизирован список водных и околоводных растений Кучурганского водоема-охладителя с 60-х годов прошлого столетия до настоящего времени.
10. Для регулирования и ограничения степени зарастания водоема погруженной водной растительностью необходимо оптимизировать гидрологического режим путем увеличения водообмена с протоком Турунчук и поддержки уровня воды в водоеме на 3-3,5 м абс.

4. РОЛЬ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В МИГРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ

4.1. Биоиндикация и значимость макрофитов в определении экологического состояния гидробиоценоза

Биоиндикация - это оценка состояния той или иной экосистемы на базе количественных и качественных показателей отдельных групп организмов-индикаторов. В качестве организмов-индикаторов водных экосистем чаще всего используются гидробионты с более коротким циклом развития - планктонные или бентосные беспозвоночные гидробионты, бактерио- и фитопланктон, фитобентос, личинки и молодь рыб. Высшие водные растения из-за их большей устойчивости к кратковременным изменениям параметров среды обитания и более высокой толерантностью к изменению физико-химических параметров среды их обитания, не всегда были использованы в качестве организмов-индикаторов [91]. Однако, в последнее время именно высшие водные растения чаще всего являются достаточно объективными показателями устойчивого загрязнения и эвтрофикации водоемов [134, 156, 157].

В настоящее время использование макрофитов в качестве биологических индикаторов стало одним из обязательных показателей состояния водных экосистем, в том числе, для оценки сапробности и трофности водоёма [6, 84].

Для целого ряда высших водных растений были рассчитаны индексы сапробности [94] (Таблица 4.1.), из которых следует, что большинство макрофитов предпочитают олигосапробные и β -мезосапробные экосистемы и лишь мхи и папоротники – полисапробные или загрязненные.

При оценке состояния водной экосистемы на основе индикаторных видов растений крайне важно иметь данные о количественном и качественном состоянии всей ассоциации водных растений, в том числе степени зарастания водоемов и водотоков. Для оценки экологического состояния Кучурганского водохранилища до настоящего времени в основном применялись методы, основанные на исследовании бентосных беспозвоночных [108, 109, 110] и фитопланктона [7, 8]. Результаты использования высшей водной растительности для биологической индикации и оценки экологического состояния Кучурганского водоема-охладителя до настоящего момента нам не известны.

Таблица 4.1. Высшие водные растения в системе сапробности
(Sladecsek, 1963; Кокин, 1982)

| Вид растений | <i>S</i> | <i>I</i> | <i>s</i> | Зона сапробности | | | | |
|---|--------------|----------|----------|------------------|----------|---------|----------|----------|
| | | | | <i>x</i> | <i>o</i> | β | α | <i>p</i> |
| <i>Marchantia polymorpha</i> L. | 0 | 4 | 1,0 | 1 | 8 | 1 | - | - |
| <i>Riccia glausa</i> L. | 0 | 4 | 1,3 | - | 7 | 3 | - | - |
| <i>Riccia fluitans</i> L. | 0 | 4 | 1,3 | - | 7 | 3 | - | - |
| <i>Ricciocarpus natans</i> (L.) Corda. | 0 | 4 | 1,2 | - | 8 | 2 | - | - |
| <i>Marsupella aquatica</i> (Lindenb.) | <i>x</i> - 0 | 3 | 0,5 | 5 | 5 | - | - | - |
| <i>Marsupella sphacellata</i> G. Dum. | <i>x</i> - 0 | 3 | 0,5 | 5 | 5 | - | - | - |
| <i>Drepanocladus aduncus</i> H. Warnst. | 0 - β | 3 | 1,4 | - | 6 | 4 | - | - |
| <i>Fontinalis antipyretica</i> L. | 0 - β | 2 | 1,35 | 1 | 5 | 4 | - | - |
| <i>Cinclidotus aquaticus</i> Hedw. | 0 | 3 | 1,35 | 1 | 7 | 2 | - | - |
| <i>Sphagnum</i> sp. | 0 | 5 | 1,0 | - | 10 | - | - | - |
| <i>Hydrohypnum ochraceum</i> (Wils.) | <i>x</i> - 0 | 3 | 0,5 | 5 | 5 | - | - | - |
| <i>Amblystegium riparium</i> (Hedw.) | 0 - β | 2 | 1,65 | - | 5 | 4 | 1 | - |
| <i>Salvinia natans</i> L. | 0 | 5 | 1,1 | - | 9 | 1 | - | - |
| <i>Equisetum fluviatile</i> L. | 0 | 4 | 0,8 | 2 | 8 | - | - | - |
| <i>Isöetes lacustris</i> L. | <i>x</i> | 5 | 0,1 | 9 | 1 | - | - | - |
| <i>Isöetes echinospora</i> Durieu | <i>x</i> - 0 | 4 | 0,3 | 5 | 5 | - | - | - |
| <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | β | 4 | 1,8 | - | 2 | 8 | - | - |
| <i>Ceratophyllum demersum</i> L. | β | 5 | 1,9 | - | 1 | 9 | - | - |
| <i>Potamogeton gramineus</i> L. | β | 4 | 1,7 | - | 3 | 7 | - | - |
| <i>Potamogeton lucens</i> L. | β - 0 | 3 | 1,4 | - | 6 | 4 | - | - |
| <i>Potamogeton crispus</i> L. | β | 4 | 1,8 | - | 2 | 8 | - | - |
| <i>Potamogeton perfoliatus</i> L. | β | 4 | 1,7 | - | 3 | 7 | - | - |
| <i>Nuphar luteum</i> L. | β - 0 | 3 | 1,7 | - | 5 | 5 | - | - |
| <i>Nymphaea alba</i> L. | β - 0 | 3 | 1,4 | - | 7 | 3 | - | - |
| <i>Utricularia vulgaris</i> L. | β | 4 | 1,8 | - | 2 | 8 | - | - |
| <i>Elodea Canadensis</i> Michx. | β | 3 | 1,85 | - | 2 | 7 | 1 | - |
| <i>Lemna polyrrhiza</i> L. | β | 4 | 2,0 | - | 1 | 8 | 1 | - |
| <i>Lemna gibba</i> L. | β | 4 | 2,0 | - | 1 | 8 | 1 | - |
| <i>Lemna minor</i> L. | β | 3 | 2,25 | - | 1 | 6 | 3 | - |
| <i>Lemna trisulca</i> L. | 0 - β | 3 | 1,80 | - | 5 | 5 | - | - |
| <i>Polygonum amphibium</i> L. | β | 3 | 1,75 | - | 3 | 6 | 1 | - |
| <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L. | 0 - β | 3 | 1,5 | - | 5 | 5 | - | - |
| <i>Sagittaria sagittifolia</i> L. | 0 - β | 3 | 1,4 | - | 6 | 4 | - | - |

Проведенные нами исследования видового состава высшей водной растительности, степени зарастания Кучурганского водоема-охладителя в соответствии с общепринятой методикой [94] позволили нам впервые систематизировать исследованные растения по

классам сапробности с указанием степени сапробности - s , сапробного индекса - S и индикаторного значения вида – I (Таблица 4.2).

Таблица 4.2. Высшие водные растения Кучурганского водохранилища и их индикаторная значимость в системе сапробности

| Вид растений | S | I | s | Зона сапробности | | | | |
|---------------------------------|-------------|-----|------|------------------|-----|---------|----------|-----|
| | | | | x | o | β | α | p |
| <i>Salvinia natans</i> | 0 | 5 | 1,1 | - | 9 | 1 | - | - |
| <i>Myriophyllum spicatum</i> | β | 4 | 1,8 | - | 2 | 8 | - | - |
| <i>Ceratophyllum demersum</i> | β | 5 | 1,9 | - | 1 | 9 | - | - |
| <i>Potamogeton crispus</i> | β | 4 | 1,8 | - | 2 | 8 | - | - |
| <i>Potamogeton perfoliatus</i> | β | 4 | 1,7 | - | 3 | 7 | - | - |
| <i>Lemna minor</i> | β | 3 | 2,25 | - | 1 | 6 | 3 | - |
| <i>Lemna trisulca</i> | $0 - \beta$ | 3 | 1,80 | - | 5 | 5 | - | - |
| <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> | $0 - \beta$ | 3 | 1,5 | - | 5 | 5 | - | - |

Для отдельных видов макрофитов Кучурганского водохранилища (*Vallisneria spiralis* L., *Butomus umbellatus* L., *Najas marina* L., *Phragmites australis* (Cav.), *Typha latifolia* L., *P. pectinatus* L. и *Thelypteris palustris* Schott) в «Унифицированных методах...» [94] не указана их индикаторная значимость, поэтому в таблицу мы их не включили. Но сопоставление качества воды и наличие интенсивного зарастания акватории водоема вышеуказанными водными растениями, наряду с *Potamogeton crispus* L. и, особенно, при преобладании таких, как *Vallisneria spiralis* L., *Phragmites australis* (Cav.) и *Typha latifolia* L. позволяет нам отнести эти макрофиты к индикаторам β - α -мезосапробных водоемов.

Таким образом, к высшим водным растениям, характерным для олигосапробных водоемов можно отметить *Salvinia natans* L., которая в водохранилище распространена не равномерно и, в основном, на нижнем и среднем участках водоема, где благодаря зарегулированному водообмену, гидрохимические условия более благоприятны, чем на верхнем участке водохранилища, на котором сальвиния малочисленна. На среднем участке водохранилища, не далеко от водозаборов Молдавской ГРЭС, среди густых скоплений тростника сальвиния местами сплошь покрывает водную поверхность образованных здесь «окон» (Рисунок 4.1).

К олиготрофным и β -мезосапробным видам также относятся *Lemna trisulca* L. и *Hydrocharis morsus-ranae* L. (Таблица 4.2). Пять видов (Таблицы 4.2) макрофитов Кучурганского водохранилища приурочены к β -мезосапробной зоне.



Рис. 4.1. Заросшие сальвинией «окна» среди зарослей тростника среднего участка Кучурганского водохранилища, 2012 г.

Следует отметить, что по данным других авторов [137, 149] сальвиния (*Salvinia natans* L.), наряду с рдестами курчавым (*Potamogeton crispus* L.) и гребенчатым (*Potamogeton pectinatus* L.), рясками (*Lemna trisulca* L., *L. minor* L.), наядой морской (*Najas marina* L.), урутью колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.) и др. видами относится к группе макрофитов, индифферентных к эвтрофикации водоемов, а водокрас (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) и рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.) – к толерантным видам. Эти данные свидетельствуют о том, что к различным типам водоемов необходим подбор своих видов-индикаторов с учетом их гидрологических и гидрохимических особенностей.

Вышеизложенное, как и комплексная оценка экологического состояния водоема, позволяет нам констатировать, что особенно массовое зарастание водоема такими макрофитами, как *Potamogeton crispus* L., *Vallisneria spiralis* L., *Phragmites australis* (Cav.) является надежным показателем эвтрофности водоемов.

Для расчета сапробности S Кучурганского водохранилища по макрофитам мы использовали индекс сапробности Пантле и Букка основанный на учете относительного обилия видов-индикаторов. Количественная оценка по данному методу учитывает относительную частоту встречаемости видов-индикаторов h и их индикаторную значимость s . Величины h и s входят в формулу для вычисления индекса сапробности:

$$S = \frac{\Sigma(sh)}{\Sigma h}$$

Относительную частоту встречаемости макрофитов принимали, выраженную в баллах от 1 до 5 (случайные находки – 1, частая встречаемость 3, массовое развитие – 5).

Индекс сапробности в различных зонах загрязнения водоемов органическими соединениями составляет в гиперсапробной - более 5.0; α -полисапробной – 4.0–5.0; β -полисапробной – 3.6–4.0; α -мезосапробной – 2.6–3.5; β -мезосапробной – 1.6–2.5; α -олигосапробной – 1.1–1.5; β -олигосапробной – 0.5–1.0; ксеносапробной – менее 0.5.

Рассчитанный нами [107] индекс сапробности (равный величине 1,7) высшей водной растительности Кучурганского водохранилища по Пантле и Букку, соответствует β -мезосапробной зоне, и соответствует оценке сапробности водохранилища, полученной ранее по зообентосу [110].

Экологические условия по всей акватории водоема-охладителя различны. Наибольшей степени эвтрофирования подвержены участки со слабым водообменом, особенно верхнего участка водохранилища. Это наложило свой отпечаток и на степень зарастания акватории высшей водной растительностью. Так, верхний участок водохранилища характеризуется наибольшей степенью зарастания макрофитами в сравнении со средним и нижним участками водоема. В меньшей степени зарастает средний участок и это во многом связано с тем, что степень циркуляции воды здесь выше, чем на остальной акватории водоема [98].

Интенсивность водообмена и циркуляции воды водохранилища находится в прямой зависимости от степени работы электростанции. Снижение водообмена водных масс между водоемом охладителем и протоком Турунчук в настоящее время в сравнении с 80-ми годами прошлого столетия привело к тому, что продукция биомассы погруженной растительности возросла на нижнем участке, в 7,4 раза, на среднем участке в 9,8 раз, а в верховьях – в 11,8 раз [105].

На общее экологическое состояние Кучурганского водохранилища, помимо степени его зарастания, указывает и массовое развитие отдельных индикаторных видов макрофитов.

Наряду с рясками трёхдольной (*Lemna trisulca* L.) и малой (*Lemna minor* L.), многокоренником обыкновенным (*Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.), стрелолистом обыкновенным (*Sagittaria sagittifolia* L.), частухой подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica* L.), элодей канадской (*Elodea canadensis* Michx.), телорезом алоэвидным (*Stratiotes aloides* L.), о наличии антропогенного воздействия на водные экосистемы

свидетельствует также интенсивное развитие роголистника погруженного (*Ceratophyllum demersum* L.) и урути колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.) [87].

В Кучурганском водохранилище роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.) и уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.) входят в число наиболее распространенных макрофитов, способствующих интенсивному зарастанию акватории водоема. В летний период *Myriophyllum spicatum* L. и *Ceratophyllum demersum* L. массово развиваются в «окнах» среди прибрежных зарослей тростника и рогоза, занимая значительную часть толщи воды [98].

Макрофиты могут также служить и индикаторами теплового загрязнения водоемов. Специфику термического режима Кучурганского водохранилища-охладителя подчеркивает наличие в структуре флоры термофильных и эвритермных видов макрофитов. К термофильным видам макрофитов водохранилища, согласно П.А. Волобаеву [20], относятся рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L.) и валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.). *Vallisneria spiralis* L. относится к группе евросубтропических видов, однако в связи с распространением этого вида в водоемах, подверженных термофикации, ее ареал расширился. В настоящее время валлиснерия (*Vallisneria spiralis* L.) обитает во многих водоемах-охладителях ТЭС и АЭС европейской части России, Урала и Украины [13, 14].

В Кучурганском водохранилище рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L.) и валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.) чаще отмечаются в зонах влияния теплых вод.

Эвритермный элемент флоры Кучурганского водохранилища представляют виды с широким температурным диапазоном, в первую очередь представители рода *Potamogeton* и *Ceratophyllum demersum* L., пороговые значения теплоустойчивости которых достигают температур 38-43 °С. Растения этой группы встречаются как в зоне влияния подогрева, так и на непогреваемых участках Кучурганского водохранилища. Таким образом, в настоящее время термофильные и эвритермные виды занимают доминирующее положение в структуре высших водных растений водоема-охладителя Молдавской ГРЭС.

