

**АКАДЕМИЯ НАУК МОЛДОВЫ
ИНСТИТУТ ЗООЛОГИИ**

на правах рукописи

УДК 504.054:556.55(478)(043.3)

ТИХОНЕНКОВА ЛИЛИЯ

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КУЧУРГАНСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА**

166.01. ЭКОЛОГИЯ

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук

КИШИНЭУ, 2016.

Работа выполнена в Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии Академии наук Молдовы

Научный руководитель: **УНГУРЯНУ Лауренция**
доктор хабилитат биологических наук, профессор

Научный консультант: **ЗУБКОВ Елена**
доктор хабилитат биологических наук, профессор

Официальные оппоненты: **ШАЛАРУ Виктор**, *доктор хабилитат биологических наук, профессор*
ГЛАДКИ Виорика *доктор химических наук, доцент*

Состав Специализированного Ученого Совета:

ТОДЕРАШ Ион, *председатель, доктор хабилитат биологических наук, профессор, академик;*

БИЛЕЦКИ Лучия, *ученый секретарь, доктор биологических наук, доцент;*

БУЛЬМАГА Константин, *доктор хабилитат биологических наук, доцент;*

УСАТЫЙ Марин, *доктор хабилитат биологических наук, профессор;*

САНДУ Мария, *доктор химических наук, доцент;*

БОБЕЙКЭ Валентин, *доктор хабилитат химических наук, доцент*

Защита диссертации состоится «__» декабря 2016 г. в ____ часов на заседании **Специализированного ученого Совета** 06 166.01 – 03 при Институте зоологии АН Молдовы по адресу: MD 2028, Кишинев, ул. Академическая, 1, зал 352
Tel./ fax: (+373 22) 73 98 09, e-mail: izoolasm@yahoo.com.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке „А. Лупан” и на интернет странице Национального Совета по Аккредитации и Аттестации (www.cnaa.md).

Автореферат разослан «__» ноября 2016 г.

Ученый секретарь Специализированного ученого совета
доктор биологических наук, доцент

Билецки Лучия

Научный руководитель
доктор-хабилитат биологических наук, профессор

Унгуряну Лауренция

Научный консультант доктор-хабилитат биологических наук, профессор

Зубков Елена

Автор

Тихоненкова Лилия

© Тихоненкова Лилия, 2016

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Строительство и эксплуатация энергетических комплексов на водоемах и водотоках приводит к значительным изменениям экологического состояния этих экосистем.. Вопросы мониторинга и прогноза возможных изменений были и остаются очень актуальной проблемой во всем мире и в особенности в Молдове – стране с ограниченными водными ресурсами, самые крупные из которых являются трансграничными. Трансграничность водных экосистем накладывает сложности, как в менеджменте их использования, так и в методологии оценки их экологического состояния. В этой связи, а также в соответствии с Европейскими Директивами проведение исследований и разработка единых методик и методологий мониторинга и критериев качества водных экосистем, подверженных воздействию энергетических предприятий, является актуальной международной проблемой. Общеизвестно негативное термическое воздействие теплоцентралей на водоемы-охладители и в целом на окружающую среду, что особенно актуально в условиях глобального изменения климата. Основные аспекты мониторинга водных экосистем предусмотрены в ряде директив ЕС. Одной из задач, поставленных Директивой 60/2000/ЕС для всех стран является определение наряду с химическими и биологическими показателями для оценки их экологического состояния. Особую значимость имеют комплексные исследования водных экосистем, входящих в технологическую структуру ТЭС.

Использование организмов-индикаторов состояния водных экосистем, как и организмов-мониторов, позволяющих комплексно оценить экологическое состояние водной экосистемы - это приоритеты на которые нацелены основополагающие Директивы ЕС по проблемам воды. Осуществление комплексного мониторинга, определение закономерностей распределения и миграции химических веществ в воде, иловых отложениях, уровень накопления металлов в гидробионтах, имеют теоретическую значимость в плане познания функционирования техногенных экосистем и разработки рекомендаций по устойчивому использованию водных ресурсов и снижения отрицательного воздействия ТЭС на гидробиоценозы. Не меньшую значимость имеет разработка самой методологии комплексного мониторинга для каждого водоема-охладителя, правильный и оптимальный подбор показателей с учетом физико-географических особенностей и степени техногенности региона, позволяющих дать, как оценку антропогенного воздействия ТЭС, так и оценить экологическое состояние водной экосистемы в целом.

Важнейшей задачей, стоящей перед мировым научным сообществом, является необходимость разработки принципов гармонизации взаимосвязей техносферы и гидросферы, как составной структуры биосферы. Одной из основ современного индустриального общества является электроэнергия, потребность и использование которой постоянно растет. Соответственно, неуклонно возрастает количество энергетических предприятий, используемых для своего функционирования различные виды топлива. Не вызывает сомнения и то, что деятельность этих предприятий оказывает значительное антропогенное влияние на окружающую среду в том числе и на водные экосистемы. Техногенное воздействие ТЭС на водоем-охладитель заключается, не только в изменении температурного режима, а и в изменении гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметров. Функционирование энергетического предприятия ведет к загрязнению и в целом влияет на миграцию химических веществ в экосистеме водоема. Не контролируемый процесс техногенной нагрузки может привести к необратимым внутриводоемным процессам. Поэтому необходима разработка и создание систем и методов постоянного контроля за состоянием окружающей среды обитания и внедрение мероприятий, направленных на устойчивое, рациональное использование природных ресурсов. Последнее невозможно без проведения комплексного научно-обоснованного мониторинга состояния окружающей среды в зоне воздействия теплоэлектроцентралей. Водоемы-охладители - это экосистемы, подверженные постоянному воздействию функционирующей ТЭС, их экологическое состояние существенно отличается от естественных водоемов, поэтому проведение постоянного мониторинга таких техногенных водных экосистем – это одна из важнейших научно-технических задач современности.

Описание ситуации в области исследования с указанием проблем. В результате сжигания топлива в окружающую среду поступают тяжелые металлы, фтористые, сернистые и азотистые соединения [1, 2, 3]. Вследствие этого, для решения проблем рационального использования и охраны поверхностных вод в условиях воздействия ТЭС непосредственное значение имеет исследование закономерностей миграции этих соединений в водоеме. И при выполнении нашей работы одной из основных задач было исследование динамики содержания металлов в воде, донных отложениях и гидробионтах Кучурганского водоема-охладителя. Кучурганское водохранилище - это трансграничный водоем комплексного назначения, кроме непосредственного использования водоема в технологическом цикле теплоэлектростанции (охлаждение агрегатов станции), он также используется в рыбохозяйственных целях, для рекреации и орошения. До 1990-х годов

сотрудниками Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии АН Молдовы планомерно проводились работы по его изучению, после данного периода такая работа не проводилась [4, 5, 6]. Поэтому проведение комплексного мониторинга его экологического состояния на современном этапе имеет не только научное, но и важное практическое значение в плане рационального его использования и сглаживания негативных последствий, оказываемых на него функционированием Молдавской ГРЭС.

Цель работы заключалась в исследовании воздействия функционирования Молдавской ГРЭС на экологическое состояние Кучурганского водоема-охладителя на основе комплексного мониторинга динамики солевого состава, биогенных элементов, органического вещества, микроэлементов-металлов, и оценке их многолетней динамики в воде, донных отложениях, гидробионтах, органах и тканях рыб.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи**:

1. Провести комплексные исследования современного состояния водоема-охладителя Молдавской ТЭС с учетом ретроспективных данных.
2. Определить и проанализировать влияние функционирования станции на основные гидрохимические показатели воды такие, как солевой состав, содержание биогенных элементов, растворенных газов и органических веществ.
3. Изучить динамику содержания и миграции микроэлементов-металлов в воде, донных отложениях, растениях, донных беспозвоночных и рыбе водоема-охладителя в зависимости от количества и качества сжигаемого на станции топлива.
4. Исследовать химический состав атмосферных осадков в зоне Молдавской ГРЭС для определения воздействия дымовых выбросов.
5. Установить уровень и закономерности накопления металлов в гидробионтах и определить возможность их использования в качестве организмов-мониторов при оценке воздействия теплоэлектростанции на водные экосистемы.

Методология исследования. Методологической основой проводимых исследований, в контексте комплексного подхода при мониторинге антропогенного воздействия на изучаемую экосистему, послужили труды: В.И. Вернадского, Ю.А. Израеля, Nriagu J.O., Davidson C.I., Morel F.M., Hering J.G., в том числе и работы молдавских ученых: М.Ф. Ярошенко, И.К. Тодераша, Е.И. Зубковой, С.Е. Бызгу, Н.И. Багрин, а так же современные аналитические методы исследования, адаптированные к стандартам ISO.

Научная значимость работы. Впервые изучена динамика мышьяка, висмута и стронция в воде водоема. Дана комплексная оценка современного экологического

состояния Кучурганского водоема-охладителя, определено влияние Молдавской ГРЭС на динамику главных ионов, биогенных элементов, органических веществ, газового режима и микроэлементов-металлов. Установлены закономерности миграции ванадия, молибдена, никеля, свинца, меди, цинка и кадмия в воде, иловых отложениях, гидробионтах, описаны уравнения временных трендов их динамики.

Теоретическая значимость работы. Выявленные закономерности миграции макрокомпонентов и микроэлементов-металлов в условиях постоянного воздействия теплоэнергетического предприятия позволяют расширить познания функционирования техногенно-преобразованных водных экосистем и вносят вклад в развитие теоретических основ экологии водных экосистем на современном этапе. Установлены закономерности накопления металлов в гидробионтах и доказана возможность их использования в качестве организмов-мониторов при биомониторинге водных экосистем.