Высшие водные растения играют существенную роль и в формировании физико-химических параметров водной среды. К примеру, заросли надводных макрофитов Кучурганского водохранилища, особенно тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.)) является самым мощным фильтром для взвешенных веществ и аккумулятором биогенных элементов, органических веществ, микроэлементов. Так в результате прохождения воды

из Турунчука, через тростниковые заросли количество взвешенных веществ в воде уменьшается в 2-3 раза, а вместе с ними и взвешенные формы химических веществ [34].

Практически по всему периметру Кучурганского водоема-охладителя имеются густые заросли макрофитов и они, вместе с околородными растениями, выполняют роль фильтров-очистителей поверхностного стока, поступающего в водоем с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий, а также вод, поступающих в верховье водоема-охладителя со стоком речки Кучурган, и воды, периодически закачиваемой в водоем из протока Турунчук.

В последние годы, в связи с массовым зарастанием макрофитами, как акватории водоема, так и его периметра привело к тому, что в водоеме практически не наблюдается «цветения» воды сине-зелеными водорослями. Мы связываем этот процесс с более интенсивной утилизацией биогенных элементов (соединений азота и фосфора) высшей водной растительностью. Ряд исследователей, считают, что макрофиты могут ингибировать развитие фитопланктона и в процессе выделений специфических метаболитов в водную среду [15].

Высшие водные растения, особенно корневые гелофиты – это и пристанище для перифитона. Проведенные нами [75] исследования тростника в качестве субстрата для развития перифитона в Кучурганском водохранилище, показали, что в перифитоне на тростнике развиваются гидроидные полипы, губки, олигохеты, хирономиды, амфиподы и дрейссена (Таблица 4.3).

Таблица 4.3. Численность и биомасса перифитона на тростнике в Кучурганском водохранилище в весенний период, 2012 г.

| Группа гидробионтов | Численность, экз./м ² | Биомасса, г/м ² |
|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| <i>Hydrozoa (Cordylophora caspia)</i> | 334 | ** |
| <i>Spongilla lacustris</i> L. | * | 0,12 |
| <i>Nematoda</i> | 303 | ** |
| <i>Oligochaeta</i> | 7445 | 0,054 |
| <i>Crustacea (Gammarus sp.)</i> | 15193 | 0,61 |
| <i>Crustacea (Corophium sp.)</i> | 10778 | 0,0035 |
| <i>Chironomidae</i> | 507 | 0,0015 |
| «мягкий» перифитон | 34560 | ~0,85 |
| <i>Dreissena polymorpha</i> Pallas | 28088 | 5033,54 |

Примечание: *- численность не определена **- вследствие мелких размеров масса очень мала

Среди «мягкого» перифитона наибольшей численности достигают олигохеты и амфиподы. Олигохеты, представленные в основном наидидами, при средней плотности 7445 экз./м² площади субстрата, достигают численности свыше 11 тыс. экз./м². Амфиподы

также развиваются в больших количествах и при средней плотности 25970 экз./м² доходят до численности свыше 37 тыс. экз./м² площади субстрата.

Столь внушительные показатели плотности амфипод на стеблях тростника в Кучурганском водохранилище находятся в прямой зависимости от развития на этом субстрате дрейссены, с которой они вступают в биотическое взаимоотношение типа комменсализма, где в качестве комменсала выступает бокоплав [27]. Амфиподы в перифитоне на тростнике представлены гаммаридами (58,5%) и корофидами (41,5%).

Дрейссена Кучурганского водохранилища, используя в качестве субстрата тростник, достигает на нем большой плотности поселения. При средней численности весной 28088 экз./м² и биомассе 5033,54 г/м² площади субстрата (стеблей тростника) она достигает плотности свыше 54000 экз./м². Дрейссена обрастаний тростника представлена разновозрастными особями с длиной раковины от 1 до 25 мм. (Таблица 4.4).

Таблица 4.4. Размерный состав дрейссены, обитающей на стеблях тростника в Кучурганском водохранилище (весна, 2012 г.)

| Длина раковины | 1-5 мм | 6-10 мм | 11-15 мм | 16-20 мм | 21-25 мм | всего |
|----------------------------------|--------|---------|----------|----------|----------|---------|
| Численность, экз./м ² | 7879 | 10095 | 7043 | 2796 | 275 | 28088 |
| Биомасса, г/м ² | 55,75 | 725,44 | 2026,64 | 1900,33 | 325,38 | 5033,54 |

Наиболее многочисленными в перифитоне на тростнике оказались мелкие особи дрейссены с размером раковины до 15 мм. Процентное соотношение разновозрастных групп дрейссены перифитона тростника представлено на рисунке 4.2.

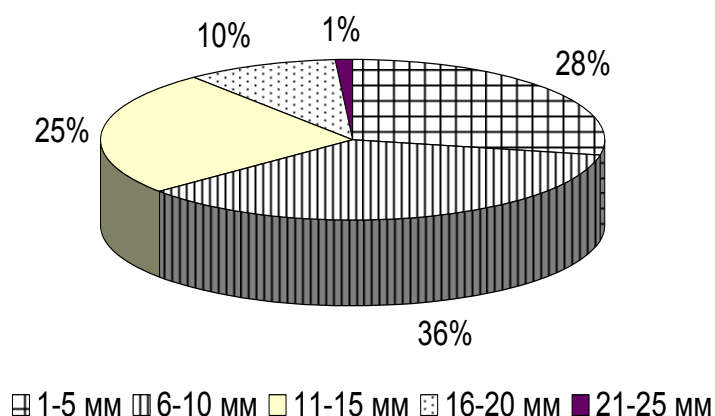


Рис. 4.2. Процентное соотношение разновозрастных групп дрейссены на стеблях тростника в Кучурганском водохранилище.

Дрейссена также является мощным организмом-фильтратором, играющим огромную роль в миграции химических веществ в водоемах, это еще больше увеличивает фильтрационную значимость зарослей высшей водной растительности в Кучурганском водоеме-охладителе. Но при этом следует отметить и тот факт, что довольно часто в зарослях с большим количеством перифитона в Кучурганском водохранилище, особенно в теплый период последних лет, отмечается дефицит растворенного в воде кислорода, наличие сероводорода и, естественно, много мертвых организмов перифитона.

Дефицит кислорода и увеличение количества органических веществ в водной массе прослеживается и в период массового отмирания зарослей плавающих макрофитов, особенно рдеста *Potamogeton crispus* L.

Следовательно, высшая водная растительность вместе с перифитоном, играют огромную роль в динамике и миграции биогенных элементов, органических веществ, взвешенных веществ в экосистеме водоема-охладителя и могут быть как фильтраторами, способствующими процессам самоочищения водной массы, так и источниками ее вторичного загрязнения, как воды, так и донных отложений.

Кроме субстрата для развития перифитона, макрофитам принадлежит важная роль в развитии ихтиофауны Кучурганского водоема-охладителя. По данным ихтиологов АН Молдовы [53] высшая водная растительность служит местом нереста и нагула красноперки, густеры, щуки и др.

Практически все воздушно-водные и мягкие погруженные растения, отмеченные в водоеме-охладителе Молдавской ГРЭС, являются основным кормом для растительноядных рыб и особенно белого амура. Белый амур в возрасте двух-трех лет в первую очередь поедает мягкую погружённую растительность и лишь в четырех- и пятилетнем возрасте и старше может питаться и воздушно-водной жёсткой растительностью. Характерно, что при изобилии растительных кормов белый амур становится узким фитофагом, обнаруживая при этом четко выраженное избирательное отношение к пище. Среди приоритетных растений преобладает группа плавающих и погруженных макрофитов - рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), элодея канадская (*Elodea canadensis* Michx.), роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum* L.), уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.), ряска малая (*Lemna minor* L.) и трёхдольная (*Lemna trisulca* L.) и др. Активно потребляет белый амур водные злаки, молодые побеги тростника (*Phragmites australis* (Cav.)), рогоз (*Typha latifolia* L.) и др.

Для прироста 1 кг массы тела белый амур съедает 50-55 кг рдестов, валлиснерии, роголистника и др. мягких погруженных водных растений. В Кучурганском водохранилище белый амур в сутки потребляет 0,6-0,7 кг растительной массы на 1 кг живого веса рыбы. Таким образом, белый амур весом 1 кг за вегетационный период может потребить более 140 кг водных растений и при этом прибавить около 2 кг ихтиомассы [53].

В этой связи крайне важно акцентировать внимание на биомелиорации экосистемы водоема-охладителя путем поддержания популяции растительноядных рыб на соответствующем уровне, а при необходимости и путем вселения этих рыб в целях уменьшения интенсивного зарастания акватории Кучурганского водоема-охладителя высшей водной растительностью.

4.2. Уровень накопления и роль высшей водной растительности в миграции микроэлементов-металлов в экосистеме водоема-охладителя

Использование водных растений для оценки уровня загрязненности тяжелыми металлами водоемов и водотоков по уровню их содержанию в растениях имеет ряд преимуществ по сравнению с прямым определением в воде, так как позволяет получить достоверную оценку среднего содержания элементов в среде обитания за определенный период времени.

Исследование динамики накопления микроэлементов в водных растениях параллельно с их концентрацией в воде позволяет также определить степень доступности металлов для гидробионтов в целом, рассчитать коэффициент биологического накопления в исследованном растении и интенсивность миграции этих металлов в водной экосистеме.

Проведенные исследования показали, что в плавающих высших растениях уровень большинства металлов чаще выше, нежели в корневых надводных гелофитах (Таблица 4.5).

Минимальные концентрации меди, цинка, ванадия, титана, свинца и марганца отмечены в *Phragmites australis* (Cav.), молибдена в *Potamogeton crispus* L., никеля в *Potamogeton perfoliatus* L., алюминия в *Myriophyllum spicatum* L., а максимальные количества цинка и никеля – в *Myriophyllum spicatum* L., молибдена и ванадия - в *Hydrocharis morsus-ranae* L., свинца и алюминия в *Potamogeton pectinatus* L., марганца и титана - в *Lemna minor* L., меди – в *Najas marina* L. [37, 151] (Таблица 4.5).

Таблица 4.5. Диапазон колебаний концентраций металлов в массовых видах высшей водной растительности Кучурганского водоема-охладителя, мкг/г абс.сухой массы

| | Mn | Pb | Al | Ti | Ni | Mo | V | Cu | Zn |
|------|------------------------------------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | <i>Phragmites australis</i> (Cav.) | | | | | | | | |
| min- | 38,2- | 0,7- | 18,0- | 2,7- | 3,2- | 1,0- | 1,7- | 3,7- | 5,2- |
| max | 580 | 15,8 | 288 | 23,2 | 27,2 | 12,7 | 17,9 | 28,1 | 87,6 |
| | <i>Typha latifolia</i> L. | | | | | | | | |
| min- | 70- | 2,8- | 11,2- | 5,4- | 5,0- | 2,0- | 2,7- | 4,8- | 6,2- |
| max | 420 | 17,2 | 299 | 23,4 | 25,7 | 9,9 | 16,7 | 34,1 | 78,9 |
| | <i>Potamogeton pectinatus</i> L. | | | | | | | | |
| min- | 80- | 2,3- | 11,8- | 8,2- | 5,1- | 1,1- | 1,8- | 6,2- | 10,1- |
| max | 402 | 18,7 | 321 | 26,9 | 39,4 | 21,8 | 18,7 | 38,1 | 163 |
| | <i>Potamogeton perfoliatus</i> L. | | | | | | | | |
| min- | 78- | 8,2- | 15,2- | 9,3- | 2,3- | 1,9- | 4,1- | 6,2- | 14,3- |
| max | 382 | 14,8 | 203 | 25,2 | 26,7 | 17,8 | 14,9 | 38,9 | 141 |
| | <i>Potamogeton crispus</i> L. | | | | | | | | |
| min- | 53- | 2,1- | 21,7- | 6,7- | 4,6- | 0,9- | 3,1- | 5,1- | 9,1- |
| max | 438 | 14,8 | 203 | 25,2 | 26,7 | 17,8 | 14,9 | 36,7 | 134 |
| | <i>Ceratophyllum demersum</i> L. | | | | | | | | |
| min- | 57- | 3,9- | 25,1- | 5,2- | 4,8- | 2,8- | 3,6- | 10,1- | 11,3- |
| max | 565 | 17,2 | 234 | 21,6 | 37,9 | 14,9 | 15,7 | 38,3 | 109 |
| | <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | | | | | | | | |
| min- | 71- | 2,8- | 8,8- | 11,0- | 2,5- | 3,4- | 2,9- | 11,2- | 8,9- |
| max | 421 | 9,9 | 99,9 | 41,3 | 86,7 | 12,2 | 9,5 | 66,7 | 315 |
| | <i>Lemna minor</i> L. | | | | | | | | |
| min- | 70- | 2,1- | 8,9- | 9,7- | 4,1- | 2,4- | 2,6- | 9,9- | 21,0- |
| max | 588 | 13,2 | 43,7 | 41,4 | 68,3 | 18,5 | 11,3 | 62,5 | 193 |
| | <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L. | | | | | | | | |
| min- | 50- | 2,2- | 11,2- | 6,1- | 17,7- | 6,5- | 21,0- | 11,7- | 22,3- |
| max | 434 | 14,2 | 86,9 | 26,2 | 59,6 | 23,7 | 39,9 | 54,6 | 178 |
| | <i>Najas marina</i> L. | | | | | | | | |
| min- | 62- | 1,9- | 10,7- | 8,8- | 10,2- | 3,6- | 5,1- | 9,4- | 21,5- |
| max | 497 | 13,7 | 47,9 | 21,9 | 34,9 | 8,9 | 10,3 | 124 | 173 |

При этом диапазон колебаний концентраций очень большой и определяется как видовыми особенностями растений, уровнем содержания металлов в среде обитания, так и

целым рядом других факторов, в том числе сезоном года, а правильное, стадией развития растения, которая в водоеме-охладителе не всегда совпадает с сезонами года.

Последнее обусловлено термофикацией водоема. К примеру, на участках водоема с меньшей степенью термофикации воды (нижний приплотинный участок) еще прослеживается сезонность в развитии высшей водной растительности (в особенности плавающей), а вот в зоне сброса теплых вод, мы уже в середине лета в зарослях рдеста отмечаем массовое отмирание растений, характерное для осеннего периода. Возможно, это и является причиной столь многих противоречий в научной литературе по вопросам накопления металлов в макрофитах [68].

Нами ранее на основе многолетних данных Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии АН Молдовы и наших исследований была установлена зависимость уровня накопления молибдена, ванадия, цинка, никеля и свинца в высшей водной растительности (*Potamogeton pectinatus* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Potamogeton crispus* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Lemna minor* L., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Cladofora*, *Enteromorpha*, *Najas marina* L.) от концентраций этих металлов в среде их произрастания.

Для марганца и меди эта зависимость не была установлена [156]. Но в любом случае, прослеживается довольно четкая зависимость накопления металлов в растениях от среды их обитания. Так концентрация большинства металлов в растениях из Кучурганского водоема-охладителя существенно выше таковой в растениях Днестра, Дубоссарского водохранилища [157].

Для уточнения процессов накопления микроэлементов в плавающих водных растениях мы решили провести экспериментальные лабораторные исследования с фиксированными параметрами среды выдерживания растений в аквариумных условиях. Для этого весной были собраны молодые экземпляры роголистника погруженного (*Ceratophyllum demersum* L.), урути колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.), ряски малой (*Lemna minor* L.), сальвинии плавающей (*Salvinia natans* L.) и водокраса лягушачьего (*Hydrocharis morsus-ranae* L.), последний, к сожалению, через 3 дня был изъят из эксперимента из-за того, что в 2-х аквариумах часть листьев водокраса стала погибать. Эксперимент длился 14 суток.

Для опытов использовали профильтрованную воду, дабы исключить влияние других гидробионтов и взвешенных веществ на миграцию растворенных в воде металлов. В аквариумы с одинаковым объемом воды были помещены, по возможности, одинаковые растения и через день в аквариумы были добавлены растворы, содержащие ванадий,

молибден, никель, свинец и кадмий – металлы сателлиты теплоэлектростанций. Остановимся на кратком описании полученных в эксперименте результатов.

Накопление ванадия. Ванадий это один из элементов, количество которого в окружающей среде во многом зависит от количества выбросов, связанных со сжиганием любых типов топлива (твердого жидкого и газообразного). Динамика ванадия в воде, илах и гидробионтах Кучурганского водоема-охладителя обусловлена выбросами Молдавской ГРЭС и четко коррелирует с количеством сожженного топлива на станции [34, 37, 155].

Значимость ванадия в метаболизме водных организмов слабо изучена, поэтому установление закономерностей его накопления в водных организмах и растениях представляет научный и практический интерес, как для проведения комплексного мониторинга экосистем, так и разработки природоохранных мероприятий.

Общеизвестно, что загрязнение ванадием может вызвать всевозможные аллергические заболевания населения. Накапливаясь в довольно больших количествах в водных растениях за период вегетации, в осенне-зимний период большая часть ванадия при отмирании растений вновь возвращается в водные слои и иловые отложения, либо аккумулируется по трофической цепи.

Как следует из рисунка 4.3, уровень накопления ванадия во всех четырех исследованных видах макрофитов *Myriophyllum spicatum* L., *Salvinia natans* L., *Lemna minor* L. и *Ceratophyllum demersum* L. близко к линейной зависимости от концентрации его в воде. Практически линейная связь сильнее проявляется у *Salvinia natans* L.

Для остальных трех видов растений мы отмечаем, что в аквариумах с концентрациями ванадия в воде в диапазоне 2,6-7,6 мкг/л идет плавное увеличение накопления ванадия в растениях, затем, с увеличении концентрации ванадия в воде до 12,6 мкг/л, наблюдается отчетливый скачок уровня ванадия в растениях, а дальнейшее увеличение концентрации в воде – наоборот, замедляет интенсивность накопления ванадия в *Myriophyllum spicatum* L., *Lemna minor* L. и *Ceratophyllum demersum* L., и уже при концентрации ванадия в воде 22,6 мкг/л, уровень накопления мало отличается от того, который отмечен в аквариуме с концентрацией ванадия 17,6 мкг/л.

Можно предположить, что концентрации ванадия в воде выше 20 мкг/л, оказывают угнетающее действие на метаболизм исследованных нами растений, или происходит перенасыщение их тканей этим металлом и процесс его накопления замедляется. Эта тенденция заметна и для *Salvinia natans* L., но она менее выражена (Рисунок 4.3).

Следует добавить, что в нашем эксперименте мы использовали возможные для Кучурганского водоема концентрации металлов.

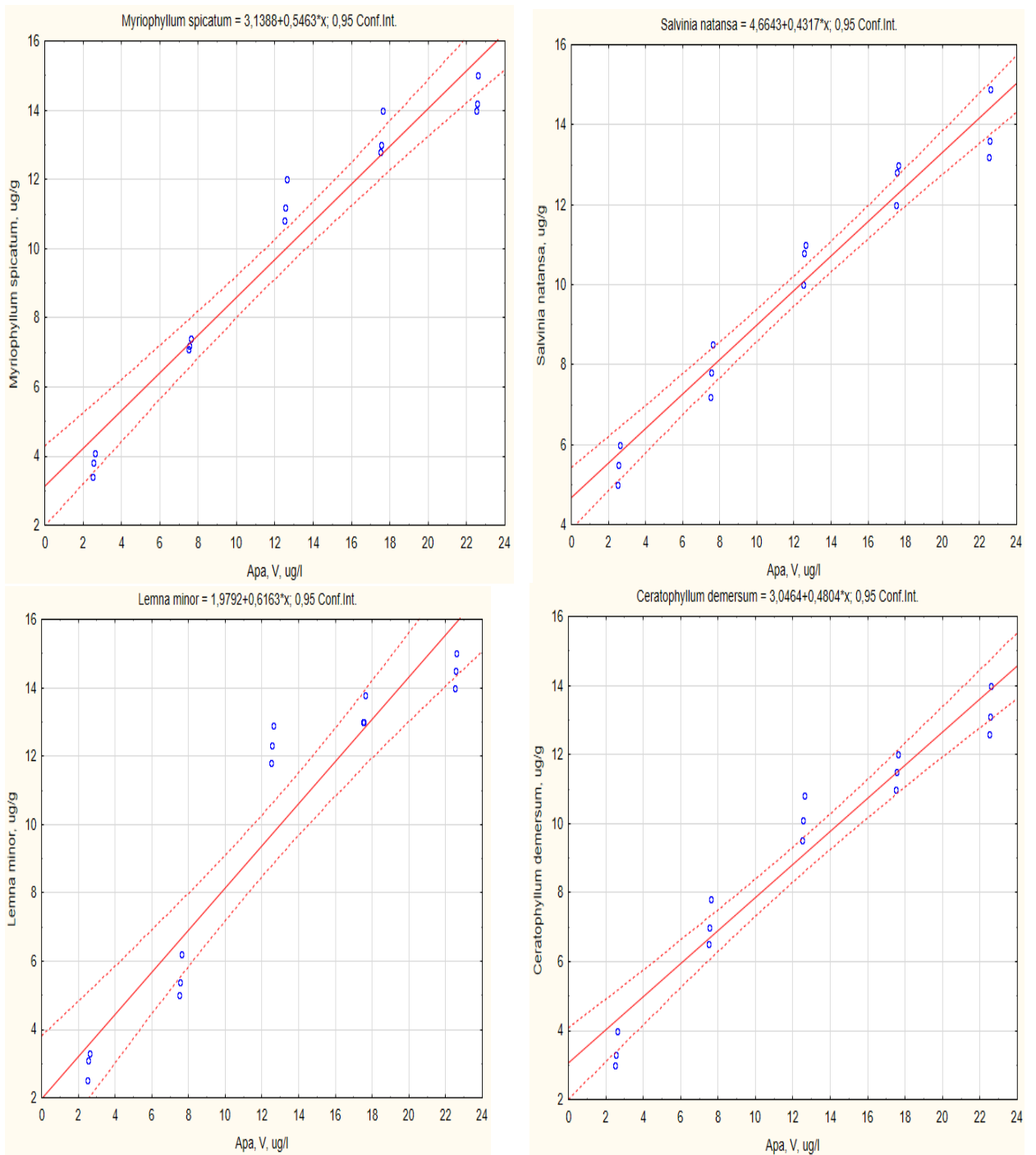


Рис. 4.3. Зависимость между уровнем накопления ванадия (V), мкг/г (ug/g) в *Myriophyllum spicatum* L., *Salvinia natans* L., *Lemna minor* L., *Ceratophyllum demersum* L. и концентрацией ванадия в воде, мкг/л (ug/l)

У нас не было цели определения токсичности и к концу эксперимента все растения были в нормальном состоянии, эффекта токсичности не было установлено ни в одном из аквариумов и ни для одного из исследованных четырех растений.

Накопление молибдена. Молибден - один из важных микроэлементов, имеющий особую значимость в метаболизме растений и животных. Он является важным компонентом в процессах углеводного, протеинового и липидного обменов. Что касается его динамики в экосистеме водоема-охладителя, то она аналогична динамике ванадия, т.к. молибден это тоже один из спутников теплоэлектростанций [34, 37].

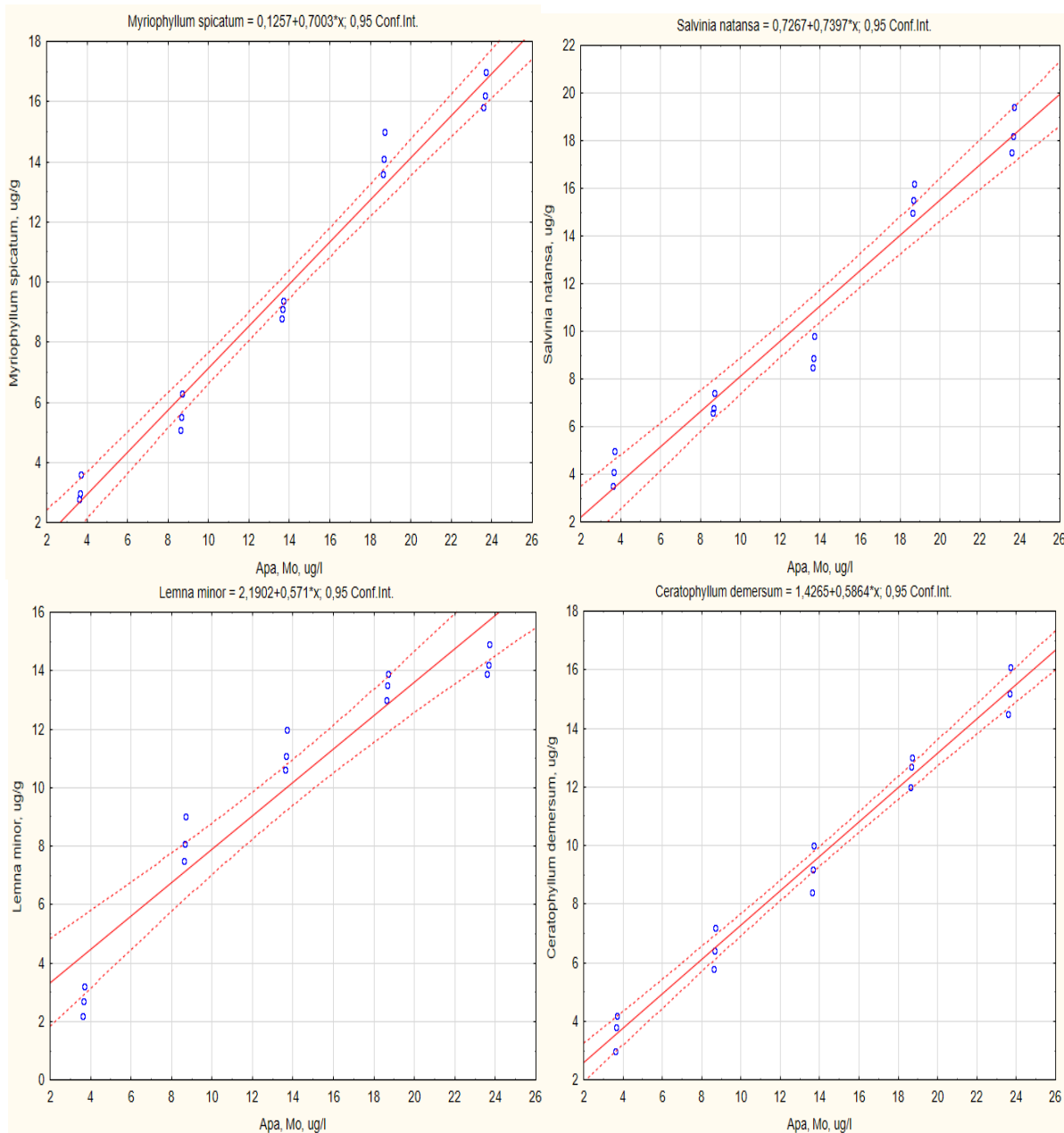


Рис. 4.4. Зависимость между уровнем накопления молибдена (Mo), мкг/г (ug/g) в *Myriophyllum spicatum* L., *Salvinia natans* L., *Lemna minor* L., *Ceratophyllum demersum* L. и концентрацией молибдена в воде, мкг/л (ug/l)

Результаты экспериментальных исследований (Рисунок 4.4) показывают, что уровень накопления молибдена в *Ceratophyllum demersum* L. подчиняется прямолинейной зависимости в использованном нами диапазоне концентраций молибдена в воде – от 3,7

до 23,7 мкг/л, для *Salvinia natans* L. и *Myriophyllum spicatum* L. отмечено небольшое уменьшение интенсивности накопления при концентрации молибдена в воде 13,7 мкг/л, а далее темп накопления выравнивается.

Накопление никеля. Результаты аквариумных экспериментов показали, что в диапазоне концентраций никеля в воде 2,6-10,6 мкг/л, уровень его накопления во всех экспериментальных растениях прямолинейно растет (Рисунок 4.5).