Решенная важная научная проблема состоит в научном обосновании комплексного мониторинга динамики миграции макро и микроэлементов в техногенно-преобразованной водной экосистеме, *что позволило оценить* влияние воздействия теплоэнергетического предприятия на ее экологическое состояние *и дало возможность* научно аргументировать меры по реанимированию экосистемы водоема-охладителя на основе соблюдения норм водообмена и рационального природопользования в соответствии с результатами экологического мониторинга.

Практическая значимость работы. Результаты диссертационной работы могут быть использованы природоохранными организациями, администрацией ГРЭС, учеными и специалистами при оценке экологического состояния водоемов, а также при подготовке студентов ВУЗов. Методология исследования, как и результаты по уровню накопления металлов в тканях рыб представляют интерес для Агентств по контролю качества рыбной продукции и защиты здоровья потребителей.

Положения, выдвинутые на защиту:

1. Многолетняя и сезонная динамика солевого состава, соотношения главных ионов, жесткости, минерализации, соединений азота и фосфора, органических веществ, в экосистеме водоема - охладителя (на верхнем, среднем и нижнем участках), в зависимости от функционирования Молдавской ГРЭС.
2. Особенности распределение и миграция тяжелых металлов (V, Mo, Pb, Ni, Cu, Zn, Cd) в воде, донных отложениях, макрофитах, донных беспозвоночных, органах и тканях рыб водоема - охладителя. Уровень содержания мышьяка, висмута и стронция в воде водоема-охладителя и атмосферных осадках.

3. Закономерности накопления металлов в макрофитах, донных беспозвоночных и рыбах Кучурганского водоема и возможности использования гидробионтов в биомониторинге водных экосистем.

Внедрение научных результатов: Результаты исследований включены в курсы лекций следующих дисциплин: «гидробиология», «гидроэкология», «биоэкологический мониторинг», «химия окружающей среды», которые читаются на кафедре Зоологии и общей биологии, Биоэкологии, Химии и методики преподавания химии естественно-географического факультета Приднестровского государственного университета.

Результаты исследований включены в систему экологического мониторинга Кучурганского водохранилища, методы исследований применимы для оценки экологического состояния водоемов бассейна нижнего Днестра.

Апробация работы. Основные положения и выводы, представленные в работе, были доложены и обсуждены на международных и республиканских конференциях: «Геоэкологические и биологические проблемы Северного Причерноморья» - Тирасполь, 2012; «Инновации в науке, производстве и образовании» - Рязань, 2013; «Наука, образование, производство в решении экологических проблем» - Уфа, 2014; «Гуманитарные и естественнонаучные факторы решения экологических проблем и устойчивого развития» - Новомосковск, 2014; «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья» - Тирасполь, 2014; «Academician Leo Berq - 140 years» - Benderu, 2016; «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» - Минск, 2016 г.

Публикации. Результаты исследований по теме диссертационной работы опубликованы в 12 научных работах, из которых 7 без соавторов, в том числе 1 статья в журнале за рубежом, 1 статья в национальном журнале категории В и 10 публикаций в сборниках международных и национальных научных конференций.

Объем и структура диссертации. Работа включает аннотацию на румынском, английском и русском языках, список сокращений, введение, 4 главы, общие выводы и рекомендации, список используемой литературы, включающий 230 источников и два приложения. Диссертация изложена на 132 страницах, основного текста, иллюстрирована 55-ю рисунками и содержит 17 таблиц.

Ключевые слова: Водные экосистемы, теплоэлектростанция, водоем-охладитель, экологический мониторинг, термофикация, минерализация, биогенные элементы, металлы, гидробионты.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Представлен систематизированный анализ 230 научных источников, описывающих влияние различных типов гидроэнергетических предприятий на окружающую среду. Подчеркивается необходимость постоянного наблюдения за ее состоянием в зоне воздействия, с учетом количества и качества используемого топлива, приводятся данные о составе различных его видов. Акцентирован фактор термического воздействия на экосистемы. Отмечено, что металлы, наряду с сернистыми, азотистыми и углеродными выбросами являются приоритетными показателями при оценке антропогенного воздействия ТЭС. поэтому необходим постоянный мониторинг воздействия загрязняющих веществ энергетических предприятий на экологические системы так, как выбросы, являющиеся результатом их работы, в большинстве своем, действуют угнетающе на живые организмы.

В главе аргументированы и сформулированы цели и задачи работы.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Степень воздействия любого источника загрязнения зависит во многом от физико-географических особенностей региона, анализ которого детально изложен в данной главе. Здесь же представлен материал о водном балансе водоема-охладителя и степени его изученности. Описаны материалы и методы исследований, проводимых на протяжении 2011-2015 гг. В течение данного периода с разных участков Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС, а также с водоподающих и водоотводящих каналов станции посезонно отбирались пробы воды, взвешенных веществ (193 пробы), донных отложений (22 пробы) и более 230 образцов необходимого биологического материала (водные растения, зообентос, рыба). Также были отобраны и подвержены анализу пробы воды, взвешенных веществ и гидробионтов, взятых из протока Турунчук и реки Кучурган (24 проб). Для того, чтобы оценить уязвимость окружающей среды от дымовых выбросов теплоэлектростанции, нами были собраны образцы (26 проб) атмосферных осадков (дождь, снег) на территории станции и вблизи расположенном населенном пункте. Пробы воды отбирались в полиэтиленовые канистры объемом в 3 литра в соответствии методами адаптированными к стандартам ISO [7, 8]. Донные отложения отбирали бентометром Гурвича-Цееба [9]. Исследовали иловые растворы, получаемые путем центрифугирования донных отложений в течение 30-40 мин при 2500-3000 об/мин. и состав илов. Для оценки динамики главных ионов и минерализации были использованы

классические методы титрометрические и гравиметрические методы [10-12], биогенные элементы - в основном спектрометрическими методами, с использованием спектрофотометров UV-VIS, SPECORD 210+. Для оценки количества органических веществ, определяли перманганатную [13] и бихроматную [14] окисляемости воды. Уровень накопления металлов и металлоидов в водных растениях, донных беспозвоночных и в тканях рыб определяли после их озонирования смесью азотной и соляной кислот [15] и исследовали методом атомной абсорбции и эмиссии. Использовали спектрофотометры AAnalyst 500 и Thermo Scientific iCAP 6200 –ICP-OES. Анализ проб проводился в Лаборатории гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии Академии наук Молдовы.

ГЛАВА 3. ДИНАМИКА СОЛЕВОГО СОСТАВА, МИНЕРАЛИЗАЦИИ, БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ КУЧУРГАНСКОГО ВОДОЕМА.

3.1. Динамика содержания главных ионов, их соотношения и минерализация воды.

Если в 80-е годы прошлого столетия, когда станция имела самую высокую мощность и вода из водоема использовалась для полива сельхозугодий, в нижнем участке водоема уровень минерализации не превышал 800 мг/л, в - 90-е годы 1200 мг/л, то в последние годы находится в интервале 1600-1900 мг/л более чем в 85% случаев (Рисунок 3.1).

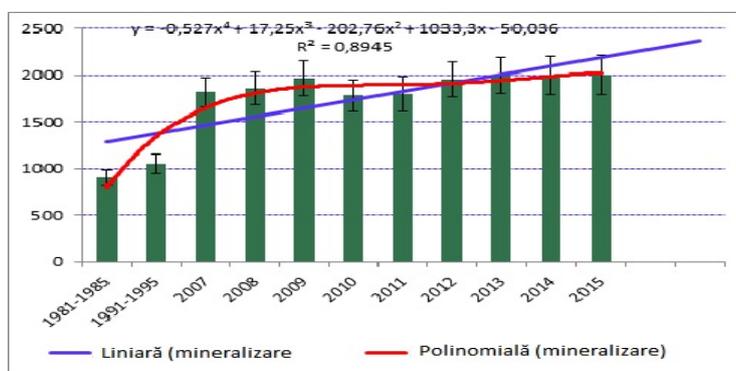


Рис. 3.1. Динамика среднегодовых величин минерализации воды (мг/л) на нижнем участке Кучурганского водоема-охладителя в 1981-1995 гг и 2007-2015 гг.

(здесь и далее материалы за 1981-2010 годы предоставлены Лабораторией гидробиологии и экотоксикологии Института зоологии АН Молдовы).

Диапазон колебаний главных ионов имеет четкий тренд увеличения как во времени так и с нижнего участка – к верхнему с превалированием сульфатных анионов и катионов магния, натрия-калия (Таблица 3.1). Содержание сульфатных ионов в пробах дождевой воды и снега, собранных у станции (7,6-17,74 мг/л SO_4^{-2}) значительно выше, чем в образцах, собранных в 3-4 км от станции (2,47-3,70 мг/л SO_4^{-2}).

Таблица 3.1. Диапазон колебаний концентраций главных ионов и минерализации по участкам Кучурганского водоема-охладителя за 2011-2015 гг., мг/л

Участки	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻²	Cl ⁻	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺ +K ⁺	Минерализация
Верхний	695-2020	191-265	347-399	104-114	125-139	315-1004	1817-3827
Средний	602-799	186-226	296-396	100-108	98-142	276-360	1799-2025
Нижний	480-775	196-225	248-360	100-110	88-135	212-347	1351-1954

Динамика гидрокарбонатных ионов и кальция относительно стабильна и обусловлена в основном процессами термофикации водоема, вернее испарением воды.

В настоящее время вода практически на всех участках водоема-охладителя метаморфизировалась в сульфатный класс группы натрия, и временами - натрия-магния второго-третьего типа в соответствии с классификаций Алекина [16, 17]. Если проследить динамику жесткости воды то следует отметить, что до 1995 г. она даже в верхнем участке водоема-охладителя не превышала 10 мг-экв/л, а в 2008 г. – уже по всей акватории достигла 16 мг-экв/л (Рисунок 3.2).