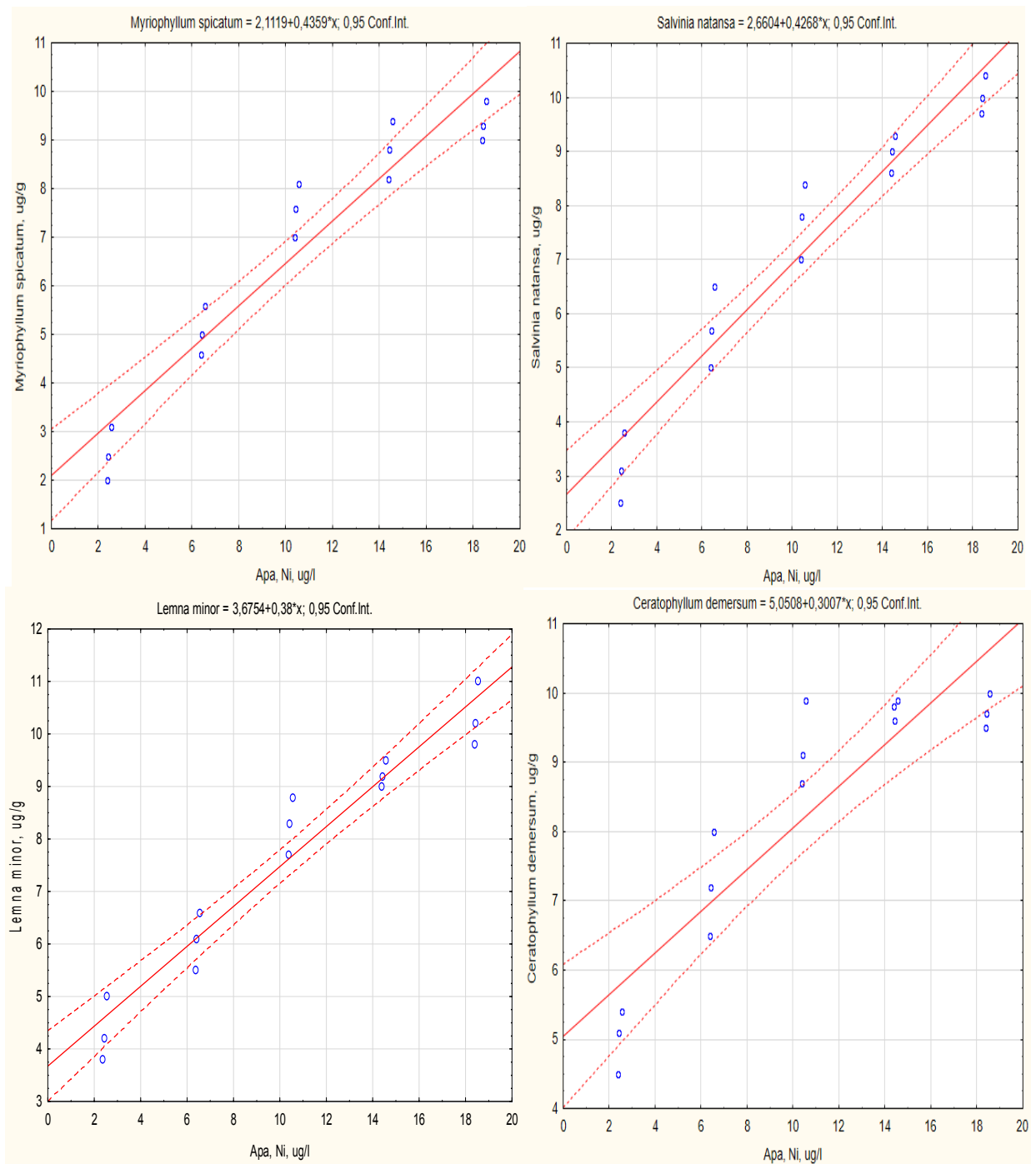


Рис. 4.5. Зависимость между уровнем накопления никеля (Ni), мкг/г (ug/g) в *Myriophyllum spicatum* L., *Salvinia natans* L., *Lemna minor* L., *Ceratophyllum demersum* L. и концентрацией никеля в воде, мкг/л (ug/l)

Никель это один из достаточно известных токсических металлов. Его токсичность выше токсичности свинца, который организацией ВОЗ включен в число приоритетных токсических металлов.

В то же время вопросы накопления и роли никеля в метаболизме водных растений недостаточно изучены и выводы зачастую носят противоречивый характер, что обусловлено целым комплексом и других факторов среды обитания таких, как минерализация воды, наличием комплексообразователей, величинами pH, Eh, температуры воды [68].

Ранее мы установили зависимость накопления никеля в высших водных растениях из Кучурганского водохранилища от динамики его содержания в воде [156, 157].

В данном эксперименте мы установили, что начиная с концентрации никеля в воде 14,6 мкг/л, у *Ceratophyllum demersum* L. наблюдается прекращение роста накопления никеля, а у *Salvinia natans* L., *Lemna minor* L. - заметное снижение и у *Myriophyllum spicatum* L. – снижение отмечено при концентрации 18,6 мкг/л.

В любом случае можно утверждать, что концентрации никеля в воде выше 14,6 мкг/л уже ингибируют процессы накопления этого металла вышеуказанными водными растениями.

Накопление свинца. Свинец, как указано выше, это один из строго лимитируемых ВОЗ металлов в водной среде. Уровень накопления этого металла в макрофитах Кучурганского водоема достигает 18 мкг/г (Таблица 4.5). Последнее свидетельствует о высоком коэффициенте биологического накопления данного металла.

В нашем эксперименте использован диапазон концентраций свинца в воде от 0,86 мкг/л до 12,86 мкг/л. Результаты исследования показывают наличие практически линейной зависимости уровня накопления свинца для *Lemna minor* L., а для *Myriophyllum spicatum* L., *Salvinia natans* L. и *Ceratophyllum demersum* L. мы прослеживаем снижение уровня накопления, начиная с концентраций свинца 9,86-12,86 мкг/л (Рисунок 4.6).

Таким образом, свинец при концентрации в воде более 9 мкг/л отражается на интенсивности процессов метаболизма высшей водной растительности и это приводит к ингибированию в той или иной степени уровня его накопления в исследованных макрофитах Кучурганского водоема-охладителя. При этом, каких либо признаков токсичности в эксперименте нами не зафиксировано.

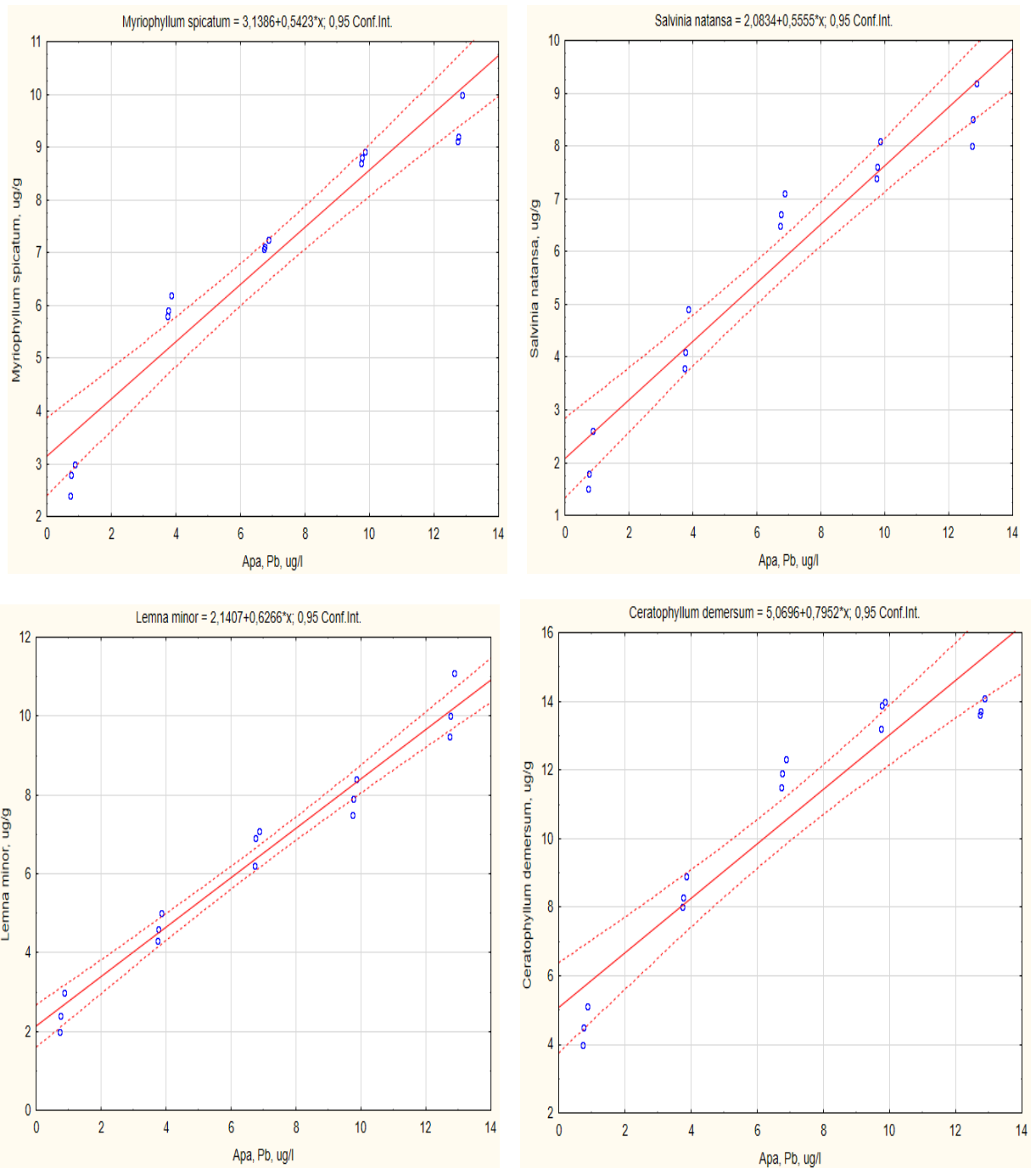


Рис. 4.6. Зависимость между уровнем накопления свинца (Pb), мкг/г (ug/g) в *Myriophyllum spicatum* L., *Salvinia natans* L., *Lemna minor* L., *Ceratophyllum demersum* L. и концентрацией свинца в воде, мкг/л (ug/l)

Накопление кадмия. Кадмий это токсический, но один из менее изученных в наших водных экосистемах металл. Ранее проведенные сотрудниками Института зоологии АН Молдовы опыты с икрой, личинками и молодью рыб, показали, что кадмий уже при концентрации в 10 мкг/л практически ингибирует развитие оплодотворенной икры

карповых рыб, уменьшая выклев личинки на 85-90%, а из 10-15 процентов - большинство уродливые нежизнеспособные формы [36].

В этой связи, а также с учетом концентраций кадмия в поверхностных водах Молдовы, для опытов мы взяли очень малый диапазон концентраций кадмия в воде 0,02-2,02 мкг/л (Рисунок 4.7).

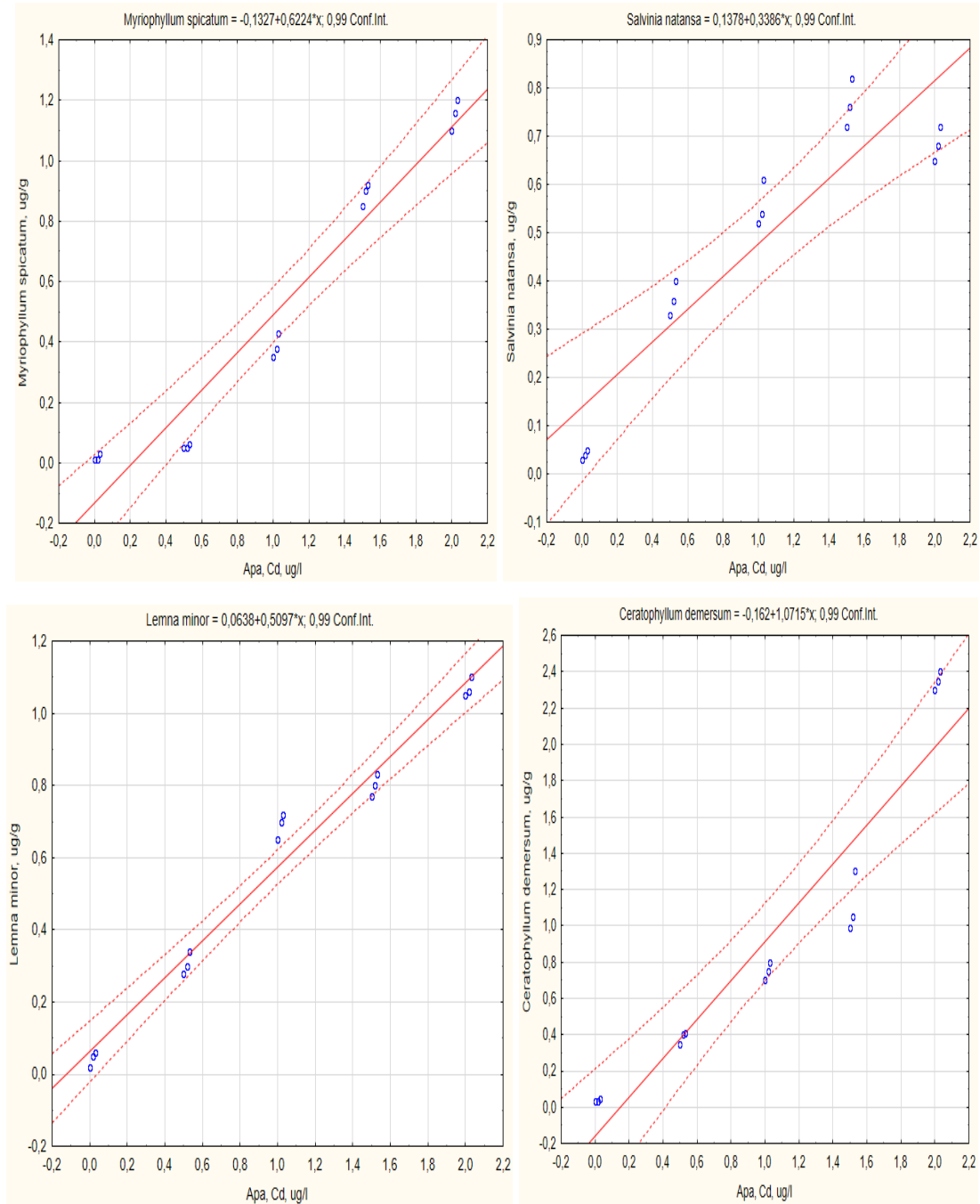


Рис. 4.7. Зависимость между уровнем накопления кадмия (Cd), мкг/г (ug/g) в *Myriophyllum spicatum* L., *Salvinia natans* L., *Lemna minor* L., *Ceratophyllum demersum* L. и концентрацией кадмия в воде, мкг/л (ug/l)

Полученные результаты не столь однозначны, как для вышеописанных металлов, хотя динамика роста накопления кадмия для столь небольшого диапазона его концентрации в воде, достаточно очевидна (Рисунок 4.7).

Пожалуй, с определенной осторожностью, можно утверждать, что только для *Salvinia natans* L. концентрация кадмия в воде в 2 мкг/л является угнетающей, а для *Myriophyllum spicatum* L., *Lemna minor* L., *Ceratophyllum demersum* L. эта концентрация кадмия не вызывает опасений (Рисунок 4.7).

Мы изначально, при постановке эксперимента, рассчитывали концентрации металлов в аквариумах исходя из знаний динамики их в водоеме и возможных концентраций в самом водоеме-охладителе.

Задача заключалась в определении зависимости уровня накопления от их содержания в воде. Эксперимент не был нацелен на определение токсичности. В то же время эффект, вызванный повышенными концентрациями металлов, использованных в экспериментах, позволяет судить о толерантности использованных растений и тем или иным металлам и их концентрациям в воде.

Полученные результаты и рассчитанные уравнения установленных зависимостей (см. на Рисунках 4.3-4.7) уровня накопления металлов от их концентрации в воде вполне достоверно работают в диапазоне исследованных концентраций.

Кроме того, высшие водные растения *Myriophyllum spicatum* L., *Salvinia natans* L., *Lemna minor* L., *Ceratophyllum demersum* L. могут с успехом быть использованы при биомониторинге металлов в водных экосистемах.

Одним из важных показателей аккумулирующей роли водных растений является коэффициент биологического накопления микроэлементов-металлов, рассчитываемый как отношение концентрации металлов в гидробионте к таковой в воде. Все использованные в эксперименте растения являются макроконцентраторами металлов. Самые высокие значения коэффициента биологического накопления для свинца (3930), никеля (2107) и кадмия (1900) оказались у *Ceratophyllum demersum* L., а ванадия (2148) и молибдена (1351) – у *Salvinia natans* L. Минимальный коэффициент для свинца (628) отмечен у *Salvinia natans* L., а ванадия (622), молибдена (593), никеля (490) и кадмия (100) - у *Myriophyllum spicatum* L.