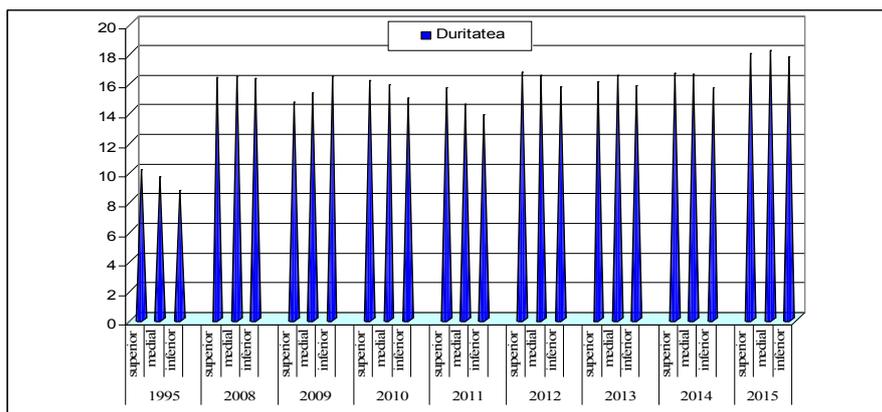


Рис. 3.2. Динамика среднегодовых величин жесткости воды (мг-экв/л) по трем участкам Кучурганского водоема-охладителя в 1995 и 2008-2015 гг.

3.2. Динамика содержания биогенных элементов и органического вещества.

3.2.1. Динамика соединений азота.

Диапазон колебания аммонийных ионов (N-NH₄⁺) в многолетнем плане достаточно велик – от 0,002 мгN/л до 3,600 мг N/л. В 1981-1985 гг средняя концентрация азота аммонийного составляла 0,750 мгN/л, периодически превышая 3 мг N/л. В 1991-1995 гг, при резком спаде в экономике и сельском хозяйстве, его концентрации не превышали 0,25 мг/л, при средней величине 0,149 мг/л. В настоящее время, особенно летом, при низкой концентрации кислорода (менее 5-6 мгO₂/л), в поверхностных слоях воды уровень N-NH₄⁺ превышает 0,25-0,28 мгN/л, а в придонных горизонтах - более 0,33-0,35 N мг/л.

Уровень $N-NH_4^+$ и в пробах снега из зоны станции высокий (0,372-0,630 мгN/л), что можно объяснить только влиянием дымовых выбросов теплоэлектростанции.

Диапазон колебаний нитритного азота ($N-NO_2^-$) в последние четыре года составляет 0,004-0,042 мгN/л. В зоне станции в атмосферных осадках уровень $N-NO_2^-$ варьирует от 0,009 до 0,780 мгN/л, а вне станции - 0,002-0,008 мгN/л.

Концентрации (0,18-0,28 мгN/л) нитратного азота ($N-NO_3^-$) в поверхностных водах Молдовы являются доминантными, но в Кучурганском водоеме они зачастую ниже концентрации ($N-NH_4^+$) и ниже таковых в атмосферных осадках у станции-0,46-1,03 мгN/л. Обусловлено это, главным образом, процессами термофикации водоема и преобладанием процессов аммонификации над процессами нитрификации, что характерно для эвтрофированных водных экосистем.

Диапазон колебания суммарного содержания минерального азота в воде Кучурганского водоема достаточно большой – от 0,092 до 0,853 мгN/л. Необычно высокое содержание минерального азота было зарегистрировано и в атмосферных осадках в зоне электростанции – 0,858-1,622 мгN/л. Динамика концентрации органического и общего азота, показывает достаточно четкую тенденцию к ее увеличению (Рисунок 3.3).

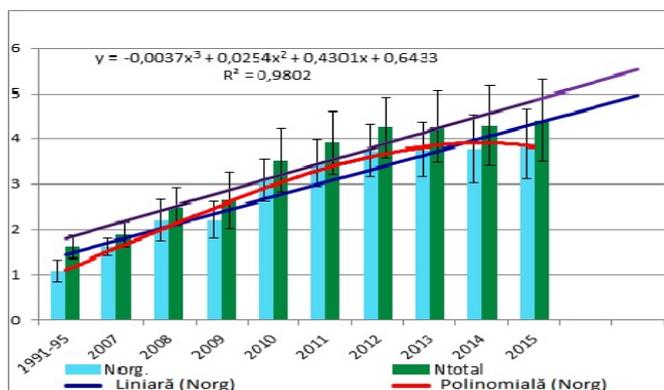


Рис.3.3. Динамика среднегодовых величин концентрации органического азота в воде (мгN/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

3.2.2 Динамика соединений минерального, органического и суммарного фосфора

Диапазон концентраций минерального фосфора в водоеме-охладителе в последние семь лет не превысил 0,15 мг P/л, тогда, как в 90-е годы прошлого столетия его содержание было в два и более раз выше, что было обусловлено интенсивной химизацией сельского хозяйства. В атмосферных осадках содержание минерального фосфора (0,26-0,45 мг P/л) у станции значительно выше таковых в 3-4 км от нее - 0,006-0,014 мгP/л.

Концентрация органического фосфора (0,18-0,28 мг Р/л), сегодня более чем в 5 раз выше таковых в 80-е годы. Содержание органического фосфора значительно выше минерального и составляет более 80% концентрации общего фосфора. Динамика общего фосфора имеет четкую тенденцию увеличения во времени (рисунке 3.4.). По величине концентрации суммарного фосфора, вода относится к 3-4 классам качества - «загрязненная» - «грязная».

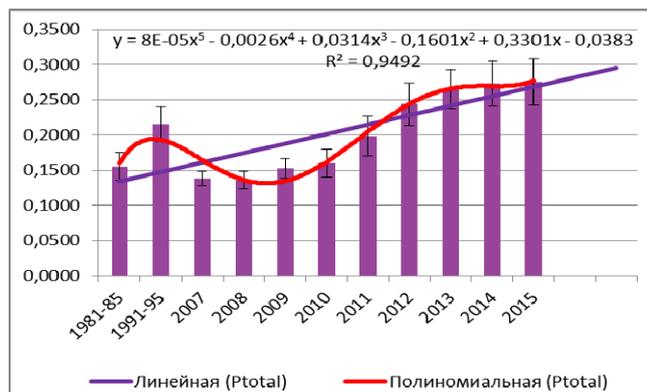


Рис. 3.4. Динамика среднегодовых величин концентрации общего фосфора (мгР/л) в воде Кучурганского водоема-охладителя в 1981-1985, 1991-1995 и 2007-2015 гг.

3.3. Динамика перманганатной, бихроматной окисляемости и органического вещества.

Многолетняя динамика перманганатной и бихроматной окисляемости показывает высокую нагрузку органических веществ на экосистему водоема-охладителя, самые высокие концентрации отмечены летом. Вода относится к третьему и временами к четвертому классу качества «загрязненная» - «грязная». Количество органического вещества с 2011 года имеет четкую тенденцию к увеличению во времени (Рисунок 3.5).

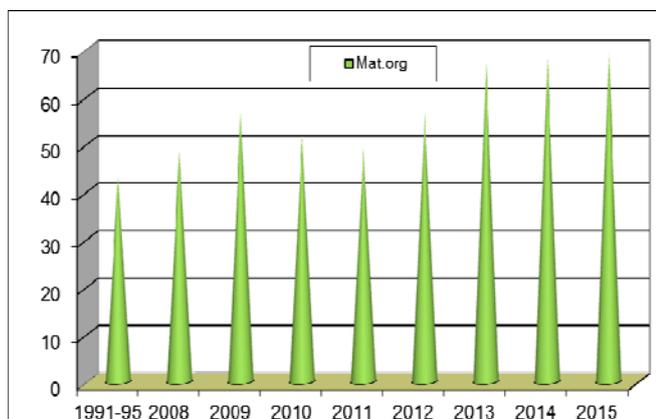


Рис. 3.5. Динамика количества органического вещества (Mat.org.) в воде (мг/л) Кучурганского водоема-охладителя в 1991-1995 и 2008-2015 гг.

ГЛАВА 4. МИГРАЦИЯ МЕТАЛЛОВ В ЭКОСИСТЕМЕ КУЧУРГАНСКОГО ВОДОЕМА

4.1. Динамика содержания и распределение ванадия в экосистеме водоема

Ванадий относится к так называемым «сателлитам» теплоэлектростанций. Самые высокие концентрации ванадия были установлены в 1985-1988 гг., к 2001 г. его содержание уменьшилось до 2,4-5,8 мкг/л, а в 2011-2015 гг. – составило 3,5-14,9 мкг/л (Рисунок 4.1.)



Рис. 4.1. Динамика среднегодовых величин концентраций ванадия (V) в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

В сезонном аспекте повышенные концентрации чаще отмечены летом или осенью, по акватории водоема минимальные величины характерны для нижнего участка, а максимальные - для среднего и верхнего участков. Высокое содержание ванадия отмечено и в атмосферных осадках, особенно в лежалом снеге (16-18 мкг/л), что более чем в 10 раз выше таковых вне зоны станции.

Уровень ванадия в илах верхнего участка водоема варьировала в диапазоне 180 - 201 мкг/г., в среднем участке - 139-155 мкг/г и в нижнем участке - 130-190 мкг/г абс. сух. массы. Основная масса ванадия сконцентрирована в пелитовых фракциях с диаметром частиц от менее 0,001 до 0,005 микрон. Концентраций уменьшаются от верхнего к нижнему участкам водоема.

Диапазон содержания ванадия в водных растениях варьирует в широком диапазоне. Для *Phragmites australis* (Linnaeus, 1753), (стебель с листьями) этот диапазон составляет 16-39 мкг/г, для *Potamogeton crispus* (Linnaeus, 1753) - 7,8-13,7 мкг/г, для *Potamogeton perfoliatus* (Linnaeus, 1753) – 8,2-12,5 мкг/г, для *Ceratophyllum demersum* (Linnaeus, 1753) - 7,2-16,5 мкг/г, для *Hydrocharis morsus-ranae* (Linnaeus, 1753) - 20,8-32,9 мкг/г абс. сух. массы. Эти величины выше, таковых в 1991-1995 годы, но они ниже тех, что были в 80-е годы прошлого столетия [4].