Исходя из полученных данных и в соответствии с концепцией [9] можно сделать вывод о том, что концентрации кадмия в воде до 2 мкг/л, свинца - до 9,9 мкг/л, никеля - до 10,6 мкг/л, ванадия - до 12,6 мкг/л и молибдена - до 18,7 мкг/л вполне оптимальны для

роста и развития плавающих высших водных растений Кучурганского водоема-охладителя.

Влияние уровня накопления металлов в водной растительности от концентрации металлов в воде можно проследить и на примере многолетней динамики металлов в плавающих макрофитах Кучурганского водохранилища (Рисунок 4.8).

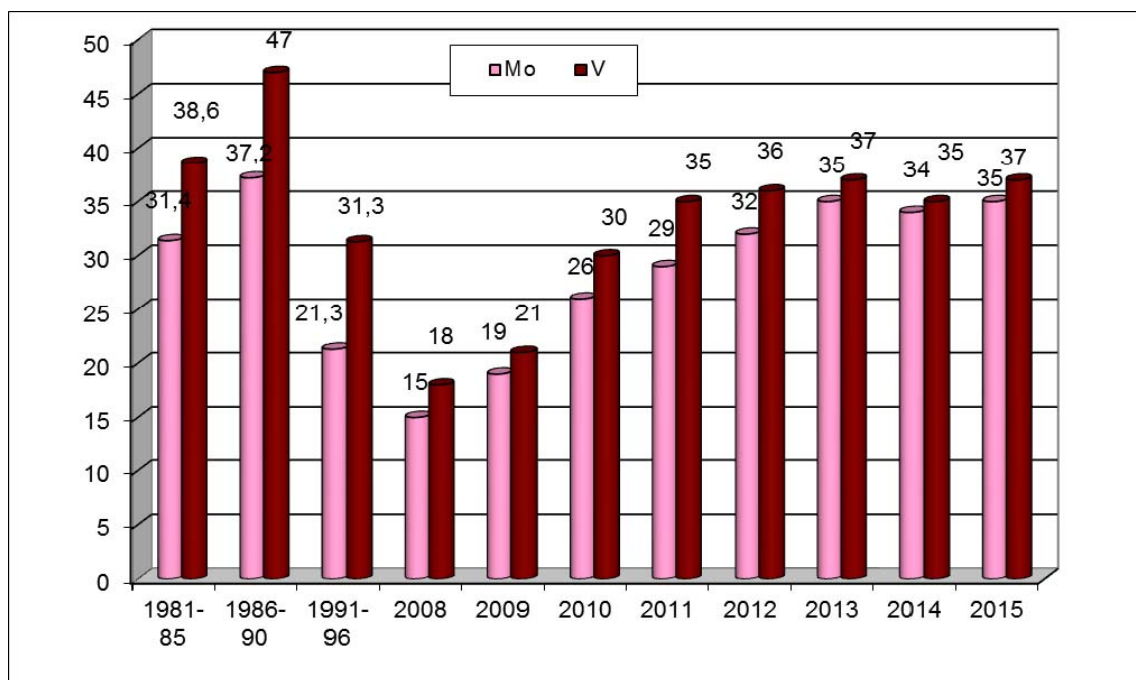


Рис. 4.8. Многолетняя динамика средних величин концентрации молибдена и ванадия в плавающей водной растительности Кучурганского водоема-охладителя.

Данные за 1981-2010 годы предоставлены Лабораторией гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии АН Молдовы.

В расчет были взяты среднегодовые величины концентраций металлов в *Potamogeton pectinatus* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Potamogeton crispus* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Lemna minor* L., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Najada marina*.

Молибден и ванадий это два металла, динамика которых является зеркальным отражением количества сожженного на станции топлива. В период 1992-2009 г. Молдавская ГРЭС работала в режиме менее 30% мощности, с 2010 г. эксплуатация станции постепенно стала увеличиваться, но количество сжигаемого топлива не достигла того уровня, что был в 1985-1990 годы.

Динамика молибдена и ванадия, как и в воде, так и в водных растениях повторяют кривую количества сжигаемого на станции топлива. Это еще раз подтверждает правомерность использования высшей водной растительности (*Potamogeton pectinatus* L.,

Potamogeton perfoliatus L., *Potamogeton crispus* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Lemna minor* L., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Najada marina*) в качестве растений-индикаторов состояния водных экосистем.

Ранее нами были опубликованы данные о сезонной динамике накопления металлов в надводной и подводной частях тростника (*Phragmites australis* (Cav.)), которые свидетельствуют о том, что от весны к концу лета-началу осени концентрации металлов в растении скачкообразно растут, а глубокой осенью, при температурах ниже 10 °С, отмечается понижение концентраций в надводной части растительности и небольшое повышение в корневой части тростника. В зимний период часть металлов переходит в водную толщу и донные отложения [156, 157].

Было также отмечено, что водные растения играют большую роль в процессах самоочищения, но могут быть и источником вторичного загрязнения водной толщи металлами. Так, значительная часть накопленных металлов вместе с подводной частью растений, особенно покрытой плотной взвесью и корневой системой депонируется в донных отложениях. Кроме того, при отмирании водных растений и осадении их на дно, на их поверхности сорбируется значительное количество металлов. Так, в твердых стеблях тростника (*Phragmites australis* (Cav.)), покрытых плотной взвесью, собранных со дна водоема в феврале-марте, концентрация металлов была в 1,8-5,4 раза выше, чем в тех же стеблях, очищенных от взвеси [156, 157].

Нами были проведены исследования сезонной динамики накопления металлов и в большинстве плавающих водных растениях. Крайне важно, при оценке сезонной динамики учитывать и стадии развития растений, т.к. термофикация водоема вносит свои коррективы, особенно при интенсивном зарастании водоема плавающими макрофитами - рдестами (*Potamogeton pectinatus* L., *Potamogeton crispus* L.) в классические сезонные параметры развития высшей водной растительности. Так в образцах рдеста, собранных в конце мая, когда растения практически были на стадии отмирания (через 2 недели все растения опустились на дно водоема), мы обнаружили минимальные концентрации металлов, не характерные для этого периода.

На примере водокраса (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) приводим результаты анализа сезонной динамики накопления металлов. Результаты исследования наглядно свидетельствуют о том, что с мая по июль концентрации свинца и молибдена увеличиваются почти в 3 раза, никеля, меди, цинка, марганца и алюминия – примерно в 2 раза, титана и ванадия – в 1,2 раза (Рисунки 4.9 и 4.10).

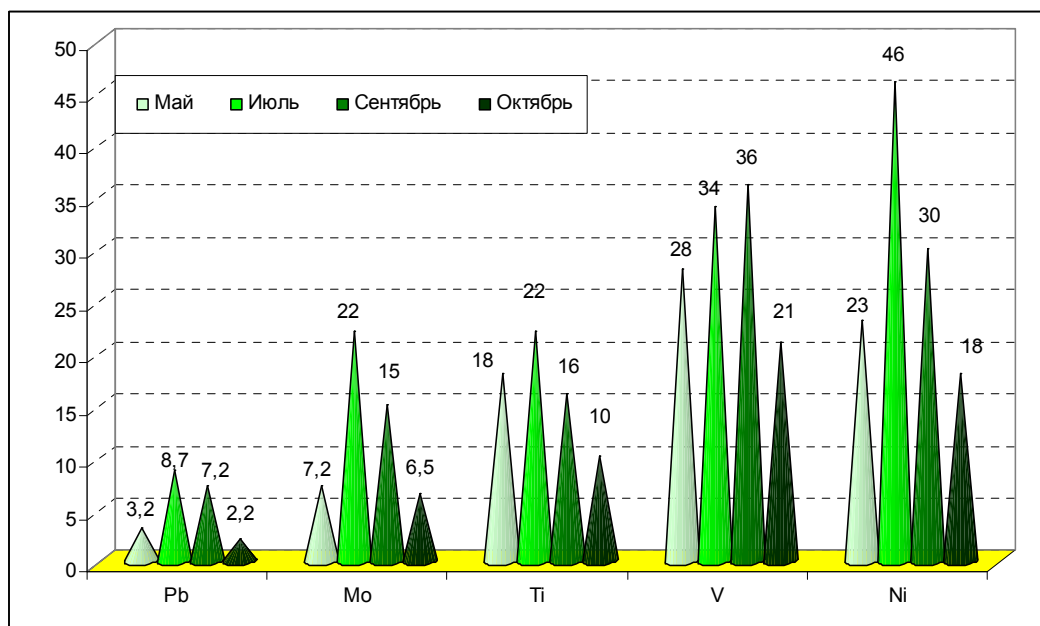


Рис. 4.9. Сезонная динамика концентраций свинца, молибдена, титана, ванадия и никеля в *Hydrocharis morsus-ranae* L. из Кучурганского водоема-охладителя, 2013-2015 гг, мкг/г.абс.сухой массы

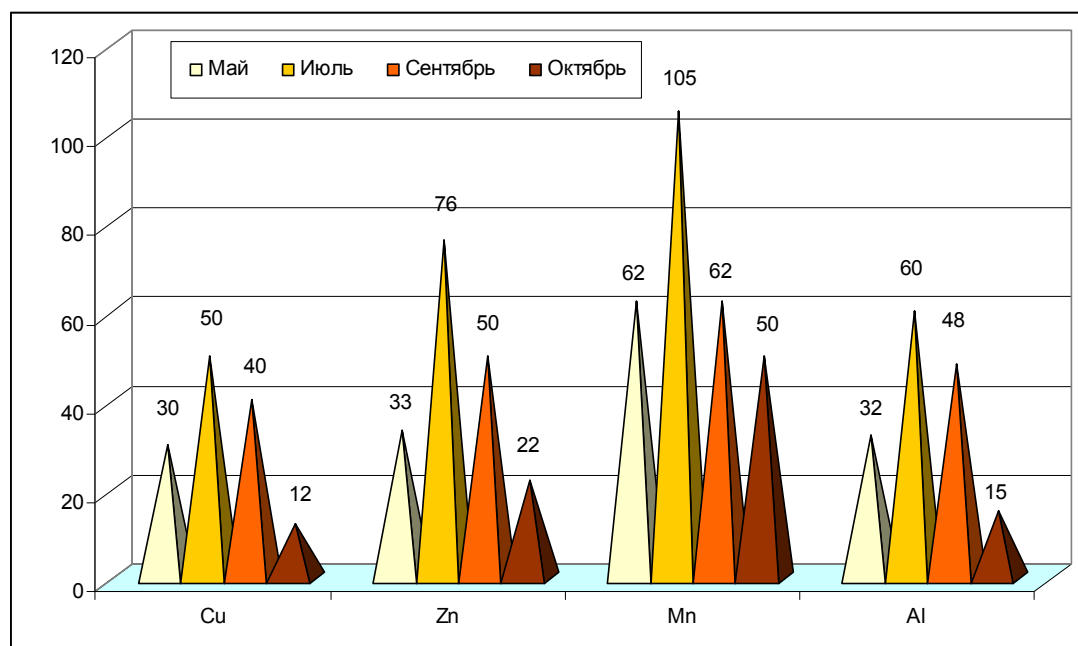


Рис. 4.10. Сезонная динамика концентраций меди, цинка, марганца и алюминия в *Hydrocharis morsus-ranae* L. из Кучурганского водоема-охладителя, 2013-2015 гг, мкг/г.абс.сухой массы

Уже в сентябре мы прослеживаем обратный процесс, когда концентрация большинства микроэлементов уменьшается в 1,2 -1,8 раза в сравнении с таковыми в июле

месяце и только содержание ванадия в водокрасе продолжает увеличиваться. Но содержание металлов в сентябре выше, чем мае месяце, а в октябре уже концентрации всех исследованных металлов в 2-4 раза, а ванадия – в 1,6 раза ниже таковых в июле и заметно ниже таковых в мае (Рисунки 4.9 и 4.10).

Из анализа только сезонной динамики накопления металлов на одном виде растений становится очевидным, в каком большом диапазоне идет процесс накопления и повторного возвращения в среду обитания химических веществ.

Эти данные крайне важны при планировании и проведении мелиоративных работ по механическому уменьшению зарастания водоемов и предотвращению загрязнения водоемов. Очевидно, что для уменьшения повторного загрязнения металлами целесообразно выкашивание и удаление растительности проводить в период их интенсивной вегетации.

Биомасса высшей водной растительности Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС находится в зависимости от термофикации водоема и претерпевает существенные различия во временном аспекте и составила в настоящее время 3,1-4,9 кг/м², или в среднем по водоему 4,5 кг/м² а ее продукция - около 59 тыс.т.

Мы рассчитали количество микроэлементов, вовлекаемых в круговорот в течение вегетационного периода, при этом в расчетах мы использовали среднегодовалую величину продукции водной растительности и средние величины концентраций микроэлементов в исследованных видах водных растений (Таблица 4.6).

Таблица 4.6. Количество металлов, включенных в биогенную миграцию погруженными гидрофитами и гелофитами Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС

| Металл | Гидрофиты, кг/га | Гелофиты, кг/га | Всего, кг/га |
|----------|------------------|-----------------|--------------|
| Ванадий | 0,55 | 0,72 | 1,27 |
| Молибден | 0,58 | 1,45 | 2,03 |
| Никель | 1,10 | 1,60 | 2,70 |
| Свинец | 0,01 | 0,11 | 0,12 |
| Титан | 0,40 | 0,60 | 1,00 |
| Алюминий | 1,82 | 2,62 | 4,44 |
| Медь | 0,62 | 0,80 | 1,42 |
| Цинк | 1,15 | 2,20 | 3,75 |
| Марганец | 2,21 | 4,85 | 7,06 |

При отмирании растений понятно, что значительная часть накопленных микроэлементов поступает в водные слои, в большинстве случаев в форме

металлоорганических соединений. По нашему мнению, более половины микроэлементов депонируется вместе с остатками растений в донных отложениях.

К такому выводу мы пришли исходя из того, что в корневой системе тростника (*Phragmites australis* (Cav.)) содержание микроэлементов в 2-3 раза выше, чем в подводной части растения и в 5-6 раз выше, чем в надводной части растения, к осени эта разница меняется. Кроме того, на поверхности всех исследованных растений и, особенно гелофитов, адсорбируются значительные количества взвешенных веществ, которые образуют достаточно плотную корку (этому способствует минерализация и термофикация водоема), в которой уровень микроэлементов-металлов выше, чем в самом растении, и которые затем не только депонируются в донных отложениях, но и служат своего рода субстратом для адсорбции химических элементов из водной толщи. Таким образом, роль высшей водной растительности в биогенной миграции химических элементов в водных экосистемах и в процессах самоочищения, как и вторичного загрязнения воды, трудно переоценить.

4.3. Выводы к главе 4.