Очень большой диапазон колебаний концентраций ванадия в донных беспозвоночных: для *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) он составляет 3,2-170 мкг/г абс.сух.массы, для *Viviparus viviparus*(Millet, 1813) - 3,3-57,2 мкг/г абс. сух. массы, для *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer, 1828) - 5,5-26,5 мкг/г абс. сух. массы, для *Mysidae* - 4,0-8,5 мкг/г абс. сух. массы, для *Chironomidae* - 5,1-65,1 мкг/г абс. сух. массы.

Было исследовано накопление ванадия в мышцах неполовозрелых особей *Aristichthys nobilis* (Richardson, 1846), *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782) и *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) по сезонам года. Молодь карася концентрировала в мышцах туловища от 1,3 до 3,4 мкг/г, толстолобика – 0,3,2 до 4,6 мкг/г, а окуня - от 2,6 до 3,8 мкг/г абс. сух. массы ванадия. При этом минимальные количества были отмечены весной, а максимальные у карася летом, а у окуня – осенью.

4.2. Динамика содержания и распределение молибдена в экосистеме водоема.

Молибден, как и ванадий, является постоянным «спутником» теплоэлектростанций [5, 18]. Максимальные концентрации молибдена были отмечены в 2013 г - до 14,9 мкг/л (Рисунок 4.2). Уровень молибдена в дождевой воде в 5-6 раз выше, чем в пробах вне зоны и достигает 7-8 мкг/л.

В илах верхнего участка водоема содержание молибдена составило 2,6-6,0 мкг/г, среднего участка - 8,9-14,2 мкг/г и нижнего – 4,2-6,8 мкг/г абс.сух.массы. В пелитовых фракциях с диаметром частиц от менее 0,001 до 0,005 микрон сконцентрирована более 50% от валового содержания. Уровень накопления молибдена в растениях, отобранных в весенне-летний период, следующий: для *H. morsus-ranae* он составляет - 4,84-22,9 мкг/г, для *P. crispus* - 2,8-12,6 мкг/г, *P. perfoliatus* – 2,2 - 9,5 мкг/г, для *C. demersum* - 2,2-11,5 мкг/г абс. и для листьев и стеблей *Ph. australis* - 4,2-18,9 мкг/г абс. сух. массы.



Рис. 4.2. Динамика среднегодовых величин концентраций молибдена (Mo) в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) в 1991-1995 и 2007-2015 гг

Диапазон колебаний концентраций молибдена в донных беспозвоночных достаточно большой и составляет для *D. polymorpha* - 4,8-48,1 мкг/г, для *V. viviparus* - 2,8-20,4 мкг/г, для *L. naticoides* - 2,6-11,3 мкг/г, для *Mysidae* 5,0-7,9 мкг/г, для *Chironomidae* 5,6-24,6 мкг/г абс. сух. массы. В мышцах туловища неполовозрелых особей *C. auratus gibelio* содержание молибдена составило 2,0 до 4,5 мкг/г, в мышцах *P. fluviatilis* - от 2,9 до 5,8 мкг/г, *A. nobilis* - от 3,6 до 8,8 мкг/г абс. сух. массы. Минимальные количества были отмечены весной, а максимальные – осенью в октябре.

4.3. Динамика содержания и распределение свинца в экосистеме водоема.

Динамика концентраций растворенного в воде свинца имеет тенденцию уменьшения во времени, и лишь трижды превышал 4 мкг/л в среднем и верхнем участках водоема, (рисунок 4.3). Уровень свинца (62-78 мкг/г абс, сухой массы илов) в илах водоема, наоборот, имеет тенденцию к увеличению во времени и значительно превышает концентрации в почвах региона. Установлена прямая корреляция между концентрацией свинца в илах и количеством органических веществ и пелитовых фракций илов ($r > 0,80$). Анализ подвижных форм свинца в илах показал, что максимальные количества поверхностно-сорбированного свинца отмечено в илах нижнего (10-15%) и среднего участков (8-12%), и минимальное – в верхнем его участке - 3,5-5,0 %.

Уровень накопления свинца в макрофитах варьировал для *H. morsus-ranae* в диапазоне - 4,8-16,5 мкг/г, для *P. crispus* - 4,8-15,6 мкг/г, *P. perfoliatus* – 5,2 - 19,0 мкг/г, для *C. demersum* - 4,2-17,5 мкг/г и для листьев и стеблей *P. australis* - 3,2-16,6 мкг/г абс. сух. массы.

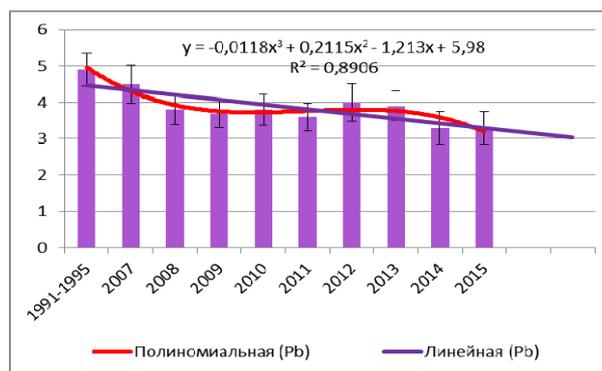


Рис. 4.3. Динамика среднегодовых величин концентраций свинца (Pb) в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) в 1991-1995 и 2007-2015 гг

В *D. polymorpha* уровень свинца составил – 2,8-20,9 мкг/г, для *V. viviparus* - 4,8-24,2 мкг/г, для *L. naticoides* - 6,6-52,3 мкг/г, для *Mysidae* 11,0-45,9 мкг/г, для личинок *Chironomidae* - 25,6-330,6 мкг/г абс. сух. массы. Столь высокое содержание свинца в

личинках хирономид *Chironomidae* - более 300 мкг/г характерно для загрязненных и грязных водоемов. Коэффициент биологического накопления свинца в донных беспозвоночных достигает величины в 10^4 - 10^7 .

Уровень накопления свинца в мышцах туловища неполовозрелых особей *C. auratus gibelio* составил 1,8 -3,4 мкг/г, в мышцах *P. fluviatilis* - от 2,5-2,7 мкг/г, *A. nobilis* от 3,7-4,7 мкг/г абс. сух. массы. Эти величины выше таковых, в 80-е и 90-е годы прошлого столетия и выше чем в реках Днестр и Прут [19].

4.4. Динамика содержания и распределение никеля в экосистеме водоема

Динамика никеля описывается четким, близким к линейной зависимости трендом увеличения во времени (Рисунок 4.4.). Летом отмечаются максимальные концентрации до 6,8 мкг/л, а минимальные – 4 мкг/л осенью. Высокое содержание никеля и в атмосферных осадках у станции 3,8-6,2 мкг/л, что в 2-3 раза выше таковых вне зоны станции.

Содержание никеля в илах водоема составляет от 205 до 230 мкг/ абс. сух. массы донных отложений, что в 5-6 раз выше чем в почвах региона и оно коррелирует с количеством пелитовых частиц и органического вещества в илах ($r > 0,75$). Максимальные количества поверхностно-сорбированного никеля отмечено в илах нижнего (до 50%) и среднего участков (до 40 %), и минимальное - до 25-30% в верхнем участке водохранилища.



Рис. 4. 4. Динамика среднегодовых величин концентраций никеля в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Уровень накопления никеля в листьях и стеблях *Phragmites australis* варьировал в диапазоне 3,2-35,6 мкг/г, в *P. crispus* - 4,8-30,6 мкг/г, в *P. perfoliatus* – 5,0–32,2,0 мкг/г, в *C. demersum* - 8,2-27,5 мкг/г и в *H. morsus-ranae* в диапазоне 7,8-29,6 мкг/г абс. сух. массы. В донных беспозвоночных уровень никеля заметно выше, чем в прошлые годы. В *D. polymorpha* он составляет – 7,8-70,9 мкг/г, для *Viviparus viviparus* – 28,8-89,2 мкг/г, для

Lithoglyphus naticoides - 30,2-92,3 мкг/г, для *Mysidae* - 11,2-35,1 и для личинок *Chironomidae* - 25,8-500,6 мкг/г абс. сух. массы.

Уровень накопления свинца в мышцах туловища неполовозрелых особей *A. nobilis* был в диапазоне - 4,4-7,7 мкг/г, *C. auratus gibelio* - 3,8 -5,6 мкг/г, *P. fluviatilis* - от 2,9-4,4 мкг/г абс. сух. массы. При этом минимальные количества никеля были отмечены весной, а максимальные – летом для толстолобиков и карася, а осенью – для речного окуня.

4.5. Динамика содержания и распределение меди в экосистеме водоема.

Среднее содержание растворенной меди в последние годы варьирует в интервале 1,4-5,4 мкг/л., а в протоке Турунчук и речке Кучурган оно не превысило 2,8 мкг/л. Очевидна тенденция постепенного повышения концентраций меди, начиная с 2009 г (Рисунок 4.5).

Накопление меди, как и других тяжелых металлов в донных отложениях зависит от содержания органического вещества. Поэтому наибольшее количество элемента аккумулируется в мелкодисперсных илах [20].



Рис. 4.5. Динамика среднегодовых величин концентраций меди в воде Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Концентрация меди в илах верхнего участка водоема составила 64,5-94,0 мкг/г, в среднем - 150-166 мкг/г, и в нижнем участке – 90-120,5 мкг/г абс. сух. массы, что на 10-15% ниже, чем в 1981-1985 гг. В фракциях с диаметром частиц от менее 0,001 до 0,005 микрон сконцентрирована 59-62% от общего содержания меди,

Уровень накопления меди в растениях составляет: для *P. crispus* - 17,8-32,6 мкг/г, *P. perfoliatus* - 22,2-36,5 мкг/г, для *H. morsus-ranae* - 26,8-50,6 мкг/г, для *C. demersum* - 20,2-45,5 мкг/г и для листьев и стеблей *Ph. australis* - 4,5-28,8 мкг/г абс. сух. массы.

Диапазон колебаний в донных беспозвоночных большое и составляет: для *Mysidae* - 15,9-124,6 мкг/г, для *Chironomidae* - 25,9-380,6 мкг/г, для *D. polymorpha* - 2,8-88,1 мкг/г, для *V. viviparus* - 21,8-772,4 мкг/г, для *L. naticoides* - 12,6-61,3 мкг/г абс. сух. массы что

свидетельствует о загрязненности водоема медью, а коэффициент биологического накопления достигает величины 10^5 - 10^6 .

Содержание меди в мышцах туловища неполовозрелых особей *A. nobilis* были в диапазоне от 2,4 до 3,6 мкг/г, *C. auratus gibelio* – от 2,2 до 2,8 мкг/г, *P. fluviatilis* - от 2,1 до 4,0 мкг/г абс. сух. массы. Прослеживается увеличение концентрации меди в мышцах молоди рыб от весны к осени. Уровень накопления меди в различных органах половозрелых особей *C. auratus gibelio*, *P. fluviatilis* и *A. nobilis* показывает, что минимальные количества меди (4,6-17,2 мкг/г абс. сух. массы) отмечены в гонадах и мышцах туловища, а максимальные (32,6-36,8 мкг/г абс. сух. массы) - в печени и кожном покрове рыб.

4.6. Динамика содержания и распределение цинка в экосистеме водоема

В последние годы содержание цинка в воде водоема варьировало в диапазоне 18,4-32,8 мкг/л., в воде протока Турунчук и речки Кучурган - 5,4-6,8 мкг/л. Начиная с 2010 г, прослеживается тенденция увеличения концентрации цинка (Рисунок 4.6).

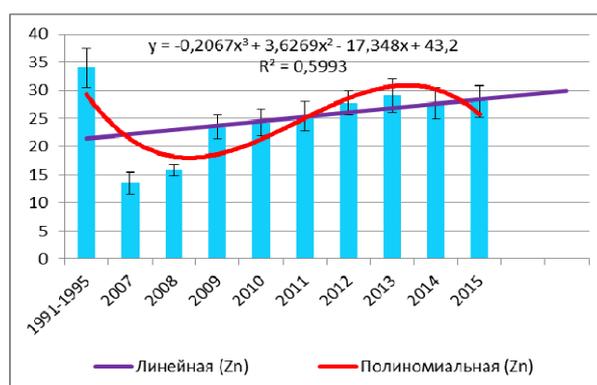


Рис. 4.6. Динамика среднегодовых величин концентраций цинка в воде

Кучурганского водоема-охладителя (мкг/л) в 1991-1995 и 2007-2015 гг.

Уровень цинка в атмосферных осадках, вблизи станции (10-38 мкг/л), и вне зоны станции (5-12 мкг/л) свидетельствуют о загрязнении окружающей среды.

Содержание цинка в донных отложениях варьирует в пределах от 185 до 196 мкг/г в верхнем участке водоема, от 195 до 209 мкг/г - в среднем и от 180 до 190 мкг/г абс. сух. массы в нижнем участке водохранилища. В фракциях илов с диаметром частиц менее 0,001 микрон сконцентрировано более 40-41,4 % , с диаметром 0,001-0,005 микрон - 25-28,9% цинка от валового содержания, и минимальное количество – 1,6-2,8% - во фракциях с диаметром 0,050-0,1 микрон.

Уровень накопления цинка, в растениях достаточно высок и составляет для *P. crispus* - 48,5-102 мкг/г, для *P. perfoliatus* - 30,2-110 мкг/г, для *H. morsus-ranae* - 39,8-137 мкг/г,

для *C. demersum* - 41,1-125 мкг/г и для листьев и стеблей *Ph. australis* - 11,9-92,6 мкг/г абс. сух. массы.

Диапазон колебаний концентраций цинка в донных беспозвоночных животных очень большой и составляет для *Mysidae* - 50,9-320 мкг/г, для *Chironomidae* - 44,8-680 мкг/г, для *D. polymorpha* – 30.5-3800 мкг/г,, для *V. viviparus* - 45,8-660 мкг/г, для *L. naticoides* - 352,0-440 мкг/г абс. сух. массы. Коэффициент биологического накопления цинка в этих гидробионтах варьирует в диапазоне 10^5 - 10^7 , являясь дополнительным подтверждением загрязненности экосистемы водоема цинком.

В мышцах туловища неполовозрелых особей *A. nobilis* содержание цинка варьирует в диапазоне от 18,4 до 33,6 мкг/г, *C. auratus gibelio* – от 16,2 до 25,8 мкг/г, *P. fluviatilis* – от 18,7 до 32,2 мкг/г абс.сух.массы. Для мышц молоди рыб, характерно увеличение концентрации цинка от весны к осени. У половозрелых особей отмечено максимальное содержание цинка в гонадах в весенний, преднерестовый период, в печени - летом и в мышцах - осенью.

4.7. Динамика содержания и распределение кадмия в экосистеме водоема.

Исследования кадмия в воде Кучурганского водоема-охладителя показали, что с 2007 по 2014 г прослеживается постепенное увеличение концентрации кадмия на всех участках водоема-охладителя (Рисунок 4.7).

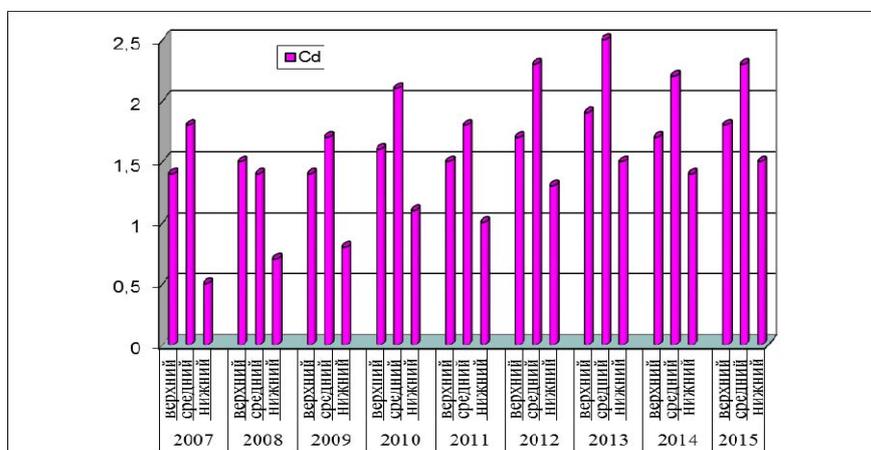


Рис. 4.7. Динамика концентраций кадмия (мкг/л) в воде из Кучурганского водоема-охладителя по участкам за 2007-2015 годы

Максимальные концентрации характерны для среднего участка водоема, а минимальные - для нижнего, в воде протока Турунчук и р. Кучурган его концентрации не превышали 0,1-0,4 мкг/л. В свежеснеговом покрове в зоне станции, уровень кадмия составил 0,4 мкг/л, а в лежалом - 0,8 мкг/л, в снеге вне зоны станции его уровень не превысил 0,05-0,10 мкг/л. Концентрации кадмия в илах в верхнем участке водоема

составила 1,65-3,12 мкг/г., в среднем - 1,75-3,00 мкг/г и в нижнем участке - 0,85-2,14 мкг/г абс. сух. массы.

Концентрации кадмия в водных растениях, варьировали для *Ph. australis* от 0,28 до 1,15 мкг/г, для *P. crispus* от 0,22 до 0,43 мкг/г, для *P. perfoliatus* от 0,34 до 0,65 мкг/г, для *H. morsus-ranae* - 0,13-0,43 мкг/г, для *C. demersum* - 0,42-0,85 мкг/г абс. сух. массы.

Концентрации кадмия в *D. polymorpha*, собранной в среднем участке водоема, составила - 0,62-1,80 мкг/г абс. сух. массы, что в 2-4 раза выше, чем в нижнем участке реки Днестр и в и реке Прут [21].

В исследованных нами мальках, концентрации кадмия варьировали от 0,27 до 0,64 мкг/г, в мышцах туловища карася *C. auratus gibelio*, от 0,33 до 0,58 мкг/г в мышцах *P. fluviatilis* - от 0,42 до 1,05 мкг/г абс. сух. массы, в мышцах *A. nobilis*, что 2-5 раз выше в сравнении с особями из реки Днестр и Дубоссарского водохранилища.

4.8. Динамика содержания и распределение стронция, висмута и мышьяка в воде водоема-охладителя

Стронций - это биологически важный микроэлемент [22]. Проведенные исследования показали, что в Кучурганском водоеме-охладителе концентрация стронция варьирует в интервале 1670-2320 мкг/л, при этом соотношение Ca/Sr достаточно низкое и колеблется от 43 до 48, что в 2 раза ниже оптимальной (100) величины (Рисунок 4.8).