1. Видовой состав макрофитов Кучурганского водохранилища приурочен в основном к β -мезосапробной зоне, индекс сапробности рассчитанный по Пантле и Букку, характеризует Кучурганское водохранилище, как β -мезосапробный водоем.
2. Сопоставление качества воды и наличие интенсивного зарастание акватории водоема *Potamogeton crispus* L., *Vallisneria spiralis* L. или *Phragmites australis* (Cav.) позволяет нам отнести эти макрофиты к индикаторам β - α мезосапробных водоемов.
3. Из состава флоры водохранилища выпали часть олигосапробных видов, в настоящее время встречается лишь *Salvinia natans* L. на нижнем и среднем участках водоема.
4. Классическим показателем термофикации водоема является *Vallisneria spiralis* L., обитающая в сбросных каналах ГРЭС и в зонах с более высокими температурами воды.
5. Высшие водные растения - это субстрат для перифитона, место нереста и кормления ихтиофауны и мощные фильтраторы взвешенных веществ и аккумуляторы металлов.
6. Определены диапазоны колебаний уровня накопления металлов в макрофитах, описана сезонная динамика аккумуляции металлов в высших водных растениях, позволяющие оценить роль макрофитов в процессах самоочищения и вторичного загрязнения металлами.
7. Установлены и описаны закономерности накопления металлов в макрофитах от их содержания в воде на основе многолетних исследований в водоеме и модельных лабораторных исследований, а также рассчитаны коэффициенты биологического накопления металлов.
8. Установлено, что концентрации кадмия в воде до 2 мкг/л, свинца - до 9,9 мкг/л, никеля - до 10,6 мкг/л, ванадия - до 12,6 мкг/л и молибдена - до 18,7 мкг/л вполне оптимальны для роста и развития плавающих высших водных растений Кучурганского водоема-охладителя.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ВЫВОДЫ:

1. Динамика видового состава, обилия и биомассы высшей водной растительности Кучурганского водохранилища находится в прямой зависимости от изменения его гидрологических, гидрохимических, гидробиологических режимов и, в целом, статуса самого водоема, обусловленного функционированием Молдавской ГРЭС [101].
2. До строительства электростанции видовой состав высшей растительности лимана был богаче в сравнение с существующими в то время в СССР водоемами-охладителями и насчитывал около 70 видов, который к концу 70-х годов XX столетия сократился до 36-41 вида, а в 80-х годах – до 36 видов гидрофитов и гелофитов. В период максимальной тепловой нагрузки из состава флоры выпали такие виды, как *Nymphoides peltata* (S.G.Gmel.), *Nuphar luteum* L., *Potamogeton heterophyllus* Schreb., *Trapa natans* L., а *Nymphaea alba* L., *Stratiotes aloides* L. и др. очень сильно сократили свой ареал [101].
3. В настоящее время среди растительности водохранилища водную флору составляют 15 видов из 11 семейств: *Ceratophyllum demersum* L., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Vallisneria spiralis* L., *Butomus umbellatus* L., *Lemna minor* L., *Lemna trisulca* L., *Najas marina* L., *Phragmites australis* (Cav.), *Typha latifolia* L., *Potamogeton crispus* L., *Potamogeton pectinatus* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Myriophyllum spicatum* L., а также внесенные в Красную книгу Молдовы *Salvinia natans* L. и *Thelypteris palustris* Schott, который впервые отмечен для Кучурганского водохранилища. Из макрофитов 8 видов относятся к гидрофитам погруженным, 3 - к гидрофитам плавающим и 4 вида - к гелофитам. Список не обнаруженных нами высших водных и околоводных растений, ранее встречающихся в водоеме, насчитывает 55 видов [104, 150, 151].
4. Среди макрофитов общими видами для Кучурганского водохранилища и водоемов охладителей Хмельницкой АЭС и Лукомльской ГРЭС являются: роголистник погруженный, рдест гребенчатый, рдест пронзеннолистный, уруть колосистая, сусак зонтичный, рогоз широколистный и тростник южный.
5. Макрофиты водохранилища способствуют его интенсивному зарастанию. В зарастании акватории в большей степени участвует рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L.), а береговой линии – тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.)).

Площадь зарастания составляет около 1280 га, в том числе в низовье – 950 га, на середине – 200 га и в верховье – 130 га. *Phragmites australis* (Cav.) покрывает 498 га, или 19% всей площади водоема-охладителя, с фитомассой 14 940 - 17 430 т. Кучурганское водохранилище подвержено большей степени зарастания в сравнении с другими водохранилищами-охладителями [100, 105, 151].

6. Высшие водные растения Кучурганского водохранилища применимы в целях биоиндикации [103]. Оценка экологического состояния по макрофитам характеризует Кучурганское водохранилище, как β -мезосапробный водоем [107].
7. В Кучурганском водохранилище высшие водные растения служат субстратом для перифитона, местом нереста и нагула ихтиофауны, а также мощным фильтратором взвешенных веществ и аккумулятором металлов [75] как в Дубоссарском и Костештском водохранилищах.
8. В плавающих макрофитах уровень большинства металлов чаще выше, чем в корневых надводных гелофитах, а диапазон колебаний их концентраций варьирует в больших пределах и определяется, как видовыми особенностями растений и уровнем содержания металлов в среде обитания, так и целым рядом других факторов, в том числе стадией развития растений [107, 151, 156].
9. Высшие водные растения играют большую роль в процессах самоочищения водоема-охладителя, но могут быть и источником вторичного загрязнения водной толщи металлами [103, 157].
10. Установлены и описаны закономерности накопления металлов в макрофитах от их содержания в воде на основе многолетних исследований в водоеме и модельных лабораторных исследований, а также рассчитаны коэффициенты биологического накопления металлов. Выявлено, что концентрации кадмия в воде до 2 мкг/л, свинца - до 9,9 мкг/л, никеля - до 10,6 мкг/л, ванадия - до 12,6 мкг/л и молибдена - до 18,7 мкг/л вполне оптимальны для роста и развития плавающих высших водных растений Кучурганского водоема-охладителя.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ:

1. Результаты исследований включены в курсы лекций следующих дисциплин при подготовке специалистов биологов и химиков в высших учебных учреждениях: «гидробиология», «ботаника», «флора родного края», «гидробиология», «гидроэкология», «биоэкологический мониторинг», «химия окружающей среды».

2. Результаты и методология проведения исследований рекомендуются для внедрения в систему экологического мониторинга Кучурганского водохранилища, и внедрены в систему экологического мониторинга проводимого Республиканским научно-исследовательским институтом экологии и природных ресурсов ПМР.
3. Рекомендуется включить в список видов-индикаторов Кучурганского водохранилища в качестве β - α -мезосапробных видов *Potamogeton crispus* L., *Vallisneria spiralis* L. и *Phragmites australis* (Cav.). Показателем термофикации водоема считать степень развития *Vallisneria spiralis* L., обитающей в сбросных каналах ГРЭС и в зонах с более высокими температурами воды.
4. Для регулирования и ограничения степени зарастания Кучурганского водохранилища-охладителя погруженными макрофитами необходимо поддержание уровня воды в водоеме на отметке 3-3,5 м абс. путем искусственного водообмена с протокой Турунчук в период активной вегетации высшей водной растительности – апреле-мае месяце.
5. Для ограничения развития в водохранилище высшей водной растительности целесообразно его зарыбление белым амуром в количестве около 200 экземпляров сеголетка (массой 30-40 г) на 1 гектар акватории водоема или порядка 540 тыс. экземпляров на весь водоем. Т.к. белый амур в возрасте первых 2-3 лет питается мягкой погружённой растительностью, а выедать воздушно-водную жёсткую растительность начинает с 4-летнего возраста, полный эффект от зарыбления белым амуром проявится через три-четыре года при условии сохранения численности его стада.
6. При планировании и проведении мелиоративных работ по механическому уменьшению зарастания водоемов для предотвращения их повторного загрязнения металлами, целесообразно выкашивание и удаление растительности проводить в период их интенсивной вегетации.

Личный вклад автора состоит в анализе и синтезе научной литературы, в проведении полевых исследований макрофитов водохранилища, определении их видового состава, характера распределения, сезонной динамики и биомассы, площади зарастания водоема, исследования макрофитов в качестве перифитона, биоиндикаторов водохранилища, исследовано накопление и миграции металлов в макрофитах. Систематизация, обобщение и описание полученных результатов, публикация и презентация результатов на различных форумах.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Cartea Roșie a Republicii Moldova. Ch.: Știința, 2015. 492 p.
2. SM SR EN ISO 15586:2011. "Calitatea apei. Determinarea elementelor în urme prin spectrometrie de absorbție atomică cu cuptor de grafit".
3. SM SR EN ISO 11885:2012. "Calitatea apei. Determinarea elementelor selectate prin spectroscopie de emisie optică cu plasmă cuplată inductiv (ICP-OES)".
4. SM SR EN ISO 15587-2:2012. "Calitatea apei. Mineralizare pentru determinarea unor elemente din apă. Partea 2: Mineralizare cu acid azotic".
5. SR EN 15460:2008.IDT. Calitatea apei. Ghid pentru studiul macrofitelor din lacuri, INSM, Chișinău. 25 p.
6. Toderaș I., Zubcov E., Bilețchi L. Monitoringul calității apei și evaluarea stării ecologice a ecosistemelor acvatice. Îndrumar metodic. Chișinău: Elan poligraf, 2015. 80 p.
7. Ungureanu L., Tumanova D. Calitatea apei ecosistemelor acvatice principale ale bazinului fluviului Nistru. In: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții. Nr 3 (312). Chișinău, 2010. P. 101-110.
8. Ungureanu L., Tumanova D., Ungureanu G. Statutul trofic și starea saprobiologică a lacurilor de acumulare Dubăsari și Cuciurgan conform parametrilor cantitativi ai fitoplanctonului. In: Buletinul AȘM. Științele vieții. Nr. 3 (315). Chișinău, 2011. P. 93-99.
9. Zubcov E. Coraportul proceselor producțional-destrucționale și a conținutului microelementelor ca indice al capacității de suport a ecosistemelor acvatice. In: Anale Științifice ale Universității de Stat din Moldova. Chișinău, 2000. P.189-192.
10. Андреев А.В., Филипенко С.И. Влияние климата на природные экосистемы и меры адаптации. В: Концепция региональной стратегии адаптации к изменению климата: Приднестровье. Бендеры: Полиграфист, 2012. С. 79-129.
11. Афанасьев С.А. Биологические помехи в системе водоснабжения тепловых и атомных электростанций. В: Гидробиол. журн., 1995. Т.31. №2. С.3-9.
12. Базарова Б.Б. Высшая водная растительность. В: Водоем-охладитель Харанорской ГРЭС и его жизнь. Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН, 2005. С. 79-82.
13. Безносков В.Н., Суздалева А.Л. Классификация основных компонентов водной среды и влияние процессов внутреннего водообмена на характер их распределения в водоемах-охладителях АЭС и ТЭС. В: Природообустройство сельскохозяйственных территорий: Материалы науч.-техн. конф. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та природообустройства, 2001. С. 32–34.

14. Безносков В.Н., Суздалева А.Л. Экзотические виды фитобентоса и зообентоса водоемов-охладителей АЭС как биоиндикаторы теплового загрязнения. В: Вестник Московского университета. Сер. Биология, 2001. №3. С. 22-23.
15. Богданов Н.И. Биологическая реабилитация водоёмов. 3 изд., доп. и перераб. Пенза: РИО ПГСХА, 2008. 126 с.
16. Богдановская-Гиэнеф И.Д. Водная растительность СССР. В: Ботанич. журн., Т 59. № 12. С. 1728-1733.
17. Борш З.Т. Высшая водная растительность. В: Биопродукционные процессы в водохранилищах-охладителях ТЭС. Кишинев: Штиинца, 1988. С. 39-49.
18. Брагинский Л.П. Интегральная токсичность водной среды и ее оценка с помощью методов биотестирования. В: Гидробиол. журн., 1993. Т. 29, №6. С. 66-73.
19. Бурдин К.С., Золотухина Е.Ю. Тяжелые металлы в водных растениях (аккумуляция и токсичность). М.: Диалог-МГУ, 1998. 202 с.
20. Волобаев П.А. О формировании термофильного элемента флоры макрофитов водохранилища-охладителя Южно-Кузбасской РГЭС. Деп. В ВИНТИ. Кемерово, 1989. № 7410-В89.
21. Гейдеман Т.С. Определитель высших растений Молдавской ССР. Кишинев: Штиинца, 1986. 638 с.
22. Гигевич Г.С. Биоиндикаторная роль макрофитов при антропогенном воздействии (на примере озёр Белоруссии). В: Антропогенные изменения экосистем малых озёр (причины, последствия, возможность управления). Кн. 2. СПб., 1991. С. 204–206.
23. Гигевич Г.С., Власов Б.П., Вынаев Г.В. Высшие водные растения Беларуси. Минск: БГУ, 2001. 231 с.
24. Гришанцева Е.С., и др. Распределение микроэлементов в высшей водной растительности Ивановского водохранилища. В: Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2010. № 3. С. 223–231.
25. Губанов И.А. и др. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Том 1. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные). М: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2002. 526 с.
26. Губанов И.А. и др. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Том 2: Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2003. 665 с.
27. Дедю И.И. Амфиподы пресных и солоноватых вод Юго-запада СССР. Кишинев: Штиинца, 1980. 224 с.

28. Доброчаева Д.Н. и др. Определитель высших растений Украины. Киев: Фитосоцицентр, 1999. 548 с.
29. Дубина Д.В., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Плавни Причерноморья. Киев: Наукова думка, 1989. 272 с.
30. Дубина Д.В. Вища водна рослинність. Рослинність України. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 412 с.
31. Жидков М.В. Накопление тяжелых металлов в высшей водной растительности Озернинского водохранилища. В: Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2009. Т.11. №1 (3). С. 292-294.
32. Золотухина Е.Ю., Гавриленко Е.Е, Бурдин К.С. Некоторые аспекты накопления и выведения ионов металлов водными макрофитами. В: Биологич. науки, 1990. №12. С. 110-117.
33. Зубарева Э.Л., Бердышева Г.В. Заращение Верхнетагильского водохранилища – охладителя Верхнетагильской ГРЭС высшей и низшей водной растительностью. В: Обзор эффективных экологических проектов, внедренных на предприятиях ОАО РАО «ЕЭС России», 2007. С. 22- 25.
34. Зубкова Е.И. Мониторинг микроэлементов в Кучурганском водохранилище. В: Гидробиологический журнал, N 4, 1998. С. 96-106.
35. Зубкова Е.И. Металлы в поверхностных водах Республики Молдова. В: Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья: Материалы Международной научно-практической конференции. Тирасполь, 28-30 марта 2001 г. Тирасполь: РИО ПГУ – Экоднестр, 2001. С. 109–110.
36. Зубкова Н. Закономерности накопления и роль микроэлементов в онтогенезе рыб. Кишинев: Штиинца, 2011. 88 с.
37. Зубкова Е.И., Протасов А.А., Билецки Л.И., Унгуряну Л.Н., Зубкова Н.Н., Тихоненкова Л.А., Филипенко Е.Н., Силаева А.А. Накопление и миграция ванадия и молибдена в гидробионтах Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС. В: Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: тез. докл. V Междунар. науч. конф., 12–17 сент. 2016 г., Минск – Нарочь. – Минск: Изд. центр БГУ, 2016. С. 73-75.
38. Зуева Н.В. Оценка экологического состояния малых рек Северо-запада России на основе структурных характеристик сообществ макрофитов (на примере Ленинградской области). Автореф. дис.... канд. геогр. наук. СПб, 2007. 24 с.

39. Кадукин А.И., Красинцева В.В., Романова Г.И., Тарасенко Л.В. Аккумуляция железа, марганца, цинка, меди и хрома у некоторых водных растений. В: Гидробиол. Журнал, 1982. Т. 18. №1. С.79–82.
40. Казмирук В.Д. Накопление тяжелых металлов высшей водной растительностью различных биотопов устьевой области Волги. В: Материалы III Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова, «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы», конференции по гидроэкологии «Критерии оценки качества вод и методы нормирования антропогенных нагрузок» и школы-семинара «Современные методы исследования и оценки качества вод, состояния водных организмов и экосистем в условиях антропогенной нагрузки». Часть 1. (Борок, 11-16 ноября 2008 г.). Борок, 2008. С. 30-33.
41. Капитонова О.А. Макрофиты в условиях промышленной среды. Ижевск, 2007. 168 с.
42. Капитонова О.А., Тукманова С.Р. Структурно-продукционные характеристики водных макрофитов сбросного канала Ижевской ТЭЦ-1 (Удмуртская Республика). В: Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2012. Т. 14. № 1. С. 197-202.
43. Катанская В.М. Растительность водохранилищ–охладителей тепловых электростанций Советского Союза. Л.: Наука, 1979. 279 с.
44. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Л.: Наука, 1981. 185 с.
45. Кацман Е.А., Кучкина М.А. Формирование сообществ высшей водной растительности Десногорского водохранилища – водоема-охладителя Смоленской АЭС. В: Поволжский экологический журнал, 2009. № 4. С. 343–350.
46. Кокин К.А. Экология высших водных растений. М.: изд-во МГУ, 1982. 160 с.
47. Коломейченко В.Н. Некоторые данные о высших растениях Кучурганского лимана. В: Ученые записки Тираспольского пединститута, 1961. С. 46-50.
48. Корелякова И.Л. Высшая водная растительность восточной части Финского залива. СПб., 1997. 158 с.
49. Кошелева С.И. Формирование гидрохимического режима. В: Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных станций Украины. Киев: Наук. думка, 1991. С. 24–28.
50. Красильникова Н.С. Биоиндикация качества воды реки Свяги с помощью высших водных растений. В: Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2010. № 4(28). С. 261–264.

51. Крепис О.И., и др. Проблема восстановления промыслового ихтиокомплекса Кучурганского водохранилища и пути её практического решения. В: Проблемы сохранения биоразнообразия среднего и нижнего Днестра: Тезисы Международной конференции, 6-7 ноября 1998 г. Кишинев, 1998. С. 88-91.
52. Крепис О., и др. Сравнительная оценка эффективности различных методов борьбы с массовым развитием водных растений в водоеме-охладителе Молдавской ГРЭС. В: Пресноводная аквакультура: состояние, тенденции, перспективы развития. Кишинев, 2005. С. 105-107.
53. Крепис О., и др. Особенности и причины массового зарастания Кучурганского водохранилища в современной экологической ситуации и разработка способов снижения интенсивности развития водных растений. In: Studia universitatis. Revista științifică a Universității de Stat din Moldova, 2008. № 7(17). С. 88-94.
54. Кубрак И.Ф. Рыбоводство в Кучурганском лимане как эффективный способ борьбы с биологическими помехами в работе Молдавской ГРЭС. В: Проблемы комплексного использования водоемов-охладителей тепловых электростанций: Материалы научно-технического совещания. Кишинев, 1970. С. 71–76.
55. Куриленко В.В., и др. Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. 448с.
56. Ларионова М.А. Содержание некоторых тяжелых металлов в биомассе водных и околоводных растений как показатель экологического состояния водоемов. В: Гидрботаника: методология, методы. Материалы Школы по гидрботанике, Борок, 8-12 апреля 2003 г. Рыбинск, 2003. С. 172-173.
57. Леонова Г.А. Биогеохимическая индикация загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами. В: Водные ресурсы, 2004. Т. 31. № 2. С. 215-222.
58. Лисицына Л.И., Паченков В.Г. Флора водоемов России: определитель сосудистых растений. М.: Наука, 2000. 237 с.
59. Лукина Л.Ф. Смирнова Н.Н. Физиология высших водных растений. Киев, 1988. 270 с.
60. Лукина Л.Ф., Смирнова Н.Н. Физиология высших водных растений. Киев: Наукова думка, 1998. 184 с.
61. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 600 с.
62. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды / [Д.В. Дубына, С. Гейни, З. Глоудова и др.]. К.: Наукова думка, 1993. 434 с.
63. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л.: АН СССР, 1974. 60 с.

64. Мережко А.И., Пасечная Е.А., Пасичный А.П. Биотестирование токсичности водной среды по функциональным характеристикам макрофитов. В: Гидробиол. журн., 1996. Т. 32. №1. С. 87-94.
65. Микрякова Т.Ф. Распределение тяжелых металлов в высших водных растениях Угличского водохранилища. В: Экология, 1994. № 1. С. 16-21.
66. Микрякова Т.Ф. Накопление тяжелых металлов макрофитами в условиях различного уровня загрязнения водной среды. В: Водные ресурсы, 2002. Т. 29. №2. С. 253-255.
67. Мунтяну Г.Г., Мунтяну В.И. Биомониторинг некоторых тяжелых металлов в Дубоссарском водохранилище. В: Гидробиол. журн., 2005. Т. 41. № 6. С. 94–109.
68. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. М.: Мир, 1984. 288 с.
69. Мырза М.В., Шабанова Г.А. Высшая водная растительность Кучурганского лимана, ее рациональное использование, пути обогащения и ее охрана. В: Эффективное использование водоемов Молдавии. Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции, 22-23 июля 1982 г. Кишинев, 1982. С. 152–153.
70. Остроумов С.А. О биотическом самоочищении водных экосистем. Элементы теории. ДАН, 2004. Т. 396. № 1. С. 136-141.
71. Папченков В.Г. О классификации макрофитов водоемов и водной растительности. В: Экология, 1985. № 6. С. 8–13.
72. Папченков В.Г. О классификации растений водоемов и водотоков. В: Гидрботаника: методология, методы. Материалы Школы по гидрботанике, Борок, 8-12 апреля 2003 г. Рыбинск, 2003. С. 23-26
73. Пасичная Е.А., Арсан О.М., Годлевская О.А. Газообмен макрофитов при воздействии ионов марганца (II) водной среды. В: Гидробиол. журн. 2009. Т. 45. №4. С. 101-115.
74. Пашкевич В.К., Юдин Б.С. Водные растения и жизнь животных. Новосибирск: Наука, 1978. 128 с.
75. Поликарпова А.Г., Филипенко Е.Н. Тростник – как субстрат для развития перифитона в Кучурганском водохранилище. В: Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья. Материалы IV Международной научно-практической конференции 9–10 ноября 2012 г. Тирасполь: Изд-во ПГУ, 2012. С. 234-235.
76. Попов А.Н., Брайяловская В.Л. Применение водных макрофитов для очистки поверхностных вод от ионов металлов. В: Водное хозяйство России, 2000. № 3. Т. 2. С. 268-269.
77. Протасов А.А. Концепции перифитологии на фоне некоторых тенденций развития современной гидробиологии. В: Вестник Тюменского. Гос. ун-та, 2005. № 5. С. 4-12.

78. Протасов А.А. О структуре и задачах технической гидробиологии. В: X съезд Гидробиологического общества при РАН: Тез. докл., г. Владивосток, 28 сент. - 03 окт. 2009 г. Владивосток: Дальнаука, 2009. С. 326-327.
79. Протасов А.А. и др. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / Под ред. А.А. Протасова. Киев: Институт гидробиологии НАН Украины, 2011. 234 с.
80. Протасов А.Ф., Зубкова Е.И., Силаева А.А. Концептуальные подходы к организации гидробиологического мониторинга техно-экосистем ТЭС и АЭС. В: Гидробиологический журнал, 2015. № 6. Т.51. С. 67-80.
81. Пырина И.Л. О роли фитопланктона и высшей растительности в эвтрофировании Ивановского и Рыбинского водохранилищ. В: 5 Всероссийск. конф. по водным растениям «Гидрботаника-2000». Тез. докл. Борок, 2000. С. 69-70.
82. Распопов И.М. Возможности индикации состояния окружающей среды по показателям сообществ макрофитов. В: Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. СПб., 2007. С. 156-160.
83. Растения луговые, прибрежные, водные и солончаковые. Серия «Растительный мир Молдавии». Кишинев: Штиинца, 1988. 276 с.
84. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 240 с.
85. Русских М.Л. Фиторемедиация вод, загрязненных тяжелыми металлами, с использованием энергии высокочастотных электромагнитных излучений. Автореф. дисс... канд. техн. наук. Пенза, 2012. 20 с.
86. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности. М.: Изд-во НИА-Природа, РЭФИА, 2004. 220 с.
87. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Гидрботаника. Прибрежно-водная растительность. М.: Академия, 2005. 240 с.
88. Свирид А.А. Высшая водная растительность. В: Экосистема водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС. Минск: Право и экономика, 2008. С. 72 – 82.
89. Семенченко В.П., Разлуцкий В.И. Экологическое качество поверхностных вод. Минск, 2011. 329 с.
90. Скальская И.А., Баканов А.И., Флеров Б.А. Особенности формирования перифитона и бентосных сообществ в волжских водохранилищах (обзор). В: Биология внутренних вод, 2005. №1. С. 3-10.

91. Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А. Введение в экологическую химию. М.: Высшая школа, 1994. 399 с.
92. Смирнова-Гараева Н.В. Водная растительность Днестра и ее хозяйственное значение. Кишинев: Штиинца, 1980. 136 с.
93. Торохова О.Н., и др. Изменчивость морфометрических параметров тростника обыкновенного и рогоза узколистного в искусственных водоемах промышленной зоны г. Горловка. В: Промышленная ботаника, 2009. вып. 9. С. 75-83.
94. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. М.: Изд-во СЭВ, 1977. 175 с.
95. Усатый М., и др. Массовое развитие сине-зеленых водорослей в Кучурганском водохранилище, его причины, последствия и предотвращение. В: Международная конференция «Управление бассейном трансграничного Днестра в рамках нового бассейнового Договора», Кишинев 20-21 сентября 2013 г. Chişinău, 2013. С. 438-442.
96. Феник С.И., Трофиняк Т.Б., Блюм Я.Б. Механизмы формирования устойчивости растений к тяжелым металлам. В: Успехи совр. Биол., 1995. Т. 115. вып. 3. С. 261–275.
97. Филипенко Е.Н., Щука Т.В., Тихоненкова Л.А. Ретроспектива изменения содержания некоторых химических соединений в Кучурганском водохранилище. В: Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья. Материалы III Международной научно-практической конференции 22–23 октября 2009 г. Тирасполь: Изд-во ПГУ, 2009. С. 219-221.
98. Филипенко Е.Н., Тищенко В.С. Заращение тростником (*Phragmites australis*) Кучурганского водохранилища – охладителя Молдавской ГРЭС. В: Бассейн реки Днестр: экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами. Материалы Междун. научно-практ. конф. Тирасполь: Изд-во ПГУ, 2010. С. 248-250.
99. Филипенко Е.Н., Тищенко В.С. Некоторые сведения о современном состоянии водной и околоводной флоры Кучурганского водохранилища. В: Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья. Материалы IV Международной научно-практической конференции 9–10 ноября 2012 г. Тирасполь: Изд-во ПГУ, 2012. С. 313-314.
100. Филипенко Е.Н., Тищенко В.С., Филипенко С.И. Заращение водоема-охладителя Молдавской ГРЭС массовыми видами макрофитов Кучурганского водохранилища. В: Международная конференция «Управление бассейном трансграничного Днестра в

- рамках нового бассейнового Договора», Кишинев 20-21 сентября 2013 г. Chişinău, 2013. С. 445-449.
101. Филипенко Е.Н. Высшая водная растительность Кучурганского водохранилища в различные периоды функционирования Молдавской ГРЭС. В: Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья. Материалы V Международной научно-практической конференции 14 ноября 2014 г. Тирасполь: Изд-во ПГУ, 2014. С. 278-282.
 102. Филипенко Е.Н. и др. Раритетные виды биоты трансграничного Кучурганского водохранилища. В: Природні та антропогенно трансформовані екосистеми прикордонних територій у постчорнобильський період: Матеріали міжнародної наукової конференції, 9-11 октября 2014 г. Чернігів, 2014. С. 72-79.
 103. Филипенко Е.Н. Высшая водная растительность приграничной техно-экосистемы Кучурганского водохранилища-охладителя Молдавской ГРЭС и ее роль в накоплении и миграции металлов. В: Природні та антропогенно трансформовані екосистеми прикордонних територій у постчорнобильський період: Матеріали міжнародної наукової конференції, 9-11 октября 2014 г. Чернігів, 2014. С. 142-145.
 104. Филипенко Е.Н. Современное состояние высшей водной растительности Кучурганского водохранилища и ее роль в накоплении и миграции металлов в водоеме-охладителе Молдавской ГРЭС. В: Вестник Приднестровского университета, 2014. №2(47). С. 117-123.
 105. Филипенко Е.Н. Роль макрофитов в зарастании водоема-охладителя Молдавской ГРЭС. В: Чтения памяти кандидата биологических наук, доцента Л.Л. Попа. Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2015. С. 153-160.
 106. Филипенко Е.Н., Филипенко С.И. Использование компьютерных технологий в гидробиологии на примере исследования степени зарастания макрофитами Кучурганского водохранилища-охладителя Молдавской ГРЭС. В: Математическое моделирование в образовании, науке и производстве. Тезисы IX Международной конференции, Тирасполь, 8-10 октября 2015 г. Тирасполь: Издательство Приднестровского университета, 2015. С. 182-183.
 107. Филипенко Е.Н. Высшая водная растительность Кучурганского водохранилища, ее роль в биомониторинге и накоплении металлов. В: Академику Л.С. Бергу – 140 лет: Сборник научных статей. Бендеры: Есо-TIRAS, 2016. С. 547-552.
 108. Филипенко С.И. Оценка экологического состояния Кучурганского водохранилища по биологическим показателям. В: Эколого-экономические проблемы Днестра.