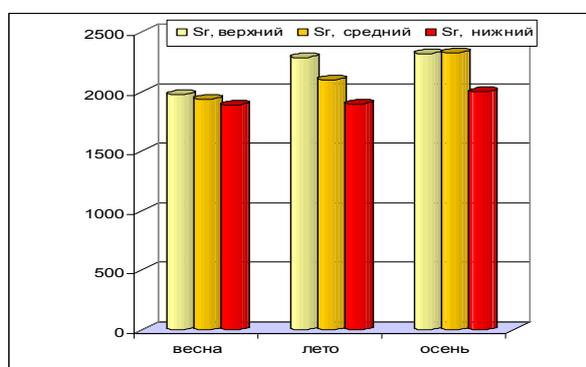


Рис. 4.8. Динамика концентраций стронция (мкг/л) в воде из Кучурганского водоема-охладителя по участкам, средние величины за 2014-2015 годы

Минимальные концентрации стронция прослеживаются в нижнем участке водоема, а максимальные – в верхнем и среднем. Сезонная динамика выражена слабо, но минимальные концентрации зарегистрированы весной, а максимальные – осенью. Нужно отметить, что в протоке Турунчук и речке Кучурган концентрации стронция варьировали в диапазоне 618-880 мкг/л, а соотношение Ca/Sr варьировали в диапазоне 96-114.

Мышьяк - это один из высокотоксичных химических элементов, отнесенный ВОЗ к приоритетным загрязняющим металлам, мониторинг, которого должен быть

обязательным. Ранее мышьяк, в небольших концентрациях (не более 0,5 мкг/л) встречался в менее чем 50% анализируемых проб воды из рек Днестр и Прут, теперь он встречается практически повсеместно и диапазон его концентраций достаточно большой [23]. В воде водохранилища уровень мышьяка варьирует от 3,6 мкг/л до 11,8 мкг/л. Максимальные величины отмечены в верхнем и среднем участках в летне-осенний период, а минимальные в нижнем – весной (Рисунок 4.9).

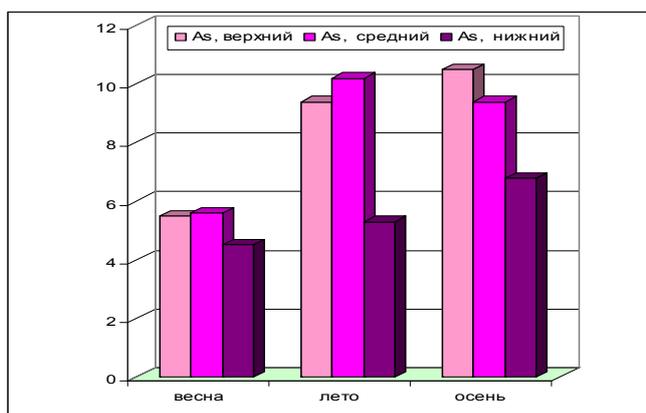


Рис. 4.9. Динамика концентраций мышьяка (мкг/л) в воде из Кучурганского водоема-охладителя по участкам, средние величины за 2014-2015 годы

Следует отметить, что в дождевой воде в зоне теплоэлектростанции концентрация мышьяка составила 0,68 мкг/л, а вне зоны воздействия станции - только 0,06 мкг/л.

Висмут - это один из слабо изученных металлов в окружающей среде, особенно в водных экосистемах. Анализ проб воды из Кучурганского водохранилища показал наличие висмута во всех исследованных образцах в концентрациях от 0,4 мкг/л до 2,1 мкг/л, максимальные количества отмечены в верхнем участке водоема осенью, минимальные – в нижнем участке, весной (Рисунок 4.10.) В протоке Турнчук концентрации висмута варьировали от 0,1 мкг/л до 0,42 мкг/л.

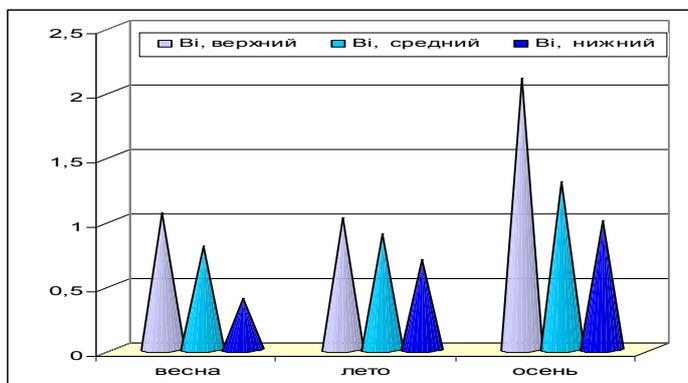


Рис.4.10. Динамика концентраций висмута (мкг/л) в воде из Кучурганского водоема-охладителя по участкам, средние величины за 2014-2015 годы

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Выбросы теплоэлектростанции и не соблюдение нормативов водообмена в водоеме-охладителе привели к изменениям гидрохимического режима и к изменению качества воды, которая из гидрокарбонатной метаморфизировалась в сульфатную, группы натрия, временами натрия-магния, второго-третьего типа с высокой жесткостью до 16 мг-экв/л и минерализацией 1600-4000 мг/л [16,17].
2. Вода Кучурганского водохранилища относится к третьему - «загрязненная», четвертому - «грязная» и пятому - «очень грязная» классам качества по величине перманганатной и бихроматной окисляемости. Их соотношение свидетельствует о наличии постоянного источника свежего загрязнения и увеличении количества трудно-окисляемых органических веществ в водоеме-охладителе в отличие от воды протока Турунчук и р. Кучурган, вода которых относится к второму-третьему классу качества.
3. Динамика биогенных элементов ($N-NH^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, $N_{мин}$, $N_{орг}$, $N_{общий}$, $P_{мин}$, $P_{орг}$, $P_{общий}$) в водоеме-охладителе нехарактерна для природных поверхностных вод. Среди минеральных форм азота превалирует азот аммонийный, а концентрации органического азота и фосфора превышают количество минерального азота и фосфора в 5-10 раз. Все это свидетельствует об интенсивном эвтрофировании водоема, который фактически относится к дистрофным водным экосистемам [24].
4. В большинстве случаев миграция металлов идет сверху-вниз из водных слоев в донные отложения, но возможна и обратная диффузия металлов из илов в воду. Илы содержат в 2-8 раз больше металлов в сравнение с почвами региона. Основная масса металлов сконцентрирована во фракциях илов с диаметром менее 0,005 микрон. Подвижность металлов в илах зависит от наличия в них пелитовых мелкодисперсных фракций и количества органических веществ [20].
5. Водные растения (*Potamogeton crispus*, *Potamogeton perfoliatus*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Ceratophyllum demersum*, *Phragmites australis*) и донные беспозвоночные (*Misidae*, *Chironomidae*, *Dreissena polymorpha*, *Viviparus viviparus*, *Lithoglyphus naticoides*) являются надежными индикаторами динамики металлов в экосистеме. Коэффициент биологического накопления варьирует от 10^4 до 10^7 , определяется уровнем содержания металлов в среде обитания, имеет сезонный характер[4].
6. Уровень накопления металлов в органах и тканях молодежи и половозрелых рыб (*Carassius auratus gibelio*, *Perca fluviatilis*, *Aristichthys nobilis*) во многом определяется пластическим и генеративным обменами и особенностями самих рыб. В тоже время,

влияние среды обитания очевидно, содержание большинства металлов (V, Mo, Pb, Ni, Cd, Zn, Cu) в органах и тканях, особенно в коже и жабрах, рыб Кучурганского водохранилища заметно выше, чем в Дубоссарском и Костештском водохранилищах, реках Днестр и Прут [25].

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Экосистема водоема охладителя может быть реанимирована при надлежащем комплексном мониторинге и соблюдении научно-обоснованных принципов рационального природопользования и норм планомерного водообмена или «продувки водоема» по согласованию с украинской стороной. Молдавская ГРЭС - главный потребитель ресурсов водной экосистемы и поэтому в процессе своего функционирования должна соблюдать все разработанные технологические нормативы для поддержания экологической стабильности технологического водоема и поддерживать проведение комплексного экологического мониторинга.
2. Результаты диссертационной работы, как и методология проведенных исследований с применением современного оборудования и методик анализа, могут быть использованы администрацией Молдавской ГРЭС, и другими теплоэлектростанциями при оценке экологического состояния техногенных водоемов.
3. Методология и результаты исследования накопления металлов в промысловых видах рыб может быть использована органами по контролю качества рыбной продукции
4. Водные беспозвоночные *Mysidae*, *Chironomidae*, *Dreissena polymorpha*, *Viviparus viviparus*, *Lithoglyphus naticoides* могут быть использованы в качестве организмов-мониторов в биологическом мониторинге водных экосистем.
5. Результаты исследования включены в курсы лекций Приднестровского государственного университета им. Т.Г.Шевченко по гидробиологии, гидроэкологии, биоэкологическому мониторингу, химии окружающей среды, читаемых на кафедрах Зоологии и общей биологии, Биоэкологии, Химии и методики преподавания химии естественно-географического факультета, и могут быть использованы и другими учебными учреждениями.
6. Результаты и методология проведения исследований вошли в систему экологического мониторинга экосистем нижнего участка Днестра проводимого Республиканским научно-исследовательским институтом экологии и природных ресурсов и могут быть использованы другими природоохранными организациями, а также специалистами экологами, гидробиологами, ихтиологами, гидрохимиками при комплексной оценке водных экосистем.