- Международная научно-практическая конференция. Тезисы докладов, Одесса, 25-28 сентября 2000 г. Одесса, 2000. С. 87-88.
109. Филипенко С.И. Оптимизация методов оценки экологического состояния Кучурганского водохранилища по зообентосу. In: Managementul integral al resurselor naturale din bazinul transfrontalier al fluviului Nistru. Materialele Conferinței Internaționale. Chișinău: Eco-Tiras, 2004. С. 343-347.
 110. Филипенко С.И. Зообентос Кучурганского водохранилища: динамические процессы и использование в биологическом мониторинге. Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2005. 160 с.
 111. Флора европейской части СССР. Л., 1978 -1996. ТТ. 3-9.
 112. Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х.А. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 279 с.
 113. Хромов В.М. Соотношение продукционно-деструкционных характеристик фитопланктона, эпифитона, макрофитов. В: IX Съезд Гидробиологического общества РАН (г. Тольятти, Россия, 18-22 сентября 2006 г.), тезисы докладов, т. II. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2006. С. 221.
 114. Чаплина А.М., Мазанина А.В. Влияние подогретых вод Криворожской ГРЭС-2 на гидробиологический режим водохранилищ. В: Симпоз. по влиян. подогретых вод электростанций на гидролог. и биолог. Водоемов: Тез. докл., Борок, 1971. С. 61-62.
 115. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
 116. Шаларь В.М., Капрал Н.П. Рациональные меры борьбы с растительностью в водоемоохладителе Молдавской ГРЭС. В: Проблемы комплексного использования водоемоохладителей тепловых электростанций. Кишинев, 1970. С. 77- 85.
 117. Шаларь В.М., Коноков В.Н., Боля Л.Г. Водная растительность Кучурганского лимана. В: Биол. ресурсы водоемов Молдавии. Кишинев, 1970. Вып. 7. С. 44-51.
 118. Шаларь В.М. Влияние Молдавской ГРЭС на продуктивность альгофлоры и высшей водной растительности в Кучурганском лимане. В: IV съезд Всесоюзного гидробиол. общества. Тезисы докладов. 3 часть. Киев: Наукова думка, 1981. С. 60-61.
 119. Шашуловская Е.А. О накоплении тяжелых металлов в высшей водной растительности Волгоградского водохранилища. В: Поволжский экологический журнал, 2009. № 4. С. 357–360.

120. Шерстнева О.А. Влияние повышенной мутности воды, возникающей при проведении гидротехнических работ, на продуктивность погруженных макрофитов. Автореф. дис. канд. биол. наук. СПб: Гос. НИИ озерного рыбн. хоз-ва, 2002. 19 с.
121. Шиманский Б.А. Высшая водная растительность Кучурганского лимана до и после использования его в качестве водохранилища-охладителя Молдавской ГРЭС. В: Гидротермические и химико-гидробиологические исследования охладителей циркуляционной воды тепловых электростанций. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1971. С. 214-242.
122. Эйнон Л.О. Макрофиты в экологии водоема. М.: Издание ИВП РАН, 1992. 256 с.
123. Ярошенко М.Ф. и др. Биологические причины ухудшения технических качеств воды в Кучурганском лимане – охладителе Молдавской ГРЭС и пути их устранения. В: Биол. ресурсы водоемов Молдавии. вып. 6. Кишинев, 1970. С. 50-64.
124. Ярошенко М.Ф. Макрофиты. В: Кучурганский лиман-охладитель Молдавской ГРЭС. Кишинев: Штиинца, 1973. С. 40–45.
125. Abdalla K. Phytoremediation Potentiality of Aquatic Macrophytes in Heavy Metal Contaminated Water of El-Temsah Lake, Ismailia, Egypt. In: Middle-East Journal of Scientific Research, 2013. № 14 (12). P. 1555-1568.
126. Branković S., and all. Concentration of metals (Fe, Mn, Cu AND Pb) in some aquatic macrophytes of lakes Gruža, Grošnica, Memorial park - Kragujevac and Bujanj. In: Kragujevac J. Sci., 2009. № 31. P. 91-101.
127. Brekken A. and Steinnes E. Seasonal concentrations of cadmium and zinc in native pasture plants: consequences for grazing animals. In: Sci. Total Environ., 2004. 326. P. 181–195.
128. Brooks R.R. Plants that hyperaccumulate heavy metals – their role in phytoremediation, microbiology, archaeology, mineral exploration and phytomining. N.Y.: CAB International, 1998. 380 p.
129. Cardwell A.J., Hawker D.W., Greenway M. Metal accumulation in aquatic macrophytes from southeast Queensland, Australia. In: Chemosphere, 2002. № 48. P. 653–663.
130. Champion P.D. & Tanner C.C. Seasonality of macrophytes and interaction with flow in a New Zealand lowland stream. In: Hydrobiologia, 2000. 441. P. 1-12.
131. Clemans S. Molekular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. In: Planta, 2001. Vol. 212. № 4. P. 475–486.
132. Dumana F. and Obali O. Seasonal variation of metal accumulation and translocation in yellow pond-lily (*Nuphar lutea*). In: Chemical Speciation and Bioavailability, 2008. № 20(3). P. 181-190.

133. Ebrahimi M., and all. Accumulation and distribution of metals in *Phragmites australis* (common reed) and *Scirpus maritimus* (alkali bulrush) in contaminated soils of Lia industrial area. In: International Journal of Agricultural Science, Research and Technology, 2011. №1(2). P. 73-81.
134. EC – European Communities, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. OJ L 327, 22.12.2000.
135. El Falaky Assia A. and all. Aquatic plants for bioremediation of waste water. In: Eighth International Water Technology Conference, Alexandria, Egypt, 2004. P. 361-376.
136. Grudnik Z.M. Seasonal changes in the concentration of some trace elements in macrophyte shoots. In: Acta biologica Slovenica Ljubljana, 2010. Vol. 53. P. 55–61.
137. Hanganu J., Doroftei M., Ștefan N. Assessment of ecological status of Danube delta lakes using indicator macrophytes species. In: Analele științifice ale Universității “Al. I. Cuza” Iași. Tomul LIV, fasc. 1, s. II a. Biologie vegetală, 2008. P. 103-108.
138. Haury J., and all. A new method to assess water trophy and organic pollution – The Macrophyte biological index for rivers (IBMR): Its application to different types of river and pollution. In: Hydrobiologia, 2006. 570. P. 153–158.
139. Kim N.D. and Fergusson J.E. Seasonal variations in the concentrations of cadmium, copper, lead and zinc in leaves of the horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.). In: Environ. Pollut., 1994. № 86. P. 89–97.
140. Kohler A, Schneider S. Macrophytes as bioindicators. In: Arch. Hydrobiol Suppl. 147. Large Rivere. 14, 2003. P. 17-31.
141. Kumar N., and all. Accumulation of metals in selected macrophytes grown in mixture of drain water and tannery effluent and their phytoremediation potential. In: J. Environ. Biol., 2012. № 33. P. 923-927.
142. Lehmann A., Lachavanne J.B. Changes in the water quality of lake Geneva indicated by submerged macrophytes. In: Freshwater Biology, 1999. № 42 (3). P. 457–466.
143. Madsen J.D., and all. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. In: Hydrobiologia, 2001. 444. P. 71-84.
144. Matache M.L., and all. Plants accumulating heavy metals in the Danube River wetlands. In: Journal of Environmental Health Science and Engineering, 2013. 11:39.
145. McCutcheon S., Schnoor J. Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants. Environmental Science and Technology: A Wiley-Interscience Series of Texts and Monographs. Hoboken, 2003. 987 p.

146. Method 3051A. "Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils". US Environmental Protection Agency.
147. Mishra V.K., Tripathi B.D. Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes. In: Bioresource Technology, 2008. № 99. P. 7091-7097.
148. Ostroumov S.A. Polyfunctional role of biodiversity in processes leading to water purification: current conceptualizations and concluding remarks. In: Hydrobiologia, 2002. V. 469 (1-3). P. 203-204.
149. Penning W.E., and all. Classifying aquatic macrophytes as indicators of eutrophication in European lakes. In: Aquat Ecol., 2008. Vol. 42. P. 237 -251.
150. Philipenko S., Philipenko E., Fomenko V. Kuchurgan storage reservoir – as one of the key component of the wetlands of the lower portions of Dniester river. In: J. Wetlands Biodiversity, 2013. № 3. P. 67-75.
151. Philipenko E. The present day state of the higher water vegetation of the Kuchurgan reservoir and its role in the accumulation and migration of the metals in the cooling pond of the Moldavian power station. In: Buletinul Academiei de științe a Moldovei. In: Științele vieții, 2016. № 2 (239). P. 112-118.
152. Philipenko E.N. The higher water vegetation of the Kuchurgan reservoir - the cooling pond of the Moldavian power station. In: Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: тез. докл. V Междунар. науч. конф., 12–17 сент. 2016 г., Минск – Нарочь. – Минск: Изд. центр БГУ, 2016. С. 123-124.
153. Smirnova N.N. Die Akkumulation von den biogenen Elementen und Schwermetallen durch die höheren Wasserpflanzen im Kilia delta der Donau. In: 24 Arbeitstagung der IAD-Szentendre, 1984. P. 179-182.
154. Štrbac S., and all.. Metals in sediment and *Phragmites australis* (common reed) from Tisza River, Serbia. In: Applied ecology and environmental research, 2014. 12(1). P. 105-122.
155. Zubcova E., Toderash I., Ichim M. Dynamics of vanadium in the Cuciurgan cooling rezervoir. In: TIEES-98, Trabzon. Turken, 1998. P. 138-140.
156. Zubcova E., Biletschi L., Philipenko E. and Ungureanu L. Study on metal accumulation in aquatic plants of Cuciurgan cooling reservoir. In: E3S Web of Conferences. Volume 1, 2013. Proceedings of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment. Rome, Italy, September 23-27, 2012. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130129008>. 4 p.
157. Zubcov Elena, Biletschi Lucia, Zubcov Natalia, Philipenko Elena, Borodin Natalia. Metal accumulation in aquatic plants of Dubasari and Cuciurgan reservoirs. In: Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. Studii și comunicări. Științele Naturii. Tom. 29. № 2, 2013. P. 216-220.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Акт о внедрении (Приднестровский государственный университет)

ИНСТИТУЦІЯ
ДЕ БІНВЭЦЭМЫІНТ ДЕ СТАТ
«УНІВЕРСАТАЯ ДЕ СТАТ
НІСТРЯНЭ Т.Г. ШЕВЧЕНКО»



ДЕРЖАВНИЙ
ОСВІТНІЙ ЗАКЛАД
«ПРИДНІСТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМ. Т.Г. ШЕВЧЕНКА»

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Т.Г. ШЕВЧЕНКО»

17.06.2016 № 06-08/224

АКТ

о внедрении результатов исследований Елены Николаевны Филипенко, включенных в материалы диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук на тему: «Разнообразие и роль макрофитов в экосистеме Кучурганского водохранилища».

Настоящим подтверждается, что результаты исследований Филипенко Е.Н. включены в курсы лекций следующих дисциплин: «гидрботаника», «ботаника», «флора родного края», «гидробиология», «гидроэкология», «биоэкологический мониторинг», «химия окружающей среды», которые читаются на кафедрах Зоологии и общей биологии, Биоэкологи, Химии и методики преподавания химии естественно-географического факультета Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко.

Собранный гербарий водной и околоводной флоры Кучурганского водохранилища пополнил коллекционные фонды флористического музея Приднестровского государственного университета.

Декан естественно-географического
факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко,
доцент



 В.Г. Фоменко

Приложение 2. Акт о внедрении (Республиканский НИИ экологии и природных ресурсов)

МИНИСТЕРУЛ АГРИКУЛТУРИИ ШИ
РЕСУРСЕЛОР НАТУРАЛЕ
РЕПУБЛИЧИЙ МОЛДОВЕНЕШЬ ИИСТРЕНЕ
**ИНСТИТУЦИЯ ДЕ СТАТ
«ИНСТИТУТУЛ ШТИИИЦИФИК РЕПУБЛИКАН
ДЕ ЕКОЛОЖИЕ ШИ РЕСУРСЕЛОР НАТУРАЛЕ»**



МІНІСТЕРСТВО СЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ
ПРИДНІСТРОВСЬКОЇ МОЛДАВСЬКОЇ РЕСПУБЛІКИ

**ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
«РЕСПУБЛІКАНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ
ІНСТИТУТ ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ»**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ»**

MD-3200, ПМР, г. Бендеры, Каховский тупик 2,
Тел. (552) 5-93-66, 5-97-54, Факс: (552) 5-93-66
E-mail: nii.ecologii@mail.ru

14.06.2016 № 03-04/168

АКТ

**о внедрении результатов исследований Елены Николаевны Филипенко,
включенных в материалы диссертации на соискание ученой степени доктора
биологических наук на тему: «Разнообразие и роль макрофитов в экосистеме
Кучурганского водохранилища».**

Настоящим подтверждается, что результаты исследований Филипенко Е.Н. включены в систему экологического мониторинга Кучурганского водохранилища, используются при разработке мер борьбы с зарастанием водоема-охладителя и образованием биопомех, обусловленных развитием высших водных растений при обеспечении безопасной работы системы технического водоснабжения Молдавской ГРЭС.

**Директор ГУ « РНИИ экологии и
природных ресурсов,
к.с.-х.н., доцент**



В.С. Рушук

ДЕКЛАРАЦИЯ ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Нижеподписавшаяся, заявляю под личную ответственность, что материалы, представленные в докторской диссертации, являются результатом личных научных исследований и разработок. Осознаю, что в противном случае буду нести ответственность в соответствии с действующим законодательством.

Фамилия, имя *Филипенко Елена*

Подпись _____

Дата _____

CURRICULUM VITAE



| | |
|---|---|
| Nume: | Filipenco Elena |
| Data și anul nașterii: | 19 decembrie 1974, Lipcani, r-nul Briceni |
| Cetățenia: | Republica Moldova |
| Studii: | 1. Doctorat la Universitatea Academiei de Științe a Moldovei (2011-2015); 2. Universitatea de stat Nistreenă, Facultatea Științelor naturale și geografie, specialitatea Biologie și chimie (1991-1996). |
| Domeniile de interes științific: | chimia și biologia acvatică |
| Carierea profesională: | 1. 1996-2016 lector superior catedrei de chimie, Universitatea de Stat Nistreenă |
| Participări la foruri științifice (naționale și internaționale) | 1. «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья», Тирасполь, 2009; 2. «Бассейн реки Днестр: экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами», Тирасполь, 2010; 3. «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья», Тирасполь, 2012; 4. «16th International Conference on Heavy Metals in the Environment», Rome, Italy, 2013; 5. «Управление бассейном трансграничного Днестра в рамках нового бассейнового Договора», Кишинев, 2013; 6. «Природні та антропогенно трансформовані екосистеми прикордонних територій у постчорнобильський період», Чернігів, 2014; 7. «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья», Тирасполь, 2014; 8. «Конференция памяти кандидата биологических наук, доцента Л.Л. Попа», Тирасполь, 2015; 9. «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве», Тирасполь, 2015; 10. «Академику Л.С. Бергу – 140 лет», Бендеры, 2016; 11. «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды», Минск, 216. |
| Lucrări științifice și științifico-metodice publicate | Lucrări științifice publicate: 18 dintre care: Articole în reviste recenzate: 3; Materiale ale comunicărilor științifice: 13; Teze: 2. |
| Cunoașterea limbilor: | română, rusă, franceză. |
| Contacte: | tel. (+373) 69990071 E-mail: zoologia_pgu@mail.ru |
| Adresa: | domiciliu –MD-3300, or. Tiraspol, str. Larionov 37/45; serviciu – catedra de chimie, Universitatea de stat Nistreenă, MD-3300, or. Tiraspol, str. 25 Octombrie, 128 |