БИБЛИОГРАФИЯ:

1. Беспалов С.И. и др. Анализ воздуха и разработка физической модели процесса загрязнения среды для предприятий теплоэнергетического комплекса. Сборник научных трудов. Одесса, 2014, вып. 1, т. 3, с. 3-10.
2. Nebel V. Environmental Science: The Way the World Works. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1990. p.15-26;
3. Логинов В. Глобальные и региональные изменения климата. Причины и следствия. М.: Тетрасистемс, 2008. 495 с
4. Зубкова Е.И. и др. 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.
5. Зубкова Е.И. Динамика содержания и закономерностей миграции микроэлементов в Кучурганском водохранилище. В: Известия АН МССР, 1988. № 6. с. 38-40.
6. Зубкова Е.И., Зубкова Н.Н. Исследования, распределения, миграции и роли микроэлементов в поверхностных водах В: Материалы Международной конференции «Управление бассейном трансграничного Днестра в условиях нового бассейнового договора». Кишинев, 20-21 сентября 2013г. с. 111-118.
7. SM SR ISO 5664:2007 Calitatea apei. Determinarea conținutului de amoniu. Metoda prin distilare și titrare, 10 p.
8. SM SR ISO 5667-6:2007 Calitatea apei. Prelevare. Partea 6: Ghid pentru prelevarea probelor din râuri și cursuri de apă, 10 p.
9. Гурвич В.В., Цееб Я.Я. Микробентометр для взятия проб микробентоса. В: Доклады АН УССР. 1958, №10, с. 1120-1123.
10. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Отв.ред. А.Д.Семенов. Л.:Гидрометеиздат, 1977. 542 с.
11. ISO 9297:1989. Calitatea apei. Determinarea conținutului de cloruri. Titrare cu azotat de argint utilizând cromatul ca indicator. (Metoda Mohr), 9 p.
12. ISO 9280:1990 Calitatea apei. Determinarea sulfatilor. Metodă gravimetrică cu clorid de bariu, 16 p.
13. SM SR EN ISO 8467:2006. Calitatea apei. Determinarea indicelui de permanganat. (Качество воды. Определение показателя перманганата), 16 p.
14. SM SR ISO 6060:2006. Calitatea apei. Determinarea consumului chimic de oxigen. (Качество воды. Определение химического потребления кислорода), 20 p.
15. SM SR EN ISO 15587-2:2012 Calitatea apei. Mineralizare pentru determinarea unor elemente din apă. Partea 2: Mineralizare cu acid azotic, 23p.
16. Тихоненкова Л.А. Динамика содержания главных ионов и минерализации воды Кучурганского водоема – охладителя Молдавской ТЭС. В: Материалы V Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и Биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь, 2014. с. 263-265.
17. Тихоненкова Л.А. Влияние молдавской ГРЭС на экосистему Кучурганского водохранилища–охладителя на примере исследования динамики содержания главных

- ионов и минерализации воды. In: Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii, 2016. № 2 (239). p. 86-94.
18. E. Zubcov, L. Biletschi, E. Philipenco and L. Ungureanu. Stude on metal accumulation in aquatic plants of Cuciurgan cooling reservoir E3S Web of Conferences 1, 29008 (2013) DOI:10.1051/ e3sconf/ 20130129008 published by EDP Sciences, 2013.
 19. Зубкова Н. Закономерности накопления и роль микроэлементов в онтогенезе рыб, Chişinău: Ştiinţa, 2011. 88 с.
 20. Тихоненкова Л.А. Влияние функционирования Молдавской ГРЭС на содержание микроэлементов в водоеме-охладителе. В: Академику Л.С. Бергу – 140 лет. Сборник научных статей. – Бендеры: Eco-TIRAS, 2016. с. 533-536.
 21. Zubcov E. and Zubcov N. The dynamics of the content and migration of trace metals in aquatic ecosystems of Moldova. E3S Web of Conferences 1, 32009 (2013) DOI:10.1051/ e3sconf/ 2013012009 published by EDP Sciences, 2013.
 22. Полякова Е.В. Стронций в источниках водоснабжения Архангельской области и его влияние на организм человека. В: Экология человека, 2012. №2. с. 9-14.
 23. Zubcov E ş.a. Cooperare transfrontalieră: evaluarea migraţiei metalelor şi determinarea toleranţei ecosistemelor acvatice In: Akademos, 2015. nr.2. p. 66-72.
 24. Zubcov E., Tihonenkova L., Biletschi L., Borodin N. Dynamics of nutrients in the ecosystem of Cuciurgan cooling reservoir of the Moldovan power plant. In: Annals of “Dunarea de jos” University of Galati. Mathematics, physics, theoretical mechanics fascicle ii, year VIII (XXXIX) 2016, nr. 1.p.151-157.
 25. Тихоненкова Л.А. Роль гидробионтов в процессах миграции и аккумуляции микроэлементов в Кучурганском водохранилище – охладителе Молдавской ГРЭС. В: Материалы IV Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и Биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь, 9-10 ноября 2012. с. 300-302

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

- 1. Статьи в зарубежных журналах**
 1. Zubcov E., Tihonenkova L., Biletschi L., Borodin N. Dynamics of nutrients in the ecosystem of Cuciurgan cooling reservoir of the Moldovan power plant. In: Annals of “Dunarea de jos” University of Galati. Mathematics, physics, theoretical mechanics fascicle ii, year VIII (XXXIX) 2016, nr. 2. p.151-157.
- 2. Статьи в журналах включенных в *Национальный регистр профильных научных журналов***

Категория В

 2. Тихоненкова Л.А. Влияние Молдавской ГРЭС на экосистему Кучурганского водохранилища – охладителя на примере исследования динамики содержания главных ионов и минерализации воды. In: Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii, 2016. № 2 (239). p. 86-94. ISSN 1857–064X.
- 3. Статьи в сборниках национальных и международных конференций**
 3. Филипенко С.И., Тихоненкова Л.А. Основные тенденции развития донных беспозвоночных Кучурганского водохранилища на современном этапе бассейна реки Днестр. В: Материалы IV Международной научно-практической конференции

- «Геоэкологические и Биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь, 15-16 октября 2010 г. с. 250-252
4. Тихоненкова Л.А. Роль гидробионтов в процессах миграции и аккумуляции микроэлементов в Кучурганском водохранилище – охладителе Молдавской ГРЭС. В: Материалы IV Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и Биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь, 9-10 ноября 2012. с. 300-302
 5. Тихоненкова Л.А. Динамика содержания главных ионов и минерализации воды Кучурганского водоема – охладителя Молдавской ТЭС. В: Материалы V Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и Биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». Тирасполь, 2014. с. 263-265.
 6. Тихоненкова Л.А. Гидрохимический режим воды Кучурганского водоема – охладителя Молдавской ГРЭС – как показатель антропогенного воздействия тепловой электростанции. В: Чтения памяти к.б.н. доцента Л.Л. Попа. Тирасполь, 2015. с. 121-125.
 7. Тихоненкова Л.А. Влияние функционирования Молдавской ГРЭС на содержание микроэлементов в водоеме-охладителе В: Академику Л.С. Бергу – 140 лет. Сборник научных статей. – Бендеры: Есо-TIRAS, 2016. с. 533-536. ISBN 978-9975-66-515-5.
 4. **Тезисы в сборниках национальных и международных конференций:**
 8. Тихоненкова Л.А. Влияние Молдавской ТЭС Кучурганского водохранилища-охладителя на окружающую среду близ расположенных населенных пунктов. В: Материалы Международной научно-технической конференции «Наука, образование, производство в решении экологических проблем. «Экология-2013»». Уфа, 2013. с. 382-386.
 9. Тихоненкова Л.А., Щука Т.В. Динамика миграции микроэлементов в водной экосистеме Кучурганского водоема – охладителя Молдавской ТЭС. В: Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации в науке производстве и образовании» Рязанский государственный университет им. С.А.Есенина, 14-16 октября 2013. с. 273-275
 10. Тихоненкова Л.А. Мониторинг миграции загрязнителей на примере Молдавской ТЭС как один из аспектов технологии охраны окружающей среды. В: Материалы, XI международной научно-практической конференции «Гуманитарные и естественно научные факторы решения экологических проблем и устойчивого развития». г. Новомосковск, 26-27 сентября 2014 г. с. 97-98
 11. Колумбина Л.Ф., Тихоненкова Л.А. Конструирование имитационного моделирования водной экосистемы в процессе экологического мониторинга. В: IX международная конференция «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве», г. Тирасполь, 8 – 10 октября 2015 г. с. 169-170
 12. Зубкова Е.И., Протасов А.А., Билецки Л.И., Унгурияну 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

Аннотация

Тихоненкова Лилия «Оценка воздействия теплоэлектростанции на экологическое состояние Кучурганского водохранилища», диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук, Кишинэу, 2016. Диссертация состоит из введения, 4 глав, основных выводов и рекомендаций, библиографии из 230 источников. Работа изложена на 131 страницах основного текста, содержит 17 таблиц, 55 рисунков и 2 приложения. Опубликовано 12 научных работ. **Ключевые слова:** Водные экосистемы, тепло-электростанция, водоем-охладитель, экологический мониторинг, термофикация, минерализация, биогенные элементы, металлы, гидробионты. **Область исследования:** экология и гидробиология. **Цель работы:** исследование воздействия деятельности Молдавской ГРЭС на экологическое состояние Кучурганского водоема-охладителя на основе комплексного мониторинга динамики солевого состава, биогенных элементов, органического вещества, микроэлементов-металлов, и оценке их многолетней динамики в воде, донных отложениях, гидробионтах, органах и тканях рыб. **Задачи:** провести комплексные исследования современного состояния водоема-охладителя Молдавской ТЭС с учетом ретроспективных данных; определить и проанализировать влияние функционирования станции на основные гидрохимические показатели воды - солевой состав, содержание биогенных элементов, растворенных газов и органических веществ; изучить динамику содержания и миграции микроэлементов-металлов в воде, донных отложениях, растениях, донных беспозвоночных и рыбе водоема-охладителя, в зависимости от количества и качества сжигаемого на станции топлива; исследовать химический состав атмосферных осадков в зоне ГРЭС, для определения воздействия дымовых выбросов; установить уровень и закономерности накопления металлов в гидробионтах и определить возможность их использования в качестве организмов-мониторов при оценке воздействия теплоэлектростанции на водные экосистемы. **Научная новизна:** Впервые изучена динамика As, Bi и Sr в воде водоема. Дана комплексная оценка современного экологического состояния Кучурганского водоема-охладителя, определено влияние Молдавской ГРЭС на динамику главных ионов, биогенных элементов, органических веществ, газового режима и микроэлементов-металлов. Установлены закономерности миграции V, Mo, Ni, Pb, Cu, Zn и Cd в системе «вода - иловые отложения-гидробионты». **Решенная важная научная проблема:** *состоит в научном обосновании комплексного мониторинга миграции макро и микроэлементов в водной экосистеме, подверженной нагрузке теплоэнергетического предприятия, что позволило установить зависимость ее экологического состояния от работы ТЭС и дало научную аргументацию* возможности реанимирования водоема-охладителя при надлежащем мониторинге, соблюдении норм рационального природопользования и норм планомерного водообмена. **Теоретическая значимость.** Выявленные закономерности миграции макрокомпонентов и микроэлементов-металлов, в условиях постоянного воздействия теплоэнергетического предприятия, позволяют расширить познания функционирования техногенно-преобразованных водоемов и вносят вклад в развитие теоретических основ экологии водных экосистем на современном этапе. Установлены закономерности накопления металлов в гидробионтах и доказана возможность их использования в качестве организмов-мониторов при биомониторинге водных экосистем. **Практическая значимость.** Результаты, как и методология проведенных исследований с применением современного оборудования и методик анализа, могут быть использованы природоохранными организациями, администрацией ГРЭС, учеными, при оценке экологического состояния водоемов, а также при подготовке специалистов, студентов ВУЗов. **Внедрение научных результатов.** Результаты работы включены в курсы лекций таких дисциплин, как гидробиология, гидроэкология, биоэкологический мониторинг, химия окружающей среды, читаемых на естественно-географическом факультете Приднестровского государственного университета им. Т.Г.Шевченко.

ADNOTARE

Tihonencova Lilia. “Evaluarea impactului termocentralei electrice asupra stării ecologice a lacului de acumulare Cuciurgan”. Teză de doctor în științe biologice, Chișinău, 2016. Teza este compusă din introducere, 4 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie din 230 de referințe bibliografice, 2 anexe. Lucrarea este expusă pe 131 de pagini text de bază, cuprinde 17 tabele, 55 de figuri. Rezultatele obținute sunt publicate în 12 lucrări științifice. **Cuvinte-cheie:** ecosisteme acvatice, centrală termoelectrică, lac-refrigerent, monitoring ecologic, termoficare, mineralizare, elemente biogene, metale, hidrobionți.

Domeniul de studiu: ecologie și hidrobiologie.

Scopul tezei: cercetarea influenței funcționării CTE Moldovenești asupra stării ecologice a lacului-refrigerent Cuciurgan în baza monitoringului complex al dinamicii componentei sărurilor, elementelor biogene, substanței organice, microelementelor-metale și evaluarea dinamicii lor multianuale în apă, depuneri subacvatice, hidrobionți, organe și țesuturi ale peștilor.

Obiective: a efectua cercetări complexe privind starea actuală a lacului-refrigerent al CTE Moldovenești, luând în evidență datele retrospective; a determina și analiza influența funcționării centralei asupra parametrilor chimici principali ai apei, precum componenta sărurilor, conținutul de elemente biogene, gaze dizolvate și materie organică; a studia dinamica conținutului și migrației microelementelor-metale în apa, depunerile subacvatice, plantele, nevertebratele bentonice și peștii lacului-refrigerent în dependență de cantitatea și calitatea combustibilului ars la centrală; a cerceta componenta chimică a precipitațiilor atmosferice în zona CTE Moldovenești, pentru stabilirea influenței emisiilor de fum; a stabili nivelul și legitățile acumulării metalelor în hidrobionți și a determina posibilitatea utilizării lor în calitate de organisme-monitoare la evaluarea impactului centralei termoelectrice asupra ecosistemelor acvatice.

Noutatea și originalitatea științifică. Pentru prima oară a fost studiată dinamica As, Bi și Sr în apa lacului. A fost evaluată complex starea ecologică actuală a lacului-refrigerent Cuciurgan, determinată influența CTE Moldovenești asupra dinamicii ionilor principali, elementelor biogene, materiei organice, regimului de gaze și a microelementelor-metale. Au fost stabilite legitățile migrației V, Mo, Ni, Pb, Cu, Zn și Cd în sistemul “apă-mîluri-hidrobionți”. **Problema științifică importantă soluționată constă** în fundamentarea științifică a monitoringului complex al migrației macro- și microelementelor în ecosistemul acvatic modificat tehnogenic, *ceea ce a permis* evaluarea impactului întreprinderii termoenergetice asupra stării lui ecologice și *a dat posibilitatea* de a argumenta științific măsurile de reanimare a ecosistemului lacului-refrigerent în baza respectării normelor schimbului de apă planificat și a regulilor de utilizare rațională a resurselor naturale, în corespundere cu rezultatele monitoringului ecologic.

Semnificația teoretică. Legitățile identificate de migrație a macrocomponentilor și microelementelor-metale în condițiile impactului permanent al CTE permit îmbogățirea cunoștințelor privind funcționarea ecosistemelor acvatice modificate tehnogenic și contribuie la dezvoltarea bazelor teoretice ale ecologiei ecosistemelor acvatice la etapa actuală. Au fost determinate legitățile acumulării metalelor în hidrobionți și demonstrată posibilitatea întrebuintării lor în calitate de organisme-monitoare în cadrul biomonitoringului ecosistemelor acvatice.

Valoarea aplicativă. Rezultatele, precum și metodologia cercetărilor efectuate, cu utilizarea echipamentului și metodelor moderne de analiză, pot fi aplicate de către organele de protecție a mediului, administrația CTEM, cercetători la aprecierea stării ecologice a bazinelor acvatice și, la fel, în cadrul pregătirii specialiștilor, studenților în instituțiile de învățământ superior.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele cercetărilor sunt utilizate la Universitatea de Stat Nistrenă “Taras Șevcenko”, Facultatea Științe Naturale și Geografie, în predarea cursurilor de hidrobiologie, hidroecologie, monitoring bioecologic și chimia mediului înconjurător.

ANNOTATION

Tihonencova Lilia. „Assessment of the impact of the Thermal Power Plant on the ecological status of Cuciurgan cooling reservoir”. Ph.D. Thesis in Biology, Chisinau, 2016. The thesis consists of introduction, 4 chapters, conclusions and recommendations, bibliography (230 entries), 2 annexes. The thesis basic text contains 131 pages, includes 17 tables and 55 figures. The obtained results are published in 12 scientific papers. **Keywords:** aquatic ecosystems, thermal power plant, cooling reservoir, ecological monitoring, thermofication, mineralization, biogenic elements, metals, hydrobionts.

Field of study: ecology and hydrobiology.

Aim of the thesis: to study the influence of the Moldovan TPP functioning on the ecological status of cooling reservoir based on the comprehensive monitoring of the dynamics of salt composition, biogenic elements, organic matter, microelements-metals and the assessment of their long-term dynamics in water, bottom sediments, hydrobionts, fish organs and tissues.

Objectives: to carry out complex researches on the current state of cooling reservoir of the Moldovan TPP by taking into consideration the historical data; to determine and analyse the impact of power plant exploitation on the main hydrochemical parameters - salt composition, biogenic elements, dissolved gases and organic matter; to study the dynamics of the content and migration of microelements-metals in water, bottom sediments, plants, benthic invertebrates and fish of cooling reservoir in dependence of the amount and quality of burned at TPP fuel; to research the chemical composition of atmospheric precipitations in the area of Moldovan TTP, in order to establish the influence of smoke emissions; to reveal the level and regularities of metal accumulation in hydrobionts and to determine the possibility of their usage as monitor-organisms in the assessment of TPP impact on aquatic ecosystems.

Scientific novelty and originality. There was studied, for the first time, the dynamics of As, Bi and Sr in reservoir water. There was assessed in a complex manner the current ecological status of Cuciurgan reservoir; determined the influence of the Moldovan TPP on the dynamics of main ions, biogenic elements, organic matter, gaze regime and microelements-metals; established the regularities of migration of V, Mo, Ni, Pb, Cu, Zn and Cd in the „water- silts – hydrobionts” system.

Scientific problem solved *consists in* the scientific substantiation of the complex monitoring of migration of macro- and microelements in the technogenically modified aquatic ecosystem, *that allowed* assessing the impact of thermoenergetic enterprise on its ecological status, *and offered* the opportunity to justify scientifically the measures of reviving the cooling reservoir through compliance with the norms of planned water exchange and rules of the rational use of natural resources, according to the results of ecologic monitoring.

Theoretical significance. Identified regularities of migration of macrocomponents and microelements-metals under the permanent impact of TPP allow extending the knowledge on the functioning of technologically-transformed aquatic ecosystems and contribute to the development of theoretical bases of the ecology of aquatic ecosystems. The regularities of metal accumulation in hydrobionts were established and the possibility of their usage as monitor-organisms in the frame of biomonitoring of aquatic ecosystems was demonstrated.

Practical value. The results, as the methodology of carried our researches, with the usage of modern equipment and analyse methods, shall be applied by the bodies responsible for environment protection, staff of MTTP, and researchers at the assessment of ecological status of aquatic bodies and, also, training of specialists and students in higher education institutions.

Implementation of scientific results. The research results were implemented at the Dniester State University “Taras Shevchenko”, Faculty of Natural Sciences and Geography in the teaching of such disciplines as hydrobiology, hydroecology, bioecologic monitoring and the chemistry of environment.

ТИХОНЕНКОВА ЛИЛИЯ

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КУЧУРГАНСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА**

166.01. экология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук

probat spre tipar: 22 noiembrie 2016. Hirtie ofset. Tipar ofset

Coli de tipar 1.0.

Formatul hârtiei 60 x 84 ¹/16.

Tiraj 50 ex. Comanda nr. 58/16.